

## بهینه‌سازی الگوی بهره‌برداری از منابع آبی در جهت حداکثر کردن منافع اجتماعی در استان فارس

شاهرخ شجری<sup>۱</sup>

### چکیده

توسعه یا محدودیت کشت محصولات کشاورزی در مناطق مختلف باید با توجه به امکانات تولید و محدودیت منابع آبی صورت گیرد و این مسئله لزوم طراحی یک مدل فراگیر الگوی کشت محصولات زراعی را آشکار می‌کند. هدف از انجام این مطالعه مقایسه میزان آب مصرفی، سطح زیرکشت و نیروی کار شاغل در دو الگوی کشت بهینه با اهداف متفاوت پیشینه نمودن منافع خصوصی و اجتماعی می‌باشد. برای این منظور تعداد ۱۷۵ زارع با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای انتخاب و از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسش‌نامه و اندازه‌گیری دبی آب چاه‌های این مزارع، آمار و اطلاعات لازم جمع‌آوری گردید. نتایج به‌دست آمده بیان‌گر این موضوع است که در شهرستان فسا محصولات گندم، ذرت دانه‌ای، گوجه‌فرنگی، پیاز، هندوانه، خربزه، خیار سبز و سبزیجات، دارای مزیت نسبی ولی محصولات جو و پنبه (وش)، فاقد مزیت نسبی در سال مورد مطالعه هستند. در الگوی کشت بهینه با هدف حداکثر نمودن منافع اجتماعی سطح زیرکشت به میزان ۵۳۷ هکتار نسبت به الگوی کشت بهینه با هدف حداکثر نمودن منافع خصوصی یا بازاری (سود فردی کشاورزان) کاهش یافته است. میزان آب مصرفی در الگوی کشت بهینه با هدف حداکثر کردن منافع اجتماعی برابر با ۳۳۷/۴ میلیون مترمکعب می‌باشد که به میزان ۸/۸ میلیون مترمکعب از الگوی کشت بهینه با هدف حداکثر کردن بازده برنامه‌ای کمتر می‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** الگوی کشت، منابع آبی زیر زمینی، مزیت نسبی، منافع اجتماعی، استان فارس

<sup>۱</sup> استادیار اقتصاد کشاورزی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس

## مقدمه

محدودیت منابع آب تجدید شونده در سطح کشور و تقاضای روزافزون برای مصرف آب در بخش‌های مختلف، بر اهمیت و حساسیت مدیریت منابع آب افزوده است. این حساسیت به ویژه در دوره‌های خشکسالی که منابع آب قابل دسترس به کمتر از میانگین دراز مدت خود می‌رسد، نمود بیشتری پیدا می‌کند. از طرف دیگر تجربه کشورهای مختلف در زمینه مدیریت منابع آب نشان می‌دهد که اعمال مدیریت صحیح آب تا حدود زیادی می‌تواند محدودیت‌ها و مشکلات ناشی از کمبود منابع آب را تعدیل نماید.

در این شرایط برای نیل به هدف‌های پیش‌بینی شده در بخش کشاورزی باید تمامی پتانسیل موجود به کار گرفته شود و از امکانات موجود به نحو مطلوب بهره برداری گردد. این امر به ویژه در زمینه منابع آبی کشور اهمیت زیادی دارد. چرا که به دلیل شرایط آب و هوایی خشک و نیمه خشک حاکم بر کشور و در نتیجه پایین بودن بارش‌های آسمانی، بخش کشاورزی با مشکل کم آبی مواجه بوده به طوری که ایران در زمره کشورهای کم آب جهان جای گرفته است. متوسط بارندگی در کشور ۲۵۰ میلی‌متر در سال بوده که این مسئله تأمین و انتقال آب را برای کشور پرهزینه کرده است. محدودیت منابع آبی، نیاز به توسعه کشاورزی و ضروری بودن استفاده مطلوب از آب کشاورزی حقایق انکار ناپذیری هستند که باید بیشتر مورد توجه مسئولان قرار گیرند (اسدی و همکاران، ۱۳۸۶).

نواحی خشک و نیمه‌خشک استان فارس نیز مانند دیگر مناطق کشور با چالش‌های اساسی ناشی از عرضه ناکافی آب با مدیریت و برنامه ریزی نامناسب برای منابع آب روبرو هستند. فرصت‌های محدود برای جستجوی منابع جدید آب که با افزایش مداوم تقاضا برای آب ناشی از توزیع، تخصیص و استفاده ناکارا از آب توأم شده است بوضوح رشد کمبود نسبی این منبع حیاتی را نشان می‌دهد.

چنین بهره‌برداری بی‌رویه‌ای در سطح استان فارس کاملاً مشهود است. برداشت اضافی باعث کاهش سالانه مقدار آب تعداد زیادی از دشتهای استان گردیده، بطوریکه تعداد زیادی از دشتهای بعنوان دشت بهره برداریهای جدید ممنوعه اعلام گردیده است.

نظر به این که مدیریت عرضه و توسعه منابع جدید آب به دلایل محدودیت بودجه‌ای، افزایش هزینه‌های تهیه و عرضه آن و حرکت به سمت منابع غیرسستی با محدودیت روبرو است، بنابراین، تأکیدها جهت بهره‌برداری از منابع آب به سمت مدیریت تقاضای آب در حال تغییر است. درحقیقت با تشدید کمپایی‌ها در دهه‌های اخیر توجه برنامه ریزان به سمت مدیریت مناسب تقاضا و ایجاد انگیزه کافی در سطح مصرف‌کنندگان آب معطوف شده است. به منظور دستیابی به هدف فوق ابزارهای مختلفی در حوزه تخصیص منابع آب مطرح شده و مورد ارزیابی قرار گرفته اند. توجه مدیریت تقاضای آب می‌تواند بر استفاده کارا از منابع آب قابل دسترس و سیاست‌های منطقی کشت، تولید و تجارت محصولات کشاورزی معطوف گردد.

در حقیقت، کشاورزی از مهم‌ترین بخش‌های اقتصادی در مسیر توسعه کشور ایران است که در این مسیر تامین امنیت غذایی یک طرف ماجرای توسعه و طرف دیگر این ماجرای پیچیده تامین ارز از طریق صادرات محصولات کشاورزی است. تا از این طریق هم اقتصاد کشور از بیماری هلندی سلامت خود را باز یابد و هم از حالت اقتصاد تک محصولی خارج شود. بنابراین توجه به این بخش و حمایت از آن در مواجهه با رقیبان بین‌المللی در دنیای تجارت آزاد تعیین کننده است. به خصوص اینکه در سال‌های اخیر بحث پیوستن به سازمان تجارت جهانی باعث

## بهینه‌سازی الگوی بهره‌برداری از منابع آبی... ۱۷۷

افزایش بیش از پیش اهمیت مزیت نسبی شده است. درحقیقت، مزیت نسبی چشم‌انداز آینده‌ی تولید هر محصول و قدرت رقابت‌پذیری آن را پس از پیوستن به سازمان تجارت جهانی و حتی قدم نهادن به بازارهای بین‌المللی تعیین می‌کند.

در این رابطه می‌توان به نتایج مطالعاتی در داخل و خارج کشور اشاره کرد از جمله:

پایمزد و همکاران (۱۳۸۹) مطالعه‌ای را با عنوان برنامه‌ریزی غیرخطی و سیستم‌های پویا در تخصیص آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه زاینده رود اصفهان) انجام داده‌اند. در این تحقیق تلاش شده است که مدل سازی تخصیص آب برای محصولات مختلف کشاورزی در اراضی پائین دست سد چادگان در حوضه زاینده رود با رویکرد توام سیستمیک (SD) و بهینه‌سازی و در کنار آن، استفاده از مدل‌های مرسوم بهینه‌سازی (NLP) انجام گیرد. نتایج مطالعه نشان داد که طراحی SD انجام شده بخوبی توانسته است ضمن مدل‌سازی، پویایی‌های حاکم در تخصیص، بهینه‌سازی را نیز به انجام رساند. به طوری که نتایج این بخش با بهینه‌سازی برنامه‌ریزی غیرخطی حداکثر ۳ درصد اختلاف داشته‌اند. لذا دارای قابلیت یک سیستم پشتیبانی از تصمیم‌گیری است. در این مورد مثالی برای مواجهه با شرایط خشکسالی ارائه گردیده و نشان داده شده است که چگونه مدل از بین کم آبیاری و کاهش سطح، گزینه‌های مناسب را در تطبیق با آن ارائه می‌دهد. اما مراحل کار با آن طولانی‌تر و کنترل‌های بیشتری را می‌طلبد. اما این که بهینه‌سازی در این محیط، برای چه ابعادی از مسائل بهینه‌سازی قابل استفاده باشد، کار بیشتری را نیاز دارد.

دیائو و همکاران (۲۰۰۲) در منطقه‌ای از مراکش با ویژگی ناهمگنی مکانی، منافع اقتصادی قابل حصول از تخصیص آب سطحی و مکانیزم‌های تمرکززدایی جهت رسیدن به آن را مورد بررسی قرار دادند. تحلیل بر مبنای مدل تعادل عمومی بود که علاوه بر دیگر بخش‌های اقتصادی، ۸۳ فعالیت تولید کشاورزی را در برداشت. نتایج نشان داد که تمرکززدایی مبادله آب، محصول کشاورزی را ۸/۳ درصد افزایش می‌دهد، نرخ اجاره دیگر نهاده‌های کشاورزی از جمله کارگر را در سطح ملی تحت تاثیر قرار داده و دارای اثرات گسترده اقتصادی است که موجب کاهش هزینه‌های زندگی، افزایش مصرف کل و توسعه تجارت بین‌المللی می‌شود.

ایوانس و همکاران (۲۰۰۳) در منطقه‌ای از کشور اکوادور مسئله ناکارایی و نابرابری تخصیص آب را مورد مطالعه و بررسی قرار دادند. در این تحقیق با استفاده از برنامه ریزی ریاضی، پیامدهای مسئله مزمن کم آبی با انتقال آب به چهار منطقه، مورد بررسی قرار گرفت. پنج سناریوی تخصیص آب با توجه به کارایی در استفاده از زمین و آب و برابری در توزیع درآمد تحلیل و ارزیابی شد. نتایج نشان داد که در منطقه پایین دست، آب عامل اصلی محدود کننده توسعه کشاورزی است اما، در مناطق بالا دست، زمین عامل محدود کننده می‌باشد. آنها نتیجه گرفتند که در قانون توزیع آب به این مسئله توجه نشده و در نتیجه، این قانون شرایط کارایی و برابری را فراهم نمی‌کند.

تی واری و دینار (۲۰۰۳) نقش و کاربرد انگیزه‌های اقتصادی را در کشاورزی آبی مورد بحث قرار دادند. خلاصه‌ای از مهمترین نتایج آنها شامل موارد زیر است. درمواجه با افزایش کم آبی، افزایش رقابت بخش‌های مختلف برای آب و افزایش تدریجی هزینه‌های عرضه آب، بهبود کارایی مصرف آب بعنوان منبع جدید آب جهت پاسخ‌گویی به تقاضای روبه‌گسترش دیده می‌شود. توجه به بهبود کارایی مصرف آب هرچند یک امر جدیدی نیست اما، تلاش‌های گذشته بیشتر فنی و مهندسی بوده است. با این حال، تلاشها درجهت بهبود کارایی مصرف آب شامل دامنه گسترده

تری از اقدامات، در برگیرنده ابزارهای اقتصادی، نهادی، زراعی و محدودیت‌های هیدرولوژیکی و اکولوژیکی است. این امر نیازمند فهم بهتر پیوستگی های علت و معلولی میان این ابعاد مختلف و پذیرش روشهای تلفیقی و در نتیجه انتقال گفتمان در مدیریت کشاورزی آبی است. اگرچه مطالعه در اقدامات مربوط به بهبود کارایی فنی مصرف آب و انگیزه های اقتصادی معمول هستند با این حال، مطالعاتی که جنبه های مختلف کارایی مصرف آب و هم اقدامات پولی و غیر پولی را ارتباط دهند، خیلی کم است.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی وضعیت منابع آب و الگوی بهره‌برداری از آن در سطح ایران و استان فارس و تعیین الگوی کشت محصولات کشاورزی دارای حداکثرکننده منافع خصوصی و اجتماعی به تفکیک با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی و تعیین و مقایسه میزان آب مصرفی و اشتغال ایجاد شده در آنها می‌باشد.

### روش تحقیق

در این مطالعه با محاسبه منافع اجتماعی محصولات زراعی می‌توان زیان اجتماعی حاصل از کشت آنها را در منطقه تعیین نمود. از این‌رو، براساس ماتریس تحلیل سیاست می‌توان تولید محصولات زراعی که دارای مزیت نسبی هستند، تعیین کرد. اما، نمی‌توان ترکیب فعالیت‌های دارای مزیت نسبی که حداکثرکننده منافع اجتماعی است را بدست آورد. با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی می‌توان به این هدف رسید. مدل سطح منطقه ترکیبی از فعالیت‌ها را تعیین می‌کند که منافع اجتماعی حداکثر شود.

در مطالعه حاضر، الگوی ساخته شده در اصل در قالب یک مسئله برنامه‌ریزی ریاضی قرار می‌گیرد. با این حال، ویژگی که در الگو رعایت شده آن است که برای عوامل تولید و فعالیت‌ها، قیمت و یا ارزش اجتماعی آنها منظور می‌گردد. بعلاوه، ضرایب فنی بصورتی متفاوت از مدل سطح مزرعه تعیین می‌شود.

در سطح منطقه تعیین الگوی بهینه کشت از دید منافع اجتماعی مطرح است. لذا، فرض حداکثرسازی منافع اجتماعی با توجه به محدودیت‌های موجود یکی از اهدافی است که می‌توان گفت سیاست‌گذار به دنبال آن است و این موضوع را با استفاده از نهاده آب می‌توان توضیح داد.

به دلیل آنکه مقدار آب آبیاری در دسترس تصادفی می‌باشد بصورت محدودیت احتمالی و یا تصادفی با استفاده از برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی<sup>۱</sup> که بوسیله چارنر و کوپر (۱۹۵۶) پیشنهاد گردیده در مدل در نظر گرفته شده است. ماهیت تصادفی مقدار آب قابل دسترس با استفاده از برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی در بیشتر مطالعات به آن توجه شده است. بطور مثال، ماجی و هدی (۱۹۷۸) از این روش در تعیین الگوی بهینه کشت و مدیریت سیاست‌گذاری حوزه آبریزی در هند استفاده کردند.

در مطالعه حاضر، الگوی ساخته شده در اصل در قالب یک مسئله برنامه‌ریزی ریاضی و استفاده از برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی قرار می‌گیرد. با این حال، ویژگی که در الگو رعایت شده آن است که برای عوامل تولید و فعالیت‌ها، قیمت و یا ارزش اجتماعی آنها منظور می‌گردد. قیمت‌های اجتماعی اثرات انحراف سیاست‌ها و مداخلات دولت که منجر به استفاده ناکارا از منابع تولید می‌شوند را تصحیح می‌کند. در واقع، مدل با فرض هیچ‌گونه انحراف

<sup>1</sup> Chance Constrained Programming

## بهبودسازی الگوی بهره‌برداری از منابع آبی... ۱۷۹

ناشی از مداخله دولت و یا نقص بازار طراحی شده است. بعلاوه، ضرایب فنی بصورتی متفاوت از مدل سطح مزرعه تعیین می‌شود.

نظریه این که یکی از نهاده‌های اساسی در فرایند تولید محصولات زراعی، آب آبیاری می‌باشد و با توجه به عدم تعادل موجود در عرضه و تقاضای آن، مدل با فرض محدودیت آب آبیاری طراحی شده است. ساختار مدل برنامه‌ریزی در سطح منطقه به صورت زیر می‌باشد.

$$\begin{aligned} \text{Max :} & \quad \sum_{i=1}^n Y_i (SP_i - SC_i) - (VW_i * P_W) * X_i \\ \text{subject to} & \quad \sum_{i=1}^n X_i \leq A \\ & \quad X_i \leq A_i \quad i \\ & \quad \sum_{i=1}^n Y_i * VW_{ik} * X_i \leq \bar{W}_k \quad Z_w \cdot w \quad i, k \\ & \quad VW_i = \sum_{k=1}^m VW_{ik} \quad i \\ & \quad X_i \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

که  $NSB$  منافع خالص اجتماعی،  $Y_i$  عملکرد تولید محصول  $i$  ام،  $SP_i$  ارزش اجتماعی یا قیمت سایه‌ای واحد محصول  $i$  ام در منطقه،  $SC_i$  هزینه‌های اجتماعی تولید واحد محصول  $i$  در منطقه بدون هزینه آب،  $X_i$  سطح فعالیت  $i$  ام،  $A$  کل سطح زیرکشت،  $A_i$  حداکثر سطح زیرکشت محصول  $i$  ام،  $VW_{ik}$  مقدار آب مجازی که برابر با نیاز آبی محصول  $i$  (بر حسب مترمکعب بر کیلوگرم) در دوره  $k$  ام،  $\bar{W}_k$  مقدار کل آب قابل دسترس در دوره  $k$  ام در منطقه و  $P_W$  قیمت اجتماعی هر متر مکعب آب می‌باشد. همچنین، به منظور مقایسه الگوی کشت و تخصیص منابع آبی در دو حالت با و بدون مداخله دولت، مقادیر هزینه‌ها و قیمت‌های محصول در تابع هدف مدل برنامه‌ریزی ریاضی با قیمت‌های بازار نیز اجرا می‌گردد.

در روش برنامه‌ریزی محدودیت تصادفی، با این فرض که تصمیم‌گیرنده مایل به ساختن وضعیت احتمالی نسبت به فراوانی مقدار منابع موجود است، عدم حتمیت در سمت راست (منابع) مدل برنامه‌ریزی خطی مورد بررسی قرار می‌گیرد. احتمال آن که محدودیتی مقدار آن بزرگتر یا مساوی مقدار  $b_i$  از پیش تعیین شده باشد، می‌توان آن را به صورت زیر نشان داد (مک‌کارل و اسپرین، ۲۰۰۵):

$$pr \quad a_{ij} x_j \leq b_i \quad (2)$$

اگر مقدار متوسط سمت راست  $b_i$  از دو طرف رابطه فوق، کم و هر دو طرف بر انحراف معیار ضریب سمت راست ( $b_i$ ) تقسیم شوند، آن موقع محدودیت‌های بالا بصورت زیر در می‌آیند:

$$pr \quad \left[ \frac{\sum a_{ij} x_j}{b_i} \leq \frac{\bar{b}_i}{b_i} \right] \quad (3)$$

در رابطه جدید بدست آمده، ترم  $\frac{b_i - \bar{b}_i}{b_i}$  خطاهای استاندارد  $b_i$  که  $b_i$  را از مقدار میانگین آن دور می‌سازد، بدست می‌دهد.

این ترم با  $Z$  نشان داده می‌شود. زمانی که حد یک احتمال خاص ( $Z$ ) استفاده شود، مقدار مناسب  $Z$  است و در نتیجه محدودیت‌ها بصورت زیر در می‌آیند:

$$pr \frac{a_{ij} x_j - \bar{b}_i}{b_i} \leq Z \quad (4)$$

برای نشان دادن ریسک در سمت راست مدل، محدودیت‌های فوق، بصورت زیر می‌توانند نوشته شوند:

$$a_{ij} x_j - \bar{b}_i \leq Z b_i \quad (5)$$

محدودیت‌های فوق بیان می‌کنند که مصرف منبع ( $a_{ij} x_j$ ) می‌بایستی کمتر یا مساوی مقدار متوسط منبع منهای انحراف معیار ضربدر سطح بحرانی که از سطح احتمال ناشی می‌شود، باشد. لذا، در مدل برنامه ریزی ریاضی،  $\bar{w}$  مقدار متوسط آب در دسترس می‌باشد که در مطالعه حاضر در سطح ۱ هکتار محاسبه می‌شود. مقدار  $Z$  را به دو طریق می‌توان تعیین کرد. یکی با فرضی راجع به توزیع احتمال (مثلاً نرمال) و دیگر به برآوردی محافظه کارانه که از نابرابری کیبی شف<sup>۱</sup> بدست آید، بسنده کرد. این روش بیان می‌کند که احتمال آنکه تخمینی بزرگتر از  $M$  برابر انحراف معیار از میانگین دور باشد، کمتر یا مساوی  $1/M^2$  است. برای استفاده از نابرابری کیبی شف لازم است که برای آن مقدار از  $M$ ، که  $(1 - 1/M^2)$  مساوی  $1/M^2$  شود، حل کرد. لذا، با معلوم بودن احتمال مقدار  $Z$  کیبی شف با استفاده از  $(1 - 1/M^2)^{0.5}$  بدست می‌آید (مک کارل و اسپرین، ۲۰۰۵). در مطالعه حاضر روش اول مورد استفاده قرار می‌گیرد.

لازم به توضیح است که که به منظور انتخاب الگوی کشت با قیمت‌های اجتماعی و خصوصی، ابتدا با استفاده از تجزیه خوشه، مزارع همگن را شناسایی کرده و پس از انتخاب مزارع نماینده برای هر مزرعه نماینده یک الگو اجرا می‌گردد. در نهایت با استفاده از روش وزن دهی بر اساس سهم هر یک از گروه‌های همگن در سطح زیرکشت کل شهرستان نسبت به تهیه و اجرای الگو در سطح شهرستان اقدام می‌شود.

به منظور انجام این مطالعه به آمار و اطلاعاتی نیاز بود که سعی شد به صورت زیر از منابع آماری مختلف جمع آوری شود:

۱. بخشی از داده‌های مورد نیاز در این مطالعه از جمله عملکرد تولید هریک از محصولات زراعی، قیمت و هزینه تولید محصولات زراعی و میزان نهاده‌های مورد نیاز برای تولید یک هکتار از محصولات مختلف زراعی با استفاده از روش نمونه‌گیری خوشه‌ای دو مرحله‌ای و از طریق مصاحبه حضوری و تکمیل پرسشنامه با زارعین در شهرستان فسا در استان فارس جمع آوری شد.

<sup>1</sup> Chebyshev's inequality

## بهبودسازی الگوی بهره‌برداری از منابع آبی... ۱۸۱

۲. همچنین به منظور تعیین نیاز آبی گیاهان زراعی با مراجعه به ایستگاه‌های هواشناسی شهرستان فسا اطلاعات هواشناسی لازم اخذ گردید.

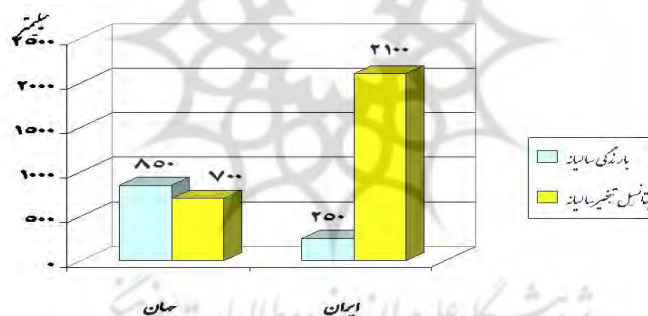
۳. همچنین اطلاعات مورد نیاز در رابطه با سطح زیرکشت هر یک از محصولات زراعی، میزان کل سطح زیرکشت آبی و دیم محصولات مختلف و میزان آب قابل دسترس (منابع زیرزمینی و سطحی) در ماه‌های مختلف سال از واحد آمار سازمان جهاد کشاورزی و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان مورد مطالعه اخذ گردید.

۴. علاوه بر آن اطلاعات لازم در رابطه با قیمت سرمرز محصولات، قیمت سرمرز نهاده‌های تولید قابل مبادله، نرخ رسمی ارز، شاخص قیمت‌های داخلی و شاخص قیمت‌های جهانی از گزارش‌های اقتصادی و سالنامه‌ها و سایت‌های بانک مرکزی، وزارت اقتصاد و دارایی و فائو اخذ گردید.

## نتایج و بحث

### وضعیت منابع آب و الگوی بهره‌برداری از آن در ایران

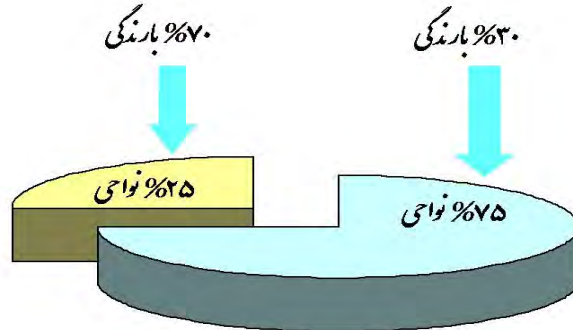
نمودار شماره (۱) پتانسیل بارندگی و تبخیر سالیانه ایران و جهان را با یکدیگر مقایسه نموده است. همانطور که نمودار نشان می‌دهد میزان بارندگی ایران کمتر از یک سوم میزان بارندگی جهان است. این در حالی است که میزان پتانسیل تبخیر ایران سه برابر میزان پتانسیل تبخیر جهان می‌باشد.



نمودار (۱) مقایسه پتانسیل بارندگی و تبخیر سالیانه ایران و جهان

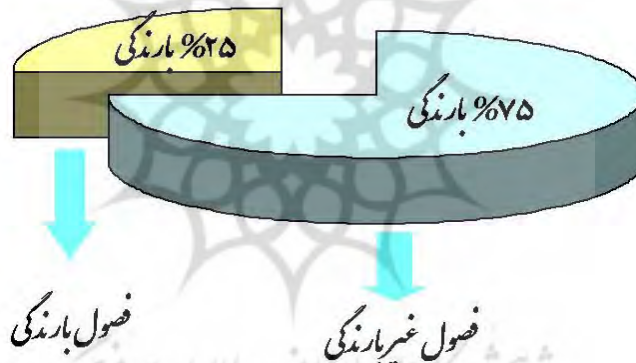
منبع: سازمان هواشناسی کشور

نمودار شماره (۲) توزیع مکانی بارندگی در ایران را نشان می‌دهد. همانطور که نمودار نشان می‌دهد حدود ۷۰ درصد بارندگی در سطحی از ۲۵ درصد کشور و ۳۰ درصد بارندگی در سطحی از ۷۵ درصد کشور اتفاق می‌افتد.



نمودار (۲) توزیع مکانی بارندگی در ایران  
منبع: سازمان هواشناسی کشور

نمودار شماره (۳) توزیع زمانی بارندگی در ایران را نشان می‌دهد. همانطور که نمودار نشان می‌دهد حدود ۷۵ درصد بارندگی در فصولی که به آبیاری نیازی نیست و ۲۵ درصد بارندگی در فصولی که به آبیاری نیاز می‌باشد در کشور اتفاق می‌افتد.

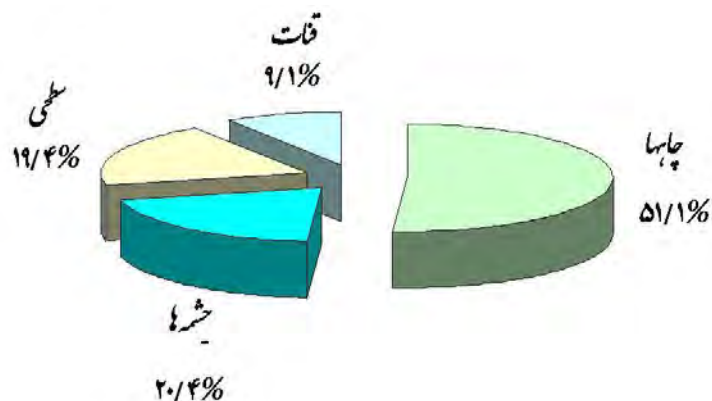


نمودار (۳) توزیع زمانی بارندگی در ایران  
منبع: سازمان هواشناسی کشور

نمودار شماره (۴) میزان استحصال آب از منابع مختلف در ایران را نشان می‌دهد. همانطور که نمودار نشان می‌دهد به ترتیب ۵۱/۱، ۲۰/۴، ۱۹/۴ و ۹/۱ درصد از آب مورد نیاز از چاه‌ها، چشمه‌ها، آب‌های سطحی و قنات تأمین می‌شود.

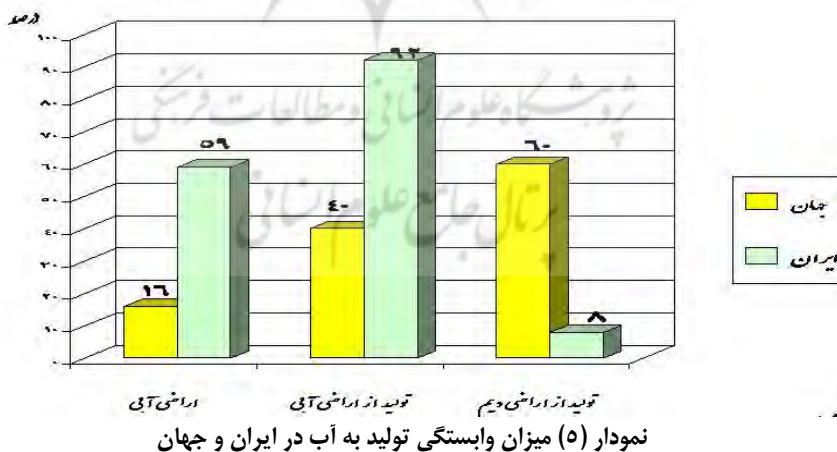


بهینه‌سازی الگوی بهره‌برداری از منابع آبی... ۱۸۳



نمودار (۴) میزان استحصال آب از منابع مختلف در ایران

نمودار شماره (۵) میزان وابستگی تولید به آب در ایران و جهان را با یکدیگر مقایسه می‌کند. همانطور که نمودار نشان می‌دهد حدود ۵۹ درصد اراضی کشور آبی هستند درحالی که حدود ۱۶ درصد از اراضی جهان آبی هستند. همچنین، در ایران حدود ۹۲ درصد محصولات زراعی و باغی از اراضی آبی و حدود ۸ درصد این محصولات از اراضی دیم تولید می‌شوند. این در حالی است که در جهان حدود ۴۰ درصد محصولات زراعی و باغی از اراضی آبی و حدود ۶۰ درصد این محصولات از اراضی دیم تولید می‌شوند. در نتیجه عمده محصولات غذایی در ایران از اراضی آبی تولید می‌شوند در حالی که این محصولات در سطح جهان از اراضی دیم تولید می‌شوند. نمودارهای ارائه شده در حقیقت، از یک طرف شرایط نامناسب میزان بارندگی و توزیع نامناسب مکانی و زمانی آن در ایران در مقایسه با متوسط جهان را نشان می‌دهد و علیرغم آن، وابستگی بیشتر تولیدات کشاورزی در ایران به اراضی آبی را نشان می‌دهد.



نمودار (۵) میزان وابستگی تولید به آب در ایران و جهان

آب مصرفی در بخش های شرب، صنعت و کشاورزی استان از منابع آب های سطحی و زیرزمینی تامین می شود. در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد آب مصرفی به بخش کشاورزی استان اختصاص می یابد. همچنین ۸۳ درصد از آب مصرفی بخش کشاورزی استان از منابع آب زیرزمینی و ۱۷ درصد از آب های سطحی تامین می گردد. این در حالی است که در کل کشور ۵۵ درصد آب کشاورزی از منابع آب زیرزمینی و ۴۵ درصد از آب های سطحی فراهم می شود. این موضوع نمایانگر وابستگی شدید تولیدات کشاورزی استان فارس به منابع آب زیرزمینی است. طبق آمار موجود سالانه معادل ۱۳ میلیارد مترمکعب آب از قنوات، چشمه ها، زهکش ها و چاه های دارای مجوز از منابع زیرزمینی استان استحصال می شود (تعداد چاه های غیرمجاز نیز بسیار قابل توجه بوده و در این محاسبه منظور نگردیده است). بر اساس مطالعات انجام شده در ۱۰ سال گذشته سالانه بیش از ۱ متر افت سطح آب های زیرزمینی در استان فارس گزارش شده است. در حدود ۹۸ درصد دشت های استان، میزان تخلیه سالانه بیشتر از میزان تغذیه سالانه آنهاست. ادامه این وضعیت باعث خشک یا شور شدن آب چاه ها و خشکیدن چشمه ها و قنوات در مناطقی از استان گردیده است. هر چند خشکی های ۳-۴ سال اخیر در بروز این وضع مؤثر بوده اند ولی برداشت های آب در دو دهه گذشته علت اصلی این معضل است. بنابراین منابع زیرزمینی استان در معرض تهدید جدی و افت بیلان و کاهش حجم می باشد.

#### نتایج مربوط به شاخص های مزیت نسبی محصولات کشاورزی در شهرستان فسا

جدول شماره (۱) نتایج محاسبه شاخص های مزیت نسبی محصولات کشاورزی در شهرستان فسا را نشان می دهد. در این رابطه محصولات گندم، ذرت دانه ای، گوجه فرنگی، پیاز، هندوانه، خربزه، خیار سبز و سبزیجات به دلیل مثبت بودن شاخص سود خالص اجتماعی (NSP) و کوچکتر از یک بودن شاخص های نسبت هزینه منابع داخلی (DRC) و نسبت منفعت به هزینه اجتماعی (SCB)، دارای مزیت نسبی ولی محصولات جو و پنبه (وش) به دلیل منفی بودن شاخص سود خالص اجتماعی و بزرگتر از یک بودن شاخص های نسبت هزینه منابع داخلی و نسبت منفعت به هزینه اجتماعی، فاقد مزیت نسبی هستند. همچنین محصول جو در سطح شهرستان فسا فاقد مزیت نسبی است. علت این امر به دو موضوع کوچک بودن اراضی زیرکشت جو در شهرستان فسا و عملکرد پایین آن در این منطقه می باشد. عملکرد پایین این محصول در منطقه (به طور متوسط کمتر از ۳ تن در هکتار) باعث می شود که حتی قیمت های بازار جهانی پاسخ گوی هزینه های تحمیلی این محصول به اجتماع نمی باشد.

بهینه‌سازی الگوی بهره‌برداری از منابع آبی... ۱۸۵

جدول (۱) نتایج مربوط به شاخص های مزیت نسبی محصولات کشاورزی در شهرستان فسا			
محصول	NSP*	DRC	SCB
گندم	۳۱۴۵۵۲/۸۸	۰/۸۲۲	۰/۹۲۵
جو	-۱۲۹۳۰۸۶/۰۰۷	-۳/۶۴۵	۲/۱۶۸
ذرت	۴۵۸۷۳۰۸۶/۳۶	۰/۳۵۸	۰/۳۶۹
گوجه فرنگی	۲۲۳۷۳۰۸۴/۶	۰/۰۲۵	۰/۰۲۹
پیاز	۱۱۲۳۳۳۶۲/۳۵	۰/۲۹۲	۰/۲۹۶
هندوانه	۱۱۲۶۹۸۰۴/۰۴	۰/۳۰۵	۰/۳۵۴
خرزبه	۲۸۵۹۴۰۸۱	۰/۱۶۶	۰/۱۸۱
خیار سبز	۲۲۲۶۵۰۵۲/۷۳	۰/۱۸۶	۰/۲۰۳
سبزیجات	۳۹۸۷۱۲۰۹/۹	۰/۱۲۲	۰/۱۴۳
پنبه (وش)	-۷۳۵۵۱۹۰/۵۶۵	۱/۴۱۲	۱/۳۵۴

مأخذ: محاسبات تحقیق \* ارقام به تومان می باشد.

### نتایج مربوط به الگوی کشت در شهرستان فسا

نتایج مربوط به الگوهای کشت بهینه به تفکیک با اهداف حداکثر نمودن منافع خصوصی (بازده برنامه‌ای) و منافع اجتماعی در شهرستان فسا در جدول شماره (۲) منعکس شده است. نتایج حاصل از تعیین الگوی کشت بهینه با هدف حداکثر نمودن منافع اجتماعی نشان می دهد که سطح زیرکشت به میزان ۵۳۷/۳۷ هکتار نسبت به تعیین الگوی کشت بهینه با هدف حداکثر نمودن منافع خصوصی یا بازاری (بازده برنامه‌ای) کاهش یافته است. در این الگو (با هدف حداکثر نمودن منافع اجتماعی)، محصولات پیاز و هندوانه از برنامه حذف شده و محصولات سبزیجات (۲۱۲۵ هکتار) وارد الگوی کشت گردیده است. همچنین، سطح زیرکشت محصولات گوجه‌فرنگی و گندم نیز به میزان ۴۹۷ و ۸۴۰ هکتار افزایش یافته است و سطح زیرکشت ذرت بدون تغییر باقی مانده است. علاوه بر آن، نتایج نشان می‌دهد که میزان منافع اجتماعی و بازده برنامه‌ای حاصل از الگوها با اهداف حداکثر نمودن منافع اجتماعی و منافع خصوصی (بازده برنامه‌ای) در شهرستان فسا به ترتیب برابر با ۷۸۲۵۱۷۰۰۴۰۱۴ و ۱۹۱۴۹۵۹۷۱۱۶۶/۲۷ تومان می‌باشد.

جدول (۲) نتایج مربوط به الگوهای کشت بهینه به تفکیک با اهداف حداکثر نمودن بازده برنامه‌ای و منافع اجتماعی در شهرستان فسا

سطح زیرکشت (هکتار)			
تغییرات (تفاوت الگوی حداکثر منافع اجتماعی با بازده برنامه‌ای)	هدف حداکثر سود اجتماعی	هدف حداکثر بازده برنامه‌ای	محصول
۴۹۷/۴	۱۹۸۵۲/۲۷	۱۹۳۵۴/۸۷	گندم
.	.	.	جو
۰/۰۰۳	۵۳۲۱/۱۰۳	۵۳۲۱/۱	ذرت
۸۴۰/۵۰۴	۲۰۰۰	۱۱۵۹/۴۹۶	گوجه فرنگی
-۲۰۰۰	.	۲۰۰۰	پیاز
-۲۰۰۰	.	۲۰۰۰	هندوانه
.	.	.	خریزه
.	.	.	خیار سبز
۲۱۳۴/۷۳۴	۲۱۳۴/۷۳۴	.	سبزیجات
.	.	.	پنبه (وش)
-۵۳۷/۳۶۹	۲۹۲۹/۰۹۷	۲۹۸۳۵/۴۶۶	مجموع سطح زیر کشت (هکتار)
-۳۰۸۶۳۹۷۱۱۶۶/۲۸	۱۶۰۶۳۳۰۰۰۰۰۰	۱۹۱۴۹۵۹۷۱۱۶۶/۲۸	کل بازده برنامه‌ای (تومان)
۳۴۹۲۳۵۰۰۴۰۱۴	۶۲۱۸۸۵۰۰۴۰۱۴	۳۷۲۶۵۰۰۰۰۰۰	کل سود اجتماعی (تومان)

مأخذ: محاسبات تحقیق

همانطور که نتایج مقایسه دو الگوی بهینه با اهداف حداکثر کردن منافع اجتماعی و حداکثر کردن بازده برنامه‌ای در جدول (۲) نشان می‌دهد، اگرچه منافع اجتماعی در الگوی حداکثر کردن منافع اجتماعی بیش از منافع اجتماعی الگوی حداکثر کردن بازده برنامه‌ای است اما میزان بازده برنامه‌ای در الگوی حداکثر کردن بازده برنامه‌ای بیش از بازده برنامه‌ای در الگوی حداکثر کردن منافع اجتماعی است.

به طور کلی می‌توان گفت که در الگوی حداکثر کردن منافع اجتماعی، منافع اجتماعی محصولات اضافه شده به اندازه کافی هزینه‌های اجتماعی وارد شدن آنها در الگوی کشت را جبران می‌کنند به طوری که این موضوع منجر به بزرگتر بودن منافع اجتماعی الگوی حداکثر کردن منافع اجتماعی نسبت به الگوی حداکثر کردن بازده برنامه‌ای شده است. نکته حائز اهمیت از مقایسه الگوی کشت در دو الگوی بهینه با اهداف متفاوت حداکثر کردن منافع اجتماعی و حداکثر کردن بازده برنامه‌ای در جدول (۲) این است که محصولاتی نظیر سبزیجات، گندم و گوجه‌فرنگی با منافع اجتماعی بالاتر جایگزین محصولاتی مانند پیاز و هندوانه در الگوی حداکثر کردن منافع اجتماعی شده‌اند. در این رابطه لازم به توضیح است که با توجه به مداخلات دولت در بازار نهاده‌ها و محصولات کشاورزی و در نتیجه تأثیرگذاری بر قیمت نهاده‌ها و محصولات و منحرف شدن از قیمت‌های حقیقی شان (قیمت‌های اجتماعی)،

## بهبودسازی الگوی بهره‌برداری از منابع آبی... ۱۸۷

شاخص بازده برنامه‌ای نمی‌تواند در سطح حوضه یا دشت یا منطقه به‌عنوان یک شاخص مناسب برای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری مد نظر قرار گیرد. درحالی که به دلیل در نظر گرفتن قیمت‌های سایه‌ای برای نهاده‌ها و محصولات کشاورزی در محاسبه منافع اجتماعی، مبنای تصمیم‌گیری در سطح دشت بر اساس این شاخص منطقی‌تر به نظر می‌رسد.

### نتایج مربوط به میزان آب مصرفی در الگوهای کشت

نتایج مربوط به میزان اشتغال ایجاد شده و آب مصرفی در الگوهای کشت با اهداف متفاوت حداکثر کردن منافع اجتماعی و حداکثر کردن بازده برنامه‌ای به تفکیک در شهرستان فسا در جدول شماره (۳) نشان داده شده است.

هدف حداکثر سود اجتماعی		هدف حداکثر بازده برنامه‌ای		محصول
مقدار آب مصرفی (متر مکعب)	اشتغال (نفر-روز)	مقدار آب مصرفی (متر مکعب)	اشتغال (نفر-روز)	
۲۰۵۳۲۹۱۹۲/۵۷	۳۵۷۳۴۰/۸۶	۲۰۰۱۸۴۶۵۵/۴۳	۳۴۸۳۸۷/۶۶	گندم
-	-	-	-	جو
۶۷۰۴۵۸۹۷/۸۰	۱۰۶۴۲/۲۱	۶۷۰۴۵۸۶۰	۱۰۶۴۲/۲۰	ذرت
۳۵۱۴۲۸۵۷/۱۴	۲۴۰۰۰۰	۲۰۳۷۴۰۰۱/۱۴	۱۳۹۱۳۹/۵۲	گوجه فرنگی
-	-	۲۴۸۵۷۱۴۲/۸۶	۷۶۰۰۰	پیاز
-	-	۳۳۶۵۷۱۴۲/۸۶	۱۶۸۰۰۰	هندوانه
-	-	-	-	خریزه
-	-	-	-	خیار سبز
۲۹۸۶۷۵۴۸/۸۰	۱۰۶۲۳۶/۲۰	-	-	سبزیجات
-	-	-	-	پنبه (وش)
۳۳۷۳۸۵۴۹۶/۳۱	۷۱۴۲۱۹/۲۷	۳۴۶۱۱۸۸۰۲/۲۹	۷۴۲۱۶۹/۳۸	مجموع

مأخذ: محاسبات تحقیق

همان‌گونه که نتایج این جدول نشان می‌دهد میزان آب مصرفی در الگوی کشت با هدف حداکثر کردن منافع اجتماعی بر اساس مزیت نسبی تولید محصولات زراعی برابر با  $۳۳۷,۳۸۵,۴۹۶/۳۱$  مترمکعب می‌باشد که به میزان  $۸,۷۳۳,۳۰۵/۹۸$  متر مکعب از الگوی حداکثر کردن بازده برنامه‌ای کمتر می‌باشد. با توجه به اهمیت ارزش آب به‌عنوان کمیاب‌ترین منبع تولید به‌ویژه در شهرستان فسا که با مشکل کمبود آب مواجه است لحاظ کردن هزینه اجتماعی آب در مدل حداکثر کردن سود اجتماعی ضروری است و در نتیجه جواب به‌دست آمده در این مدل قابل دفاع است.

### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

همان‌طور که نتایج این مطالعه نشان می‌دهد هرچند شهرستان فسا در تولید محصولات زراعی مانند گندم، ذرت دانه‌ای، گوجه فرنگی، پیاز، هندوانه، خربزه، خیار سبز و سبزیجات دارای مزیت نسبی است اما به منظور حداکثر سازی منافع اجتماعی حاصل از بهره‌برداری از منابع آب موجود (با توجه به ضرورت منظور کردن ارزش واقعی آب

در مدل به دلیل کمبود منابع آبی)، در گروه محصولات دارای مزیت نسبی، تولید محصولاتی که نیاز آبی کمتری دارند جایز است.

همچنین با توجه به الگوی کشت بهینه بدست آمده، محصولات دیگر مورد نیاز شهرستان فسا که در الگوی کشت بهینه وارد نشده‌اند را بایستی از مناطق دیگر استان، از استانهای دیگر کشور و یا از طریق واردات تأمین گردد. مقایسه دو الگوی کشت علاوه بر جنبه میزان آب مصرفی، از جنبه اجتماعی نیز این مقایسه حائز اهمیت است. همان‌طور که نتایج نشان داد میزان اشتغال ایجاد شده در الگوی حداکثر کردن منافع اجتماعی برابر با ۲۷/۲۱۴۲۱۹ روز-نفر است که به میزان ۱۱/۲۷۹۵۰ روز-نفر کمتر از اشتغال ایجاد شده در الگوی حداکثر کردن بازده برنامه‌ای است.

بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از تحقیق، پیشنهادهای ذیل ارائه می‌شود:

۱. پیشنهاد می‌شود محصولاتی مانند جو که علی‌رغم نیاز کمتر آب با محصولات رقیب در منطقه، فاقد مزیت نسبی تولید هستند با استفاده از تکنولوژی‌های جایگزین زمین همچون اصلاح بذر جو مناسب برای تولید این محصول در منطقه فسا و همچنین استفاده از دانش روز در امر مدیریت مزرعه، امکان افزایش عملکرد این محصول را فراهم کرده تا از یک‌طرف مزیت نسبی در تولید این محصول فراهم شود و از طرف دیگر از مزیت بازده صعودی نسبت به مقیاس (صرفه‌های اقتصادی) بهره‌جسته تا منافع بلند مدت اجتماعی به‌طور مناسب-تری در منطقه تأمین شود.

۲. پیشنهاد می‌شود که سیاست‌گذاران با تغییر سیاست‌های فعلی در راستای کاهش مالیات‌های غیرمستقیم دریافتی از محصولات تولیدی کشاورزی منطقه و همچنین هدف‌مند کردن پرداخت یارانه‌های نهاده‌های مورد استفاده در تولید محصولات دارای مزیت نسبی و همچنین کاهش استفاده از منابع آبی کوشش نمایند.

۳. در این شرایط قیمت‌گذاری آب بایستی بر اساس کمیابی و ارزش حقیقی آب صورت پذیرد و حتی قیمت‌گذاری محصولات کشاورزی در کشور باید به گونه‌ای تعیین شود که منعکس کننده مزیت نسبی آنها باشد تا کشور از تجارت محصولات کشاورزی منتفع شده و تخصیص منابع کمیاب آب به‌صورت بهینه شکل گیرد.

۴. به‌نظر می‌رسد که یکی از راه‌کارهای حفظ، نگهداری و پایداری از منابع آبی در کشور بایستی تدوین الگوی کشت منطقه‌ای بر اساس حداکثر نمودن منافع اجتماعی در مناطق مختلف باشد. در این رابطه لازم است که در ابتدا مزیت‌های نسبی در تولید و مزیت‌های صادراتی در مناطق مختلف مورد مطالعه قرار گیرد و در ادامه حمایت‌های دولت از این الگو اجرایی گردد.

## منابع

- اسدی، ه.، سلطانی، غ. و ترکمانی، ج. ۱۳۸۶. قیمت‌گذاری آب کشاورزی در ایران: مطالعه موردی اراضی زیر سد طالقان، اقتصاد کشاورزی و توسعه، سال پانزدهم، شماره ۵۸ (ویژه‌سیاست‌های کشاورزی).
- پایمزد، ش.، مرید، س. و مقدسی، م. ۱۳۸۹. برنامه ریزی غیرخطی و سیستم‌های پویا در تخصیص آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه زاینده رود اصفهان)، مجله آبیاری و زهکشی ایران، ۱(۴): ۵۲-۴۴.
- سازمان آب منطقه ای فارس، اداره آمار و اطلاعات. سال ۱۳۸۷.

## بهبودسازی الگوی بهره‌برداری از منابع آبی... ۱۸۹

سازمان جهاد کشاورزی فارس، مدیریت طرح و برنامه، اداره آمار. سال ۱۳۸۷.

سازمان جهاد کشاورزی فارس، مدیریت آب و خاک. سال ۱۳۸۷.

مدیریت آبخیزداری فارس، واحد آمار و اطلاعات. سال ۱۳۸۷.

Charnes, A. and Cooper, W. W. 1959. Chance constrained programming. *Management Science*. 6, 73-79.

Diao, X., Roe, T. and Doukkali, R. 2002. Economy-wide benefits from establishing water user-right markets in a spatially heterogeneous agricultural economy. *Economic Development Center, Department of Economics, Minneapolis, Department of Applied Economics, St. Paul, University of Minnesota. Bulletin No. 02-1.*

Evans, E. M., Lee, D. R., Boisvert, R. N., Arc, B., Steenhuis, T. S., Prano, M., and Poats, S. V. 2003. Achieving efficiency and equity in irrigation management: an optimization model of the EL Angel watershed, Carchi,

Maji, C. O. and Heady, E. O. 1978. Intertemporal allocation of irrigation water in the Mayurakshi project (India): an application of chance-constrained linear programming. *Water Resource Research*, 14(2): 190-196.

McCarl, B. A. and Spreen, T. H. 2005. *Applied Mathematical Programming Using Algebraic Systems*. University of California. mccarl@tamu.edu.

Tiwari, D. and Dinar, A. 2003. Role and use economic incentives in irrigated agriculture. <http://www.worldbank.org/>.

