اقتصادکشاورزي و توسعه، سال چهاردهم، شماره ۵۴، تابستان۱۳۸۵

تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری
مطالعه موردی سد بارزو شیروان

علی کرامت زاده*، دکتر امیرحسین چیذری*، احمد میرزایی*

تاریخ دریافت: ۸۴/۳/۹ تاریخ پذیرش: ۸۵/۳/۲۰

چکیده

در این مطالعه برای تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی از تکنیک برنامه‌ریزی خطی استفاده شد. به این منظور برای به دست آوردن ضرایب تکنیکی با استفاده از روش نمونه‌گیری طبقه‌ای، ۱۰۰ پرسشنامه تکمیل گردید. در این باره هر یک از مناطق حاشیه رودخانه قلجق، زیارت و سه‌یک‌آب (واقع در اراضی تحت پوشش سد بارزو شیروان) به عنوان طبقه در نظر گرفته شدند. برای محاسبه درآمد ناخالص هر محصول از متوسط قیمتهای پرسشنامه تکمیل‌شده سال زراعی ۱۳۸۱-۸۲ استفاده گردید. در این راستا بعد از تعیین الگوی کشت بهینه، قیمت سایه‌ای نهاده آب، که برابر با ارزش تولید نهایی آن می باشد، به عنوان ارزش اقتصادی آب در نظر گرفته شد.

* به ترتیب:دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، عضو هیئت علمی گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس، دانشجوی کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران
e-mail: a _ keramat2002@yahoo.com

براساس نتایج این مطالعه، در شرایط اجرای الگوی کشت بهینه در اراضی زیر سد بارزو شیروان، ارزش اقتصادی آب سد در ماههای فروردین، تیر، شهریور و آبان به ترتیب ۸۸۰، ۴۷۰، ۴۷۴ و ۵۹۵ ریال براورد شد. تجزیه و تحلیل اطلاعات این مطالعه با بسته نرم‌افزاری Lindo صورت گرفت و پس از تحلیل حساسیت، ارزش اقتصادی آب مناطق مختلف در هر ماه محاسبه گردید. گفتنی است که این مطالعه بر روی سد بتنی بارزو شیروان واقع در استان خراسان شمالی انجام پذیرفت.

کلید واژه‌ها:

برنامه ریزی خطی، ارزش اقتصادی آب، الگوی کشت بهینه، سد بارزو، شیروان

مقدمه

منابع آبی از ارزشمندترین منابع طبیعی و جزو سرمایه‌های ملی هر کشور محسوب می‌شوند. این منابع در بخشهای مختلف اقتصادی، ازجمله مهمترین بخش یعنی کشاورزی (با داشتن ۲۳٪ اشتغال و ۱۱/۲٪ تولید ناخالص ملی(GNP) و تأمین‌کننده بیش از ۸۰٪ غذای جامعه) و توسعه پایدار[1] آن نقش حیاتی دارد. با توجه به اینکه تولید داخلی اکثر محصولات عمده کشاورزی از قبیل گندم به میزان ۶۰٪، برنج ۱۰۰٪، دانه‌های روغنی ۶۳/۵٪، حبوبات ۴۵/۵٪، سیب زمینی ۹۹٪، قند و شکر ۱۰۰٪ و علوفه ۷۵٪ متکی به زراعت آبی است، بنابراین نقش آب در این بخش اهمیت ویژه‌ای دارد (وکیلی، ۱۳۷۵).

کمبود آب یکی از مشکلات عمده اکثر کشورهای جهان، بویژه کشورهای دارای جمعیت روبه رشد، به شمار می‌آید. تنها راه حل این بحران نیز، به علت محدود بودن منابع آب قابل‌دسترس، استفاده بهینه و افزایش بهره‌وری منابع آب در بخشهای مختلف بویژه بخش کشاورزی است. در این باره مهمترین نقش قیمت آب را می توان توزیع متناسب آب بین

1. sustainable development

متقاضیان و مصارف مختلف ذکر کرد. لذا تعیین قیمت آب باعث می‌شود که آب بین متقاضیان متناسب با فایده یا ارزش تولید نهایی توزیع گردد. نقش دیگر قیمت آب، ایجاد انگیزه برای صرفه‌جویی در مصرف آب و جلوگیری از اسراف یا اتلاف آن است، چرا که ارزان و رایگان بودن آب باعث زیاده‌روی در مصرف آب می‌شود و انگیزه را برای حفاظت و استفاده اقتصادی آن تضعیف می‌کند. این امر سایر کشاورزان و مصرف‌کنندگان را نیز از مصرف آب محروم می نماید. از سوی دیگر اگر قیمت آب بیش از ارزش تولید نهایی آن باشد، کشاورزان از آن استفاده نخواهند کرد و چنین قیمتی برای منابع آبی مغایر با هدف توسعه کشاورزی و افزایش درآمد کشاورزان است. بنابراین اگر قیمت آب با دقت تعیین شود هم از اتلاف آن جلوگیری می‌شود و هم درآمد کشاورزان افزایش می‌یابد (سلطانی، ۱۳۷۵).

قیمتگذاری منابع آبی معمولاً بر مبنای ملاکهای قانونی، اداری و مالی است تا ملاحظات اقتصادی. آب، به عنوان یک نهاده تولیدی، همانند سایر نهاده‌های تولیدی دارای تقاضا و در نتیجه ارزش است. متقاضیان این منبع حیاتی نیز با توجه به نوع مصرف و ارزش محصول تولیدی، اقدام به خرید آب می‌کنند. اگر بازار کاملی برای این نهاده وجود داشته باشد، قیمت ایجاد شده در آن همان بهایی است که خریداران (مصرف کنندگان) و عرضه‌کنندگان مایلند برای خرید و فروش هر واحد این نهاده بپردازند. ولی زمانی که چنین بازاری وجود نداشته باشد و دولت عرضه‌کننده عمده و اصلی آن باشد، معمولاً مبنای قیمتگذاری همان ارزشی است که مصرف کنندگان حاضرند بر اساس شرط حداکثر سازی سود بپردازند.

در حال حاضر ملاک تعیین آب بها در بخش کشاورزی ایران قانونی است که در تاریخ ۱۳۶۹/۶/۱۴ در مجلس شورای اسلامی به تصویب رسید. بر مبنای این قانون، متوسط آب‌بها در کانالهای سنتی یک درصد محصول برداشت شده، در شبکه‌های پیشرفته سه درصد و در شبکه‌های تلفیقی پیشرفته و سنتی دو درصد محصول برداشت شده است. همچنین از چاههای آب مبالغی تحت عنوان حق‌النظاره چاه بر اساس نوع محصول دریافت می شود که در جدول ۱ نشان داده شده است. چنانکه ملاحظه می‌گردد، حق‌النظاره دریافتی از اراضی زیر

کشت گندم، برنج، مرکبات و محصولات باغی بر اساس قانون فوق به ترتیب معادل ۰/۲۵، ۰/۶، ۰/۸۵ و ۰/۸ درصد محصول برداشت شده است.

جدول ۱. نوع محصول و درصد حق النظاره دریافتی

نوع محصول	درصد
گندم	۰/۲۵
برنج	۰/۶
خرما، مرکبات و صیفی‌جات	۰/۸۵
پسته و بادام	۱
سردرختی	۰/۸
سایر محصولات	۰/۵

منبع: میرزایی، ۱۳۷۶

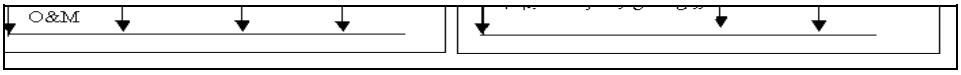
مسئله‌ای که امروزه بخش مدیریت منابع آب با آن مواجه است، کمتر بودن همیشگی قیمتها و هزینه‌های دریافت شده از مصرف‌کنندگان بابت منابع آبی از هزینه کل عرضه آب است. این مهم بیان می‌کند که تقریباً در همه مناطق آبیاری ناکارایی عظیمی[1] در بخش آب وجود دارد و لذا نیاز به افزایش قیمت آب احساس می‌شود. اخیراً کمیته جهانی آب[2] (WWC) قیمتگذاری منابع آب را بر اساس هزینه کل تأمین آن توصیه می‌کند (Word Water Commission, 2000, 33). قیمتگذاری بر اساس هزینه کل طبق تعریف روگرز و همکاران (Rogers & et al., 1998)، مطابق با نمودار۱ است. آنها علاوه بر روابط بین هزینه کل عرضه[3] و هزینه کل اقتصادی[4] وکل هزینه[5] آب، به تعریف روابط بین ارزش اقتصادی[6] وارزش کل منابع آب نیز پرداخته‌اند. این پژوهشگران ارزش کل منابع آب رابه‌ارزش ذاتی وارزش اقتصادی تقسیم‌وبیان کردند که‌ارزش اقتصادی آب شامل سود حاصل از مصارف مستقیم و غیرمستقیم آب‌و سود حاصل از تعدیل اهداف اجتماعی است. با توجه به این نمودار ملاحظه

1. large inefficiencies
2. World Water Commission
3. full supply cost
4. full economic cost
5. full cost
6. economic value

می‌شود که ارزش اقتصادی آب تنها مربوط به ارزش مصرف مستقیم نبوده و ارزش حاصل از مصارف غیرمستقیم و اهداف اجتماعی را نیز در نظر می گیرد. در بخش هزینه ها نیز هزینه های اقتصادی آب علاوه بر هزینه‌های عرضه آب، شامل هزینه‌های عوامل خارجی و هزینه فرصت سرمایه گذاری در منابع آب می باشد.

روگرز و همکاران معتقدند که استفاده کارا و پایدار از منابع آب مستلزم آن است که قیمت این منابع نه تنها هزینه عرضه (هزینه بهره‌برداری و نگهداری یا O&M و نیز هزینه سرمایه) بلکه هزینه فرصت و هزینه عوامل خارجی اقتصادی و زیستمحیطی را نیز شامل شود.

نمودار ۱. اصول کلی هزینه‌ها و ارزش منابع آب



منبع: Rogers & et al., 2002

مصرف‌کنندگان و عرضه‌کنندگان منابع آبی هر یک انتظارات ویژه‌ای از نظام قیمتگذاری دارند؛ مصرف‌کنندگان تمایل دارند با قیمت مناسب و در حد توان آنها، آب را به‌موقع و با کیفیت بالا دریافت کنند و حال آنکه عرضه‌کنندگان مایلند هزینه تأمین منابع آب را جبران کنند و به درآمد قابل قبولی برسند. سیاستهای قیمتگذاری می تواند اهداف مختلفی نظیر تخصیص بهینه منابع آبی، عادلانه بودن قیمتها، ایجاد درآمد کافی و پایدار برای عرضه‌کنندگان منابع آبی، بهبود حفاظت منابع، استفاده بهینه از منابع و جلوگیری از تغییرات شدید قیمتها را براورده کند.

در واقع ارزش اقتصادی آب معادل بهایی است که یک مصرف‌کننده عقلایی منابع آب عرضه شده خصوصی یا دولتی حاضر است جهت استفاده از آن بپردازد. در تعیین ارزش اقتصادی آب باید به چهار بعد حجم معین، با کیفیت مشخص، در زمان و مکان معین توجه شود، زیرا عرضه فیزیکی آب در مناطق مختلف ممکن است محدود نباشد، ولی عرضه اقتصادی آن، که نشاندهنده میزان عرضه آب در ابعاد مختلف پیشگفته است، همیشه محدود و تأمین آن نیازمند صرف هزینه کلان باشد.

هدف این مطالعه تعیین ارزش اقتصادی آب تخصیص‌یافته به محصولات کشاورزی اراضی زیر سد بارزو شیروان است. در نتیجه، این فرضیه که «ارزش اقتصادی آب از میزان آب‌بهای دریافتی از کشاورزان بیشتر است» آزمون می‌شود. لذا ارزش اقتصادی آب در این مطالعه از طریق میزان تغییر در درآمد خالص کل محصولات کشاورزی هر منطقه به ازای تغییرات اندک در هزینه تولید محصولات محاسبه می شود. در واقع در این حالت ارزش اقتصادی آب به میزان تغییر سود کشاورزان منطقه در ازای مصرف یک واحد بیشتر آب متکی است.

پیشینه تحقیق

در زمینه مسائل آب، بویژه قیمتگذاری آن در بخش کشاورزی ایران، مطالعات پراکنده‌ای صورت گرفته است که تعدادی از آنها به شرح زیر می باشد:

گاردنر و همکاران (Gardner & et al., 1974) برای اولین بار در ایران در سال ۱۹۷۴جهت نرخگذاری آب در طرحهای در حال بهره برداری و جدید از روشی مبتنی بر توانایی پرداخت کشاورزن و هزینه تأمین آب استفاده کردند. آنها قیمت آب را در مناطق مختلف بین ۵۰ تا ۷۵ درصد توانایی پرداخت کشاورزان محاسبه نمودند.

دهقانیان و شاهنوشی (۱۳۷۳) در مطالعه‌ای موردی در مزرعه دانشکده کشاورزی مشهد با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی، قیمت سایه‌ای (بهره وری نهایی) آب را برابر ۲۳۵ ریال

به‌ازای هر متر مکعب براورد کردند.

آریان و ذولفقاری (۱۳۷۴) در مطالعه‌ای دیگر بر اساس هزینهٔ تمام شدهٔ هر مترمکعب آب، قیمت آب را حداقل ۱۰ ریال و حداکثر ۵۴ ریال در مترمکعب محاسبه نمودند.

ترکمانی و همکاران (۱۳۷۶) در مطالعه‌ای بر روی اراضی زیر پوشش سد طالقان به براورد ارزش بازده نهایی آب کشاورزی با استفاده از تکنیک برنامه‌ریزی ریاضی پرداختند و متوسط نرخ آب را حدود ۶ ریال به ازای هر متر مکعب براورد کردند. آنها بیان نمودند که قیمت هر مترمکعب آب باید در سطحی تعیین شود که حداقل بتواند هزینه‌های بهره‌برداری و نگهداری را در منطقه جبران کند.

چیذری و میرزایی (۱۳۷۸) نیز با به کارگیری روش تابع تولید کاب داگلاس، قیمت تمام شده آب کشاورزی باغهای پسته شهرستان رفسنجان را معادل ۸۵ ریال محاسبه کردند.

صمدی نژاد و سلامی (۱۳۸۰) نیز برای تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی (قیمت سایه‌ای) در دشت مرکزی ساوه از تخمین توابع تولید انعطاف‌پذیر درجه دوم (روش مستقیم) برای هر یک از محصولات عمده منطقه استفاده نمودند. آنها با مقایسه ارزش اقتصادی براوردشده با قیمتهای دریافتی از کشاورزان نتیجه گرفتند که ارزش اقتصادی آب به مراتب بیشتر از مبالغ دریافتی از تولیدکنندگان است و لذا در چنین شرایطی عدم استفاده بهینه از نهاده آب و نبود رغبت به سرمایه گذاری در فناوری آب اندوز اتفاق می‌افتد.

مطالعات بسیاری نیز در خصوص مدلهای برنامه‌ریزی ریاضی و تعیین ارزش اقتصادی آب و سیستمهای مربوط به آن در خارج از کشور انجام شده است که در این جا به چند نمونه از آنها اشاره می‌شود:

ترینک و ناکاشیما در سال (Teerink & Nakashima, 1993) به مطالعه روی قیمتگذاری آب در کالیفرنیا پرداختند و قیمت آب را بر اساس توانایی پرداخت کشاورزان معادل ۴۴$/۱۰۰۰$m^3$ براورد کردند.

سالس(Saleth, 1997) نتیجه گرفت قیمت آب در منطقه‌ای از هند باید حداقل برابر با ۱۲-۱۵ $/h$ باشد تا بتواند هزینه‌های بهره برداری و نگهداری (O&M) را پوشش دهد. این

محقق همچنین نشان می دهد که در وضعیت موجود فقط ۲٪ هزینه‌های O&M پوشش داده می‌شود. بنابراین به علت پایین بودن قیمت آب، کشاورزان هیچ تمایلی به استفاده بهینه از آن ندارند. این گزارش همچنین بیان می کند که قیمت آب فقط ۶٪ از درآمد ناخالص محصول را در بر می گیرد که این امر باعث استفاده بهینه و کارای آبیاری نمی شود.

آبرنتی و همکارانش(Abernethy & et al., 2000) در دره نیجر متوسط قیمت آب را از سال ۱۹۹۲ تا ۱۹۹۶ برای کشت برنج معادل $ ۱۲۴ به ازای هر هکتار در هر فصل محاسبه و بیان کردند که در این کشور قیمت آب حتی با نرخ بسیار بالای جمع‌آوری حقابه‌ها نیز نمی‌تواند کل هزینه های تأمین آب را پوشش دهد.

سلمان و همکاران (Salman & et al., 2001) با استفاده از یک مدل بهینه سازی برنامه‌ریزی‌خطی‌در منطقه‌ای از کشور اردن مجموعه‌ای از فعالیتهای بهینه حداکثر کننده درآمد خالص کشاورزان را به دست آوردند. آنها همچنین قیمت سایه‌ای آب را در تولید محصولات بهترین الگوی کشت از لحاظ درآمد خالص در سطح یک منطقه محاسبه نمودند و با محاسبه کششهای قیمتی آب نیز بیان کردند که کشاورزان به تغییر قیمت آب واکنش نشان می‌دهند.

سینگ و همکارانش (Singh & et al., 2001) در مطالعه‌ای روی اراضی زیر یک کانال آبیاری در هند از مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند تا الگوی بهینه کشت را با هدف حداکثرکردن درآمد خالص در منطقه، درسطوح مختلف آب قابل دسترس، براورد نمایند.

ایوسلویچ و گات‌من(Ioslovich & Gatman, 2001) در مطالعه خود اظهار کردند که قیمت آب می‌تواند ابزاری در جهت استفاده بهینه و تخصیص رضایت‌بخش به شمار رود.

الوشان(Al. Weshan, 2001) نیز در دره اردن با بررسی مدیریت و بهینه‌سازی استفاده آب آبیاری در منطقه به تعیین ارزش‌افزوده هر مترمکعب آب پرداخت و اظهار کرد که کمبود آب می‌تواند از طریق مدیریت منابع آب آبیاری با کمک انتخاب نسبی محصولات الگوی کشت بهینه و قیمتگذاری آب کاهش یابد.

داپلر و همکاران(Doppler & et al., 2002) در کرانه رود اردن به بررسی تأثیر راهبردهای قیمت آب در تخصیص بهینه آب آبیاری پرداختند. آنها برای رسیدن به اهداف

موردنظر از مدلهای برنامه‌ریزی خطی استفاده و قیمت جاری آب را ۰/۰۲۴دلار براورد کردند و نتیجه گرفتند که با تعیین قیمت و تخصیص بهینه آب می‌توان درآمد کشاورزان منطقه را افزود و ریسک آنان را کاست.

وارد و همکارانش (Ward & et al., 2002) نیز در مطالعه‌ای با عنوان " ارزش اقتصادی آب در کشاورزی"، در دانشگاه ایالتی نیومکزیکو آمریکا بیان کردند که اطلاعات ارزش اقتصادی آب تصمیم‌گیران را قادر می‌سازد تا از آب استفاده بهینه کنند.

بوس ورث و همکارانش (Bosworth & et al., 2002) در مطالعه‌ای در سال ۲۰۰۲ با استفاده از هزینه تأمین به تعیین قیمت آب در دره اردن پرداختند و قیمت آب را تا سال ۱۹۹۰ معادل JD/M^3 ۰/۰۰۳(معادل M^3 ۱۰۰۰/$ ۴/۲) و در سال ۱۹۹۹ برابر با JD/M^3 ۰/۰۱۵ (معادل $/M^3$ ۲۱/۱ $) براورد کردند. آنها قیمتهای آب در این کشور را حدود ۵۰ درصد هزینه‌های O&M تخمین زدند و نتیجه گرفتند که در این منطقه با افزایش قیمت آب، بهره‌وری آن افزایش می یابد.

با توجه به اینکه تعیین ارزش اقتصادی آب، و یا به عبارتی سیاست قیمتگذاری منابع آب، رویکردی جهت استفاده بهینه و مقابله با کمبود منابع آبی است، در این مطالعه به تعیین ارزش اقتصادی آب مناطق حاشیه رودخانه قلجق، زیارت و سه‌یک‌آب واقع در اراضی تحت پوشش سد بارزو شیروان پرداخته شده است. از آنجا که استفاده از تکنیک تابع تولید بستگی به نوع محصول، میزان مصرف نهاده و قیمتهای آنها دارد، لذا برای محصولات مختلف ارزش یکسانی حاصل نمی شود و ممکن است به علت بهینه نبودن الگوی کشت منطقه، ارزش اقتصادی محاسبه شده مبین ارزش اقتصادی واقعی منطقه مورد نظر نباشد. براساس مطالب پیشگفته، در مطالعه حاضر از رهیافت الگوی کشت بهینه استفاده گردیده است. البته قیمتگذاری آب باید به گونه‌ای صورت گیرد که کارایی اقتصادی و افزایش درآمد و مهمتر از همه حفظ منابع و پایداری آن را برای نسلهای بعدی به همراه داشته باشد. در این باره، با توجه به نتایج مطالعات فوق، بهترین قیمت نهاده آب قیمتی است که نشاندهنده ارزش کمیابی و نیز

ارزش اقتصادی آن در مناطق مختلف باشد و علاوه بر افزایش تولیدات کشاورزی، گامی در جهت تخصیص بهینه منابع آبی به شمار رود.

روش جمع‌آوری و تجزیه و تحلیل اطلاعات

از آنجا که هدف مطالعه حاضر تعیین ارزش اقتصادی آب در مناطق مختلف اراضی زیر سد بارزو شیروان، یعنی سه منطقه حاشیه‌ای رودخانه قلجق، زیارت و سه‌یک‌آب است، لذا بهره‌برداران این مناطق مطابق با معیارهای مناسب متوسط منابع[1] و محدودکننده‌ترین عامل تولید[2] یعنی میزان آب قابل دسترس و فاصله بهره بردار تا محل سد، در یک گروه همگن قرار داده شدند. اطلاعات مورد نیاز مطالعه حاضر با استفاده از روش میانگین‌گیری اطلاعات جمع‌آوری‌شده از طریق مصاحبه حضوری با بهره‌برداران و تکمیل ۱۰۰پرسشنامه به روش نمونه‌گیری طبقه‌ای از کل ۱۱۶۵ بهره‌بردار زراعی حاصل گردیده و تخصیص تعداد نمونه به هر منطقه نیز با روش تخصیص نسبتی (اصل تسهیم به نسبت) انجام گرفته است. تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز با استفاده از بسته های نرم افزاری Excel و Lindo انجام شده است.

روش شناسی تحقیق

در این مطالعه برای تعیین ارزش اقتصادی آب از مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده شده که فرم استاندارد آن در حالت حداکثرسازی به صورت زیر است:

$$max\ z = \sum_{j=1}^{n} c_j X_j \qquad (۱)$$

s.t:

$$\sum_{j=1}^{n} a_{ij} X_j \le b_i \qquad i = ۱,۲,۳ ..., m \qquad \text{موجودی منابع} \qquad (۲)$$

$$X_j \ge 0 \qquad j = ۱,۲,۳ ..., n \qquad \text{تعداد محصولات} \qquad (۳)$$

در مدل فوق رابطه۱نشاندهنده تابع هدف و روابط ۲ و ۳ مبین محدودیتهای مدلند.

1. average resource method
2 . most limiting resource method

۱. معرفی متغیرهای تصمیم‌گیری

اولین گام در ساختن مدل برنامه‌ریزی خطی تعریف متغیرهای تصمیم‌گیری است. متغیرهای مورد نیاز در مدلهای این مطالعه به شرح زیر است:

i: متغیر مربوط به محصولات مختلف (۱۴ محصول) قابل‌کشت و تولید در مناطق سه‌گانه تحت شبکه آبیاری سد بارزوست (i=۱, ۲, ۳ , ... , ۱۴). این محصولات به ترتیب عبارتند از: گندم (i=۱)، جو(i=۲)، ذرت‌دانه‌ای(i=۳)، چغندرقند(i=۴)، آفتابگردان (i=۵)، پیاز(i=۶)، سیب‌زمینی(i=۷)، خیارآبی(i=۸)، گوجه‌فرنگی(i=۹)، یونجه (i=۱۰)، انگور (i=۱۱)، سیب (i=۱۲)، زردآلو (i=۱۳)، گردو (i=۱۴).

j: متغیر مربوط به مناطق سه‌گانه تحت شبکه آبیاری سد بارزوست که j=۱ به منطقه حاشیه رودخانه قلجق، j=۲ به منطقه زیارت و j=۳ به منطقه سه یک‌آب اشاره می کند.

k: متغیر مربوط به دوره آبیاری است که به صورت ماهانه و به شرح زیر در نظر گرفته شده است: فروردین: k=۱، اردیبهشت: k=۲، خرداد:k=۳، تیر:k=۴، مرداد: k=۵، شهریور:k=۶، مهر:k=۷، آبان: k=۸، آذر:k=۹، زمستان: k=۱۰.

m: متغیر مربوط به فصلهای مختلف سال جهت تأمین نیروی‌کار موردنیاز فعالیتهای مختلف است. این فصلها عبارتند از: فصل بهار (m=۱)، فصل تابستان(m=۲)، فصل پاییز(m=۳)، فصل زمستان (m=۴).

بقیه متغیرها به شرح زیرند:

X_{ij}: سطح زیرکشت محصول iام در منطقهٔ jام

TXZ_j: کل اراضی قابل آبیاری و کشت محصولات زراعی منطقهٔ jام

FX_{ij}: سطح زیرکشت فعلی محصول iام در منطقهٔ jام

TXK_j: کل سطح زیر کشت محصولات منطقه jام جهت نیاز خودکفایی

XM_j: سطح زیرکشت محصول خیار پاییزه (کشت مجدد) در منطقهٔ jام

Y_{itr}: سطح زیرکشت محصول iام در سال tام در تناوب rام

TY_r: سطح زیرکشت محصول هر قطعه تناوبی در تناوب rام

f_{ij}: میزان کود فسفات موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقهٔ jام

Tf_j: میزان کل کود فسفات قابل دسترس محصولات منطقهٔ jام

o_{ij}: میزان کود اوره موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقهٔ jام

To_j: میزان کل کود اوره قابل دسترس محصولات منطقهٔ jام

p_{ij}: میزان کود پتاس موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقهٔ jام

Tp_j: میزان کل کود پتاس قابل دسترس محصولات منطقهٔ jام

h_{ij}: میزان کود حیوانی موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقهٔ jام

Th_j: میزان کل کود حیوانی قابل دسترس محصولات منطقهٔ jام

s_{ij}: میزان سموم موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقهٔ jام

Ts_j: میزان کل سموم قابل دسترس محصولات منطقهٔ jام

ti_j: میزان به کارگیری تراکتور موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقهٔ jام بر حسب ساعت

Tt_j: کل ساعت بهره‌برداری از تراکتور قابل دسترس منطقهٔ jام

k_{ij}: میزان به کارگیری کمباین موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقهٔ jام برحسب ساعت

Tk_j: کل ساعت بهره‌برداری از کمباین قابل دسترس منطقهٔ jام

d_{ij}:میزان به کارگیری دروگر موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقهٔ jام برحسب ساعت

Td_j: کل ساعت بهره‌برداری از دروگر قابل دسترس منطقهٔ jام

W_{ijk}: میزان آب موردنیاز (نیاز آبی) هر هکتار محصول iام منطقهٔ jام در ماه kام

Tw_{jk}: میزان آب تخصیص داده شده به منطقهٔ jام در ماه kام

L_{ijm}: نیروی کار موردنیاز هر هکتار محصول iام منطقهٔ jام در فصل mام

TL_{jm}: کل نیروی کار موجود منطقهٔ jام در فصل mام

c_{ij}: درآمد خالص هر هکتار محصول iام منطقهٔ jام

Tc_j: کل درآمد خالص حاصل از محصولات تولیدی منطقهٔ jام

I_{ij}: هزینه‌های سرمایه‌گذاری نقدی موردنیاز هر هکتار محصول iام منطقهٔ jام

TI_j: کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری نقدی قابل دسترس منطقهٔ jام

TXK_j: کل سطح زیر کشت محصولات منطقه jام جهت نیاز خودکفایی

۲. تعیین محدودیتهای مدل

محدودیتهای مربوط به مدل برنامه‌ریزی خطی،که‌اکثراً مربوط به منابع تولیدی می‌شود، عبارت است از:

- **محدودیت زمین زراعی:** در منطقه مطالعاتی علاوه بر محصولات اصلی، امکان کشت بعضی از محصولات نظیر خیار پاییزه به صورت کشت مجدد پس از برداشت غلات وجود دارد، لذا محدودیتهای مربوط به زمین (سطح زیرکشت) به دو دوره تفکیک و به صورت زیر وارد مدل شده‌است:

الف) محدودیت سطح زیر کشت آبی محصولات زراعی مناطق مختلف:

$$\sum_{i=1}^{14} X_{ij} - TXZ_j \le 0 \qquad \text{for j=۱, ۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۴)$$

ب) محدودیت سطح زیرکشت آبی محصولات کشت مجدد مناطق مختلف:

$$XM_j - \sum_{i=1}^{2} X_{ij} \le 0 \qquad \text{for j=۱,۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۵)$$

- **محدودیت آب:** از آنجا که دوره کشت ونیاز آبی محصولات و میزان موجودی آب منطقه در ماههای مختلف سال با یکدیگر متفاوت است باید محدودیت آب به صورت ماهانه و منفک از هم در نظر گرفته شود.

$$\sum_{i=1}^{14} W_{ijk} X_{ij} - TW_{jk} \le 0 \qquad \text{for j=۱, ۲, ۳ سه منطقه مذکور and k=۱, ۲ , ... , ۱۰ ماه های سال} \qquad (۶)$$

- **محدودیت نیروی کار:** تقاضا برای نیروی‌کار در فعالیتهای تولیدی محصولات زراعی تابع عملیات مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت است و به دلیل تنوع کشت محصولات و متفاوت بودن دوره رشد آنها، تأمین نیروی کار مورد نیاز در فصلهای مختلف متفاوت خواهد بود، لذا نیروی کار موردنیاز فعالیتهای مختلف در چهار دوره فصلی به صورت زیر مدلبندی شده است:

$$\sum_{i=1}^{14} L_{ijm} X_{ij} - TL_{jm} \le 0 \qquad \text{for m=۱, ۲, ۳, ۴ and j=۱, ۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۷)$$

- **محدودیت سم و کود شیمیایی:** به دلیل محدود بودن تولید و توزیع یارانه‌ای این نهاده‌ها، در مصرف آنها بین محصولات مختلف رقابت ایجاد می شود. به همین منظور در این مطالعه محدودیت میزان مصرف انواع مختلف کودهای شیمیایی یارانه‌ای نظیر کودهای اوره، فسفات، پتاس، کود حیوانی و سموم مختلف، به ترتیب به صورت زیر در نظر گرفته شده است:

$$\sum_{i=1}^{14} f_{ij} X_{ij} - Tf_j \le 0 \qquad \text{for j=۱, ۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۸)$$

$$\sum_{i=1}^{14} o_{ij} X_{ij} - To_j \le 0 \qquad \text{for j=۱, ۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۹)$$

$$\sum_{i=1}^{14} p_{ij} X_{ij} - Tp_j \le 0 \qquad \text{for j=۱, ۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۱۰)$$

$$\sum_{i=1}^{14} h_{ij} X_{ij} - Th_j \le 0 \qquad \text{for j=۱, ۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۱۱)$$

$$\sum_{i=1}^{14} s_{ij} X_{ij} - Ts_j \le 0 \qquad \text{for j=۱, ۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۱۲)$$

- **محدودیت ماشین آلات کشاورزی:** دسترسی به ماشین‌آلات کشاورزی نظیر تراکتور، کمباین و دروگر نیز به ترتیب به صورت محدودیتهای زیر در نظر گرفته شده است:

$$\sum_{i=1}^{14} t_{ij} X_{ij} - Tt_j \le 0 \qquad \text{for j=۱,۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۱۳)$$

$$\sum_{i=1}^{14} k_{ij} X_{ij} - Tk_j \le 0 \qquad \text{for j=۱,۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۱۴)$$

$$\sum_{i=1}^{14} d_{ij} X_{ij} - Td_j \le 0 \qquad \text{for j=۱,۲, ۳ سه منطقه مذکور} \qquad (۱۵)$$

- **محدودیت تناوب زراعی:** تناوبهای‌زراعی‌عمومی‌استفاده‌شده‌درمنطقه‌به شرح زیر است:

۱. غلات، جالیز، غلات، غلات، چغندرقند

۲. چغندرقند، غلات، یونجه

۳. ذرت، غلات، چغندرقند

معادلات محدودیتهای مربوط به این تناوبهای زراعی به شرح زیر وارد مدل شده است:

$$\sum_{i=1}^{2} Y_{i1r} + \sum_{i=5}^{9} Y_{i2r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i3r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i4r} + Y_{45r} - 5TY_r = 0 \qquad \text{for r = ۱ تناوب اول} \qquad (۱۶)$$

$$Y_{41r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i2r} + Y_{103r} - 3TY_r = 0 \qquad \text{for r = ۲ تناوب دوم} \qquad (۱۷)$$

$$Y_{31r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i2r} + Y_{43r} - 3TY_r = 0 \qquad \text{for r = ۳ تناوب سوم} \qquad (۱۸)$$

معادله‌محدودیت‌مجموع‌سطح‌زیرکشت‌هرمحصول در تناوبهای مختلف نیز چنین است:

$$\sum_{r=1}^{3}\sum_{t=1}^{5} Y_{itr} - X_i = 0 \qquad \text{for i=۱, ۲ , … ,۱۴} \qquad \text{محصولات مختلف زراعی و باغی} \qquad (۱۹)$$

$$X_i - \sum_{j=1}^{3} X_{ij} = 0 \qquad \text{for i=۱, ۲ , … ,۱۴} \qquad \text{محصولات مختلف زراعی و باغی} \qquad (۲۰)$$

معادله محدودیت مجموع کل تناوبها نیز به صورت زیر است:

$$5TY_1 + 3TY_2 + 3TY_3 - \sum_{j=1}^{3} TXZ_j = 0 \qquad (۲۱)$$

- **محدودیت نیاز خودکفایی:** محدودیت سطح زیرکشت محصولاتی نظیر گندم و جو جهت تأمین نیازهای غذایی اهالی، نیاز دام منطقه و بذر موردنیاز کشت سال بعد در منطقه به شرح زیر است:

$$\sum_{j=1}^{3} X_{1j} \geq TXK_j \qquad \text{for i=۱, ۲} \qquad \text{محصولات گندم و جو} \qquad (۲۲)$$

- **محدودیت سرمایه‌گذاری نقدی:** از آنجا که درآمد بخش کشاورزی محدود است، محصولات تولیدی مختلف در بهره‌گیری از آن با یگدیگر رقابت دارند، بنابراین محدودیت سرمایه به صورت زیر وارد مدل شده است:

$$\sum_{i=1}^{14} I_{ij} X_{ij} - TI_j \leq 0 \qquad \text{for j=۱, ۲, ۳} \qquad \text{سه منطقه مذکور} \qquad (۲۳)$$

در سمت چپ این محدودیت نیاز فعالیتهای تولیدی به سرمایه نقدی، که معادل میزان هزینه های متغیر آن در نظر گرفته شده، درج گردیده است و در سمت راست آن مجموع میزان کل سرمایه نقدی قابل تخصیص به فعالیتهای زراعی مناطق مختلف (TIj)، که از طریق تدوین الگوی کشت شرایط موجود منطقه (مدل کالیبره) به دست می آید، قرار می گیرد.

۳. تعیین مدل کالیبره و براورد میزان منابع در شرایط موجود

مدل کالیبره از جمله مدلهای برنامه‌ریزی خطی است که با توجه به شرایط کشت موجود منطقه ایجاد می‌شود و متغیرهای تصمیم‌گیری عیناً معادل سطح کشت فعلی وارد آن می‌گردند. میزان موجودی منابع نیز در این مدل به صورت متغیر وارد می شود تا مقادیر منابع لازم براورد گردد.

نتایج و بحث

جدول ۲ نتایج میزان نهاده‌های براورد شده از مدل کالیبره را نشان می دهد. چنانکه از این جدول پیداست، حجم سرمایه‌گذاری مناطق حاشیه رودخانه قلجق، زیارت و سه‌یک‌آب در الگوی کشت فعلی با در نظر گرفتن محصولات زراعی و باغی به ترتیب برابر با ۶۱۷۹۸۰۰، ۱۱۹۵۳۱۵۰ و ۴۶۸۴۶۲۰ هزارریال و بیشترین مصرف آب نیز در تیر ماه به ترتیب معادل ۲۲۴۷، ۵۶۱۷ و ۲۲۳۳ هزارمترمکعب براورد شده است. همچنین سطح اشتغال فصلهای بهار، تابستان، پاییز و زمستان در کل مناطق اراضی زیر سد بارزو نیز در شرایط فعلی به ترتیب برابر با ۹۲۶۷۹، ۸۸۴۸۱، ۸۲۸۶۲ و ۱۲۷۲۷ نفرروزکار براورد گردیده است.

جدول۲. نتایج میزان نهاده‌های براورد شده از مدل کالیبره الگوی زراعی و باغی

نهاده مصرفی	واحد	منطقه قلجق	منطقه‌زیارت	منطقه سه یک‌آب	جمع
سرمایه نقدی	هزار ریال	۶۱۷۹۸۰۰	۱۱۹۵۳۱۵۰	۴۶۸۴۶۲۰	۲۲۸۱۷۵۵
زمین	هکتار	۸۷۰	۲۲۰۰	۸۲۰	۳۸۹۰
آب فروردین	مترمکعب	۵۰۴۴۰۷	۷۸۷۹۴۳	۲۵۲۶۶۸	۱۵۴۵۰۱۸
آب اردیبهشت	مترمکعب	۱۲۳۱۷۸۱	۲۴۳۴۸۸۵	۹۵۰۸۵۹	۴۶۱۷۵۲۵
آب خرداد	مترمکعب	۲۱۴۲۹۰۵	۵۵۳۴۹۶۲	۲۱۵۶۳۱۳	۹۸۳۴۱۸۰
آب تیر	مترمکعب	۲۲۴۶۴۶۰	۵۶۱۶۸۹۱	۲۲۳۲۶۹۶	۱۰۰۹۶۰۴۷
آب مرداد	مترمکعب	۲۲۳۸۰۷۲	۵۳۹۳۰۶۵	۱۷۵۷۰۷۵	۹۳۸۸۲۱۲
آب شهریور	مترمکعب	۱۵۹۸۸۲۲	۳۶۸۷۲۷۶	۱۱۹۶۴۳۸	۶۴۸۲۵۳۶
آب مهر	مترمکعب	۷۴۰۸۵۹	۱۵۴۰۰۹۴	۵۵۷۰۶۰	۲۸۳۸۰۱۳
آب آبان	مترمکعب	۲۸۶۲۰۵	۴۳۰۴۴۲	۱۷۳۱۶۹	۸۸۹۸۱۶
آب آذر	مترمکعب	۳۶۷۵	۱۳۰۱۲	۰	۱۶۶۸۷
آب زمستان	مترمکعب	۴۷۰۰۰	۰	۰	۴۷۰۰۰
نیروی کار بهاره	نفرروز	۲۵۲۴۷	۵۲۵۱۰	۱۴۹۲۲	۹۲۶۷۹
نیروی کار تابستانه	نفرروز	۱۹۵۵۹	۴۸۳۳۶	۲۰۵۸۶	۸۸۴۸۱
نیروی کار پاییزه	نفرروز	۲۳۹۸۶	۴۴۰۱۶	۱۴۸۶۰	۸۲۸۶۲
نیروی کار زمستانه	نفرروز	۵۰۸۳	۶۴۸۷	۱۱۶۷	۱۲۷۳۷
کود شیمیایی فسفات	کیلوگرم	۱۸۴۱۹۹	۴۰۶۵۸۲	۱۵۲۷۵۴	۷۴۳۵۳۵
کود شیمیایی اوره	کیلوگرم	۲۶۷۵۹۸	۸۸۱۷۴۷	۲۲۱۵۹۵	۱۳۷۰۹۴۰
کود شیمیایی پتاس	کیلوگرم	۹۷۲۰۶	۱۲۱۹۸۳	۲۰۷۴۵	۲۳۹۹۳۴
سموم شیمیایی	کیلوگرم	۱۸۳۴۷	۲۳۱۲۴	۴۴۸۱	۴۵۹۵۲
کود حیوانی	تن	۱۸۵۹۴	۲۸۹۹۵	۱۰۲۳۵	۵۷۸۲۴
متوسط ساعت کار تراکتور	ساعت	۱۸۱۹۶	۵۱۲۸۲	۲۰۵۷۵	۹۰۰۵۳
متوسط ساعت کار کمباین	ساعت	۹۴۸	۳۳۵۷	۱۴۱۶	۵۷۲۱
متوسط ساعت کار دروگر	ساعت	۲۹۰۶	۸۳۱۱	۴۲۳۸	۱۵۴۵۵

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول ۳ سطح زیرکشت فعلی محصولات زراعی و باغی مناطق مختلف را در مدل کالیبره نشان می دهد. الگوی کشت بهینه مناطق مختلف حاشیه رودخانه قلجق در شرایط کشت تلفیق محصولات زراعی و باغی با به کارگیری رهیافت برنامه‌ریزی خطی معمولی و درصد تغییر آن نسبت به مدل کالیبره، به شرح جدول ۴ پیشنهاد می گردد. همان گونه که در جدول ۴ ملاحظه می شود، مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی کشت محصولات گندم آبی، جوآبی، ذرت دانه‌ای، خیار پاییزه، آفتابگردان، یونجه و توسعه سطح زیر کشت گردو را علاوه بر سطوح زیر کشت موجود سایر محصولات باغی در منطقه حاشیه رودخانه قلجق توصیه می‌کند. این مدل همچنین در منطقه زیارت کشت محصولات گندم آبی، چغندرقند، خیارپاییزه و آفتابگردان را علاوه بر سطوح زیر کشت ثابت محصولات باغی و یونجه و سطح زیر کشت نیاز خودکفایی جو آبی و در منطقه سه‌یک‌آب کشت محصولات ذرت دانه‌ای، خیار پاییزه، پیاز و توسعه سطح زیر کشت گردو را علاوه بر سطوح زیر کشت موجود سایر محصولات باغی و یونجه توصیه می کند. مقایسه الگوی بهینه پیشنهادی مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی با مدل کالیبره در جدول ۴ بیان می کند که بالاترین درصد تغییر در الگوی کشت بهینه مناطق حاشیه رودخانه قلجق، زیارت و سه‌یک‌آب به ترتیب مربوط به افزایش سطح زیر کشت محصول آفتابگردان به میزان ۳۴۸۷/۸ درصد، محصول خیارپاییزه به میزان ۵۴۷/۸ درصد و محصول پیاز به میزان ۱۶۲۸/۱ درصد می باشد. همچنین سطح زیر کشت کل محصولات در الگوی کشت بهینه مناطق حاشیه رودخانه قلجق، زیارت و سه یک آب نیز به ترتیب با ۲۶ درصد افزایش، ۴/۶ درصد کاهش و ۴۶/۶ درصد افزایش مواجه بوده است.

نتایج جدول ۴ همچنین نشان می دهد که علت وارد شدن کشت برخی از محصولات نظیر جو آبی، یونجه و محصولات باغی، وجود محدودیتهای ویژه مانند نیاز خودکفایی، عدم‌قابلیت تغییر سطح زیرکشت و ... بوده است نه داشتن صرفه اقتصادی. ولی توسعه سطح زیر کشت محصول گندم آبی به بیش از سطح مورد نیاز خودکفایی نشاندهنده داشتن صرفه اقتصادی بوده است. نتایج مذکور همچنین بیان می کند که در شرایط اجرای الگوی کشت

بهینه پیشنهادی مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی، توسعه کشت محصولات باغی، بجز محصول گردو در مناطق حاشیه رودخانه قلجق و سه‌یک‌آب، صرفه اقتصادی نداشته و پیشنهاد نمی‌گردد.

بنابراین، در مجموع، سطوح زیرکشت محصولات زراعی و باغی مناطق حاشیه رودخانه قلجق، زیارت و سه‌یک‌آب به ترتیب از ۸۷۰، ۲۲۰۰ و ۸۲۰ هکتار در شرایط فعلی به ۱۰۹۶، ۲۱۰۰ و ۸۴۲ هکتار در حالت اجرای الگوی کشت بهینه پیشنهادی مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی قابل توسعه است.

جدول۳. نتایج الگوی کشت مدل کالیبره محصولات زراعی و باغی مناطق اراضی زیر سد شیروان

(واحد: هکتار)

محصول	متغیر	منطقه حاشیه قلجق	منطقه زیارت	منطقه سه‌یک‌آب	جمع
گندم آبی	X_1	۱۵۶/۸	۵۵۵/۲	۲۳۴/۲	۹۴۶/۲
جو آبی	X_2	۵۳/۹	۱۹۰/۹	۸۰/۵	۳۲۵/۳
ذرت دانه‌ای	X_3	۳۹/۲	۱۳۸/۸	۵۸/۶	۲۳۶/۶
چغندرقند	X_4	۷۳/۵	۲۶۰/۳	۱۰۹/۸	۴۴۳/۶
خیار بهاره	X_5	۲۴/۵	۸۶/۸	۳۶/۶	۱۴۷/۹
خیار پاییزه	X_M	۳۵	۹۰	۴۰	۱۶۵
گوجه‌فرنگی	X_6	۲۴/۵	۸۶/۸	۳۶/۶	۱۴۷/۹
آفتابگردان	X_7	۹/۸	۳۴/۷	۱۴/۶	۵۹/۱
پیاز	X_8	۹/۸	۳۴/۷	۱۴/۶	۵۹/۱
سیب‌زمینی	X_9	۴۹	۱۷۳/۵	۷۳/۲	۲۹۵/۷
یونجه	X_{10}	۴۹	۱۷۳/۵	۷۳/۲	۲۹۵/۷
انگور	X_{11}	۲۱۷/۸	۲۳۶/۸	۲۲/۹	۴۷۷/۵
سیب	X_{12}	۱۱۰	۱۱۹/۵	۲۱/۷	۲۵۱/۲
زردآلو	X_{13}	۶/۲	۶/۸	۱/۲	۱۴/۲
گردو	X_{14}	۱۱	۱۱/۹	۲/۲	۲۵/۱
جمع		۸۷۰	۲۲۰۰	۸۲۰	۳۸۹۰

منبع: یافته‌های تحقیق

جدول٤. نتایج الگوی کشت بهینه مدل برنامه‌ریزی خطی و تغییر آن نسبت به مدل کالیبره اراضی زیر سد بارزو شیروان

(واحد: هکتار)

محصول	متغیر	منطقه قلجق		منطقه زیارت		منطقه سه‌یک‌آب		جمع	
		الگوی‌بهینه	درصدتغییر	الگوی‌بهینه	درصدتغییر	الگوی‌بهینه	درصدتغییر	الگوی بهینه	درصدتغییر
گندم آبی	X_1	۱۵۵/۷	-۰/۷	۵۰۳	-۹/۴	۵۱۱/۵	۱۱۸/۴	۹۴۶/۲	۲۳/۷
جو آبی	X_2	۳۷	-۳۱/۴	۸۰	-۵۸/۱	۲۷	-۶۶/۵	۳۲۵/۳	-۵۵/۷
ذرت	X_3	۶۱	۵۵/۶	۰	-۱۰۰	۹/۳	-۸۴/۱	۲۳۶/۶	-۷۰/۳
چغندرقند	X_4	۰	-۱۰۰	۲۳۴	-۱۰/۱	۰	-۱۰۰	۴۴۳/۶	-۴۷/۲
خیار بهاره	X_5	۰	-۱۰۰	۰	-۱۰۰	۰	-۱۰۰	۱۴۷/۹	-۱۰۰
خیار پاییزه	X_M	۲۱/۲	-۳۹/۴	۵۸۳	۵۴۷/۸	۲۸۰/۹	۶۰۲/۳	۱۶۵	۴۳۶/۴
گوجه‌فرنگی	X_6	۰	-۱۰۰	۰	-۱۰۰	۰	-۱۰۰	۱۴۷/۹	-۱۰۰
آفتابگردان	X_7	۳۵۱/۶	۳۴۸۷/۸	۱۵۰	۳۳۲/۳	۰	-۱۰۰	۵۹/۱	۷۴۸/۷
پیاز	X_8	۰	-۱۰۰	۰	-۱۰۰	۲۵۲/۳	۱۶۲۸/۱	۵۹/۱	۳۲۶/۹
سیب‌زمینی	X_9	۰	-۱۰۰	۰	-۱۰۰	۰	-۱۰۰	۲۹۵/۷	-۱۰۰
یونجه	X_{10}	۴۹	۰	۱۷۳/۵	۰	۷۳/۲	۰	۲۹۵/۷	۰
انگور	X_{11}	۲۱۷/۸	۰	۲۳۶/۸	۰	۲۲/۹	۰	۴۷۷/۵	۰
سیب	X_{12}	۱۱۰	۰	۱۱۹/۵	۰	۲۱/۷	۰	۲۵۱/۲	۰
زردآلو	X_{13}	۶/۲	۰	۶/۸	۰	۱/۲	۰	۱۴/۲	۰
گردو	X_{14}	۸۶/۳	۶۸۴/۵	۱۱/۹	۰	۲/۲	۰	۱۰۰/۴	۳۰۰
جمع		۱۰۹۶	۲۶	۲۱۰۰	-۴/۶	۸۴۲	۴۶/۶	۴۰۳۸	۱۳

منبع: یافته‌های تحقیق

قیمتهای سایه‌ای (ارزش اقتصادی) آب مبین میزان تغییر سود کشاورزان منطقه در ازای افزایش یک واحد به مقادیر موجود منابع آب تخصیص داده شده است. پس از تخصیص بهینه آب سد بارزو شیروان، ارزش اقتصادی آب سد در دو حالت محاسبه گردیده است. درحالت اول فرض شده که میزان خروجی بهینه ماهانه آب سد مشخص است ولی تخصیص بهینه به هر منطقه مشخص نیست. در حالت دوم نیز فرض شده که میزان تخصیص بهینه آب ماهانه هر منطقه دقیقاً مشخص است. با در نظر گرفتن این دو فرض و لحاظ نمودن آنها در مدلهای برنامه‌ریزی خطی معمولی، به تعیین میزان آب مازاد و قیمتهای سایه‌ای (ارزش اقتصادی) آب سد بارزو شیروان در دو حالت پرداخته شده است. نتایج قیمتهای سایه‌ای نهاده آب در ماههای مختلف سال در جدول ۵ ارائه گردیده است. همان گونه که در این جدول ملاحظه می شود،

در شرایط اجرای الگوی کشت بهینه برنامه‌ریزی خطی، اراضی زیر سد بارزو شیروان در ماههای فروردین، تیر، شهریور و آبان با محدودیت شدید کمبود آب مواجه شده و افزایش هر واحد منابع آبی در این مناطق در ماههای مذکور، سود کشاورزان منطقه را به ترتیب به میزان ۸۸۰، ۴۷۰، ۴۷۴ و ۵۹۵ ریال افزایش داده است. این مقادیر در واقع ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان به ترتیب در ماههای مذکور می باشد. ولی در سایر ماهها میزان آب خروجی بهینه سد بارزو شیروان با مازادهای بسیار ناچیزی مواجه شده که این امر مانع از ایجاد قیمت سایه‌ای ماههای مذکور گردیده است. بنابراین ارزش اقتصادی آنها در دامنه بسیار محدودی معادل صفر تلقی شود.

جدول۵. ارزش اقتصادی ماهانه و میزان منابع آب استفاده نشده در اراضی زیر سد بارزو

درمدل برنامه ریزی خطی معمولی در قالب دو فرض (واحد: ریال- مترمکعب)

منابع آب	فرض اول		فرض دوم					
			منطقه قلجق		منطقه زیارت		منطقه سه‌یک‌آب	
	مازاد	قیمت‌سایه‌ای	مازاد	قیمت سایه‌ای	مازاد	قیمت‌سایه‌ای	مازاد	قیمت سایه‌ای
آب فروردین	۰	۸۸۰	۰	۶۵۰	۰/۰۴	۰	۰/۰۲	۰
آب‌اردیبهشت	۰/۰۷	۰	۰/۱۳	۰	۰/۰۸	۰	۰	۱۲۱۰
آب خرداد	۰/۱۱	۰	۰	۲۸۰	۰	۶۹۰	۰/۰۷	۰
آب تیر	۰	۴۷۰	۰/۰۶	۰	۰/۳۴	۰	۰	۳۷۰
آب مرداد	۰/۳۲	۰	۰	۱۶۰۰	۰	۱۹۰	۰/۰۶	۰
آب شهریور	۰	۴۷۴	۰/۱۱	۰	۰/۰۸	۰	۰	۳۳۷
آب مهر	۰/۱۳	۰	۰	۲۳۵	۰	۸۷۰	۰/۱۴	۰
آب آبان	۰	۵۹۵	۰	۱۳۵۰	۰	۹۶۲	۰/۰۱	۰
آب آذر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آب زمستان	۰	۰	۰/۰۱	۰	۰	۰	۰	۰

منبع: یافته‌های تحقیق

تعیین ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان در حالت دوم بر این فرض استوار است که میزان تخصیص بهینه ماهانه آب هر منطقه دقیقاً مشخص می‌باشد و با قرار دادن این مقادیر در سمت راست محدودیتهای آب مناطق مختلف، قیمت سایه‌ای (ارزش اقتصادی) آب هر ماه

در هر منطقه نیز مشخص می‌گردد. همان گونه که در جدول ۵ ملاحظه می شود، در منطقه حاشیه رودخانه قلجق در شرایط اجرای الگوی کشت بهینه پیشنهادی برنامه‌ریزی خطی، با افزایش هر واحد منابع آبی در ماههای فروردین، خرداد، مرداد، مهر و آبان سود کشاورزان منطقه به ترتیب ۶۵۰، ۲۸۰، ۱۶۰۰، ۲۳۵ و ۱۳۵۰ ریال افزایش می‌یابد. مقادیر مذکور مبین ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان به ترتیب در ماههای مذکور در منطقه حاشیه رودخانه قلجق است.

با اجرای الگوی کشت بهینه پیشنهادی برنامه‌ریزی خطی، در منطقه زیارت نیز با افزایش هر واحد منابع آبی در ماههای خرداد، مرداد، مهر و آبان (ماههای کمبود آب) سود کشاورزان منطقه به ترتیب ۶۹۰، ۱۹۰، ۸۷۰ و ۹۶۲ ریال افزایش می‌یابد. مقادیر مذکور نشاندهنده ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان به ترتیب در ماههای مذکور در منطقه زیارت می باشد.

سود کشاورزان منطقه سه‌یک‌آب نیز با اجرای الگوی کشت بهینه پیشنهادی برنامه‌ریزی خطی، با افزایش هر واحد منابع آبی در ماههای اردیبهشت، تیر و شهریور به ترتیب ۱۲۱۰، ۳۷۰، ۳۳۷ ریال افزایش می یابد. مقادیر مذکور نیز مبین ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان در ماههای اردیبهشت، تیر و شهریور در منطقه سه‌یک‌آب می باشد.

با بررسی نتایج جدول ۵، مناطق مختلف در مصرف آب اولویت بندی شده و نتایج در جدول ۶ ارائه گردیده است. اولویت بندی مناطق بر اساس میزان ارزش اقتصادی ماهانه آب در هر منطقه صورت گرفته، ولی در مناطقی که دارای ارزش اقتصادی یکسان بوده‌اند، بر مبنای دامنه تغییر و میزان آب مازاد آن ماه انجام پذیرفته است. اساس این کار بر این بوده است که در ماه مورد نظر اولویت بالاتر به منطقه‌ای داده شده که میزان مازاد کمتری داشته است.

جدول٦. اولویت بندی مصرف آب در مناطق مختلف در شرایط اجرای مدلهای

برنامه ریزی آرمانی قطعی (واحد: ۱۰ریال- مترمکعب)

منابع آب	منطقه قلجق		منطقه زیارت		منطقه سه‌یک‌آب	
	ارزش‌اقتصادی	اولویت	ارزش اقتصادی	اولویت	ارزش اقتصادی	اولویت
آب فروردین	۶۵	۱	۰	۳	۰	۲
آب اردیبهشت	۰	۳	۰	۲	۱۲۱	۱
آب خرداد	۲۸	۲	۶۹	۱	۰	۳
آب تیر	۰	۲	۰	۳	۳۷	۱
آب مرداد	۱۶۰	۱	۱۹	۲	۰	۳
آب شهریور	۰	۳	۰	۲	۳۳/۷	۱
آب مهر	۲۳/۵	۲	۸۷	۱	۰	۳
آب آبان	۱۳۵	۱	۹۶/۲	۲	۰	۳
آب آذر	۰	B	۰	B	۰	B
آب زمستان	۰	۳	۰	B	۰	B

منبع: یافته های تحقیق

B: نشاندهنده بی تفاوت و یکسان بودن اولویت مصرف آب ماه موردنظر در بین مناطق مشخص شده است.

همان گونه که از نتایج جدول ۶ پیداست، در شرایط اجرای الگوی کشت بهینه پیشنهادی مدل برنامه‌ریزی خطی قطعی، منطقه حاشیه رودخانه قلجق در ماههای فروردین، مردادو آبان؛ منطقه زیارت در ماههای خرداد و مهر و منطقه سه‌یک‌آب در ماههای اردیبهشت، تیر و شهریور دارای اولویت اول در مصرف آب کشاورزی سد بارزو شیروان بوده‌اند.

پیشنهادها

با توجه به نتایج این مطالعه به منظور بهبود نظام تولید، وضعیت کشاورزی و روشهای مدیریت منابع آبی در منطقه پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود:

۱. جهت توسعه محصولات باغی در منطقه باید سطح زیر کشت محصول گردو افزایش یابد.

۲. با توجه به اینکه مهمترین هدف در راستای توسعه اقتصادی منطقه استفاده بهینه و صرفه‌جویی در مصرف آب است و این امر تنها با درنظرگرفتن نهاده آب به عنوان کالایی اقتصادی و دریافت هزینه اجتماعی محقق می گردد، لذا قیمتگذاری و دریافت آب‌بها در سطح معادل با ارزش اقتصادی ضروری است.

۳. از آنجا که دریافت آب‌بهای معادل ارزش اقتصادی از کشاورزان، انگیزه صرفه‌جویی و مصرف کمتر آب را در میان آنها ایجاد می کند، پیشنهاد می‌شود جهت دریافت آب‌بها اولاً سیاست دریافت تدریجی اجرا گردد تا کشاورزان به تدریج بتوانند وضعیت خود را با شرایط جدید وفق دهند و ثانیاً برنامه‌ریزی و اجرای این سیاست با مشارکت کشاورزان انجام گیرد.

۴. آگاه کردن مردم منطقه نسبت به عواقب ناشی از مصرف بی‌رویه منابع آبی از طریق تقویت نظامهای آموزشی و ترویج و به کارگیری هرچه بیشتر رسانه‌های گروهی منطقه نیز در راستای رسیدن به هدفهای مورد نظر توصیه می‌شود.

۵. تشویق مردم منطقه با حمایتهای مالی دولت به استفاده از روشهای آبیاری تحت فشار پر بازده نیز در جهت استفاده بهینه منابع آب می تواند مؤثر واقع گردد.

منابع

۱. آریان، ط. و ش. ذولفقاری (۱۳۷۴)، ابزارهای مالی و اقتصادی در خدمت سیاستهای مدیریتی بخش آب. مجموعه مقالات کنفرانس منطقه‌ای مدیریت منابع آب، دانشگاه صنعتی اصفهان: ۱۷۵-۱۸۵.

۲. ترکمانی، ج، غ. سلطانی، و ه. اسدی (۱۳۷۶)، تعیین آب بها و بررسی ارزش بازده نهایی آب کشاورزی، *آب و توسعه*، فصلنامه امورآب وزارت نیرو، شماره ۱۷: ۵-۱۳.

۳. چیذری، ا. و ح. میرزایی (۱۳۷۸)، روش قیمت گذاری و تقاضای آب کشاورزی باغهای پسته شهرستان رفسنجان، *فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه*، ۲۶: ۹۹-۱۱۳.

۴. دهقانیان، س. و ن. شاهنوشی (۱۳۷۳)، برآورد تابع تقاضای تجویزی آب و تعیین الگوی کشت بر اساس قیمت سایه‌ای آب: مطالعه موردی در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، مجله *علوم و صنایع کشاورزی*، جلد ۸ شماره ۲: ۹۷-۱۰۹.

۵. سلطانی، غ. (۱۳۷۵)، نرخ گذاری آب کشاورزی، *آب و توسعه*، فصلنامه امور آب وزارت نیرو، شماره۱۲: ۱۲-۲۱.

۶. صمدی نژاد، ا. و ح. اسلامی(۱۳۸۰)، ارزش اقتصادی آب کشاورزی: مطالعه موردی دشت مرکزی ساوه، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.

۷. میرزایی‌خلیل‌آبادی، ح. (۱۳۷۶)، بررسی اقتصادی آب کشاورزی در شهرستان رفسنجان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۸. وکیلی، م. (۱۳۷۵)، محدودیتهای آب در ایران، *آب و توسعه*، فصلنامه امور آب وزارت نیرو، شماره ۱۵: ۱۳- ۱۸.

9. Abernethy, C.L; H. Sally; K. Lonsway, and C. Maman (2000), Farmer-based financing of operations in the Niger valley irrigation schemes, *Research Report* 37. Colombo, Sri Lanka: International Water Management Institute, Available online at: http://www.cgiar.org/iwmi/pubs/pub037/report37.pdf.

10. Al-Weshan, R.A. (2000), Optimal use of irrigation water in the Jordan valley: A case study, *Water Resource Management,* 14: 327-338.

11. Bosworth, B.; G.Cornish; C. Perry and F.V. Steenbergen

(2002), Water charging in irrigated agriculture, HR Wallingford Publication, Report OD, 145.

12. Doppler, W.; A.Z. Salman; Al – E.K Karablieh and H.P.Wolff (2002), The impact of water price strategies on the allocation of irrigation water: The case of the Jordan valley, Agricultural Water Management, 55:171-182.

13. Gardner, B.D. & et al. (1974), Pricing irrigation water in Iran, *Water Resources Research,* 10(6): 1080-1085.

14. Isolovich, I. and P. Gutman (2001), A model for the global optimization of water prices and usage for the case of spatially distributed sources and consumers, Mathematics and Computers in Simulation, 56: 347-356.

15. Rogers, P., R. Bhatia, and A. Huber (1998), Water as a social and economic good: How to put the principle into practice, Global Water Partnership/Swedish International Development Cooperation Agency, Stockholm, Sweden.

16. Rogers, P.; R.D. Silva and R. Bhatia (2002), Water is an economic good: How to use price to promote equity, efficiency and sustainability, *Water Policy*, 4:1-17.

17. Saleth, R.M. (1998), Water markets in India: Economic and institutional aspects, In Easter, Rosegrant and Dinar (eds.) Markets for Water: potential and performance, Kluwer Academic Publishers, Boston.

18. Salman, A.Z.; E.K. Al – Karablieh and F.M. Fisher (2001), An inter–seasonal agricultural water allocation system (SAWAS), *Agricultural Systems,* 68: 233-252.

19. Singh, D.K.; C.S., Jaiswal; K.S., Reddy; R.M. Singh and D.M. Bhandarkar (2001), Optimal cropping pattern in a canal command area, *Agricultural Water Management,* 50: 1-8.

20. Teerink, J.R. and M. Nakashima (1993), Water allocation, rights and pricing: Examples from Japan and the United States, World Bank Technical Paper, No. 198. 68 pp.

21. Ward, F.A. and A. Michelsen (2002), The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications, *Water Policy,* 4: 423-446.

22. World Water Commission (2000), A water secure world, UK: Thanet Press.