

## تعیین ارزش اقتصادی آب با رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی (مطالعه موردی: سد بارزو شیروان)

امیرحسین چیدری \*

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 به سرمایه‌گذاری 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 بارزو 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 و پایین‌ترین ارزش اقتصادی آب در ماه‌های مهر و فروردین به‌ترتیب معادل ۲۲۷۷ و ۵۶ ریال برآورد 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 دکتری 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 عدم توزیع متناسب بارندگی و عدم تطابق نیاز مصرف با زمان نزولات جوی و نیاز شدید به سرمایه‌گذاری 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 کارآمدترین

ابزارهای مدیریت تقاضا است، می‌توان بر مشکلات و چالش‌های موجود فائق آمده و از ائتلاف 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 به نوع مدیریت منابع آبی دارد<sup>۱</sup>. بنابراین معرفی و اجرای مدیریت بهتر منابع دارای اهمیت فراوان است. روگرز و همکاران<sup>۲</sup> معتقدند که سیاست‌های قیمت‌گذاری منابع آبی می‌توانند به حفاظت 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<br>(ii) صرفه اقتصادی داشتن حفاظت از منابع موجود<br>(iii) ترجیح دادن تغییر نوع مصرف آب  |
| II   | افزایش عرضه منابع آب                             | (i) به‌صرفه‌بودن اجرای طرح‌ها و پروژه‌های تأمین آب<br>(ii) ایجاد انگیزه در مصرف‌کنندگان برای صرفه‌جویی منابع آب   |
| III  | تخصیص بهینه منابع آب                             | (i) انتقال آب مصرفی بخش کشاورزی به بخش صنعتی و مصرف خانگی<br>(ii) انتقال آب از خارج حوزه آبریز به داخل آن <sup>۳</sup>  |
| IV   | بهبود کارایی مدیریتی منابع آب                    | (i) بهبود و گسترش نگهداری و حفاظت منابع آبی<br>(ii) بهبود و گسترش آموزش کارمندان و مدیران بخش مصرف آب<br>(iii) به‌صرفه‌بودن استفاده از تکنیک‌های جدید نظارت <sup>۴</sup> منابع<br>(iv) به‌صرفه‌بودن استفاده از تکنیک‌های جدید مدیریتی |
| V    | بهبود پایداری منابع آب                           | (i) کاهش تقاضای منابع آبی<br>(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<br>(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)<sup>۱</sup> 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 انعطاف‌پذیری بیشتری در تصمیم‌گیری‌های واقعی واحدهای اقتصادی برخوردار است.

تحقیق حاضر نیز مطالعه‌ای بر مبنای مدیریت تقاضای منابع آب بوده که در پی برآورد 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 چیدری و قاسمی در سال ۱۳۷۸ در شهرستان اقلید استان فارس، دریجانی و کوپاهی در سال ۱۳۷۹ در منطقه سرپنیران استان فارس و اسدیپور و خلیلیان در سال ۱۳۸۲ در استان مازندران، از محدود مطالعاتی است که در این زمینه صورت گرفته است. مطالعات فوق به تعیین ارزش اقتصادی آب تأکید نداشته و تنها و به برنامه‌ریزی 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 به آن انجام داده‌اند، می‌توان به پژوهش‌هایی نظیر مطالعه سینگ و همکاران<sup>۱</sup> در سال ۲۰۰۱، مطالعه داپلر و همکاران<sup>۲</sup> در سال ۲۰۰۲، مطالعه وارد و همکاران<sup>۳</sup> 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 حالی که در کشورهای کمتر توسعه‌یافته به‌ویژه در کشورهای آسیا برای جبران هزینه‌ها است، که در بیشتر این کشورها به‌خصوص جنوب آسیا، قیمت‌گذاری آب حتی به‌هدف جبران هزینه‌ها هم نرسیده است.<sup>۴</sup>

### 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<sup>۵</sup> و محدودکننده‌ترین عامل تولید<sup>۶</sup> 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.

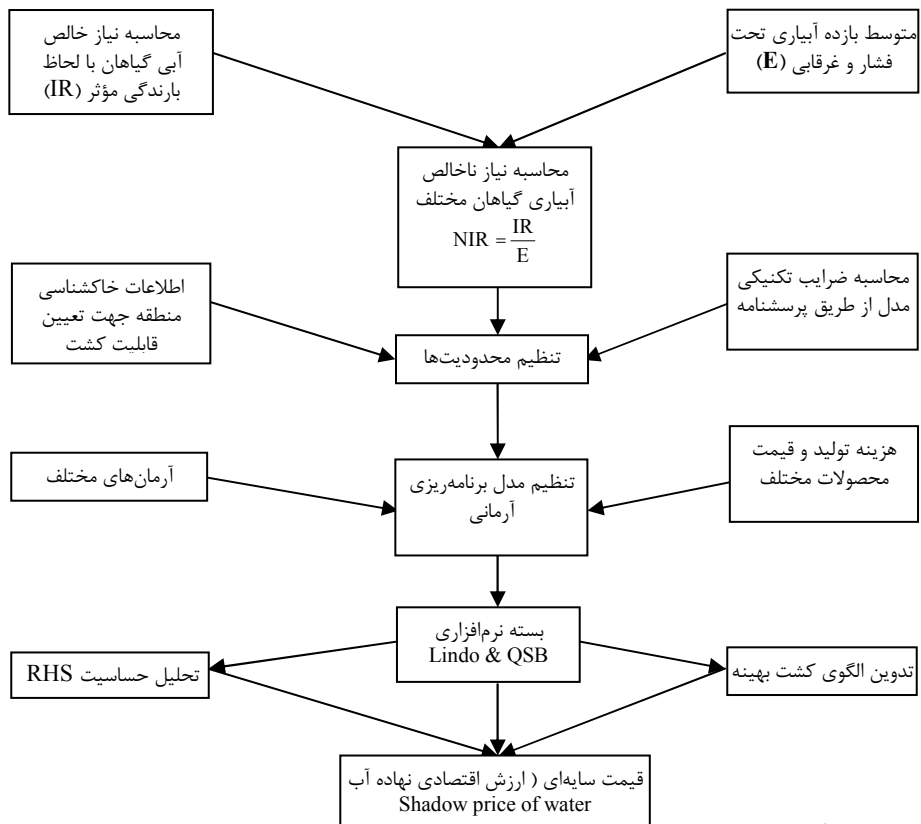
6- Most Limiting Resource Method.

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 جمع‌آوری شده از طریق مصاحبه حضوری و با تکمیل پرسشنامه به‌روش نمونه‌گیری طبقه‌ای به تعداد ۱۰۰ بهره‌بردار از کل ۱۱۶۵ بهره‌بردار زراعی، حاصل شده است. برای تخصیص تعداد نمونه به هر منطقه نیز از روش تخصیص نسبتی (اصل تسهیم به نسبت) استفاده شده است. بخش دیگر اطلاعات مورد نیاز از مرکز آمار ایران، جهاد کشاورزی شهرستان شیروان، سازمان آب منطقه‌ای استان خراسان و شرکت مهندسی مشاور مهتاب قدس تهران وابسته به وزارت 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 مسئولان 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، به حداقل برساند.



منبع: محققان

### نمودار ۱- فلوچارت مدل برنامه‌ریزی ریاضی برای محاسبه ارزش اقتصادی آب

اگر فرض کنیم در تحقیق حاضر  $k$  هدف ناسازگار باهم 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 به صورت رابطه شماره (۱) تا (۵) در خواهد آمد:

$$\text{Min } D = \sum_{j=1}^k h_j (d_j^- + d_j^+) \quad (1)$$

s.t:

$$g_i(X) \leq b_i \quad i = 1, 2, 3 \dots m \quad (2)$$

$$f_j(X) + d_j^- - d_j^+ = b_j \quad j = 1, 2, 3 \dots n \quad (۳)$$

$$X, d_j^-, d_j^+ \geq 0 \quad (۴)$$

$$d_j^- \cdot d_j^+ = 0 \quad (۵)$$

که در این الگو:

$h_j$ : مشخص کننده آرمان  $z_j$ ؛

$h_j(d_j^- + d_j^+)$ : تابع انحراف از هدف (آرمان)  $z_j$ ؛

$g_i(X)$ : تابع منابع  $i$ ام استفاده شده برای فعالیت‌های مختلف تولیدی  $x$ ؛

$b_i$ : میزان موجودی منبع  $i$ ام؛

$f_j(X)$ : تابع هدف  $z_j$  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 برآورد 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 به انحراف.
- حال به تشریح هر یک از مراحل فوق می‌پردازیم.

#### ۴-۱- تعریف متغیرهای تصمیم‌گیری

متغیرهای تصمیم‌گیری و مورد استفاده در مطالعه حاضر به شرح زیرند:

$i$ : متغیر مربوط به محصولات مختلف قابل کشت و تولید در مناطق سه‌گانه تحت شبکه آبیاری سد بارزو است که  $i = 1, 2, 3, \dots, 10$  به شرح زیر خواهد بود:



|        |            |       |            |       |             |       |           |       |      |
|--------|------------|-------|------------|-------|-------------|-------|-----------|-------|------|
| $i=5$  | آفتابگردان | $i=4$ | چغندر قند  | $i=3$ | ذرت دانه‌ای | $i=2$ | جو        | $i=1$ | گندم |
| $i=10$ | یونجه      | $i=9$ | گوجه‌فرنگی | $i=8$ | خیار آبی    | $i=7$ | سیب‌زمینی | $i=6$ | پیاز |

$j$ : متغیر مربوط به مناطق سه‌گانه تحت شبکه آبیاری سد بارزو بوده که  $j=1$  به منطقه حاشیه قلجق،  $j=2$  به منطقه زیارت و  $j=3$  به منطقه سه یک‌آب اشاره می‌کند.

$k$ : متغیر مربوط به دوره آبیاری بوده که به صورت ماهانه و به شرح زیر در نظر گرفته شده است:

|        |        |       |     |       |       |       |          |       |         |
|--------|--------|-------|-----|-------|-------|-------|----------|-------|---------|
| $k=5$  | مرداد  | $k=4$ | تیر | $k=3$ | خرداد | $k=2$ | اردیبهشت | $k=1$ | فروردین |
| $k=10$ | زمستان | $k=9$ | آذر | $k=8$ | آبان  | $k=7$ | مهر      | $k=6$ | شهریور  |

$m$ : متغیر مربوط به فصول مختلف سال برای تأمین نیروی کار مورد نیاز فعالیت‌های مختلف است که:

|       |            |       |           |       |             |       |          |
|-------|------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|----------|
| $m=4$ | فصل زمستان | $m=3$ | فصل پاییز | $m=2$ | فصل تابستان | $m=1$ | فصل بهار |
|-------|------------|-------|-----------|-------|-------------|-------|----------|

$X_{ij}$ : سطح زیر کشت محصول  $i$ ام در منطقه  $j$ ام

$X_i$ : مجموع سطح زیر کشت محصول  $i$ ام در همه مناطق

$TXZ_j$ : کل اراضی قابل آبیاری و کشت محصولات زراعی منطقه  $j$ ام

$FX_{ij}$ : سطح زیر کشت فعلی محصول  $i$ ام در منطقه  $j$ ام

$TXK_j$ : کل سطح زیر کشت محصولات منطقه  $j$ ام برای نیاز خود کفایی

$XM_j$ : سطح زیر کشت محصول خیار پاییزه (کشت مجدد) در منطقه  $j$ ام

$Y_{itr}$ : سطح زیر کشت محصول  $i$ ام در سال  $t$ ام در تناوب  $r$ ام

$TY_r$ : سطح زیر کشت محصول هر قطعه تناوبی در تناوب  $r$ ام

$C_{ij}$ : درآمد خالص محصول  $i$ ام در منطقه  $j$ ام

$f_{ij}$ : میزان کود فسفات مورد نیاز هر هکتار محصول  $i$ ام در منطقه  $j$ ام

$Tf_j$ : میزان کل کود فسفات قابل دسترس محصولات منطقه  $j$ ام

$O_j$ : میزان کود اوره مورد نیاز هر هکتار محصول  $i$ ام در منطقه  $j$ ام

- $T_{0j}$ : میزان کل کود اوره قابل دسترس محصولات منطقه  $\lambda$ ام
- $P_{ij}$ : میزان کود پتاس موردنیاز هر هکتار محصول  $\lambda$ ام در منطقه  $\lambda$ ام
- $T_{Pj}$ : میزان کل کود پتاس قابل دسترس محصولات منطقه  $\lambda$ ام
- $h_{ij}$ : میزان کود حیوانی موردنیاز هر هکتار محصول  $\lambda$ ام در منطقه  $\lambda$ ام
- $Th_{ij}$ : میزان کل کود حیوانی قابل دسترس محصولات منطقه  $\lambda$ ام
- $S_{ij}$ : میزان سموم موردنیاز هر هکتار محصول  $\lambda$ ام در منطقه  $\lambda$ ام
- $TS_{ij}$ : میزان کل سموم قابل دسترس محصولات منطقه  $\lambda$ ام
- $t_{ij}$ : میزان ساعت تراکتور موردنیاز هر هکتار محصول  $\lambda$ ام در منطقه  $\lambda$ ام
- $Tt_{ij}$ : کل ساعت بهره‌برداری از تراکتور قابل دسترس منطقه  $\lambda$ ام
- $k_{ij}$ : میزان ساعت کمباین موردنیاز هر هکتار محصول  $\lambda$ ام در منطقه  $\lambda$ ام
- $Tk_{ij}$ : کل ساعت بهره‌برداری از کمباین قابل دسترس منطقه  $\lambda$ ام
- $d_{ij}$ : میزان ساعت دروگر موردنیاز هر هکتار محصول  $\lambda$ ام در منطقه  $\lambda$ ام
- $Td_{ij}$ : کل ساعت بهره‌برداری از دروگر قابل دسترس منطقه  $\lambda$ ام
- $w_{ijk}$ : میزان آب موردنیاز (نیاز آبی) هر هکتار محصول  $\lambda$ ام در منطقه  $\lambda$ ام در ماه  $k$ ام
- $Tw_{ijk}$ : میزان آب تخصیص داده شده به منطقه  $\lambda$ ام در ماه  $k$ ام
- $L_{ijm}$ : نیروی کار موردنیاز هر هکتار محصول  $\lambda$ ام منطقه  $\lambda$ ام در فصل  $m$ ام
- $TL_{ijm}$ : کل نیروی کار موجود منطقه  $\lambda$ ام در فصل  $m$ ام
- $C_{ij}$ : درآمد خالص هر هکتار محصول  $\lambda$ ام منطقه  $\lambda$ ام
- $Tc_{ij}$ : کل درآمد خالص حاصل از محصولات تولیدی منطقه  $\lambda$ ام
- $I_{ij}$ : هزینه‌های سرمایه‌گذاری نقدی موردنیاز هر هکتار محصول  $\lambda$ ام منطقه  $\lambda$ ام
- $TI_{ij}$ : کل هزینه‌های سرمایه‌گذاری نقدی قابل دسترس منطقه  $\lambda$ ام
- $TXK_{ij}$ : کل سطح زیر کشت محصولات منطقه  $\lambda$ ام برای نیاز خودکفایی
- $GL$ : سطح آرمانی دسترسی به اشتغال مطلوب (آرمان اجتماعی)
- $GK$ : سطح آرمانی مطلوب دسترسی به حداقل مصرف کودشیمیایی (آرمان زیست محیطی)
- $GS$ : سطح آرمانی مطلوب دسترسی به حداقل مصرف سموم شیمیایی (آرمان

زیست محیطی)

GC: سطح آرمانی دسترسی به درآمد خالص مطلوب (آرمان اقتصادی)

GI: سطح آرمانی دسترسی به تولید مطلوب (آرمان اقتصادی)

$d_r^-$ : انحراف در جهت منفی از آرمان  $x_m$

$d_r^+$ : انحراف در جهت مثبت از آرمان  $x_m$

#### ۲-۴- تعیین محدودیت‌های مدل

محدودیت‌های مربوط به برنامه‌ریزی آرمانی به دو قسم محدودیت‌های معمول مدل برنامه‌ریزی خطی و معادلات یا محدودیت‌های مدل آرمانی تقسیم می‌شوند. محدودیت‌های مربوط به مدل 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 به صورت کشت مجدد پس از برداشت غلات وجود دارد، بنابر این محدودیت‌های مربوط به زمین (سطح زیرکشت) به دو دوره تفکیک شده که این محدودیت‌ها به صورت زیر وارد مدل شده اند:

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

$$\sum_{i=1}^{10} X_{ij} - TXZ_j \leq 0 \quad j \text{ for } = 1, 2, 3 \quad (6)$$

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

$$XM_j - \sum_{i=1}^2 X_{ij} \leq 0 \quad j \text{ for } = 1, 2, 3 \quad (7)$$

(۲) محدودیت حجم آب:

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

$$\sum_{i=1}^{10} W_{ijk} X_{ij} - TW_{jk} \leq 0 \quad j=1, 2, 3 \text{ and } k=1, 2, \dots, 10 \quad (8)$$

(۳) محدودیت نیروی کار:

تقاضا برای نیروی کار 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 مورد نیاز فعالیتهای مختلف در چهار دوره فصلی به صورت زیر تنظیم شده است:

$$\sum_{i=1}^{10} L_{ijm} X_{ij} - TL_{jm} \leq 0 \quad m=1, 2, 3, 4 \text{ and } j=1, 2, 3 \quad (9)$$

(۴) محدودیت سم و کود شیمیایی:

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

(الف) معادله محدودیت کود فسفات:

$$\sum_{i=1}^{10} f_{ij} X_{ij} - Tf_j \leq 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (10)$$

(ب) معادله محدودیت کود اوره:

$$\sum_{i=1}^{10} o_{ij} X_{ij} - To_j \leq 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (11)$$

(ج) معادله محدودیت کود پتاس:

$$\sum_{i=1}^{10} p_{ij} X_{ij} - Tp_j \leq 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (12)$$

(د) معادله محدودیت سموم شیمیایی:

$$\sum_{i=1}^{10} s_{ij} X_{ij} - Ts_j \leq 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (13)$$

ه) معادله محدودیت کود حیوانی:

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

۵) محدودیت ماشین آلات کشاورزی:

دسترسی به ماشین‌آلات کشاورزی نیز به صورت محدودیت زیر در نظر گرفته شده است.

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

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

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

۶) محدودیت تناوب زراعی:

تناوب‌های زراعی عمومی استفاده شده در منطقه به صورت زیرند:

۱- غلات، جالیز، غلات، غلات، چغندرقد

۲- چغندرقد، غلات، یونجه

۳- ذرت، غلات، چغندرقد

معادلات محدودیت‌های مربوط به تناوب زراعی به شرح زیر وارد مدل می‌شوند:

الف) معادله تناوب اول:

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

ب) معادله تناوب دوم:

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

ج) معادله تناوب سوم:

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

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

مختلف

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

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

(ه) معادله محدودیت مجموع کل تناوبها

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

(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 به شرح زیر است:

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

(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، به صورت زیر وارد مدل شده است.

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

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

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

مدل کالیبره از جمله مدل‌های برنامه‌ریزی خطی است که با توجه به شرایط

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

این مدل در مطالعه حاضر به این شرح است:

$$\text{Max} \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{10} C_{ij} X_{ij} \quad (26)$$

S.T.:

$$\sum_{i=1}^{10} I_{ij} X_{ij} - TI_j = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (27)$$

$$\sum_{i=1}^{10} W_{ijk} X_{ij} - TW_{jk} = 0 \quad j=1, 2, 3 \text{ and } k=1, 2, \dots, 10 \quad (28)$$

$$\sum_{i=1}^{10} L_{ijm} X_{ij} - TL_{jm} = 0 \quad m=1, 2, 3, 4 \text{ and } j=1, 2, 3 \quad (29)$$

$$\sum_{i=1}^{10} f_{ij} X_{ij} - Tf_j = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (30)$$

$$\sum_{i=1}^{10} o_{ij} X_{ij} - To_j = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (31)$$

$$\sum_{i=1}^{10} p_{ij} X_{ij} - Tp_j = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (32)$$

$$\sum_{i=1}^{10} s_{ij} X_{ij} - Ts_j = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (33)$$

$$\sum_{i=1}^{10} h_{ij} X_{ij} - Th_j = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (34)$$

$$\sum_{i=1}^{10} t_{ij} X_{ij} - Tt_j = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (35)$$

$$\sum_{i=1}^{10} k_{ij} X_{ij} - Tk_j = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (36)$$

$$\sum_{i=1}^{10} d_{ij} X_{ij} - Td_j = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad (37)$$

$$\sum_{j=1}^3 X_{ij} - TXk_i \geq 0 \quad i=1, 2 \quad (38)$$

$$X_{ij} - FX_{ij} = 0 \quad j=1, 2, 3 \quad i=1, 2, \dots, 10 \quad (39)$$

$$\sum_{i=1}^2 Y_{i1r} + \sum_{i=5}^9 Y_{i2r} + \sum_{i=1}^2 Y_{i3r} + \sum_{i=1}^2 Y_{i4r} + Y_{45r} - 5TY_r = 0 \quad r = 1 \quad (40)$$

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

$$Y_{31r} + \sum_{i=1}^2 Y_{i2r} + Y_{43r} - 3TY_r = 0 \quad r = 3 \quad (42)$$

$$\sum_{r=1}^3 \sum_{t=1}^5 Y_{itr} - X_i = 0 \quad i=1, 2, \dots, 14 \quad (43)$$

$$X_i - \sum_{j=1}^3 X_{ij} = 0 \quad i=1, 2, \dots, 10 \quad (44)$$

$$5TY_1 + 3TY_2 + 3TY_3 - \sum_{j=1}^3 TXZ_j = 0 \quad (45)$$

۴-۴- تعیین آرمان‌ها و مشخص کردن اولویت‌ها و محدودیت‌های منعکس‌کننده آن  
با توجه به این که 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 به ترتیب سطوح زیر وارد مدل شده است:

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

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{10} \sum_{m=1}^4 L_{ijm} X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \geq GL \quad r = 1 \quad (47)$$

سطح دوم: آرمان‌های زیست محیطی:

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

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{10} k_{ij} X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \leq GK \quad r = 2 \quad (48)$$

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



مصرف سوم):

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{10} s_{ij} X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \leq GS \quad r=3 \quad (49)$$

سطح سوم: آرمان‌های اقتصادی:

(I) آرمان دسترسی به سطح مطلوب سود در منطقه (افزایش سود):

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{10} C_{ij} X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \geq GC \quad r=4 \quad (50)$$

(II) آرمان دسترسی به سطح مطلوب هزینه (سرمایه‌گذاری نقدی) در منطقه

(کاهش هزینه):

$$\sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{10} I_{ij} X_{ij} + d_r^- - d_r^+ \leq GI \quad r=5 \quad (51)$$

این آرمان‌ها به همراه 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  $\alpha$  درصد به‌میزان حاصل از مدل کالیبره به‌دست می‌آید. این نسبت برای آرمان‌های فوق این چنین است:

جدول ۱- میزان آرمان‌ها با احتساب  $\alpha$  درصد تغییر در میزان شرایط فعلی

| شماره آرمان                   | شماره ۱ | شماره ۲ | شماره ۳ | شماره ۴ | شماره ۵ |
|-------------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|
| نسبت ( $\alpha$ )             | ۰/۳     | -۰/۱۵   | -۰/۱۵   | ۰/۲۵    | -۰/۱۰   |
| نوع متغیر انحراف مثبت یا منفی | $d_1^-$ | $d_2^+$ | $d_3^+$ | $d_4^-$ | $d_5^+$ |

منبع: یافته‌های تحقیق

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

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

#### ۴-۶- تعیین تابع هدف بر حسب مینیمم‌سازی متغیرهای مربوط به انحراف

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

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

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

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

با توجه به اولویت‌های مذکور، الگوی برنامه‌ریزی آرمانی در سه مرحله حل شده است، در مرحله اول آرمان دسترسی به اشتغال 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.

#### ۴-۷- نتایج و بحث

جدول شماره (۲) سطوح کشت فعلی مناطق مختلف را در مدل کالیبره و جدول شماره (۳) نتایج میزان نهاده‌های برآورد 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<br>قلجق | منطقه زیارت | منطقه سه یک آب | 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  |
| چغندر قند   | 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 به ترتیب برابر با ۲۷۰۲۲۰۰، ۹۴۳۱۴۰۰ و ۴۰۰۲۲۰۰ هزارریال برآورد شده است.

بر اساس نتایج مدل برنامه‌ریزی آرمانی، الگوی کشت بهینه مناطق مختلف اراضی زیر سد بارزو شیروان به شرح جدول شماره (۴) پیشنهاد می‌شود. این جدول به کشت تخصصی چندین محصول در الگوی بهینه کشت نسبت به الگوی 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.

جدول ۳- نتایج میزان نهاده‌های برآورد شده از مدل کالیبره

| نهاده مصرفی            | واحد         | منطقه حاشیه<br>قلجق | منطقه<br>زیارت | منطقه<br>سه یک آب | 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 شیمیایی           | 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 سه یک آب | جمع    |
|-------------|-------|------------------|-------------|----------------|--------|
| گندم آبی    | X1    | ۴۸               | ۱۰۱         | ۳۱             | ۱۸۰    |
| جو آبی      | X2    | ۳۷               | ۸۰          | ۲۷             | ۱۴۴    |
| ذرت دانه‌ای | X3    | ۴۱۶/۸            | ۰           | ۴۳۵            | ۵۸۱/۸  |
| چغندر قند   | 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، گوجه‌فرنگی 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 به ۸۳۵ هکتار در منطقه حاشیه رودخانه قلجق، از ۱۸۲۵ هکتار به ۱۸۹۳ هکتار در منطقه زیارت و از ۷۲۲ به ۷۲۲/۳ 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. در حالت اول فرض شده که میزان خروجی بهینه ماهانه آب سد مشخص بوده ولی تخصیص بهینه به هر 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 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 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 به نوع 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 به ترتیب به میزان ۵۶، ۳۱۴، ۸۳۶ و ۲۲۷۷ ریال افزایش می‌دهد. این مقادیر به عنوان ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان به ترتیب 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 به ترتیب به میزان ۹۰، ۱۲۷، ۱۴۷۰ و ۴۹۱ ریال افزایش پیدا کرده است. مقادیر مذکور بیان‌گر ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان به ترتیب 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 و تیر، سود کشاورزان منطقه به ترتیب 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 مهر به ترتیب ۶۴، ۵۵، ۷۴ و ۳۳۵ ریال افزایش پیدا می‌کند. مقادیر مذکور بیان‌گر ارزش اقتصادی آب سد بارزو شیروان در ماه‌های مذکور منطقه سه یک آب است.

جدول ۵- 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          |                 |                |                 |
|-------------|----------------|-----------------|------------------|-----------------|----------------|-----------------|
|             | میزان<br>مازاد | قیمت<br>سایه‌ای | منطقه حاشیه قلجق |                 | منطقه زیارت    |                 |
|             |                |                 | میزان<br>مازاد   | قیمت<br>سایه‌ای | میزان<br>مازاد | قیمت<br>سایه‌ای |
| آب فروردین  | ۰              | ۵/۶             | ۰/۰۰۵            | ۰               | ۰/۰۳           | ۰               |
| آب اردیبهشت | ۰              | ۰               | ۰                | ۹               | ۰/۰۸           | ۰               |
| آب خرداد    | ۰              | ۰               | ۰                | ۱۲/۷            | ۰              | ۱۲/۲            |
| آب تیر      | ۰/۹            | ۰               | ۱/۱۳             | ۰               | ۰              | ۳۱              |
| آب مرداد    | ۰              | ۳۱/۴            | ۰                | ۱۴۷             | ۰/۰۰۱          | ۰               |
| آب شهریور   | ۰              | ۸۳/۶            | ۰/۰۵             | ۰               | ۰/۰۶           | ۰               |
| آب مهر      | ۰              | ۲۲۷/۷           | ۰/۰۰۲            | ۰               | ۰/۰۰۴          | ۰               |
| آب آبان     | ۰              | ۰               | ۰                | ۰               | ۰/۰۳           | ۰               |
| آب آذر      | ۰              | ۰               | ۰                | ۰               | ۰              | ۰               |
| آب زمستان   | ۰              | ۰               | ۰                | ۴۹۱             | 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.

جدول ۶- 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 به آن 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. در حالت اول (با فرض مشخص بودن میزان خروجی بهینه ماهانه آب سد)، بالاترین و پایین‌ترین ارزش اقتصادی آب به ترتیب در ماه‌های مهر و فروردین معادل ۲۲۷۷ و ۵۶ ریال برآورد شده است. در حالت 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 به ترتیب معادل ۹۰، ۳۱۰ و ۱۲۲، و ۳۳۵۰ و ۶۴ ریال برآورد 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 برآورد شده با برآورد 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 به تدریج بتوانند وضعیت خود را با شرایط جدید وفق دهند و سپس برنامه‌ریزی و اجرای این سیاست‌ها نیز با مشارکت آنان انجام

گیرد تا این که 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- چیدری، 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 کویاهی، 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 Kodali, 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.