

# اثر استراتژی‌های قیمتی آب بر تخصیص آب آبیاری (مطالعه موردی دشت تجن استان مازندران)

احمد میرزائی<sup>1</sup>، مجید کوباهی<sup>2</sup>، علی کرامت زاده<sup>3</sup>

## چکیده

تخصیص بهینه آب آبیاری در بین محصولات و بین زارعین در مناطق مختلف به منظور رسیدن به حداکثر بازدهی، از مسائل مهم در مدیریت آبیاری می‌باشد. در این تحقیق تخصیص بهینه آب و الگوهای کشت در دشت تجن با توجه به تغییرات در درآمدهای انتظاری محصولات کشاورزی و افزایش قیمت‌های آب تجزیه و تحلیل شد. مدل‌ها براساس داده‌ها و اطلاعات موجود عرضه آب، اراضی آبی و شرایط بازار برآورد شد. برای حداکثرسازی سود ناخالص و حداقل‌سازی ریسک از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی استفاده گردید. نتایج نشان داد که بهینه‌سازی الگوهای کشت و تخصیص آب آبیاری به افزایش سود مالی در بخش کشاورزی کمک قابل توجهی می‌کند. جواب‌های بهینه با در نظر گرفتن ریسک در سودهای ناخالص نشان داد که تقاضای آب به افزایش قیمت‌های آب نسبتاً کشش‌پذیر است.

**کلمات کلیدی:** دشت تجن، تقاضای آب، الگوهای کشت، ریسک، تخصیص بهینه، برنامه‌ریزی آبیاری

## ۱- مقدمه

---

۱- کارشناس ارشد اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران

استاد گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه تهران - 2

۲- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

آب یک فاکتور ضروری در کشاورزی است و نقشی سرنوشت‌ساز در رشد اقتصاد و توسعه بازی می‌کند. به طور سنتی، دولت‌ها یک نقش غالب در مدیریت منابع آب بازی می‌کنند، اما مصرف غیر کارآی آب و پوشش هزینه اندک برای نگهداری و بهره برداری آب وجود دارد. با افزایش هزینه‌ها در توسعه منابع جدید، مشکلات مربوط به کیفیت خدمات در سیستم‌های تحت نمایندگی مدیریت دولت منجر به تحقیق برای آلترناتیوهای می‌شود تا تخصیص منابع آب و مدیریت کارآتر را فراهم سازد. کمیابی آب به عنوان یک بحران رو به افزایش در اکثر کشورهای در حال توسعه باعث شده تا مصرف عقلایی منابع آبی و سیاست‌های مناسب آبیاری برای تشویق به حفظ و نگهداری آب اتخاذ شود. تحقیق سازمان بین‌المللی مدیریت منابع نشان داد که تا سال ۲۰۲۵ بسیاری از نواحی با مشکل کمبود آب شیرین مواجه می‌شوند (Seckler et al, 1998). بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده آب در کشورهای در حال توسعه است. علاوه بر رشد تقاضا برای آب و عدم ثبات فزاینده در عرضه آب، آب قابل دسترس برای آبیاری به طور پیوسته در حال کاهش است. در اکثر کشورها در جایی که اراضی آبی یک نقش مهم را بازی می‌کند، کشاورزان اعتقاد به پرداخت آب بها ناچیز را حق خود می‌دانند (آب با هزینه پایین و صفر در باور کشاورزان توجیه شده است) این باور معمولاً در سیستم‌های سیاسی آنها منعکس می‌شود (Mohmoud Abu-Zeid, 2002).

مشکل کمیابی آب وقتی به وجود خواهد آمد که آب در کمیت و کیفیت مناسب برای تخصیص زمانی و مکانی پیدا نشود (Keens and Sweeny, 1985). کمیابی آب یک محدودیت طبیعی برای رشد اقتصاد به حساب می‌آید. رشد سریع جمعیت و توسعه صنعتی باعث افزایش بی‌سابقه تقاضا برای منابع شده است. مصارف فعلی آب به طور حقیقی بیشتر از منابع عرضه آب شده است. در بیشتر نواحی استخراج بیش از حد آب‌های زیرزمینی با نرخ‌های غیرجایگزینی و کیفیت‌های رو به زوال آب روبرو شده است. وجود تقاضا برای آب با موجودی آب مطابق نیست و هزینه‌های توسعه برای منابع باقیمانده به سرعت در حال افزایش است. با فرض یک رشد مناسب در جمعیت، یک رقابت تنگاتنگ بین بخش کشاورزی و شهری برای آب به وجود خواهد آمد. که به طور مشخص ضرورت بهینه‌سازی آب در بخش کشاورزی را مشخص می‌کند. هر چند مصرف آب در بخش کشاورزی به سطح فن آوری، میزان آب قابل دسترس، الگوی کشت و مقدار زمین مناسب کشت بستگی دارد.

امنیت غذایی و توسعه قابل قبول نیاز به مصرف کارآ در منابع آبی دارد، مخصوصاً در آبیاری قیمت گذاری اقتصادی می‌تواند به عنوان یک ابزار مناسب مصرف کارآتر آب را فراهم سازد. تهیه مقدمات قیمت گذاری و وصول هزینه تخصیص کارآی آب با توجه به کاربردهای گوناگون آب نیاز است. در مکانیزم قیمت گذاری آب باید به اثرات مضر و ناسازگار بر درآمد کشاورزان توجه نمود و در قیمت‌های بالاتر آب باید خدمات بیشتری فراهم گردد.

قدرت علمی انسان، در حال حاضر بیشتر می‌تواند در جهت مصرف و جایگزینی بین مصارف آن خود را بروز دهد، و از این رو، شرایط اقتصادی منابع آب بیش از هر کالای دیگری به شرایط بسیار کوتاه مدت یا لحظه‌ای در اقتصاد نزدیک است، و به همین جهت، علم تخصیص آن ضروری تر به نظر می‌رسد. تخصیص آب به سه نوع تخصیص مکانی، محصولی و زمانی تقسیم بندی می‌شود. در تخصیص مکانی آب به مناطقی تخصیص یابد که ارزش اقتصادی آن در منطقه بالاتر است. در تخصیص محصولی هر منطقه هم به محصولاتی تخصیص یابد که بیشترین درآمد را ایجاد می‌کنند. در تخصیص زمانی آب در فصلها و ماه‌های مختلف سال باید به گونه‌ای باشد که محصولات الگوی کشت منطقه، با مشکل کم آبی مواجه نگردند. در این مطالعه تخصیص بین ماه‌های سال برای آب کشاورزی با استفاده از روش (SAWAS)<sup>1</sup> انجام شد. یک سیستم تخصیص منطقه‌ای آب کشاورزی که منابع کمیاب آب را در میان فعالیت‌های مصرفی آب تخصیص دهد. (SAWAS) با طرح ایده کمکی، به برنامه‌ریزان پیشنهاد می‌کند تا در شرایط گوناگون و سیاست‌های متفاوت آب الگوهای کشت بهینه را فراهم آورند. این روش به عنوان یک ابزار تصمیم گیری دارای سه هدف اصلی است:

الف) کمک به برنامه‌ریزی تولیدات کشاورزی منطقه‌ای و محلی، بر اساس مقادیر و کیفیتهای مختلف آب در زمان و مکان معین.

ب) کمک به برنامه‌ریزی‌های ملی ذخیره و انتقال آب کشاورزی.

ج) کمک به تصمیم‌گیرندگان و کشاورزان در مورد سئوالاتی از قبیل اینکه ((چه می‌شود اگر ... اتفاق افتد)).

مدل مذکور به اطلاعاتی از قبیل زمین موجود، میزان آب مورد نیاز هر واحد سطح زیر کشت محصولات مختلف و درآمد خالص هر واحد سطح زیر کشت محصولات نیاز دارد.

تعیین ارزش اقتصادی نهاده های مختلف مورد استفاده بخش کشاورزی از جمله نهاده آب در مطالعات پراکنده ای 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 است که در این مطالعات از تکنیک برنامه ریزی خطی معمولی استفاده گردیده و محققین نتیجه گرفته اند که کشاورزان از آب بصورت بهینه استفاده نکرده و هزینه پرداختی آنها نیز از ارزش اقتصادی آب پایین می باشد که تمایلی به استفاده بهینه آب ایجاد نمی کند. شده است. از مطالعاتی که کارشناسان و محققان خارج از کشور در خصوص مدل های برنامه ریزی ریاضی و تعیین ارزش اقتصادی آب و سیستم های مربوط به آن انجام داده اند، می توان 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 نمود. محققین بیان می کنند هدف قیمت گذاری آب در کشورهای توسعه یافته اغلب در جهت تخصیص منابع کمیاب در بین بخشهای مختلف بوده در حالیکه در کشورهای کمتر توسعه یافته بویژه در کشورهای آسیا جهت جبران هزینه ها می باشد، که در بیشتر این کشورها مخصوصاً جنوب آسیا، قیمت گذاری آب حتی به هدف جبران هزینه ها هم نرسیده است (Johanson, 2001).

در تحقیق حاضر با استفاده از اطلاعات سازمان آب منطقه ای مازندران، وزارت نیرو و جمع آوری اطلاعات از طریق تکمیل پرسشنامه به تخصیص آب آبیاری در دشت تجن با استفاده از مدل برنامه ریزی خطی پرداخته شد. با توجه به حجم نمونه هر روستا به روش نمونه گیری طبقه ای با انتساب متناسب کشاورزان نمونه شناسایی شدند. به منظور برآورد حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده گردید. بر اساس فرمول کوکران حجم نمونه ۱۲۵ نفر برآورد گردید که سرانجام ۱۴۱ پرسشنامه کامل گردید. برای تجزیه و تحلیل های آماری از نرم افزارهای Excel و LINGO استفاده شد.

---

<sup>1</sup> Singh, D.K. et al., 2001

<sup>2</sup> Doppler, W. et al., 2002

<sup>3</sup> Ward, F.A. et al., 2002

## ۲- روش تحقیق

در این تحقیق برای مطالعه اثر استراتژی‌های مختلف قیمتی آب بر تخصیص آب آبیاری از سه نوع مدل برنامه‌ریزی خطی استفاده شده است. در مدل اول حداکثرسازی سود ناخالص کل تولید در نواحی آبیاری شده در دشت تجن با ترکیب فعالیت‌های تولیدی در شرایط میانگین از مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی استفاده شد. در مدل دوم حداکثرسازی سود ناخالص کل تولید در منطقه مورد مطالعه در شرایط میانگین از روش (SAWAS) استفاده شد. در مدل سوم حداقل‌سازی ریسک در منطقه مورد مطالعه از روش (SAWAS) استفاده شد. سود ناخالص ریسک قیمتی (تغییرات در قیمت بازاری تولیدات) و ریسک تولیدی (آب و هوا، بلایای طبیعی، مدیریت منابع آب و برنامه‌های آبیاری) را شامل می‌شود. داده‌های مورد استفاده نیاز آبی در هر هکتار برای محصولات مختلف، کل زمین و آب موجود، فعالیت‌های انتقال و ذخیره آب به منظور شبیه‌سازی ذخیره آب مازاد برای فعالیت تولید محصول در ماه بعدی در مدل‌های تحقیق قرار داده شد.

در تابع هدف سودهای ناخالص برابر با تفاوت میان سهم مربوط به آب (WRC)<sup>1</sup> و هزینه‌های آب است. که در آن (WRC) نشان دهنده ارزش بازاری محصولات تولیدی (قیمت محصول ضربدر عملکرد محصول) منهای همه هزینه‌های متغیر دیگر تولیدی مثل ماشین‌آلات، نیروی کار، کودهای شیمیایی، سموم شیمیایی و نهاده‌ها دیگر می‌باشد. جدا در نظر گرفتن هزینه آب می‌توان عکس‌العمل جواب‌های بهینه را نسبت به تغییرات قیمت آب و تابع تقاضای مشتق شده آب را برآورد نمود (Amir and Fisher, 1999)

### سناریو اول: مدل حداکثرسازی سود ناخالص با روش برنامه‌ریزی خطی معمولی

در مدل اول حداکثرسازی سود ناخالص در شرایط فعلی برآورد شد. تابع هدف در این مدل به صورت رابطه

(۱) می‌باشد:

---

<sup>1</sup> -Water-related Contribution

$$MaxZ = \sum_{j=1}^m WRC_j X_j - P_i W_i \quad (1)$$

که  $Z$ ، سود ناخالص کل،  $WRC_j$ : سهم مربوط به آب از سود ناخالص در محصول  $j$ ام،  $X_j$ : سطح زیر کشت محصول  $j$ ام،  $P_i$ : قیمت آب در ماه  $i$ ام و  $W_i$ : کل مقدار آب تخصیص یافته در ماه  $i$ ام را نشان می دهد. محدودیت های اعمال شده در این مدل به شرح زیر می باشد:

### الف- محدودیت های آب

آب کشاورزی یکی از مهمترین محدودیتهای کشاورزان در فصول بهار و تابستان می باشد. از آنجا که دوره کشت و نیاز آبی محصولات و میزان موجودی آب منطقه در ماههای مختلف سال با یکدیگر متفاوت است. لذا ضروری است که محدودیت آب بصورت ماهانه و منفک از هم در نظر گرفته شود. زیرا در صورت تلفیق این محدودیت ها در مدل برنامه ریزی خطی و لحاظ آنها بصورت سالانه، فرض می شود که امکان انتقال مقدار منابع از یک ماه به ماه دیگر بطور کامل وجود دارد یعنی اینکه آب در ماه های پر آب ذخیره و در ماهی که نیاز آبی محصولات بالا است مصرف می شود. حال آنکه در دنیای واقعی چنین امکانی حتی با احداث سد مخزنی نیز بطور کامل امکان پذیر نیست. در این تحقیق از متوسط حجم آب قابل دسترس در سال های ۱۳۸۳-۱۳۸۰ اراضی ۴ منطقه عمرانی (یک، دو، سه و چهار) در زیر سد تجن استفاده شد. براساس گزارش مطالعات سازمان آب منطقه ای مازندران کارایی آبیاری در شبکه مدرن اراضی دشت تجن ۶۲ درصد است. با احتساب این کارایی در نیازهای خالص آبی، نیازهای ناخالص آبی محصولات محاسبه شد. در این مطالعه، ۱۲ محدودیت ماهانه برای آب در نظر گرفته شد. با وارد کردن این محدودیت ها امکان مقایسه نتایج حاصل از این مدل با مقادیر سال ۸۳ فراهم می شود.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} X_j \leq \sum_{i=1}^n W_i^1 \quad (2)$$

که  $a_{ij}$ : نشان دهنده میزان نیاز آبی هر هکتار از محصول  $j$ ام در ماه  $i$ ام و  $W_i^1$ : متوسط آب خروجی از مخزن در ماه  $i$ ام را نشان می دهد.

### ب- محدودیت زمین

محدودیت زمین، همه اراضی آبی را شامل می‌شود. این محدودیت بصورت رابطه (۳) زیر بیان گردیده است:

$$\sum_{j=1}^m X_j \leq A \quad (3)$$

A: بیانگر کل سطح زیر کشت

### ج- محدودیت تناوب

محصول برنج بیشترین کشت را در منطقه مورد مطالعه به خود اختصاص داده است. اکثراً تناوب در این اراضی به این صورت است، که زارعین رقم برنج را در هر سال تغییر می‌دهند به عنوان مثال اگر در سال اول یک قطعه زمین برنج پر محصول کشت شود در سال دوم به برنج مرغوب اختصاص می‌یابد و بالعکس.

که تناوب به صورت رابطه (۴) به مدل تحمیل شد:

$$X_1 - X_2 \leq 0 \quad (4)$$

$$X_2 - X_1 \leq 0$$

برنج پر محصول  $(X_1)$  و برنج مرغوب  $(X_2)$

### سناریو دوم: مدل حداکثرسازی سود ناخالص با روش (SAWAS)

تفاوت اساسی این مدل با مدل اول در محدودیت‌های آب می‌باشد که به صورت رابطه (۵) وارد مدل شد:

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m a_{ij} X_j + \sum_{i=1}^n (-W_i^0 - W_{i-1}^+ + W_{i+1}^-) \leq 0 \quad (5)$$

که  $W_i^0$ : متوسط آب ورودی به مخزن در ماه i ام،  $W_{i-1}^+$ : میزان انتقال آب از ماه قبل و  $W_{i+1}^-$ : میزان انتقال آب

به ماه بعدی را نشان می‌دهد.

### سناریو سوم: مدل حداقل ریسک با روش (SAWAS)

بر اساس جواب بهینه از مدل اول، مدل حداقل ریسک (تغییرات در سود ناخالص) با توجه به مینیمم کردن مجموع قدر مطلق انحرافات از میانگین بدست می‌آید. چون تابع هدف این مدل، مینیمم کردن مجموع قدر مطلق انحرافات از میانگین می‌باشد، هزل آن را مدل موتاد نامید (Hazell, 1971). این مدل سودهای ناخالص را به عنوان یک متغیر تصادفی در نظر می‌گیرد (Anderson et al., 1977). مدل مینیمم کردن مجموع قدر مطلق انحرافات به عنوان یک جایگزین خطی برای مدل برنامه‌ریزی درجه دوم در شرایط عدم حتمیت، پیشنهاد شده است (Poray and Ginder, 1997). در این مدل تابع هدف به صورت رابطه (۶) است:

$$\min L = \sum_{t=1}^T \bar{Y}_t - P_i W_i \quad (6)$$

که  $L$ : قدر مطلق انحرافات سود ناخالص کل از میانگین و  $\bar{Y}_t$ : قدر مطلق سهم مربوط به آب از سود ناخالص در فعالیت زام را نشان می‌دهد.

در این مدل علاوه بر محدودیت‌های مدل دوم، دو محدودیت اضافی دیگر نیز بر مدل تحمیل گردید:

۱- مجموع قدر مطلق انحراف از جواب بهینه نمی‌تواند از مقدار آن در شرایط میانگین بیشتر باشد محدودیت به صورت رابطه (۷) در مدل قرار داده شد.

$$\sum_{j=1}^n (WRC_j - \overline{WRC}_j) X_j + \bar{Y}_t \geq 0 \quad (7)$$

که  $WRC_j$ : سهم مربوط به آب از سود ناخالص در محصول زام،  $\overline{WRC}_j$ : متوسط سهم مربوط به آب از سود ناخالص در محصول زام و  $\bar{Y}_t$ : قدر مطلق انحراف از کل سهم مربوط به آب در شرایط متوسط را نشان می‌دهد.

۲- محدودیت دوم بصورت زیر می‌باشد:

$$\sum_{j=1}^m WRC_j X_j = \lambda \quad (8)$$

$\lambda$ : نشان دهنده کل سهم مربوط به آب از سود ناخالص مورد انتظار در اراضی آبی

با تغییرات  $\lambda$  در یک محدوده مشخص از طریق استفاده از روش‌های پارامتری جواب‌های مختلفی بدست می‌آید که در آنها مقادیر کل سود ناخالص و واریانس افزایش پیدا می‌کند تا زمانی که مقدار سود ناخالص به حداکثر مقدار جواب سناریو دوم برسد.

### بحث و نتایج - 3

یکی از اهداف اصلی این تحقیق نشان دادن تخصیص بین ماه‌های سال آب کشاورزی با استفاده از روش (SAWAS) بود. یک سیستم تخصیص منطقه‌ای آب کشاورزی که منابع کمیاب آب را در میان فعالیت‌های مصرفی آب تخصیص دهد. روش (SAWAS) دو محدودیت مهم آب و زمین را در برمی‌گیرد. نتایج مدل‌ها برای مناطق عمرانی در اراضی زیر سد تجن به صورت زیر است:

جدول (۱) - سطوح بهینه زیر کشت و سودهای ناخالص در قیمت‌های متفاوت آب مدل برنامه‌ریزی خطی معمولی

سناریو اول				فعلی	
قیمت آب (ریال/ مترمکعب)					
۱۰۰۰	۸۰۰	۲۵۰	۳۶	۳۶	
۰	۸۵۵۵	۱۰۶۳	۷۶۲۸	۵۵۳۴	برنج (هکتار)
۰	۰	۰	۲۰۸	۲۰۰	پنبه (هکتار)
۰	۰	۲۹۶	۵۲۵	۲۰۶۶	سویا (هکتار)
۳۴۴۲	۳۴۴۲	۴۲۳۹	۲۲۵۰	۱۲۰۰	غلات (هکتار)
۳۴۴۲	۹۰۰۰	۹۰۰۰	۹۰۰۰	۹۰۰۰	کل زمین کشت شده (هکتار)
۱۵۸۰	۳۲۷۹,۵	۴۳۵۴۸,۳	۵۹۷۵۱,۱	۵۳۱۹۱,۶	سود ناخالص کل (میلیون ریال)
۷,۴	۶۸,۳	۷۵,۲	۵۷,۷	۸۲,۶	مصرف آب (میلیون مترمکعب)
۶۶	۱۲۱	۱۵۴	۲۲۴		قیمت سایه‌ای آب (ریال/ مترمکعب)

مآخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۲) - سطوح بهینه زیر کشت و سودهای ناخالص در قیمت‌های متفاوت آب در مدل SAWAS (حداکثرسازی سود ناخالص)

سناریو دوم				
قیمت آب (ریال / مترمکعب)				
۱۰۰۰	۸۰۰	۲۵۰	۳۶	
۰	۰	۷۱۲۴	۷۱۲۴	برنج (هکتار)
۰	۰	۰	۱۲۷	پنبه (هکتار)
۰	۰	۰	۰	سویا (هکتار)
۹۰۰۰	۹۰۰۰	۱۸۷۶	۱۷۴۹	غلات (هکتار)
۹۰۰۰	۹۰۰۰	۹۰۰۰	۹۰۰۰	کل زمین کشت شده (هکتار)
۶۶۲۸,۹	۱۰۴۹۱,۷	۵۱۵۵۹	۶۸۳۰۴,۵	سود ناخالص کل (میلیون ریال)
۱۹,۳	۱۹,۳	۸۲,۲	۸۲,۶	مصرف آب (میلیون مترمکعب)
۰	۰	۰	۲۱۹	قیمت سایه‌ای آب (ریال / مترمکعب)

مآخذ: یافته‌های تحقیق

جدول (۳) - سطوح بهینه زیر کشت و سودهای ناخالص در قیمت‌های متفاوت آب در مدل SAWAS (حداقل ریسک)

سناریو سوم				
قیمت (ریال / مترمکعب)				
۱۰۰۰	۸۰۰	۲۵۰	۳۶	
۰	۰	۴۷۴۴	۷۰۵۷	برنج (هکتار)
۰	۰	۰	۰	پنبه (هکتار)
۳۰۸۰	۴۸۷۵	۴۲۵۶	۱۴۲۴	سویا (هکتار)
۰	۰	۰	۵۲۰	غلات (هکتار)
۳۰۸۰	۴۸۷۵	۹۰۰۰	۹۰۰۰	کل زمین کشت شده (هکتار)
۶۶۲۸,۹	۱۰۴۹۱,۷	۵۱۵۵۹	۶۸۳۰۴,۵	سود ناخالص کل (میلیون تومان)
۱۵,۱	۲۳,۹	۶۵,۱	۸۲,۶	مصرف آب (میلیون مترمکعب)
۸۷	۱۳۷	۳۹۸	۶۱۱	انحراف معیار استاندارد
۰	۰	۰	۱۸۵	قیمت سایه‌ای آب (ریال / مترمکعب)

مآخذ: یافته‌های تحقیق

در سناریو اول در سطح قیمت فعلی آب، یک افزایش ناچیز در سطح زیر کشت پنبه توصیه می شود. این سناریو همچنین افزایش سطح زیر کشت برنج و غلات را پیشنهاد می دهد. یعنی کما کان کشت برنج به عنوان کشت غالب منطقه توسط مدل تایید می شود. این نمایانگر نوع تصمیم گیری صحیح زارعین منطقه به طور کلی است. این مدل کاهش در سطح زیر کشت سویا را توصیه می کند. ترکیب بهینه از توزیع آب و الگوی کشت در قیمت رایج آب (۳۶ ریال در هر متر مکعب) سود ناخالص کل ۵۹۷۵۱/۱ میلیون ریال حاصل می شود که تقریباً ۱۲ درصد بالاتر از سود ناخالص واقعی ۵۳۱۹۱/۶ میلیون ریال در الگوی کشت است که در سال ۱۳۸۳ به کار گرفته شده است. قیمت های سایه ای (ارزش اقتصادی) آب بیانگر میزان تغییر سود در ازای افزایش یک واحد به مقادیر موجود منابع آب تخصیص داده شده می باشد. بنابراین افزایش هر واحد منابع آبی در این سناریو دارای قیمت سایه ای بوده و سود را به میزان ۲۲۴ ریال افزایش می دهد که مبلغ ذکر شده بیانگر ارزش اقتصادی آب در این سناریو می باشد.

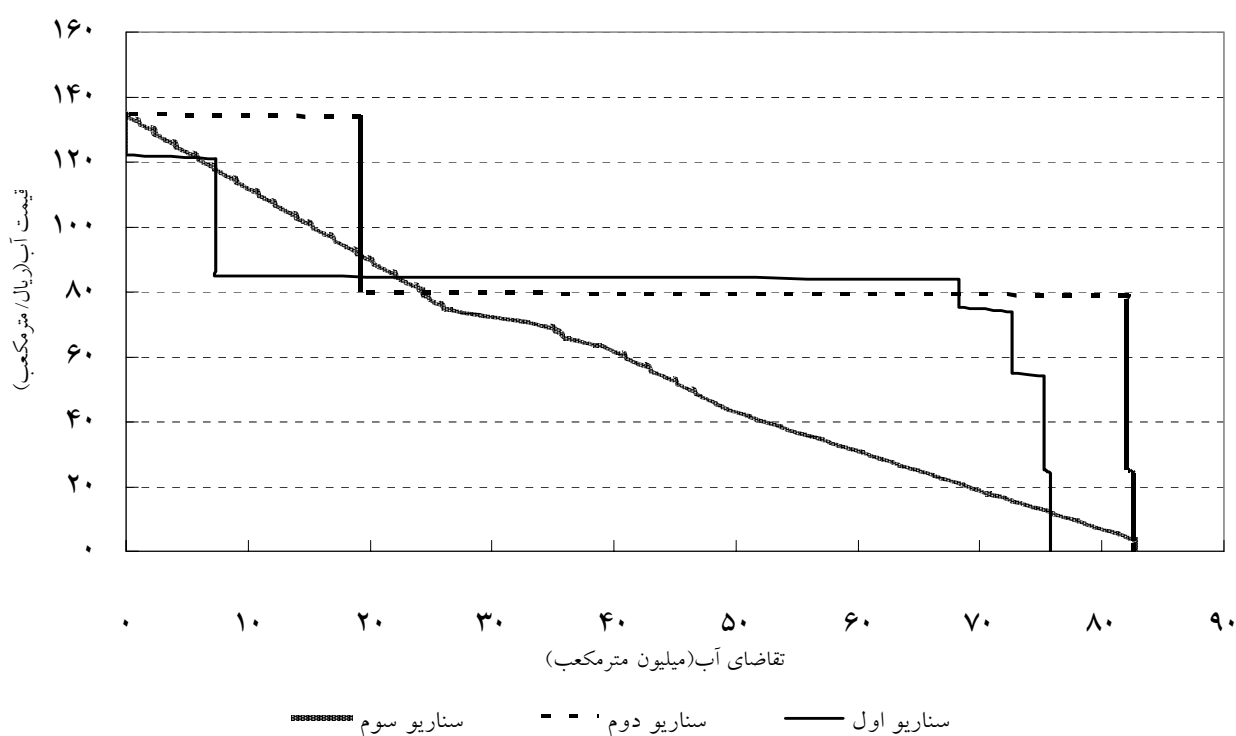
در سناریو دوم در سطح قیمت فعلی آب توسعه سطح زیر کشت برنج و غلات پیشنهاد می شود. این نشان می دهد با شرایط موجود در منطقه مورد مطالعه محصولات دیگر نمی توانند جایگزین این محصولات شوند. کاهش سطح زیر کشت پنبه و حذف سویا از الگوی کشت توصیه می شود. سود ناخالص کل در سناریو دوم ۲۸ درصد بالاتر از سود ناخالص واقعی الگوی کشت سال ۱۳۸۳ است. قیمت سایه ای آب در این سناریو ۲۱۹ ریال در هر متر مکعب آب می باشد. قیمت سایه ای آب نشان دهنده این است که قیمت های دریافتی از کشاورزان بسیار پایین تر از ارزش اقتصادی آب می باشد.

در سناریو سوم در سطح قیمت فعلی آب افزایش سطح زیر کشت برنج و سویا را توصیه می کند. کاهش سطح زیر کشت غلات و حذف پنبه از الگوی کشت پیشنهاد می شود. سود ناخالص کل در سناریو سوم ۲۸ درصد بالاتر از سود ناخالص واقعی الگوی کشت سال ۱۳۸۳ است. قیمت سایه ای آب در این سناریو ۱۸۵ ریال در هر متر مکعب آب می باشد.

برای به دست آوردن تابع تقاضای آب در سه سناریو در مرحله اول هر مدل با استفاده از قیمت های صفر حل شد و مقدار آب مصرف شده به عنوان یک شاخص مقداری برآورد شد. منحنی تقاضای آب با حل چند باره همان مدل برآورد گردید و در هر مورد تغییر در سود ناخالص فعالیت ها (محصولات) برای قیمت های فرضی آب محاسبه شد.

قیمت‌های آب از ۰ ریال تا ۱۲۲۰ ریال برای سناریو اول و تا ۱۳۴۰ ریال برای سناریو دوم و سوم با استفاده از روش پارامتریک برآورد شد. باید توجه کرد که این مدل فقط در کوتاه‌مدت مناسب می‌باشد و نتایج بدست آمده در الگوی کشت بهینه فقط می‌تواند برای این مجموعه از کشاورزان قابل توجیه باشد. نمودار تقاضای آب در سه سناریو در نمودار (۱) نشان داده شده است.

نمودار(۱)- تقاضای آب در سطوح مختلف قیمتی



در تخمین مدل با قیمت‌های مختلف، می‌توان تاثیر این سیاست را بر تقاضای آب، توسعه درآمد، ساختار تولید و توزیع ماهانه آب مورد تجزیه و تحلیل قرارداد. منحنی تقاضای آب در حالت بدون ریسک در سناریو اول و دوم یک فرم گسسته را نشان می‌دهد. افزایش قیمت آب از ۳۶ ریال تا ۲۴۰ ریال، قیمت سایه‌ای آب را از ۲۲۴ ریال به ۱۵۱ ریال برای هر مترمکعب در سناریو اول کاهش می‌دهد. در سناریو دوم افزایش قیمت آب از ۳۶ ریال تا ۲۴۰ ریال، قیمت سایه‌ای آب را از ۲۱۹ ریال به ۳ ریال برای هر مترمکعب کاهش می‌دهد، ولی از دید اقتصادی هنوز همه آب آبیاری قابل دسترس برای فعالیت‌های کشاورزی در سناریو دوم قابل توجیه است. اما کل سود ناخالص به

عنوان یک شاخص از درآمد کشاورزان در حدود ۲۴ درصد از حالت اولیه ۶۸۳۰۴/۵ میلیون ریال به ۵۲۳۳۸/۴ میلیون ریال کاهش می‌یابد. در سناریو دوم، در قیمت‌های بالاتر از ۸۰۰ ریال هنوز محصول غلات سودآور می‌باشد چون در بین محصولات آبی غلات دارای کمترین نیاز آبی است. در قیمت‌های بیش از ۱۳۴۰ ریال در هر متر مکعب آب، قیمت سایه‌ای آب صفر می‌شود.

در حالت وجود ریسک تقاضای بهینه آب و ساختار تولیدی تغییر می‌کند. نتایج پارامتریک مدل با قیمت‌های مختلف آب، تقاضای آب در قیمت‌های رایج ۳۶ ریال بی‌کشش است ولی با افزایش قیمت آب کشش‌پذیر می‌شود. منحنی تقاضای آب در حالت ریسکی یک فرم پیوسته را نشان می‌دهد و می‌توان منحنی مناسب را برای آن تخمین زد.

تخصیص منابع کمیاب آب کشاورزی در میان فعالیت‌های مصرفی آب در سه سناریو در منطقه مورد مطالعه در جدول (۴) نشان داده شده است:

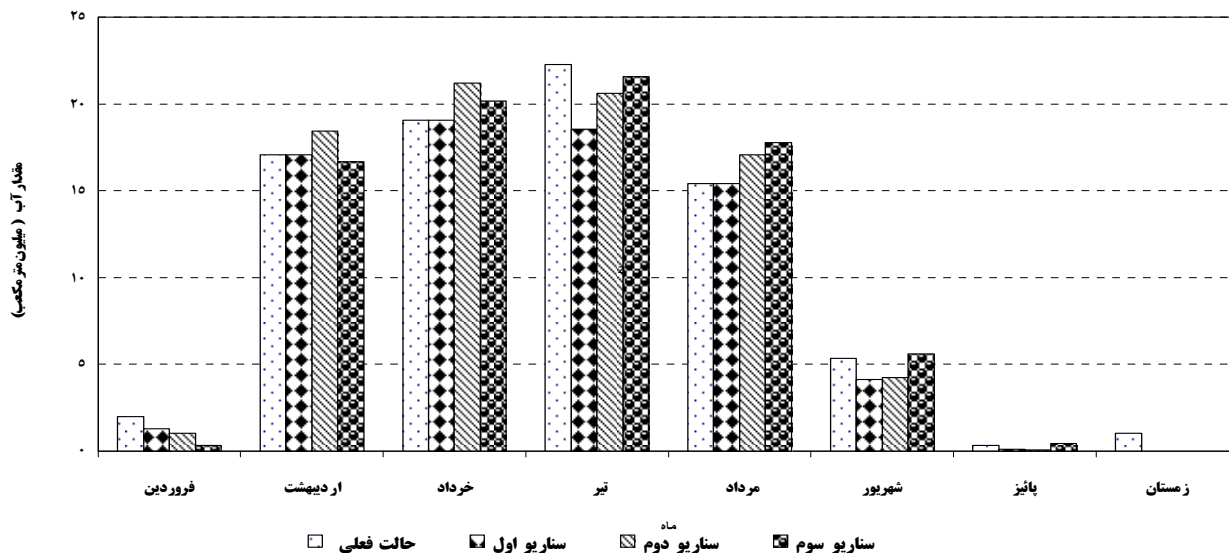
جدول (۴) - تخصیص بهینه آب سد تجن در سه مدل برنامه‌ریزی خطی

سناریو سوم	سناریو دوم	سناریو اول	حالت فعلی	
0.3	1	1.3	2	فروردین (میلیون مترمکعب)
16.7	18.4	17.1	17	اردیبهشت (میلیون مترمکعب)
20.1	21.2	19.1	19.1	خرداد (میلیون مترمکعب)
21.6	20.6	18.6	22.3	تیر (میلیون مترمکعب)
17.8	17.1	15.4	15.4	مرداد (میلیون مترمکعب)
5.6	4.3	4.1	5.4	شهریور (میلیون مترمکعب)
0.5	0	0.1	0.3	پائیز (میلیون مترمکعب)
0	0	0	1	زمستان (میلیون مترمکعب)
82.6	82.6	75.7	82.6	کل حجم آب قابل دسترس (میلیون)

مأخذ: یافته‌های تحقیق

تخصیص آب سد تجن در سناریوهای مختلف بین ماههای سال در نمودار (۲) نشان داده شده است.

نمودار (۲) تخصیص آب سد تجن در سناریوهای مختلف بین ماههای سال



سطوح مختلف سودهای ناخالص و قیمت‌ها برای تقاضای کل نشان داد که سیاست قیمت گذاری آب می‌تواند برای کنترل مقادیر تقاضای آب در تخصیص منابع کمیاب آب مورد استفاده قرار بگیرد. افزایش‌های نهایی در قیمت‌های آب در حال حاضر منجر به تغییرات در ساختار تولیدی و کاهش در زمین‌های قابل کشت آبی می‌شود. محصولی مثل سویا که دارای سود ناخالص کم و ریسک پایین (نوسانات سالانه پایین سود ناخالص) می‌باشد. با افزایش قیمت‌های آب توان پوشش هزینه‌های متغیر بالاتر را ندارد و در جواب مدل بهینه فوراً از الگو حذف می‌شود. محصولات با سود آوری بالاتر اما با ریسک بیشتر، نمی‌تواند جبران زیان‌های حاصله از کاهش نواحی کشت شده را بکنند و خود این محصولات نیز در قیمت‌های بالاتر آب غیر سودآور می‌شوند. افزایش قیمت‌های آب همچنین برگشت جریان‌ات سرمایه را پایین تر می‌آورد.

مدل‌های برنامه‌ریزی خطی نشان دادند که بهینه‌سازی الگوی کشت و توزیع آب در سرتاسر سال امکان سودهای اقتصادی زیادی را در تولیدات کشاورزی به بار می‌آورد. یک مقایسه بین الگوهای واقعی و بهینه، با در نظر گرفتن ریسک و بدون آن از فرض تصمیم منطقی کشاورزان در تمایل به کشت محصولات در شرایط میانگین حمایت می‌کند.

در تقاضای آب کشاورزی واکنش به افزایش قیمت‌های آب در فواصل طولانی دارای یک رفتار بی‌کشش است مادامی که برنامه‌ریزی الگوی کشت فقط مبتنی بر انتظارات در شرایط میانگین باشد. بالا رفتن قیمت آب تا ۲۴۰ ریال برای هر متر مکعب درآمد کشاورزان را کاهش می‌دهد بدون اینکه بر ساختار تولیدات آنها اثر بگذارد. قیمت‌های بالاتر از ۸۰۰ ریال برای هر متر مکعب آب، بیشتر محصولات را غیر سودآور می‌سازد. اگر در برنامه‌ریزی ریسک مورد بررسی قرار گیرد. افزایش نهایی در تغییرات قیمت آب در ساختار تولیدی، کاهش تولیدات کشاورزی و اثرات منفی اولیه بر موقعیت عرضه بازار و استانداردهای زندگی و جمعیت روستایی نگران‌کننده است. اثر افزایش قیمت‌های آب بر الگوی کشت ممکن است منجر به ترکیبی از اثرات این سناریوها (با و بدون ریسک) شود هر چند اثرات سناریو سوم بر حسب تغییرات ذکر شده در الگوی کشت غالب تر است.

#### ۴- پیشنهادات

- ۱- قیمت دریافتی از کشاورزان منطقه کمتر از ارزش اقتصادی آب می‌باشد. لذا نظام قیمت‌گذاری فعلی نمی‌تواند یک روش کارآمد در جهت کاهش مصرف آب باشد. در نتیجه اصلاح نظام قیمت‌گذاری آب ضروری است.
- ۲- از آنجاکه دریافت آب بها از کشاورزان معادل ارزش اقتصادی آن، انگیزه صرفه‌جویی و مصرف کمتر آب را در کشاورزان ایجاد می‌نماید، لذا پیشنهاد می‌گردد جهت دریافت آب بها، اولاً یک سیاست تدریجی اجرا گردیده تا کشاورزان بتدریج بتوانند وضعیت خود را با شرایط جدید وفق دهند و ثانیاً برنامه‌ریزی و اجرای این سیاست با مشارکت کشاورزان انجام گیرد.
- ۳- به کارگیری مدل تخصیص بهینه آب آسان بوده و می‌توان از آن برای تصمیم‌گیری استفاده نمود. این مدلها فقط در کوتاه‌مدت مناسب می‌باشد و نتایج بدست آمده در الگوی کشت بهینه فقط می‌تواند برای این مجموعه از کشاورزان قابل توجیه باشد. برای تحقیقات بعدی پیشنهاد می‌شود از این مدلها برای تخصیص بهینه آب در مناطق دیگر استفاده شود.
- ۴- در بحث تخصیص آب در میان بخش‌های مختلف اجتماع براساس مکانیزم قیمت‌گذاری، باید اثرات واقعی در عرضه بازار به لحاظ کمیت و تنوع در تولیدات کشاورزی را لحاظ کرد.

## منابع و مآخذ:

- ۱- اسدی، ه. (۱۳۷۶). قیمت گذاری آب کشاورزی در ایران: مطالعه موردی در اراضی زیر سد طالقان. پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.
- ۲- 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: ۳۳۹-۳۵۲.
- ۳- 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: ۱۹۵-۲۱۱.
- ۴- سلطانی، غ.، زیبایی، م. و کهخا، ا. (۱۳۷۸). کاربرد برنامه ریزی ریاضی در کشاورزی. تهران: سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی.
- ۵- کرامت زاده، علی و چیدری، ا. (۱۳۸۴). تعیین ارزش اقتصادی و تخصیص آب سد بارزو شیروان با توجه به الگوی کشت بهینه. پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.
- ۶- میرزائی، ا. و کوپاهی، م. (۱۳۸۴). تعیین ارزش اقتصادی آب در شبکه آبیاری و زهکشی تجن واحد عمرانی شماره ۴. پایان نامه کارشناسی ارشد اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
- 7- Amir, I., Fisher, F.M., 1999. Analyzing Agricultural for Water with an Optimizing Model. Agric. SYST. 61, 45-56.
- 8- Doppler, W., 1977. Towards a general guideline of irrigation water charging policy. Agricultural Administration (4), No.2, Applied Science Publisher Ltd., England, pp.121-129.
- 9- 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.
- 10- Hazell, P.B.P., 1971. A linear alternative to quadratic and semi-variance programming. Am. J. Agric. Eco. 53, 53-62

- 11- Johansson, 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.
- 12- Kneese, A.V., Sweeney, J.L., 1985. *Handbook of Natural Resources and Energy Economic Science Publishers B.V, Netherlands.*
- 13- Mahmoud Abu-Zeid “Water Pricing in Irrigation Agriculture “. Paper presented at the conference on irrigation water policies: Micro and Macro Considerations, Agadir, Morocco, June 2002
- 14- Salman, A.Z., Al- Karablieh, E.K. and Fisher, F.M. (2001). An Inter-seasonal Agricultural Water Allocation System (SAWAS). *Agricultural Systems*, 68: 233-252.
- 15- Seckler, D., U. Amarasinghe, D Molden, R. Silva, and R. Baker “ World Water Demand and Supply, 1990 to 2025: Scenarios and Issues ” International Water Management Institute, 1998.
- 16- 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.
- 17- Ward, F.A. and Michelsen, A. (2002). The economic value of water in agriculture: concepts and policy applications. *Water Policy*, 4: 423-446.

**The impact of water price strategies on the Allocation of Irrigation water:  
(The case study of Tajan plain in Mazandaran province)**

**Abstract**

The optimal allocation of irrigation water between crops and farmers in different regions to maximize yield is one of the most important problems in irrigation water management. In this study, the optimal allocation of water and cropping patterns with respect to variations in the expected revenue of agricultural productions and increasing in water price was analyzed. All models were estimated using data on water supply, irrigated lands and market conditions in Tajan plain. Linear programming models were used to maximize gross margin and minimize risk. Results showed that the optimization of cropping patterns and allocation of irrigation water will help to increase the financial profits in agricultural sector. Optimum cropping patterns with incorporation of risk in gross margin models showed that the water demand was relatively elastic with respect to increase in water prices

**Keywords:** Tajan plain, water demand, crop patterns, risk, optimal allocation, irrigation planning