مجله تحقیقات اقتصادی / شماره ۷۱ / زمستان ۱۳۸۴ / صفحات ۶۶-۳۹

تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی

(مطالعه موردی: سد بارزو شیروان)

امیرحسین چیذری *

غلامعلی شرزه‌ای **

علی کرامت‌زاده ***

تاریخ دریافت: ۸۴/۳/۲۱ تاریخ پذیرش: ۸۴/۹/۱۵

چکیده

کافی نبودن آب برای محصولات کشاورزی و کمبود آن در سایر مصارف یکی از مسایل مهم اقتصادی در یک اقلیم خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود. از سوی دیگر همراه با رشد روزافزون جمعیت، توسعه فعالیت‌های اقتصادی و بهبود در سطح استانداردهای زندگی، تقاضا برای آب افزایش یافته و نیاز به‌سرمایه‌گذاری در جهت استحصال آب به‌مراتب بیشتر شده است. بنابراین اعمال مدیریت تقاضای آب از طریق تعیین ارزش اقتصادی آب به‌عنوان رویکردی جدید، در مدیریت و بهره‌برداری از منابع آب ضروری به‌شمار می‌آید.

در این مقاله با ارائه یک الگوی برنامه‌ریزی آرمانی به‌بهینه‌سازی روند تولیدات کشاورزی و تعیین ارزش اقتصادی آب در سه منطقه زیر سد بارزوی شیروان واقع در استان خراسان شمالی اقدام شده است. در این تحقیق ابتدا پنج هدف اساسی مشخص و پس از تعیین الگوی کشت بهینه، از طریق تحلیل حساسیت قیمت سایه‌ای آب به‌عنوان ارزش اقتصادی آب محاسبه شده است. بر اساس نتایج حاصله بالاترین وپایین‌ترین ارزش اقتصادی آب در ماه‌های مهر و فروردین به‌ترتیب معادل ۲۲۷۷ و ۵۶ ریال براورد شده است.

طبقه‌بندی JEL: Q12، Q25.

کلید واژه: برنامه‌ریزی آرمانی، ارزش اقتصادی آب،نهاده آب، الگوی کشت بهینه، سد بارزو شیروان.

---

* استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

** دانشیار دانشکده اقتصاد، دانشگاه تهران.

*** دانشجوی دکترای گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

۱- مقدمه

آب، به‌عنوان یکی از ارزشمندترین منابع طبیعی، گنجینه مشترک انسان‌هاست که مورد تقاضای بخش‌های مختلف قرار می‌گیرد و به‌عنوان یکی از نهادهای اصلی تولید محصولات کشاورزی جایگاه خاصی در توسعه پایدار بخش کشاورزی و توسعه اقتصادی سایر بخش‌ها دارد. با افزایش سریع جمعیت از یک سو و محدودیت تأمین منابع آب‌های شیرین از سوی دیگر، باعث پدید آمدن رقابت و چالش شدید بین بخش‌ها و مناطق مختلف مصرف‌کننده آب شده است.

بخش عمده‌ای از عدم تعادل موجود منابع آبی، چه در بعد محلی و ملی و چه در بعد جهانی، ناشی از محدودیت طبیعی آن و بخش دیگر، متأثر از اقدامات و فعالیت‌های اقتصادی بشر است، که در قالب استفاده غیراقتصادی این منبع ارزشمند ظاهر می‌شود. علاوه بر این عدم‌توزیع متناسب بارندگی و عدم‌تطابق نیاز مصرف با زمان نزولات جوی و نیاز شدید به‌سرمایه‌گذاری در بخش‌های ذخیره، پایش و حفاظت از منابع آب، ابعاد چالش منابع آب را سنگین‌تر و وخیم‌تر می‌کند.

در شرایطی که جوامع با بحران افزایش جمعیت روبرو بوده و منابع آب نیز برای تأمین نیازهای غذایی این جمعیت رو به‌رشد با نرخ فزاینده، کافی نیست، راهکارهای مختلفی در راستای استفاده بهینه از این منابع ارزشمند پیشنهاد می‌شود که دو روش آن به‌شرح زیر هستند:

۱- افزایش میزان منابع در دسترس،

۲- افزایش بهره‌وری استفاده منابع آبی.

به‌دلیل محدودبودن منابع آبی، روش اول چندان قابل توجه نیست، اما روش دوم از لحاظ منطقی صحیح‌تر به‌نظر می‌رسد و این احتمال وجود دارد که با به‌کارگیری شیوه‌های مختلف، بتوان بهره‌وری استفاده از منابع را بالا برد و با استفاده از منابع موجود، حداکثر منفعت را حاصل کرد. یعنی در واقع با تغییر در مدیریت منابع آب و حرکت از مدیریت بر مبنای عرضه به‌مدیریت بر مبنای تقاضا و اصلاح نظام قیمت‌گذاری مبتنی بر ارزش اقتصادی آب، که یکی از کارامدترین

ابزارهای مدیریت تقاضا است، می‌توان بر مشکلات و چالش‌های موجود فائق آمده و از اتلاف این منبع ارزشمند به‌خصوص در بخش کشاورزی به‌عنوان عمده‌ترین مصرف‌کننده آب‌های شیرین جلوگیری کرد.

محققان نشان داده‌اند که ۵۰ درصد از پتانسیل آب ذخیره شده بستگی به‌نوع مدیریت منابع آبی دارد[1]. بنابراین معرفی و اجرای مدیریت بهتر منابع دارای اهمیت فراوان است. روگرز و همکاران[2] معتقدند که سیاست‌های قیمت‌گذاری منابع آبی می‌توانند به‌حفاظت و پایداری آن کمک نمایند. آنان بیان می‌کنند که اگر قیمت منابع آبی واقعاً بیان‌گر ارزش واقعی و میزان هزینه تأمین آن باشد، مصرف آن در بین مصرف‌کنندگان بهینه خواهد بود و منابع آبی در مصارف با ارزش‌تر، استفاده می‌شوند. سایر تأثیرات اجرای سیاست‌های قیمت‌گذاری منابع آبی در جدول شماره ۱ نشان داده شده است.

جدول ۱- اثرات سیاست‌های قیمت‌گذاری منابع آب (تأثیر افزایش قیمت منابع)

ردیف	نوع اثر	چگونگی تأثیر
I	کاهش تقاضای منابع آب	i) ارزان‌تر بودن جانشینی منابع دیگر ii) صرفه اقتصادی داشتن حفاظت از منابع موجود iii) ترجیح دادن تغییر نوع مصرف آب
II	افزایش عرضه منابع آب	i) به‌صرفه‌بودن اجرای طرح‌ها و پروژه‌های تأمین آب ii) ایجاد انگیزه در مصرف‌کنندگان برای صرفه‌جویی منابع آب
III	تخصیص بهینه منابع آب	i) انتقال آب مصرفی بخش کشاورزی به‌بخش صنعتی و مصرف خانگی ii) انتقال آب از خارج حوزه آبریز به‌داخل آن[3]
IV	بهبود کارایی مدیریتی منابع آب	i) بهبود و گسترش نگهداری و حفاظت منابع آبی ii) بهبود و گسترش آموزش کارمندان و مدیران بخش مصرف آب iii) به‌صرفه‌بودن استفاده از تکنیک‌های جدید نظارت[4] منابع iv) به‌صرفه‌بودن استفاده از تکنیک‌های جدید مدیریتی
V	بهبود پایداری منابع آب	i) کاهش تقاضای منابع آبی ii) کاهش آلودگی منابع آبی
VI	کاهش هزینه تأمین هرواحد آب برای اقشار ضعیف جامعه	i) توسعه سطح پوشش مصرف‌کنندگان ضعیف از طریق افزایش عرضه آب ii) کاهش اطمینان مصرف‌کنندگان در مورد تأمین آب از عرضه‌کنندگان محلی

منبع: (Rogers et al., 2002)

1- Shaungguan, 2001.
2- Rogers et al., 2002.
3- From Off-stream to Instream Uses.
4- Modern Monitoring Techniques.

رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی(GP)[1] روشی است مبتنی بر اصول بهینه‌سازی ریاضی که به‌منظور تجزیه و تحلیل تصمیم‌گیری‌های نهایی و مطلوب مدیران، به‌شکل نامعادلات خطی ظاهر می‌شود. این مدل به‌دلیل لحاظ کردن دستیابی همزمان به‌چندین هدف بر مبنای اولویت، از انعطاف پذیری بیشتری در تصمیم‌گیری‌های واقعی واحدهای اقتصادی برخوردار است.

تحقیق حاضر نیز مطالعه‌ای بر مبنای مدیریت تقاضای منابع آب بوده که در پی براورد ارزش اقتصادی آب در مناطق اراضی زیر سد بتنی بارزو شیروان واقع در شمال خراسان با حجم کل مخزن ۹۴ میلیون متر مکعب است، تا بتواند با مدیریت صحیح اقتصادی ، استفاده منابع آب منطقه را به‌طریقی برنامه‌ریزی کند که ضمن حداکثر استفاده از امکانات، توانایی‌ها و ظرفیت موجود منطقه، موجبات حفاظت، پایداری و استمرار بهتر بهره‌برداری منابع آب و تأمین نیازها را فراهم آورد. تعیین ارزش و قیمت‌گذاری آب باعث می‌شود که آب میان متقاضیان، متناسب با فایده یا ارزش تولید نهایی توزیع شده و از طرف دیگر باعث صرفه‌جویی در مصرف و جلوگیری از اسراف یا اتلاف آن خواهد شد.

۲- پیشینه تحقیق

تعیین ارزش اقتصادی نهاده‌های مختلف مورد استفاده بخش کشاورزی از جمله نهاده آب در مطالعات پراکنده‌ای در داخل کشور نظیر مطالعه سلطانی در سال ۱۳۷۲ بر روی اراضی زیر سد درودزن شیراز، اکبری و بخشوده، در سال ۱۳۷۳ بر روی اراضی زیر سد جیرفت و اسدی و سلطانی در سال ۱۳۷۶ بر روی اراضی زیر سد طالقان انجام گرفته که در این مطالعات از تکنیک برنامه‌ریزی خطی معمولی استفاده شده است. ولی از آنجا که در دنیای حقیقی حل بسیاری از مسایل همچنین مدیریت در مصرف منابع آب به‌بهینه‌سازی چندین هدف به‌طور توأم در یک زمان نیازمندند، (که برنامه‌ریزی خطی معمولی نمی‌تواند به‌این امر نایل شود) بنابر این رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی برای انجام این امر از اهمیت

1- Goal Programming Method.

ویژه‌ای برخوردار است. اما مطالعاتی که در زمینه تعیین ارزش نهاده‌های بخش کشاورزی با تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی انجام گرفته اندک است که مطالعات چیذری و قاسمی در سال ۱۳۷۸ در شهرستان اقلید استان فارس، دریجانی و کوپاهی در سال ۱۳۷۹ در منطقه سرپنیران استان فارس و اسدپور و خلیلیان در سال ۱۳۸۲ در استان مازندران، از محدود مطالعاتی است که در این زمینه صورت گرفته است. مطالعات فوق به‌تعیین ارزش اقتصادی آب تأکید نداشته و تنها و به‌برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری در مورد تدوین الگوی بهینه کشت مناطق پرداخته‌اند. از مطالعاتی که کارشناسان و محققان خارج از کشور در خصوص مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی و تعیین ارزش اقتصادی آب و سیستم‌های مربوط به‌آن انجام داده‌اند، می‌توان به‌پژوهش‌هایی نظیر مطالعه سینگ و همکاران[1] در سال ۲۰۰۱، مطالعه داپلر و همکاران[2] در سال ۲۰۰۲، مطالعه وارد و همکاران[3] در سال ۲۰۰۳ اشاره کرد. محققان بیان می‌کنند هدف قیمت‌گذاری آب در کشورهای توسعه‌یافته، اغلب برای تخصیص منابع کمیاب در بین بخش‌های مختلف بوده در حالی‌که در کشورهای کمتر توسعه‌یافته به‌ویژه در کشورهای آسیا برای جبران هزینه‌ها است، که در بیشتر این کشورها به‌خصوص جنوب‌آسیا، قیمت‌گذاری آب حتی به‌هدف جبران هزینه‌ها هم نرسیده است[4].

۳- 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 است، بهره‌برداران اراضی زیر سد که در سه منطقه حاشیه‌ای رود خانه قلجق، منطقه زیارت و منطقه سه یک آب پراکنده شده‌اند، مطابق با معیارهای مناسب متوسط منابع[5] و محدودکننده‌ترین عامل تولید[6] یعنی

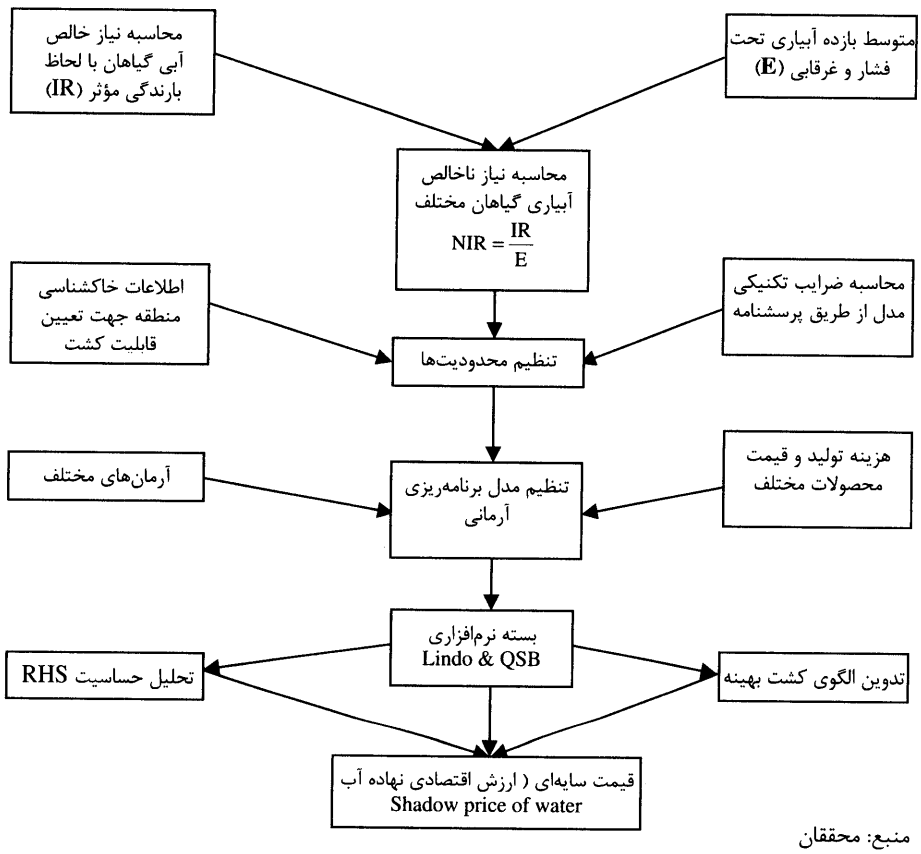
1- Singh, D.K. et al., 2001.
2- Doppler, W. et al., 2002.
3- Ward, F.A. et al., 2002.
4- Johanson, 2001.
5- Average Resource Method.
6- Most Limiting Resource Method.

میزان آب قابل دسترس و فاصله بهره‌بردار تا محل سد، در یک گروه همگن قرار داده شده‌اند. بخشی از اطلاعات مورد نیاز این مطالعه با استفاده از روش میانگین‌گیری اطلاعات جمع‌آوری‌شده از طریق مصاحبه حضوری و با تکمیل پرسشنامه به‌روش نمونه‌گیری طبقه‌ای به‌تعداد ۱۰۰ بهره‌بردار از کل ۱۱۶۵ بهره‌بردار زراعی، حاصل شده است. برای تخصیص تعداد نمونه به‌هر منطقه نیز از روش تخصیص نسبتی (اصل تسهیم به‌نسبت) استفاده شده است. بخش دیگر اطلاعات موردنیاز از مرکز آمار ایران، جهاد کشاورزی شهرستان شیروان، سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان و شرکت مهندسی مشاور مهاب قدس تهران وابسته به‌وزارت نیرو جمع‌آوری شده است. تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز با استفاده از بسته‌های نرم‌افزاری Excel و Lindo انجام گرفته است.

۴- مدل تحقیق

مراحل تعیین ارزش اقتصادی آب در نمودار شماره (۱) ترسیم شده است. همان‌گونه که در این نمودار ملاحظه می‌شود، مرحله اصلی تعیین ارزش اقتصادی، محاسبه نیاز خالص آبیاری گیاهان مناطق مختلف بوده و بعد از آن تنظیم محدودیت‌ها و مدل برنامه‌ریزی آرمانی است.

مدل تنظیم شده بر اساس نمودار شماره ۱ مدل برنامه‌ریزی آرمانی است که برای بررسی اهداف متعدد بهره‌برداران و مسؤولان منطقه طراحی شده است. فلسفه و حرکت پایه‌ای در برنامه‌ریزی آرمانی، این است که برای هر یک از اهداف، یک مقدار هدف مشخص عددی تعیین شده، سپس برای هر یک از اهداف یک تابع هدف تدوین می‌شود. آنگاه مدل در جستجوی جوابی است که بتواند مجموع انحرافات از هدف یا اهداف مدیر را با در نظر گرفتن محدودیت‌های مختلف موجود، به‌حداقل برساند.



منبع: محققان

نمودار۱- فلوچارت مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای محاسبه ارزش اقتصادی آب

اگر فرض کنیم در تحقیق حاضر k هدف ناسازگارباهم وجود داشته و اهداف چندگانه، ترکیبی خطی از n متغیر بوده و m منبع در آن استفاده شود، در این صورت الگوی استاندارد برنامه‌ریزی آرمانی به‌صورت رابطه شماره (۱) تا (۵) در خواهد آمد:

$$\text{Min } D = \sum_{j=1}^{k} h_j \left(d_j^- + d_j^+ \right) \qquad (۱)$$

s.t:

$$g_i(X) \le b_i \qquad i = ۱,۲,۳ \ldots m \qquad (۲)$$

$$f_j(X) + d_j^- - d_j^+ = b_j \qquad j = ۱,۲,۳ \ldots n \qquad (۳)$$

$$X, d_j^-, d_j^+ \geq 0 \qquad (۴)$$

$$d_j^- \cdot d_j^+ = 0 \qquad (۵)$$

که در این الگو:

h_j: مشخص‌کننده آرمان jام؛

$h_j\left(d_j^- + d_j^+\right)$: تابع انحراف از هدف (آرمان) jام؛

$g_i(X)$: تابع منابع iام استفاده شده برای فعالیت‌های مختلف تولیدیx؛

b_i: میزان موجودی منبع iام؛

$f_j(X)$: تابع هدف jام حاصل از فعالیت‌های مختلف تولیدی x؛

d_j^+: معرف متغیر مازاد؛

d_j^-: معرف متغیر کمبود.

مدل برنامه‌ریزی آرمانی تحقیق حاضر با استفاده از مدل استاندارد فوق به‌طور خلاصه به‌صورت مراحل زیر انجام پذیرفته است:

۱) تعریف متغیرهای تصمیم‌گیری؛

۲) تعیین محدودیت‌های مدل؛

۳) تعیین مدل کالیبره و براورد میزان منابع در شرایط موجود؛

۴) تعیین آرمان‌ها و مشخص کردن اولویت‌ها و محدودیت‌های منعکس‌کننده آن؛

۵) تعیین متغیرهای انحراف مثبت و منفی هر آرمان؛

۶) تعیین تابع هدف بر حسب حداقل‌سازی متغیرهای مربوط به‌انحراف.

حال به‌تشریح هر یک از مراحل فوق می‌پردازیم.

۱-۴- تعریف متغیرهای تصمیم‌گیری

متغیرهای تصمیم‌گیری و مورد استفاده در مطالعه حاضر به‌شرح زیرند:

i: متغیر مربوط به‌محصولات مختلف قابل‌کشت و تولید در مناطق سه‌گانه تحت شبکه آبیاری سد بارزو است که ۱۰ ,... , ۳ ,۲ ,۱=i به‌شرح زیر خواهد بود:

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

j: متغیر مربوط به‌مناطق سه‌گانه تحت شبکه آبیاری سد بارزو بوده که j=۱ به‌منطقه حاشیه قلجق، j=۲ به‌منطقه زیارت و j=۳ به‌منطقه سه یک‌آب اشاره می‌کند.

k: متغیر مربوط به‌دوره آبیاری بوده که به‌صورت ماهانه و به‌شرح زیر در نظر گرفته‌شده 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 به‌فصول مختلف سال برای تأمین نیروی‌کار موردنیاز فعالیت‌های مختلف است که:

فصل بهار	m=۱	فصل تابستان	m=۲	فصل پاییز	m=۳	فصل زمستان	m=۴

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

X_i: مجموع سطح زیرکشت محصول iام در همه مناطق

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

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

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

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

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

TY_r: سطح زیرکشت محصول هر قطعه تناوبی در تناوب rام

C_{ij}: درآمد خالص محصول iام در منطقه jام

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

Tf_j: میزان کل کود فسفات قابل دسترس محصولات منطقه jام

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

To_j: میزان کل کود اوره قابل دسترس محصولات منطقه jام

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

Tp_j: میزان کل کود پتاس قابل دسترس محصولات منطقه jام

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

Th_j: میزان کل کود حیوانی قابل دسترس محصولات منطقه jام

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

Ts_j: میزان کل سموم قابل دسترس محصولات منطقه jام

t_{ij}: میزان ساعت تراکتور موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقه jام

Tt_j: کل ساعت بهره‌برداری از تراکتور قابل دسترس منطقه jام

k_{ij}: میزان ساعت کمباین موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقه jام

Tk_j: کل ساعت بهره‌برداری از کمباین قابل دسترس منطقه jام

d_{ij}: میزان ساعت دروگر موردنیاز هر هکتار محصول iام در منطقه jام

Td_j: کل ساعت بهره‌برداری از دروگر قابل دسترس منطقه jام

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

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

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

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

Cij: درآمد خالص هر هکتار محصول iام منطقه jام

Tc_j: کل درآمد خالص حاصل از محصولات تولیدی منطقه jام

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

TI_j: کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری نقدی قابل دسترس منطقه jام

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

GL: سطح آرمانی دسترسی به‌اشتغال مطلوب (آرمان اجتماعی)

GK: سطح آرمانی مطلوب دسترسی به‌حداقل مصرف کودشیمیایی (آرمان زیست محیطی)

GS: سطح آرمانی مطلوب دسترسی به‌حداقل مصرف سموم شیمیایی (آرمان

زیست محیطی)

GC: سطح آرمانی دسترسی به‌درآمد خالص مطلوب (آرمان اقتصادی)

GI: سطح آرمانی دسترسی به‌تولید مطلوب (آرمان اقتصادی)

d_r^- : انحراف در جهت منفی از آرمان rام

d_r^+: انحراف در جهت مثبت از آرمان rام

۲-۴- تعیین محدودیت‌های مدل

محدودیت‌های مربوط به‌برنامه‌ریزی آرمانی به‌دو قسم محدودیت‌های معمول مدل برنامه‌ریزی خطی و معادلات یا محدودیت‌های مدل آرمانی تقسیم می‌شوند. محدودیت‌های مربوط به‌مدل برنامه‌ریزی خطی که بیشتر، محدودیت‌های منابع تولیدی هستند عبارتند از:

۱) محدودیت زمین زراعی:

در منطقه مطالعاتی علاوه بر محصولات اصلی امکان کشت بعضی از محصولات نظیر خیار پاییزه به‌صورت کشت مجدد پس از برداشت غلات وجود دارد، بنابر این محدودیت‌های مربوط به‌زمین (سطح زیرکشت) به‌دو دوره تفکیک شده که این محدودیت‌ها به‌صورت زیر وارد مدل شده اند:

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

$$\sum_{i=1}^{10} X_{ij} - TXZ_j \le 0 \qquad j \text{ for=۱, ۲, ۳} \qquad (۶)$$

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

$$XM_j - \sum_{i=1}^{2} X_{ij} \le 0 \qquad j \text{ for=۱,۲, ۳} \qquad (۷)$$

۲) محدودیت حجم آب:

از آنجا که دوره کشت ونیاز آبی محصولات و میزان موجودی آب منطقه در ماه‌های مختلف سال با یکدیگر متفاوت است. پس ضروری است که محدودیت حجم آب به‌صورت ماهانه و منفک از هم در نظر گرفته شود.

$$\sum_{i=1}^{10} W_{ijk} X_{ij} - TW_{jk} \leq 0 \qquad j=۱, ۲, ۳ \text{ and } k=۱, ۲, \ldots, ۱۰ \qquad (۸)$$

۳) محدودیت نیروی کار:

تقاضا برای نیروی‌کار در فعالیت‌های تولیدی محصولات زراعی تابع عملیات مراحل مختلف کاشت، داشت و برداشت بوده و به‌دلیل تنوع کشت محصولات و متفاوت بودن دوره رشد آنها، تأمین نیروی کار مورد نیاز در فصل‌های مختلف متفاوت خواهد بود، بنابر این نیروی کار موردنیاز فعالیت‌های مختلف در چهار دوره فصلی به‌صورت زیر تنظیم شده است:

$$\sum_{i=1}^{10} L_{ijm} X_{ij} - TL_{jm} \leq 0 \qquad m=۱, ۲, ۳, ۴ \text{ and } j=۱, ۲, ۳ \qquad (۹)$$

۴) محدودیت سم و کود شیمیایی:

به‌دلیل محدود بودن تولید و توزیع یارانه‌ای این نهاده‌ها، بین محصولات مختلف در مصرف این نهاده‌های محدود رقابت ایجاد می‌شود، به‌همین منظور در این مطالعه محدودیت میزان مصرف انواع مختلف کودهای شیمیایی یارانه‌ای نظیر کود اوره، فسفات، پتاس و سموم مختلف و کود حیوانی به‌صورت زیر در نظر گرفته شده است:

الف) معادله محدودیت کود فسفات:

$$\sum_{i=1}^{10} f_{ij} X_{ij} - Tf_j \leq 0 \qquad j=۱, ۲, ۳ \qquad (۱۰)$$

ب) معادله محدودیت کود اوره:

$$\sum_{i=1}^{10} o_{ij} X_{ij} - To_j \leq 0 \qquad j=۱, ۲, ۳ \qquad (۱۱)$$

ج) معادله محدودیت کود پتاس:

$$\sum_{i=1}^{10} p_{ij} X_{ij} - Tp_j \leq 0 \qquad j=۱, ۲, ۳ \qquad (۱۲)$$

د) معادله محدودیت سموم شیمیایی:

$$\sum_{i=1}^{10} s_{ij} X_{ij} - Ts_j \leq 0 \qquad j=۱, ۲, ۳ \qquad (۱۳)$$

ه) معادله محدودیت کود حیوانی:

$$\sum_{i=1}^{10} h_{ij}X_{ij} - Th_j \le 0 \qquad j=1, 2, 3 \qquad (14)$$

۵) محدودیت ماشین آلات کشاورزی:

دسترسی به‌ماشین‌آلات کشاورزی نیز به‌صورت محدودیت زیر در نظر گرفته شده است.

$$\sum_{i=1}^{10} t_{ij}X_{ij} - Tt_j \le 0 \qquad j=1,2, 3 \qquad (15)$$

$$\sum_{i=1}^{10} k_{ij}X_{ij} - Tk_j \le 0 \qquad j=1,2, 3 \qquad (16)$$

$$\sum_{i=1}^{10} d_{ij}X_{ij} - Td_j \le 0 \qquad j=1,2, 3 \qquad (17)$$

۶) محدودیت تناوب زراعی:

تناوب‌های زراعی عمومی استفاده شده در منطقه به‌صورت زیرند:

۱- غلات، جالیز، غلات، غلات، چغندرقند

۲- چغندرقند، غلات، یونجه

۳- ذرت، غلات، چغندرقند

معادلات محدودیت‌های مربوط به‌تناوب زراعی به‌شرح زیر وارد مدل می‌شوند:

الف) معادله تناوب اول:

$$\sum_{i=1}^{2} Y_{i1r} + \sum_{i=5}^{9} Y_{i2r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i3r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i4r} + Y_{45r} - 5TY_r = 0 \qquad r = 1 \qquad (18)$$

ب) معادله تناوب دوم:

$$Y_{41r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i2r} + Y_{103r} - 3TY_r = 0 \qquad r = 2 \qquad (19)$$

ج) معادله تناوب سوم:

$$Y_{31r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i2r} + Y_{43r} - 3TY_r = 0 \qquad r = 3 \qquad (20)$$

د) معادله محدودیت مجموع سطح زیر کشت هر محصول در تناوب‌های

مختلف

$$\sum_{r=1}^{3}\sum_{t=1}^{5} Y_{itr} - X_i = 0 \qquad i=1, 2, \ldots, 10 \qquad (21)$$

$$X_i - \sum_{j=1}^{3} X_{ij} = 0 \qquad i=1, 2, \ldots, 10 \qquad (22)$$

ه) معادله محدودیت مجموع کل تناوب‌ها

$$5TY_1 + 3TY_2 + 3TY_3 - \sum_{j=1}^{3} TXZ_j = 0 \qquad (23)$$

۷) محدودیت نیاز خودکفایی:

محدودیت سطح زیرکشت محصولاتی نظیر گندم و جو برای تأمین نیازهای غذایی اهالی، نیاز دام منطقه و بذر موردنیاز کشت سال بعد، در منطقه به‌شرح زیر است:

$$\sum_{j=1}^{3} X_{1j} \geq TXK_j \qquad i=1, 2 \qquad (24)$$

۸) محدودیت سرمایه‌گذاری نقدی:

از آنجا که درآمد بخش کشاورزی محدود است، پس محصولات تولیدی مختلف در بهره‌گیری از سرمایه با یکدیگر رقابت داشته، بنابراین محدودیت سرمایه، به‌صورت زیر وارد مدل شده است.

$$\sum_{i=1}^{10} I_{ij} X_{ij} \leq TI_j \qquad j=1, 2, 3 \qquad (25)$$

در سمت چپ این محدودیت، نیاز فعالیت‌های تولیدی به‌سرمایه نقدی که معادل میزان هزینه‌های متغیر آن در نظر گرفته شده، درج و در سمت راست آن، مجموع میزان کل سرمایه نقدی قابل تخصیص به‌فعالیت‌های زراعی مناطق مختلف (TI_j) که از طریق تدوین الگوی کشت شرایط موجود منطقه (مدل کالیبره) به‌دست می‌آید، قرار می‌گیرد.

۳-۴- تعیین مدل کالیبره و براورد میزان منابع در شرایط موجود

مدل کالیبره از جمله مدل‌های برنامه‌ریزی خطی است که با توجه به‌شرایط

کشت موجود منطقه، صورت گرفته و متغیرهای تصمیم‌گیری عیناً معادل سطح کشت فعلی وارد مدل می‌شوند.

این مدل در مطالعه حاضر به‌این شرح است:

$$\text{Max}\sum_{j=1}^{3}\sum_{i=1}^{10}C_{ij}X_{ij} \qquad (۲۶)$$

S.T.:

$$\sum_{i=1}^{10}I_{ij}X_{ij}-TI_{j}=0 \qquad j=۱, ۲, ۳ \qquad (۲۷)$$

$$\sum_{i=1}^{10}W_{ijk}X_{ij}-TW_{jk}=0 \qquad j=۱, ۲, ۳ \text{ and } k=۱, ۲, \ldots, ۱۰ \qquad (۲۸)$$

$$\sum_{i=1}^{10}L_{ijm}X_{ij}-TL_{jm}=0 \qquad m= ۱, ۲, ۳, ۴ \text{ and } j=۱, ۲, ۳ \qquad (۲۹)$$

$$\sum_{i=1}^{10}f_{ij}X_{ij}-Tf_{j}=0 \qquad j=۱, ۲, ۳ \qquad (۳۰)$$

$$\sum_{i=1}^{10}o_{ij}X_{ij}-To_{j}=0 \qquad j=۱, ۲, ۳ \qquad (۳۱)$$

$$\sum_{i=1}^{10}p_{ij}X_{ij}-Tp_{j}=0 \qquad j=۱,۲, ۳ \qquad (۳۲)$$

$$\sum_{i=1}^{10}s_{ij}X_{ij}-Ts_{j}=0 \qquad j=۱,۲, ۳ \qquad (۳۳)$$

$$\sum_{i=1}^{10}h_{ij}X_{ij}-Th_{j}=0 \qquad j=۱,۲, ۳ \qquad (۳۴)$$

$$\sum_{i=1}^{10}t_{ij}X_{ij}-Tt_{j}=0 \qquad j=۱,۲, ۳ \qquad (۳۵)$$

$$\sum_{i=1}^{10}k_{ij}X_{ij}-Tk_{j}=0 \qquad j=۱,۲, ۳ \qquad (۳۶)$$

$$\sum_{i=1}^{10}d_{ij}X_{ij}-Td_{j}=0 \qquad j=۱,۲, ۳ \qquad (۳۷)$$

$$\sum_{j=1}^{3}X_{ij}-TXk_{i}\geq 0 \qquad i=۱, ۲ \qquad (۳۸)$$

$$X_{ij}-FX_{ij}=0 \qquad j=۱,۲, ۳ \qquad i=۱, ۲ \ldots ۱۰ \qquad (۳۹)$$

$$\sum_{i=1}^{2} Y_{i1r} + \sum_{i=5}^{9} Y_{i2r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i3r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i4r} + Y_{45r} - 5TY_r = 0 \qquad r = ۱ \qquad (۴۰)$$

$$Y_{41r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i2r} + Y_{103r} - 3TY_r = 0 \qquad r = ۲ \qquad (۴۱)$$

$$Y_{31r} + \sum_{i=1}^{2} Y_{i2r} + Y_{43r} - 3TY_r = 0 \qquad r = ۳ \qquad (۴۲)$$

$$\sum_{r=1}^{3} \sum_{t=1}^{5} Y_{itr} - X_i = 0 \qquad i=۱, ۲, \ldots, ۱۴ \qquad (۴۳)$$

$$X_i - \sum_{j=1}^{3} X_{ij} = 0 \qquad i=۱, ۲, \ldots, ۱۰ \qquad (۴۴)$$

$$5TY_1 + 3TY_2 + 3TY_3 - \sum_{j=1}^{3} TXZ_j = 0 \qquad (۴۵)$$

۴-۴- تعیین آرمان‌ها و مشخص کردن اولویت‌ها و محدودیت‌های منعکس‌کننده آن

با توجه به‌این‌که فعالیت‌های کشاورزی در هر منطقه دارای اهداف و آرمان‌های مختلفی است که هر کدام از این اهداف دارای درجه اهمیت معینی برای تصمیم‌گیران کشاورزی و مسؤولان منطقه خواهد بود، پس در این مطالعه اهداف مختلف و اولویت آنها از طریق پرسشنامه و مصاحبه حضوری کسب و به‌ترتیب سطوح زیر وارد مدل شده است:

سطح اول: آرمان اجتماعی دسترسی به‌سطح مطلوب اشتغال (افزایش سطح اشتغال):

$$\sum_{j=1}^{3} \sum_{i=1}^{10} \sum_{m=1}^{4} L_{ijm} X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \geq GL \qquad r = ۱ \qquad (۴۷)$$

سطح دوم: آرمان‌های زیست محیطی:

I) آرمان دسترسی به‌سطح مطلوب مصرف کودشیمیایی در منطقه (کاهش مصرف کودشیمیایی):

$$\sum_{j=1}^{3} \sum_{i=1}^{10} k_{ij} X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \leq GK \qquad r = ۲ \qquad (۴۸)$$

II) آرمان دسترسی به‌سطح مطلوب مصرف سموم شیمیایی در منطقه (کاهش

مصرف سموم):

$$\sum_{j=1}^{3}\sum_{i=1}^{10} s_{ij}X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \le GS \qquad r = ۳ \qquad (۴۹)$$

سطح سوم: آرمان‌های اقتصادی:

I) آرمان دسترسی به‌سطح مطلوب سود در منطقه (افزایش سود):

$$\sum_{j=1}^{3}\sum_{i=1}^{10} C_{ij}X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \ge GC \qquad r = ۴ \qquad (۵۰)$$

II) آرمان دسترسی به‌سطح مطلوب هزینه (سرمایه‌گذاری نقدی) در منطقه (کاهش هزینه):

$$\sum_{j=1}^{3}\sum_{i=1}^{10} I_{ij}X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \le GI \qquad r = ۵ \qquad (۵۱)$$

این آرمان‌ها به‌همراه محدودیت‌های مدل برنامه‌ریزی خطی به‌عنوان محدودیت‌های مدل برنامه‌ریزی آرمانی در مدل برنامه‌ریزی آرمانی لحاظ می‌شوند. میزان آرمان‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی در مدل برنامه‌ریزی آرمانی، با اضافه کردن α درصد به‌میزان حاصل از مدل کالیبره به‌دست می‌آید. این نسبت برای آرمان‌های فوق این‌چنین است:

جدول ۱- میزان آرمان‌ها با احتساب α درصد تغییر در میزان شرایط فعلی

شماره آرمان	شماره ۱	شماره ۲	شماره ۳	شماره ۴	شماره ۵
نسبت(α)	۰/۳	-۰/۱۵	-۰/۱۵	۰/۲۵	-۰/۱۰
نوع متغیر انحراف مثبت یامنفی	d_1^-	d_2^+	d_3^+	d_4^-	d_5^+

منبع: یافته‌های تحقیق

۵-۴- تعیین متغیرهای انحراف مثبت و منفی هر آرمان

متغیرهای انحراف مثبت و منفی هر آرمان با توجه به‌نوع آرمان که ممکن است حداکثرسازی ($AX \ge G$) یا حداقل سازی($AX \le G$) باشد، به‌ترتیب d_r^- و d_r^+ است.

۶-۴- تعیین تابع هدف بر حسب مینیمم‌سازی متغیرهای مربوط به‌انحراف

تابع هدف در مدل برنامه‌ریزی آرمانی از طریق حداقل کردن متغیرهای انحرافی به‌اشکال مختلف، به‌منظور دستیابی به‌آرمان‌های مشخص صورت می‌گیرد.

۱- حداقل کردن d_r^- : $\text{Min}\sum_{r=1}^{5} d_r^-$

۲- حداقل کردن d_r^+ : $\text{Min}\sum_{r=1}^{6} d_r^+$

مجموعه جواب در توابع اهداف فوق، شامل تمام Xهایی خواهد شد که به‌ترتیب $AX \geq G$ و $AX \leq G$ توسط حداقل کردن d_r^- و d_r^+ حاصل شود. ولی اگر حداقل کردن d_r^- و d_r^+ تا جایی که مقدار آنها به‌صفر برسد، ممکن نباشد، مجموعه جواب‌ها شامل تمام Xهایی خواهد بود که به‌ترتیب $G - AX$ و $AX - G$ را تا حد ممکن، حداقل کند. ماتریس A در روابط فوق ماتریس ضرایب فنی تولید (ضرایب تکنیکی) است.

با توجه به‌اولویت‌های مذکور، الگوی برنامه‌ریزی آرمانی در سه مرحله حل شده است، در مرحله اول آرمان دسترسی به‌اشتغال مطلوب، در مرحله دوم آرمان‌های زیست‌محیطی (کاهش مصرف سم و کود) و در مرحله آخر آرمان‌های اقتصادی [کسب حداکثر سود و حداکثر تولید (حداقل هزینه)] وارد مدل شده است. آنگاه مدل با استفاده از بسته نرم‌افزاری Lindo حل شده و الگوی بهینه کشت اراضی مناطق زیر سد مشخص شده است. ارزش اقتصادی آب نیز از نتایج تحلیل حساسیت مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای ماه‌های مختلف هر منطقه، محاسبه شده است.

۷-۴- نتایج و بحث

جدول شماره (۲) سطوح کشت فعلی مناطق مختلف را در مدل کالیبره و جدول شماره (۳) نتایج میزان نهاده‌های براورد شده از مدل کالیبره را نشان می‌دهد.

جدول ۲- نتایج الگوی کشت مدل کالیبره محصولات زراعی مناطق اراضی زیر سد بارزو شیروان (واحد: هکتار)

محصول	متغیر	منطقه حاشیه قلجق	منطقه زیارت	منطقه سه‌یک‌آب	جمع
گندم آبی	X1	۱۵۶/۸	۵۵۵/۲	۲۳۴/۲	۹۴۶/۲
جو آبی	X2	۵۳/۹	۱۹۰/۹	۸۰/۵	۳۲۵/۳
ذرت دانه‌ای	X3	۳۹/۲	۱۳۸/۸	۵۸/۶	۲۳۶/۶
چغندرقند	X4	۷۳/۵	۲۶۰/۳	۱۰۹/۸	۴۴۳/۶
خیار بهاره	X5	۲۴/۵	۸۶/۸	۳۶/۶	۱۴۷/۹
خیار پاییزه	XM	۳۵	۹۰	۴۰	۱۶۵
گوجه‌فرنگی	X6	۲۴/۵	۸۶/۸	۳۶/۶	۱۴۷/۹
آفتابگردان	X7	۹/۸	۳۴/۷	۱۴/۶	۵۹/۱
پیاز	X8	۹/۸	۳۴/۷	۱۴/۶	۵۹/۱
سیب‌زمینی	X9	۴۹	۱۷۳/۵	۷۳/۲	۲۹۵/۷
یونجه	X10	۴۹	۱۷۳/۵	۷۳/۲	۲۹۵/۷
جمع		۵۲۵	۱۸۲۵	۷۷۲	۳۱۲۲/۱

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که در جدول شماره (۳) ملاحظه می‌شود حجم سرمایه‌گذاری مناطق حاشیه رودخانه قلجق، زیارت و سه یک آب به‌ترتیب برابر با ۲۷۰۲۲۰۰، ۹۴۳۱۴۰۰ و ۴۰۰۲۲۰۰ هزارریال براورد شده است.

بر اساس نتایج مدل برنامه‌ریزی آرمانی، الگوی کشت بهینه مناطق مختلف اراضی زیر سد بارزو شیروان به‌شرح جدول شماره (۴) پیشنهاد می‌شود. این جدول به‌کشت تخصصی چندین محصول در الگوی بهینه کشت نسبت به‌الگوی کشت فعلی اشاره می‌کند و بیان می‌کند که با عدم کشت بعضی از محصولات و کشت سطح بالای محصولات دیگر، سود منطقه افزایش خواهد یافت.

جدول۳- نتایج میزان نهاده‌های براورد شده از مدل کالیبره

نهاده مصرفی	واحد	منطقه حاشیه قلجق	منطقه زیارت	منطقه سه‌یک‌آب	جمع
سرمایه نقدی	ده هزار ریال	۲۷۰۲۲۰	۹۴۳۱۴۰	۴۰۰۲۲۰	۱۶۱۳۵۸۰
آب فروردین	مترمکعب	۳۵۲۶۷۰	۷۸۰۳۳۰	۲۲۵۴۰۰	۱۳۵۸۴۰۰
آب اردیبهشت	مترمکعب	۷۸۶۵۹۰	۲۲۲۶۸۷۵	۸۳۴۸۷۰	۳۸۴۸۳۳۵
آب خرداد	مترمکعب	۱۳۲۱۳۱۵	۴۸۳۳۹۷۰	۱۹۶۷۳۲۰	۸۱۲۲۶۰۰
آب تیر	مترمکعب	۱۲۵۳۲۸۰	۴۵۸۶۹۷۰	۲۰۲۸۰۲۵	۷۸۶۸۲۷۵
آب مرداد	مترمکعب	۱۲۰۹۹۰۰	۴۳۳۲۵۵۰	۱۶۴۴۱۸۰	۷۱۸۶۶۳۰
آب شهریور	مترمکعب	۷۶۰۸۲۵	۲۸۱۳۸۶۰	۱۰۷۳۵۰۰	۴۶۴۸۱۸۵
آب مهر	مترمکعب	۲۵۰۴۴۰	۱۰۷۹۲۴۵	۵۰۶۳۳۰	۱۸۳۶۰۱۵
آب آبان	مترمکعب	۹۱۳۳۵	۳۵۲۱۳۰	۱۵۴۶۵۰	۵۹۸۱۱۵
آب آذر	مترمکعب	۳۶۷۵	۱۳۰۱۰	۰	۱۶۶۸۵
آب زمستان	مترمکعب	۴۷۰۰۰	۰	۰	۴۷۰۰۰
نیروی کار بهار	نفرروز	۱۲۰۰۰	۳۸۸۵۰	۱۲۳۹۰	۶۳۲۴۰
نیروی کار تابستان	نفرروز	۱۲۷۹۰	۴۰۳۶۰	۱۹۲۰۵	۷۲۳۵۵
نیروی کار پاییز	نفرروز	۵۴۰۵	۲۷۶۰۰	۱۱۷۶۵	۴۴۷۷۰
نیروی کار زمستان	نفرروز	۷۵	۹۵	۸۵	۲۵۵
کود شیمیایی فسفات	کیلوگرم	۸۴۳۱۰	۳۰۴۵۵۰	۱۲۶۸۸۰	۵۱۵۷۴۰
کود شیمیایی اوره	کیلوگرم	۱۲۵۵۳۰	۷۰۶۶۶۵	۱۹۲۵۰۰	۱۰۲۴۶۹۵
کود شیمیایی پتاس	کیلوگرم	۱۳۲۳۰	۴۰۵۷۰	۷۰۰۰	۶۰۸۰۰
سموم سیمیایی	کیلوگرم	۱۵۳۰	۶۲۲۵	۱۶۴۵	۹۴۰۰
کود حیوانی	تن	۶۷۵۲	۱۸۲۲۵	۱۰۱۷۰	۳۵۱۴۷
متوسط ساعت کار تراکتور	ساعت	۱۳۰۳۰	۴۴۰۸۵	۱۹۲۴۰	۷۶۳۵۵
متوسط ساعت کار کمباین	ساعت	۹۵۰	۳۳۶۰	۱۴۱۵	۵۷۲۵
متوسط ساعت کار دروگر	ساعت	۲۹۰۵	۸۳۱۰	۴۲۴۰	۱۵۴۵۵

منبع: نتایج تحلیل داده‌های تحقیق

جدول ۴- نتایج الگوی کشت مدل برنامه‌ریزی آرمانی محصولات زراعی مناطق اراضی زیر سد بارزو شیروان (واحد: هکتار)

محصول	متغیر	منطقه حاشیه قلجق	منطقه زیارت	منطقه سه‌یک‌آب	جمع
گندم آبی	X1	۴۸	۱۰۱	۳۱	۱۸۰
جو آبی	X2	۳۷	۸۰	۲۷	۱۴۴
ذرت دانه‌ای	X3	۴۱۶/۸	۰	۴۳۵	۵۸۱/۸
چغندرقند	X4	۰	۰	۰	۰
خیار بهاره	X5	۰	۰	۰	۰
خیار پاییزه	XM	۰	۰	۰	۰
گوجه‌فرنگی	X6	۰	۷۱۵/۸	۰	۷۱۵/۸
آفتابگردان	X7	۲۸۴/۲	۸۲۲/۸	۰	۱۰۸۱
پیاز	X8	۰	۰	۱۵۶/۱	۱۵۶/۱
سیب‌زمینی	X9	۰	۰	۰	۰
یونجه	X10	۴۹	۱۷۳/۵	۷۳/۲	۲۹۵/۷
جمع		۸۳۵	۱۸۹۳	۷۲۲/۳	۳۴۵۰/۳

منبع: یافته‌های تحقیق

همان‌گونه که در جدول شماره (۴) ملاحظه می‌شود نتایج مدل آرمانی، کشت محصولات ذرت دانه‌ای، خیار پاییزه و آفتابگردان را در منطقه حاشیه رودخانه قلجق، گوجه فرنگی و آفتابگردان در منطقه زیارت و ذرت دانه‌ای و پیاز را در منطقه سه یک آب پیشنهاد می‌کند. در مجموع سطوح زیرکشت محصولات از ۵۲۵ به۸۳۵ هکتار در منطقه حاشیه رودخانه قلجق، از ۱۸۲۵ هکتار به۱۸۹۳ هکتار در منطقه زیارت و از ۷۲۲ به۷۲۲/۳ در منطقه سه یک آب افزایش می‌دهد.

قیمت‌های سایه‌ای (ارزش اقتصادی) آب بیان‌گر میزان تغییر سود کشاورزان منطقه در ازای افزایش یک واحد به‌مقادیر موجود منابع آب تخصیص داده شده، است. پس از تخصیص بهینه آب سد بارزو شیروان ارزش اقتصادی آب سد در دو حالت محاسبه شده است. درحالت اول فرض شده که میزان خروجی بهینه ماهانه آب سد مشخص بوده ولی تخصیص بهینه به‌هر منطقه در هر ماه مشخص نباشد.

در حالت دوم فرض بر این است که میزان تخصیص بهینه آب ماهانه هر منطقه دقیقاً مشخص باشد. با در نظر گرفتن این دو فرض و لحاظ کردن آنها در مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی قطعی به‌تعیین میزان آب مازاد و قیمت‌های سایه‌ای (ارزش اقتصادی) آب سد بارزو شیروان، در دو حالت پرداخته شده است. نتایج قیمت‌های سایه‌ای نهاده آب ماه‌های مختلف حالت اول، در جدول شماره (۵) ارائه شده است. همان‌گونه که در این جدول ملاحظه می‌شود در شرایط اجرای الگوی کشت بهینه برنامه‌ریزی آرمانی، اراضی زیر سد بارزو شیروان در ماه‌های فروردین، مرداد، شهریور و مهر که بستگی به‌نوع محصول و میزان نیازآبی ناخالص آن دارد، با محدودیت شدید کمبود آب مواجه شده و افزایش هر واحد منابع آبی در این مناطق در ماه‌های مذکور، سود کشاورزان منطقه را به‌ترتیب به‌میزان ۵۶، ۳۱۴، ۸۳۶ و۲۲۷۷ ریال افزایش می‌دهد. این مقادیر به‌عنوان ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان به‌ترتیب در ماه‌های فروردین، مرداد، شهریور و مهر خواهد بود. ولی در سایر ماه‌ها، میزان آب خروجی بهینه سد بارزو شیروان با مازادهای بسیار ناچیزی مواجه می‌شود. این امر مانع از ایجاد قیمت سایه‌ای ماه‌های مذکور در رهیافت‌های برنامه‌ریزی آرمانی است. بنابراین ارزش اقتصادی آنها در دامنه بسیار محدودی معادل صفر تلقی می‌شود.

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 بوده و با قرار دادن این مقادیر در سمت راست محدودیت‌های آب مناطق مختلف، قیمت سایه‌ای (ارزش اقتصادی) آب هر ماه در هر منطقه حاصل شده است. همان‌گونه که در جدول شماره (۵) ملاحظه می‌شود در منطقه حاشیه رودخانه قلجق در شرایط اجرای الگوی کشت بهینه پیشنهادی برنامه‌ریزی آرمانی، با افزایش هر واحد منابع آبی در ماه‌های اردیبهشت،خرداد، مرداد و اواخر فصل زمستان، سود کشاورزان منطقه به‌ترتیب به‌میزان ۹۰، ۱۲۷، ۱۴۷۰ و ۴۹۱ریال افزایش پیدا کرده است. مقادیر مذکور بیان‌گر ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان به‌ترتیب در ماه‌های فروردین، تیر، مرداد، مهر و اواخر فصل زمستان منطقه حاشیه رودخانه

قلجق است. در منطقه زیارت نیز با اجرای الگوی کشت بهینه پیشنهادی برنامه‌ریزی آرمانی، با افزایش هر واحد منابع آبی در ماه‌های خرداد وتیر، سود کشاورزان منطقه به‌ترتیب ۱۲۲ و ۳۱۰ ریال افزایش می‌یابد. مقادیر مذکور بیان‌گر ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان در ماه‌های مذکور منطقه زیارت است. سود کشاورزان منطقه سه یک آب نیز با اجرای الگوی کشت بهینه پیشنهادی برنامه‌ریزی آرمانی، با افزایش هر واحد منابع آبی ماه‌های اردیبهشت، خرداد، شهریور و مهربه‌ترتیب ۶۴، ۵۵، ۷۴ و ۳۳۵۰ ریال افزایش پیدا می‌کند. مقادیر مذکور بیان‌گر ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان در ماه‌های مذکور منطقه سه یک آب است.

جدول۵- ارزش اقتصادی ماهانه و میزان منابع آب استفاده نشده مناطق مختلف اراضی زیر سد بارزو شیروان در مدل برنامه‌ریزی آرمانی در حالت دو فرض مشخص نبودن (فرض اول) و مشخص بودن (فرض دوم) تخصیص بهینه ماهانه مناطق (واحد: ۱۰ریال- مترمکعب)

منابع آب	فرض اول		فرض دوم					
			منطقه حاشیه قلجق		منطقه زیارت		منطقه سه‌یک‌آب	
	میزان مازاد	قیمت سایه‌ای	میزان مازاد	قیمت سایه‌ای	میزان مازاد	قیمت سایه‌ای	میزان مازاد	قیمت سایه‌ای
آب فروردین	۰	۵/۶	۰/۰۰۵	۰	۰/۰۳	۰	۰	۰
آب اردیبهشت	۰	۰	۰	۹	۰/۰۸	۰	۰	۶/۴
آب خرداد	۰	۰	۰	۱۲/۷	۰	۱۲/۲	۰	۵۵
آب تیر	۰/۹	۰	۱/۱۳	۰	۰	۳۱	۰/۲	۰
آب مرداد	۰	۳۱/۴	۰	۱۴۷	۰/۰۰۱	۰	۰/۰۱	۰
آب شهریور	۰	۸۳/۶	۰/۰۵	۰	۰/۰۶	۰	۰	۷۴
آب مهر	۰	۲۲۷/۷	۰/۰۰۲	۰	۰/۰۰۴	۰	۰	۳۳۵
آب آبان	۰	۰	۰	۰	۰/۰۳	۰	۰	۰
آب آذر	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
آب زمستان	۰	۰	۰	۴۹۱	۰	۰	۰	۰

منبع: یافته‌های تحقیق

با بررسی نتایج جدول (۵) مناطق مختلف در مصرف آب اولویت‌بندی و نتایج آن در جدول شماره (۶) ارائه شده است.

جدول۶- اولویت‌بندی مصرف آب مناطق مختلف در شرایط اجرای مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی قطعی (واحد: ۱۰ریال- مترمکعب)

مدل	منابع آب	حاشیه رودخانه قلجق		منطقه زیارت		منطقه سه یک آب	
		ارزش اقتصادی	اولویت	ارزش اقتصادی	اولویت	ارزش اقتصادی	اولویت
مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی	آب فروردین	۰	۲	۰	۳	۰	۱
	آب اردیبهشت	۹	۱	۰	۳	۶/۴	۲
	آب خرداد	۱۲/۷	۲	۱۲/۲	۳	۵۵	۱
	آب تیر	۰	۳	۳۱	۱	۰	۲
	آب مرداد	۱۴۷	۱	۰	۲	۰	۳
	آب شهریور	۰	۲	۰	۳	۷۴	۱
	آب مهر	۰	۲	۰	۳	۳۳۵	۱
	آب آبان	۰	B	۰	۳	۰	B
	آب آذر	۰	B	۰	B	۰	B
	آب زمستان	۴۹/۱	B	۰	B	۰	B

منبع: یافته‌های تحقیق

B: بیان‌گر بی‌تفاوت و یکسان بودن اولویت مصرف آب ماه موردنظر در بین مناطق مشخص شده

با بررسی نتایج جدول (۵) مناطق مختلف در مصرف آب اولویت‌بندی و نتایج آن در جدول شماره (۶) ارائه شده است. اولویت‌بندی مناطق بر اساس میزان ارزش اقتصادی آب هر ماه در هر منطقه صورت گرفته است. ولی در مناطقی که دارای ارزش اقتصادی یکسان بوده‌اند بر مبنای دامنه تغییر و میزان آب مازاد آن ماه نتیجه‌گیری شده است. این نتیجه‌گیری بر این اساس بوده که در ماه موردنظر، منطقه‌ای که میزان مازاد کمتری داشته، اولویت بالاتری به‌آن داده شده است.

همان‌گونه که از نتایج جدول شماره (۶) ملاحظه می‌شود، در شرایط اجرای

الگوی کشت بهینه پیشنهادی مدل برنامه‌ریزی آرمانی قطعی، منطقه حاشیه رودخانه قلجق در ماه‌های اردیبهشت و مرداد، منطقه زیارت در تیر ماه و منطقه سه یک آب در ماه‌های فروردین، خرداد، شهریور و مهر دارای اولویت اول در مصرف آب کشاورزی سد بارزوی شیروان هستند.

۵- نتیجه‌گیری

ارزش اقتصادی آب که از طریق میزان تغییر سود کشاورزان منطقه در ازای افزایش یک واحد به‌مقادیر موجود منابع آب تخصیص داده شده، محاسبه شده است. درحالت اول (با فرض مشخص بودن میزان خروجی بهینه ماهانه آب سد)، بالاترین و پایین‌ترین ارزش اقتصادی آب به‌ترتیب در ماه‌های مهر و فروردین معادل ۲۲۷۷ و ۵۶ ریال براورد شده است. درحالت دوم با فرض مشخص بودن میزان تخصیص بهینه آب ماهانه هر منطقه، بالاترین و پایین‌ترین ارزش اقتصادی آب مناطق حاشیه رودخانه قلجق، زیارت و سه یک آب به‌ترتیب معادل ۴۹۱۰ و ۹۰، ۳۱۰ و ۱۲۲، و ۳۳۵۰ و ۶۴ ریال براورد شده است. از آنجا که در مطالعه حاضر اهداف متعددی برای بهره‌برداران و مسؤولان منطقه در نظر گرفته شده است لذا نتایج ارزش اقتصادی آب براورد شده با براورد ارزش اقتصادی آب مطالعات قبلی نظیر اسدی و سلطانی (۱۳۷۲)، معادل ۶ ریال و اکبری و بخشوده (۱۳۷۳) معادل ۱۶/۵ ریال، تفاوت قابل توجهی دارد.

بر اساس نتایج این مطالعه اولویت مصرف آب در ماه فروردین ابتدا با منطقه سه یک آب و سپس منطقه حاشیه قلجق و در نهایت منطقه زیارت است. نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که نهاده آب درآمدی بیش از میزان هزینه آن برای کشاورزان ایجاد می‌کند، بنابر این با دریافت آب بهای معادل ارزش اقتصادی از کشاورزان، انگیزه صرفه‌جویی و مصرف کمتر آب در میان آنها ایجاد خواهد شد. برای تحقق این امر پیشنهاد می‌شود، نخست یک سیاست دریافت آب‌بهای تدریجی اجرا شده تا کشاورزان به‌تدریج بتوانند وضعیت خود را با شرایط جدید وفق دهند و سپس برنامه‌ریزی و اجرای این سیاست‌ها نیز با مشارکت آنان انجام

گیرد تا این‌که کشاورزان این برنامه‌ها را از آن خود دانسته و برای اجرای آن علاقه و رغبت داشته باشند.

فهرست منابع

۱- اسدپور، ح. (۱۳۸۲). *کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی قطعی و فازی در مطالعه اقتصادی سیاست‌های کشاورزی بخش زراعت شرق استان مازندران*. رساله دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

۲- اسدی، ه. (۱۳۷۶). *قیمت‌گذاری آب کشاورزی در ایران: مطالعه موردی در اراضی زیر سد طالقان*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

۳- اکبری، ا. و بخشوده، م. (۱۳۷۲). *تعیین ترکیب بهینه محصولات زراعی در اراضی زیر سد: مطالعه موردی مزارع زیر سد جیرفت*. مجموعه مقالات دومین سمپوزیوم سیاست کشاورزی ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز: ۳۵۲-۳۳۹.

۴- چیذری، ا. و قاسمی،ع. (۱۳۷۸)، *کاربرد برنامه‌ریزی ریاضی در تعیین الگوی کشت بهینه محصولات زراعی*. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه، ۲۸: ۷۶-۶۱.

۵- دریجانی، ع. و کوپاهی، م. (۱۳۷۹). *کاربرد تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی قطعی و فازی در بهینه‌سازی تولیدات کشاورزی*. مجموعه مقالات سومین کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، جلد ۱: ۷۲۵-۶۹۹.

۶- سلطانی،غ. (۱۳۷۲). *تعیین آب بها و تخصیص بهینه آب در اراضی زیر سدها: مطالعه موردی سد درودزن شیراز*. مجموعه مقالات دومین سمپوزیوم سیاست کشاورزی ایران، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز: ۲۱۱-۱۹۵.

7- Benli, B. and Kodal, S. (2003). "A non–linear model for farm optimization with adequate and limited water supplies application to the south – east Anatolian project (GAP) region". *Agricultural Water Management*, 62:187-203.

8- Doppler, W., Salman, A.Z., Al – Karablieh, E.K. and Wolff, H.P. (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.

9- Gibbons, D.C. (1987). "The economic value of water. Resources for the Future", inc., Washington D.C., USA.

10- Johanson, R.C., Tsur, Y., Roe, T.L., Doukkali, R. and Dinar, A. (2002).

"Pricing irrigation water: A review of theory and practice". *Water Policy*, 4: 173-199.

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

12- Shangguan, Z., Shao, M. and Horton, R. (2002). "A model for regional optimal allocation of irrigation and its applications". *Agricultural Water Management*, 52: 139-154.

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

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