

## تأثیر کم آبیاری بر گزینش الگوی کشت بهینه‌ی فرآورده‌های کشاورزی در شرایط بحران آب:

### مورد استان فارس

فردین بوستانی<sup>۱</sup>، حمید محمدی<sup>۲\*</sup>، بهروز میر<sup>۳</sup>  
تاریخ دریافت: ۹۰/ / تاریخ پذیرش: ۹۰/ /

### چکیده

در این مطالعه به بررسی رابطه‌ی استفاده از روش کم آبیاری با انتخاب الگوی بهینه‌ی فرآورده‌های کشاورزی پرداخته شده است. این روش بطور گسترده‌ای، بویژه در نواحی مواجه با کم آبی، مورد استفاده قرار گرفته است. واقع شدن شهرستان فسا در اقلیم صحرایی گرم، رخدادن تنش‌های آبی بیشتر در آن نسبت به سایر مناطق اقلیمی استان فارس، دلیل انتخاب منطقه‌ی مزبور برای مطالعه‌ی حاضر بوده است. به منظور پیشینه‌ی کردن درآمد خالص مزرعه‌ی نماینده‌ی منطقه‌ی مورد مطالعه، از یک الگوی برنامه‌ریزی غیر خطی مشروط بر توابع واکنش عملکرد فرآورده‌ها نسبت به آب در فضای سایر محدودیت‌ها، استفاده گردید. نتایج نشان دادند که با اعمال آبیاری کامل به جای کم آبیاری در الگوی جاری، و کاهش سطح زیر کشت تا سطح استفاده از موجودی آب، امکان افزایش درآمد مزرعه‌ی نماینده وجود دارد. علاوه بر آن، بسته به شدت بحران و اندازه‌ی کمبود آب، نحوه‌ی تصمیم‌گیری برای تعیین راهبرد آبیاری و الگوی کشت در شرایط خشکسالی متفاوت است، به شکلی که اگر کاهش سطح تأمین آب به بیش از نصف موجود برسد، اتخاذ راهبرد کم آبیاری بهترین گزینه برای استفاده‌ی بهینه از زمین و کمینه‌ی آب موجود خواهد بود. در این خصوص، با پذیرش کاهش عملکرد برای بعضی از فرآورده‌ها، و تغییر الگوی کشت آنها منطبق با درآمد نهایی حاصله از هر واحد مصرف آب، می‌توان به کمترین کاهش در بازدهی برنامه‌ای مزرعه دست یافت.

**واژه‌های کلیدی:** کم آبیاری، برنامه‌ریزی غیر خطی، الگوی کشت، بهینه‌سازی، خشکسالی.

۱- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه آزاد اسلامی واحد مرودشت.

۲- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل.

۳- کارشناس ارشد پژوهشی دانشگاه زابل.

\*- نویسنده‌ی مسوول: hamidmohammadi1378@gmail.com

## مقدمه

در خلال دهه های گذشته، مسأله ی تخصیص بهینه ی آب از جمله تنگنای مدیران منابع آب بوده است. با این وجود، پیشرفتهای امروزی به بشر توانایی داده است تا از این منبع حیاتی به گونه ی مطلوب تر استفاده کند. بنابراین، تصمیم گیری در زمینه ی اندازه ی مصرف آب سالانه می تواند به روش سنتی و براساس آزمونهای پیشین کشاورز، و یا به روشهای نوین و بر پایه ی اطلاعات علمی صورت پذیرد. مزیت روشهای نوین بر روشهای سنتی، اختصاص بهینه ی منابع برای تولید بیشینه ی فرآورده با بیشترین بازدهی برنامه ای قابل دسترس می باشد.

کم آبیاری<sup>۱</sup> یک راهبرد بهینه سازی است. در این راهبرد، به صورت هدفمند به گیاهان اجازه می دهند تا درجاتی از کم آبی و کاهش عملکرد را متحمل گردند. هدف اصلی و اساسی در کم آبیاری، افزایش بازدهی مصرف آب (WUE)<sup>۲</sup> می باشد. این افزایش می تواند از طریق کاهش حجم آب مورد نیاز در هر آبیاری، یا از طریق حذف آبیاریهای فاقد بهره وری، یا دارای پائینترین سطح بهره وری، صورت پذیرد. هر گاه عرضه ی آب محدود، یا هزینه ی تامین آب بالا باشد، در نتیجه، سطح بهینه ی اقتصادی آبیاری به مراتب کمتر از اندازه ی آب مورد نیاز برای دستیابی به بیشترین عملکرد (آبیاری کامل) است. علاوه بر این، در مواردی که محدودیتهایی در زمینه ی عوامل تولید از قبیل سرمایه، کارمیه، نیروی کار و دیگر منابع ضروری تولید وجود دارد، یا در مواردی که هزینه های مربوط به این منبع بیش از اندازه بالاست، کم آبیاری می تواند به عنوان یک راهبرد افزایش سود آوری مطرح گردد. همچنین، این روش می تواند به منظور نیل به بیشترین تولید یا توسعه ی پایدار منطقه ای فرآورده های کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد (اینگلیش و راجا، ۱۹۹۶).

روش کم آبیاری بطور گسترده ای، بویژه در نواحی مواجه با کم آبی، مورد استفاده قرار گرفته است. برای نمونه، می توان به هند اشاره نمود. در این کشور، مساحت زمینهای دچار کم آبی در حدود یک میلیون کیلومتر مربع

می باشد. در این اراضی، اغلب برنامه های آبیاری برای آبیاری به صورت کامل طراحی شده اند. با وقوع خشکسالی، آبیاری در این مناطق به صورت آبیاری محافظتی انجام می شود. هدف آبیاری محافظتی آن است که عرضه ی آب به منظور حفاظت از گیاهان در برابر نابودی کامل، نه برای تأمین نیاز آبی گیاه زراعی، صورت پذیرد. هدف غایی در این نوع آبیاری گسترش سودهای حاصل از آبیاری به شمار بیشتری از کشاورزان بوده است (اینگلیش و راجا، ۱۹۹۶).

اهمیت استفاده از این روش باعث شده است که در دهه ی گذشته تحقیقات مختلفی در مورد فرآورده های گوناگون کشاورزی در ارتباط با آن صورت پذیرد. ژانگ و پی (۱۹۹۹)، در تحقیقی هشت ساله در دشتهای شمال چین، همزمان با یک دوره ی خشکسالی، ارقام بومی گندم زمستانه را از نظر شمار و اندازه ی آبیاری تحت مدیریت قرار دادند. نتایج نشان دادند که نه تنها بالاترین عملکرد با دفعات زیاد آبیاری محقق نمی شود، بلکه با افزایش آب آبیاری به بالاتر از ۴۵۰ میلیمتر، عملکرد با کاهش مواجه خواهد شد. سالمی و افیونی (۲۰۰۵) واکنش ارقام جدید و تجارتي گندم و یک خط امید بخش به تیمارهای مختلف کم آبیاری را شامل ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد تبخیر-تعرق گندم در اصفهان مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان دادند که در تیمار ۶۰ درصد تبخیر-تعرق، رقم ۱۸ - ۷۳ - M دارای بالاترین بازدهی مصرف آب بوده، و بعد از این رقم، ارقام پیشتاز و تلاقی برگشتی روشن بیشترین بازده را دارا بوده اند. از این رو، ارقام مذکور تحت مدیریت ۴۰ درصد کسر آبیاری در مناطق خشک و نیمه خشک، بر سایر ارقام برتری دارند.

نتایج مطالعه ی توکلی (۲۰۰۳) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم آبی رقم الموت در ایستگاه تحقیقات کشاورزی دیم مراغه نشان دادند که با اعمال ۶۶ درصد آبیاری کامل بیشترین کارایی مصرف آب در این رقم به دست می آید. جلیلیان و همکاران (۲۰۰۱) نیز جهت تعیین مصرف بهینه ی آب در چغندر قند تحقیقی را در چهار سطح ۱۰۰، ۸۰، ۶۰ و ۵۰ درصد نیاز آبی کامل گیاه در ایستگاه تحقیقات کشاورزی ماهیدشت کرمانشاه اجرا کردند. تجزیه و تحلیل اقتصادی نتایج نشان داد که مصرف

<sup>1</sup> deficit irrigation

<sup>2</sup> water use efficiency

الگوی کشت، بوده است. از آن جا که آب درکشورهای خشک یا نیمه خشکی چون ایران از مهمترین عوامل محدودکننده‌ی توسعه‌ی کشاورزی به شمار می‌آید، مدیریت مناسب آن بر سایر نهاده‌های یک مزرعه از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. با داشتن این فرض که می‌توان با اعمال کم آبیاری به سمت یک راهبرد بهینه‌ی استفاده از منابع آب پیش رفت، اهمیت انجام این مطالعه روشن خواهد شد. به این ترتیب، هدف از مطالعه‌ی حاضر تعیین راهبرد آبیاری مناسب در شرایط کم آبی برای تولید فرآورده‌های کشاورزی در فضای یک الگوی بهینه‌ی زراعی بوده است.

از آن جا که فارس، یکی از استانهای مهم کشور در تولید محصولات کشاورزی به شمار می‌رود، مطالعه‌ی حاضر در استان مزبور صورت گرفت. استان فارس با حدود ۹ میلیون تن محصولات زراعی و باغی، مقام اول تولید کشور را در این زمینه دارا بوده، و نیاز غذایی بیش از ۱۲ درصد جمعیت کشور را تامین می‌کند (بی نام، ۲۰۰۵). به این دلیل، در سطح این استان بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی روند صعودی داشته، و برخی مناطق آن شرایطی بحرانی را پیدا کرده اند. آنچه مسلم است، با افزایش تمایل زارعین به توسعه‌ی کشت محصولات زراعی، تقاضا برای حفر چاههای جدید، و کشیدن بیشتر آب از چاههای موجود، افزایش می‌یابد. دلیل این زیاده روی، اولویت اتکای اقتصاد و معیشت در استان فارس به بخش کشاورزی است، به گونه‌ای که بیش از ۹۵ درصد از آب در استان فارس در بخش مزبور مصرف می‌شود (بی نام، ۲۰۰۸). آمارهای موجود نشان می‌دهند که حجم بهره‌برداری از آبهای زیرزمینی بیش از ظرفیت تجدید آنها می‌باشد. این برداشت اضافی باعث کاهش ذخیره‌ی آب شمار زیادی از دشتهای استان گردیده است. لذا، هر گونه مطالعه‌ی که بتواند موجب کاهش مصرف آب و رهایی از بحران شود، ضرورت دارد.

## مواد و روشها

### مطالعه‌ی آماری و بررسیهای ایستگاهی

فارس با وسعت ۱۲۶۴۸۹ کیلومترمربع یکی از استانهای پهناور و مهم ایران محسوب می‌شود. از نظر آب وهوایی،

۸۰ درصد نیاز آبی بیشترین سود خالص را دارد. عرب زاده و توکلی (۲۰۰۵) آزمایشی را در مورد برنج رقم طارم در مازندران (آمل) به اجرا درآوردند. نتایج این آزمایش نشان دادند که بازدهی مصرف آب و بهره‌وری از آب آبیاری به اضافه‌ی بارش، در تیماری که در تمام مراحل رشد خاک در وضعیت اشباع است، نسبت به تیمار غرقاب داریم در سرتاسر دوره‌ی رشد (تیمار شاهد)، بیشتر است. در تیمار اول، با ۴۲ درصد کاهش آب مصرفی نسبت به شاهد، تنها ۱۰ درصد کاهش عملکرد در واحد سطح ایجاد شد؛ در نتیجه، در کشت نشایی، نیازی به وجود ارتفاع آب در سطح شالیزارها نبوده، و اشباع داریم خاک کفایت می‌کند. انصاری و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که بطور متوسط، به ازای یک درصد کاهش حجم آب نسبت به سطح آبیاری کامل، ۱/۴ درصد کاهش در عملکرد ذرت زودرس نسبت به این سطح در ورامین رخ می‌دهد. نتایج مطالعه‌ی اسماعیلی و گلچین (۲۰۰۵) در استان زنجان در مورد آفتابگردان نشان دادند که با اعمال کم آبیاری، سود خالص تنها ۳۳ درصد نسبت به آبیاری کامل کاهش یافت، در صورتی که با استفاده از آب صرفه جویی شده و افزایش سطح زیر کشت، سود خالص نهایی حدود ۷۵ درصد بیشتر از تیمار آبیاری کامل حاصل گردید. توکلی (۲۰۰۶) گزارش داد که تیمار بهینه‌ی کم آبیاری در مورد گندم در مراغه، زمانی می‌تواند توصیه شود که هزینه‌ی آب و آبیاری کمتر از ۲۶۹۰ ریال برای هر مترمکعب آب مصرفی باشد. صبوحی و همکاران (۲۰۰۶) نیز با هدف بیشینه سازی منافع اجتماعی، و با در نظر گرفتن ۴۵ تنش متفاوت در مراحل مختلف رشد محصولات زراعی، به انجام مطالعه‌ی در خراسان پرداختند. نتایج نشان دادند که تخصیص بهینه‌ی آب آبیاری در سطح مزرعه زمانی اتفاق می‌افتد که بازدهی نهایی آب در مراحل مختلف رشد گیاهان کشت شده در مزرعه برابر باشد. با کاهش خطر کردن در مقدار آب آبیاری در دسترس، و افزایش کارایی در مصرف آب آبیاری در سطح مزرعه، سود خالص اجتماعی افزایش می‌یابد.

بیشتر مطالعات صورت گرفته در باره‌ی کم آبیاری به منظور ارتقاء کارایی مصرف آب به انجام آزمایشهای تک محصولی، و فارغ از در نظر گرفتن محدودیت آب حاکم بر

بالقوه در S امین مرحله ی رشد گیاه و  $Ky_s$  ضریب حساسیت محصولات نسبت به آب در S امین مرحله ی رشد گیاه است. دوره ی رشد به چهار مرحله ی رشد اولیه<sup>۳</sup>، نمو گیاه<sup>۴</sup>، مرحله ی میانی فصل رشد<sup>۵</sup> و مرحله ی پایانی فصل رشد<sup>۶</sup> تقسیم بندی می شود. رابطه ی عملکرد و مصرف آب به صورت یکنواخت در تمام مراحل رشد گیاه از رابطه ی زیر به دست می آید (دورنباس و کاسام، ۱۹۷۹):

$$\left(\frac{Ya}{Yp}\right) = \left(1 - Ky \left(1 - \frac{ETa}{ETp}\right)\right) \quad (2)$$

به این ترتیب در شبیه مطالعه ی جاری به منظور اعمال کم آبیاری و تعیین راهبرد کم آبیاری برای گیاه از رابطه ی ۲ در فضای سایر محدودیتها و هدفهای شبیه استفاده شده است. شکل کلی تابع هدف مورد استفاده به صورت زیر است:

$$Max: Z = \left[ \sum_{i=1}^n X_i \left( Y_i P_i \right) - \left( \sum_{j=1}^m C_{ij} R_j \right) \right] \quad (3)$$

که در آن، X سطح زیر کشت، Y عملکرد، P قیمت، C و R مقدار مصرف و هزینه ی نهاده ی j برای محصول i است. این تابع هدف در فضای محدودیتهای حاکم بر شبیه پیشینه می شود. از جمله مهمترین محدودیتهای مزرعه ی مورد مطالعه، زمین قابل کشت در افقهای زمانی مختلف است. این محدودیت به صورت رابطه ی زیر بیان می شود:

$$\sum_i a_{ii} X_i \leq B_i \quad (4)$$

در در آن، a ضریب فنی زمین مورد نیاز برای کشت محصول i در t ماه و B بیشترین زمین قابل کشت در هر ماه است. به منظور متوازن کردن عملکرد پیش بینی شده ی محصول i بر اساس کل آب خالص مصرفی و عملکرد بالقوه ی محصولات در شبیه از رابطه ی ۵ استفاده شد:

استان فارس دارای تنوع اقلیمی گسترده ای است، و همین تنوع موجب گردیده است که از نظر تولیدات و محصولات کشاورزی، دارای گوناگونی فراوانی باشد. استان فارس به پنج اقلیم مختلف تقسیم گردیده است (حیاتی، ۱۹۹۵): نیمه صحرایی خشک و گرم، مدیترانه ای، ترکیب مدیترانه ای و کوهستانی سرد، صحرایی خشک و گرم و ترکیب مدیترانه ای و نیمه صحرایی گرم می باشند. سه نوع اقلیم: صحرایی گرم، مدیترانه ای و کوهستانی سرد بیش از ۹۰ درصد از نواحی استان فارس را در بر گرفته اند. از آن جا که اقلیم صحرایی گرم، بیش از سایر اقلیمها تحت تاثیر تنشهای آبی قرار می گیرد، شهرستان فسا در اقلیم مزبور به عنوان منطقه ی مورد مطالعه انتخاب گردید.

برنامه ریزی ریاضی به عنوان یک ابزار تحقیقاتی برای تصمیم گیری در مورد مسائل کشاورزی گوناگونی در سطح مزرعه و بخش استفاده می شود (هزل و نورتون، ۱۹۸۶). در مطالعه ی جاری، با هدف حداکثر کردن بازدهی برنامه ای<sup>۱</sup> مزرعه ی نماینده در منطقه ی مورد مطالعه در چارچوب محدودیتهای حاکم بر فضای تصمیم گیری، شبیه سازی در قالب برنامه ریزی ریاضی طراحی گردید. منافع خالص مزرعه در این شبیه وابسته به متغیرهای عملکرد، قیمت و هزینه های عملیاتی تولید محصولات است. در این شبیه، واحد سود، یا بازدهی برنامه ای، عبارت از ریال در هکتار است. از آن جا که مهمترین هدف شبیه، بررسی امکان اعمال کم آبیاری بر الگوی زراعی منطقه ی مورد مطالعه است، در آن از توابع تولید آب و محصول<sup>۲</sup> در مراحل مختلف تولید استفاده گردید. یکی از اشکال این توابع به شکل زیر می باشد (سلطانی و همکاران، ۱۹۹۲):

$$\frac{Ya}{Yp} = \prod_{s=1}^4 \left( \frac{ETa_s}{ETp_s} \right)^{Ky_s} \quad (1)$$

که در آن، Ya عملکرد واقعی، Yp عملکرد بالقوه،  $ETa_s$  مصرف خالص آب (تبخیر-تعرق) واقعی در S امین مرحله ی رشد گیاه،  $ETp_s$  مصرف خالص آب (تبخیر-تعرق)

<sup>3</sup> initial growth

<sup>4</sup> crop development

<sup>5</sup> mid-growth season

<sup>6</sup> late growth season

<sup>1</sup> gross margin

<sup>2</sup> crop-water production function (cwpf)

تولیدهای حاصل از حل شبیه برنامه ریزی را به نیاز به تولید محصول (SC) محدود می‌کند:

$$Y_i X_i \geq SC_i$$

(۱۰)

در مجموع، روابط مربوط به شبیه مطالعه‌ی جاری، قیود و اطلاعات تکمیلی زیر نیز در نظر گرفته شده اند:

$$x_i \geq 0$$

(۱۱)

$$j = 1, 2, \dots, 5 \quad i = 1, 2, \dots, 5 \\ t = 1, 2, \dots, 12$$

داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این مطالعه، براساس آنچه متضمن رسیدن به اهداف آن بود، جمع‌آوری شدند. طبقه بندی اطلاعات جمع آوری شده به صورت زیر می‌باشد:

۱- الگوی کشت جاری محصولات: با استفاده از آمار سطح زیر کشت محصولات بر مبنای اطلاعات سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ (بی نام، ۲۰۰۸ الف) برای محصول عمده‌ی مورد کشت در شهرستان، به دست آمد.

۲- هزینه تولید و درآمد محصولات: اطلاعات متغیرهای برونزای مصرف نهاده‌ها، قیمت نهاده‌ها، عملکرد محصول و قیمت محصول با کاربرد روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای طبقه‌بندی شده<sup>۱</sup> در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶، و با استفاده از ابزار پرسشنامه، با مصاحبه‌ی حضوری با بهره‌برداران وارد شده در جمعیت نمونه‌ی مناطق مورد مطالعه، جمع آوری شدند.

۳- نیاز آبی و بازدهی مصرف آب برای محصولات مختلف: مبنای لحاظ این اطلاعات در الگوهای مورد نظر، مطالعه‌ی علیزاده و کمالی (۲۰۰۷) در مناطق مورد مطالعه و سند ملی آب کشور قرار داده شد.

۴- ضرایب حساسیت گیاهان نسبت به آب (Ky): از آن جا که این ضرایب در تحقیقات منطقه‌ای صورت گرفته تاکنون محاسبه نگردیده‌اند، اطلاعات مورد نظر از نتایج تحقیقات دورنباس و کاساسم (۱۹۷۹)، که قابل تعمیم به مناطق مختلف می‌باشند، به دست آمد.

$$Y_i = Yp_i \left( 1 - Ky_i \left( 1 - \frac{ETa_i}{ETp_i} \right) \right)$$

(۵)

بایستی توجه کرد که در این رابطه، حجم آب مورد استفاده گیاه در تابع عملکرد پیش بینی شده (رابطه‌ی ۵) بایستی در محدوده‌ی نیاز آبی گیاه در آبیاری کامل برای حصول عملکرد بالقوه (ETp)، و کمینه‌ی آب مورد نیاز گیاه برای ادامه‌ی حیات و عدم قرار گرفتن در تنشهای معنی دار آبی (ETm)، قرار گیرد. این محدودیت به شکل رابطه‌ی زیر در شبیه لحاظ شد:

$$ETm_i \leq ETa_i \leq ETp_i$$

(۶)

در فرایند تامین نیاز آبی گیاهان، بخش چشمگیری از آب به صورت فرونشست و تبخیر در مراحل انتقال، توزیع و کاربرد از دسترس گیاه خارج می‌گردد. علاوه بر آن، در شرایط اعمال کم آبیاری، میزان آب مصرفی گیاه از شرایط آبیاری کامل کمتر است، بنابراین، آب مصرف شده برای آبیاری گیاهان به صورت ناخالص می‌باشد. بر این اساس، لازم است که در روابط ۵ و ۶ مصارف خالص با لحاظ بازدهی کاربرد آب و درصد کم آبیاری اعمال شده مطابق رابطه‌ی زیر به مصرف ناخالص واقعی آب تبدیل گردند:

$$TW_i = \left( \frac{ETa_i}{EF_i} \right) D_i$$

(۷)

$$D_i = \left( \frac{ETa_i}{ETp_i} \right)$$

(۸)

در روابط ۷ و ۸، TWi کل آب مصرفی، EF بازدهی آبیاری و D درصد میزان آب خالص مصرفی نسبت به نیاز آبی خالص برای محصول i است. رابطه‌ی ۹، مجموع آب مصرفی محصولهای در ماه t را بر موجودی منابع آب در آن ماه (TW)، محدود می‌نماید.

$$\sum_i^n TW_{it} X_i \leq TW_t$$

(۹)

به منظور پاسخگویی به نیازهای خود مصرفی محصولهای مختلف به وسیله‌ی مزرعه‌ی نماینده، رابطه‌ی ۱۰ مجموع

<sup>1</sup> stratified multi-stage cluster sampling

۵- سابقه‌ی عملکرد و قیمت محصولات: این بخش بر اساس اطلاعات حاصله از وزارت جهاد کشاورزی، مرکز آمار ایران، و سایر پایگاههای مرتبط، و همچنین مطالعات میدانی در منطقه، جمع آوری گردید.

با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده، الگوریتمهای لازم برای رسیدن به نتایج الگوی این مطالعه در بسته‌ی نرم افزاری GAMS نوشته شد (بروک و همکاران، ۱۹۸۸). به دلیل غیر خطی بودن بعضی از روابط در شبیه مورد استفاده، از روش برنامه ریزی غیر خطی (NLP)<sup>۱</sup> برای حل متغیرهای تصمیم، شامل حجم آب مورد استفاده، عملکرد و سطح زیر کشت محصولات مورد نظر در الگو استفاده شد. این شبیه به شیوه‌ی CONOPT برای ۳ راهبرد تامین ۱۰۰، ۷۰ و ۵۰ درصد موجودی آب مزرعه‌ی نماینده، حل گردید.

## نتایج

سطح زیر کشت کل محصولات زراعی شهرستان فسا در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ برابر با ۳۷۳۶۴ هکتار بود، که از این مقدار، ۳۷۲۴۴ هکتار به صورت آبی و ۱۲۰ هکتار به صورت دیم کشت شدند. محصولات مورد کشت در این اراضی شامل گندم، جو، ذرت دانه ای، نخود، لوبیا، پنبه، کنجد، چغندر قند، بادمجان، پیاز، گوجه فرنگی، باقلا تازه، اسفناج، گشنیز، شود، کاهو، خربزه، هندوانه و یونجه با تولید کل ۲۸۲۸۴۳ تن محصول بودند. با این وجود، از کل سطح زیر کشت اراضی آبی، که حدود ۹۹/۷ درصد از کشتزارهای این شهرستان را شامل می‌شدند، ۹۷/۱۵ درصد در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ به کشت ۵ محصول گندم، جو، پنبه، ذرت و گوجه فرنگی اختصاص یافته بود (جدول ۱).

با توجه به اطلاعات عرضه شده در جدول ۱، فعالیت مزرعه‌ی نماینده‌ی مطالعه‌ی جاری بایستی در برگیرنده‌ی محصولات عمده‌ی کشت شده در منطقه باشد. براین اساس، مجموع سطح محصولات گندم، جو، پنبه و گوجه فرنگی، که از نظر زمان کشت و استفاده از منابع زمین و آب در رقابت با یکدیگر بودند، به عنوان بیشترین موجودی زمین قابل برنامه‌ریزی در نظر گرفته شد، و سهم هریک از

محصولات به صورت درصدی از این موجودی محاسبه گردید. از آن جا که ذرت به عنوان کشت جایگزین بعد از محصولاتی مانند گندم و جو در منطقه می‌باشد، سهم این محصول هم از موجودی زمین به صورت جداگانه حساب شد. به این ترتیب، نتایج ارائه شده برای متغیر تصمیم سطح زیر کشت در الگوهای زراعی پیشنهادی نیز به درصد بیان می‌شود. اطلاعات الگوی کشت جاری برای مزرعه‌ی نماینده‌ی در نظر گرفته شده در محدوده‌ی مطالعاتی در جدول ۲ مشاهده می‌شوند. بر اساس این جدول، تراکم کشت در مزرعه‌ی نماینده برابر با ۱۳۹ درصد بود، که ۱۰۰ درصد آن به کشت چهار محصول گندم، جو، پنبه و گوجه فرنگی، و ۳۹ درصد آن به کشت ذرت اختصاص داده شده بود. با در نظر گرفتن موجودی زمین معادل ۱ هکتار برای مزرعه‌ی نماینده، و سهم سطح زیر کشت هر یک از محصولات نسبت به این مقدار زمین، در آمد خالص در حدود ۱۳۱۷۳ هزار ریال در هکتار با لحاظ عملکرد جاری محصولها در جدول، به دست آمد.

در آمد حاصله برای مزرعه‌ی نماینده، در چارچوب محدودیتهای حاکم بر آن، به خصوص محدودیت آب، قابل دستیابی بود. جدول ۳، اطلاعات مربوط به مصرف و موجودی منابع آب برای این مزرعه را نشان می‌دهد. براساس این جدول، کشاورز نماینده با اعمال کم آبیاری برای محصولهای مختلف و داشتن بازده ی کاربرد آب معادل ۴۶ درصد، سعی در بیشینه کردن استفاده از ۲۲۶۷۸ مترمکعب آب در دسترس برای یک هکتار موجودی زمین در الگو می‌باشد. اطلاعات این جدول نشان می‌دهند که محصولهای در نظر گرفته شده در الگو، قابلیت افزایش عملکرد تا سطح عملکرد را بالقوه، با فرض ثابت بودن سایر شرایط و تامین نیاز آبی کامل گیاهان، دارا می‌باشند.

با اجرای الگوی برنامه‌ریزی مطالعه‌ی جاری، الگوی بهینه‌ی مزرعه با فرض امکان تامین ۱۰۰ درصد موجودی آب مزرعه نسبت به شرایط جاری مطابق جدول ۴ به دست آمد. بر اساس جدول مزبور در این شرایط، الگوی برنامه‌ریزی کاهش سطح محصولات گندم، جو و پنبه و ثبات سطح گوجه فرنگی در کشت اول، و همچنین کاهش کمی در سطح زیر کشت، گوجه فرنگی را به عنوان الگوی

<sup>1</sup> nonlinear programming

کرده است. حاصل این عمل افزایش ۲۰ درصد در درآمد خالص منطقه توام با کاهش ۳۵ درصدی در تراکم کشت محصولها، به دلیل شرایط وجود محدودیت آب برای شبیه بوده است.

بهینه در نظر گرفته است. از آن جا که هدف بیشینه کردن منافع خالص مزرعه بود، الگوی بهینه ی کاهش سطح محصولات را با حذف کم آبیاری و انجام آبیاری کامل، و در نتیجه رساندن الگو به عملکرد بالقوه، جبران

جدول ۱ - سطح زیر کشت، عملکرد و فراوانی سطح محصولهای زراعی شهرستان فسا.

محصول	سطح زیر کشت (هکتار)	عملکرد (کیلوگرم)	فراوانی از کل (درصد)	فراوانی تجمعی (درصد)
گندم	۲۲۹۷۲	۵۱۱۹	۶۱/۶۸	۶۱/۶۸
جو	۱۵۱۳	۲۹۹۲	۴/۰۶	۶۵/۷۴
پنبه	۶۵۳	۳۴۳۵	۱/۷۵	۶۷/۵۰
ذرت دانه ای	۱۰۱۵۳	۹۰۵۴	۲۷/۷۶	۹۴/۷۶
گوجه فرنگی	۸۹۱	۵۶۸۱۴	۲/۳۹	۹۷/۱۵
سایر محصولها	۱۰۶۲	-	۲/۸۵	۱۰۰/۰۰
جمع کل	۳۷۲۴۴		۱۰۰/۰۰	

جدول ۲ - الگوی کشت و درآمد خالص مزرعه‌ی نماینده در وضعیت جاری.

محصول	گندم	جو	پنبه	ذرت	گوجه فرنگی	کل
سطح زیر کشت (درصد)	۸۸	۶	۳	۳۹	۳	۱۳۹
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۵,۱۱۹	۲,۹۹۲	۳,۴۳۵	۹,۰۵۴	۵۶,۸۱۴	-
تولید (کیلوگرم)	۴,۵۱۸	۱۷۴	۸۶	۳,۵۳۲	۱,۹۴۵	۱۰,۲۵۴
قیمت (ریال در کیلوگرم)	۲,۸۸۱	۱,۹۶۴	۶,۹۲۷	۲,۲۰۹	۱,۰۲۶	-
هزینه (ریال در هکتار)	۵,۲۹۱,۵۴۰	۴,۴۴۹,۴۰۰	۱۳,۵۱۰,۴۴۰	۱۰,۰۳۸,۴۹۰	۴۰,۶۸۴,۳۳۰	-
درآمد ناخالص در الگو (۱۰۰۰ ریال در هکتار)	۱۳,۰۱۴	۳۴۲	۵۹۷	۷,۸۰۱	۱,۹۹۶	۲۳,۷۴۹
هزینه در الگو (۱۰۰۰ ریال در هکتار)	۴,۶۷۰	۲۵۹	۳۳۹	۳,۹۱۶	۱,۳۹۳	۱۰,۵۷۶
درآمد خالص در الگو (۱۰۰۰ ریال در هکتار)	۸,۳۴۴	۸۳	۲۵۸	۳,۸۸۵	۶۰۳	۱۳,۱۷۳

جدول ۳ - اطلاعات مربوط به تابع عملکرد محصول نسبت به آب و مصرف آب در الگوی کشت جاری.

محصول	شاخص	گندم	جو	پنبه	ذرت	گوجه فرنگی
عملکرد بالقوه (کیلوگرم)	Yp	۷۸۰۰	۴۰۰۰	۴۵۰۰	۹۸۰۰	۷۰۰۰۰
عملکرد واقعی (کیلوگرم)	Ya	۵۱۱۹	۲۹۹۲	۳۴۳۵	۹۰۵۴	۵۶۸۱۴
ضریب حساسیت گیاه به آب	Ky	۱/۰۵	۱/۰۵	۰/۸۵	۱/۲۵	۱/۰۵
نیاز آبی خالص در عملکرد بالقوه (متر مکعب در هکتار)	Etp	۷۸۴۰	۵۹۲۰	۲۰۰۱۰	۱۲۹۷۰	۱۵۱۲۰
آب مصرفی در عملکرد واقعی (مترمکعب در هکتار)	Eta	۵۲۴۹	۴۴۹۰	۱۴۵۶۳	۱۲۱۷۴	۱۲۳۹۴
بازده ی کاربرد آب (درصد)	E	%۴۶	%۴۶	%۴۶	%۴۶	%۴۶
کم آبیاری نسبت به سطح آبیاری کامل (درصد)	D	%۶۷	%۷۶	%۷۳	%۹۴	%۸۲
آب ناخالص مصرفی (مترمکعب در هکتار)	TW	۱۱۴۱۱	۹۷۶۱	۳۱۶۵۸	۲۶۴۶۵	۲۶۹۴۴
سطح زیر کشت (هکتار)	X	۰/۸۸	۰/۰۶	۰/۰۳	۰/۳۹	۰/۰۳
آب مصرفی ناخالص در الگو (مترمکعب) ۱	X*TW	۱۰۰۷۱	۵۶۷	۷۹۴	۱۰۳۲۳	۹۲۲

۱- با احتساب سطح زیر کشت، کل آب مصرفی در مزرعه‌ی نماینده برابر با ۲۲,۶۷۸ مترمکعب می‌باشد.

جدول ۴ - اطلاعات الگوی کشت بهینه و مصرف آب آن در شرایط سطح تامین ۱۰۰ درصد موجودی آب مزرعه‌ی نماینده.

محصول	گندم	جو	پنبه	ذرت	گوجه فرنگی	کل
سطح زیر کشت (درصد)	۵۹	۴	۱	۳۷	۳	۱۰۴
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۷,۸۰۰	۴,۰۰۰	۴,۵۰۰	۹,۸۰۰	۷۰,۰۰۰	-
تولید (کیلوگرم)	۴,۶۰۹	۱۴۸	۵۶	۳,۶۰۳	۲,۲۹۸	۱۰,۷۱۴
قیمت (ریال در کیلوگرم)	۲,۸۸۱	۱,۹۶۴	۶,۹۲۷	۲,۲۰۹	۱,۰۲۶	-
هزینه (ریال در هکتار)	۵,۲۹۱,۵۴۰	۴,۴۴۹,۴۰۰	۱۳,۵۱۰,۴۴۰	۱۰,۰۳۸,۴۹۰	۴۰,۶۸۴,۳۳۰	-
درآمد ناخالص در الگو (۱۰۰۰ ریال)	۱۳,۲۷۸	۲۹۲	۳۹۱	۷,۹۵۸	۲,۳۵۸	۲۴,۲۷۵
هزینه در الگو (۱۰۰۰ ریال)	۳,۱۲۷	۱۶۵	۱۶۹	۳,۶۹۰	۱,۳۳۵	۸,۴۸۷
درآمد خالص در الگو (۱۰۰۰ ریال)	۱۰,۱۵۱	۱۲۶	۲۲۲	۴,۲۶۷	۱,۰۲۲	۱۵,۷۸۸
عملکرد واقعی (کیلوگرم)	۷۸۰۰	۴۰۰۰	۴۵۰۰	۹۸۰۰	۷۰۰۰۰	-
آب مصرفی در عملکرد بالقوه (مترمکعب در هکتار)	۷۸۴۰	۵۹۲۰	۲۰۰۱۰	۱۲۹۷۰	۱۵۱۲۰	-
کم آبیاری نسبت به سطح آبیاری کامل (درصد)	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	-
آب ناخالص مصرفی (مترمکعب در هکتار)	۱۷۰۴۳	۱۲۸۷۰	۴۳۵۰۰	۲۸۱۹۶	۳۲۸۷۰	-
آب مصرفی ناخالص در الگو (مترمکعب)	۱۰۰۷۱	۴۷۸	۵۴۶	۱۰۳۶۵	۱۰۷۹	۲۲,۵۳۸

کمتر نیز وجود دارد. از این رو، با اعمال یک راهبرد دیگر بر شبیه، الگوی بهینه‌ی مزرعه‌ی نماینده در شرایط امکان تامین ۵۰ درصد موجودی آب نسبت به وضعیت جاری به دست آمد. جدول ۶ اطلاعات این الگو را نشان می‌دهد. مطابق این جدول، شرایط مزبور با حفظ تراکم ۷۰ درصدی محصولات و تنها کاهش ۶ درصد نسبت به وضعیت تأمین ۷۰ درصد موجودی آب، امکان بیشینه شدن درآمد خالص مزرعه وجود دارد. تمامی این ۶ درصد کاهش در خصوص ذرت رخ داده است. در عین حال، به منظور حفظ این تراکم و لحاظ محدودیت آب، اعمال کم آبیاری برای تمامی محصولات در نظر گرفته شده است. در این شرایط، با لحاظ عملکرد حاصله، در آمد خالص مزرعه در الگوی بهینه‌ی پیشنهادی نسبت به شرایط جاری تقریباً نصف خواهد شد.

جدول ۵ - اطلاعات الگوی کشت بهینه و مصرف آب آن در شرایط سطح تامین ۷۰ درصد موجودی آب مزرعه‌ی نماینده.

محصول	گندم	جو	پنبه	ذرت	گوجه فرنگی	کل
سطح زیر کشت (هکتار)	۴۴	۳	۱	۲۶	۲	۷۶
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۷,۲۸۸	۴,۰۰۰	۴,۵۰۰	۹,۸۰۰	۷۰,۰۰۰	-
تولید (کیلوگرم)	۳,۲۱۶	۱۲۲	۵۶	۲,۵۱۲	۱,۳۸۹	۷,۲۹۶
قیمت (ریال در کیلوگرم)	۲,۸۸۱	۱,۹۶۴	۶,۹۲۷	۲,۲۰۹	۱,۰۲۶	-
هزینه (ریال در هکتار)	۵,۲۹۱,۵۴۰	۴,۴۴۹,۴۰۰	۱۳,۵۱۰,۴۴۰	۱۰,۰۳۸,۴۹۰	۴۰,۶۸۴,۳۳۰	-
درآمد ناخالص در الگو (۱۰۰۰ ریال)	۹,۲۶۴	۲۴۰	۳۹۱	۵,۵۴۹	۱,۴۲۵	۱۶,۸۶۹
هزینه در الگو (۱۰۰۰ ریال)	۲,۳۳۵	۱۳۶	۱۶۹	۲,۵۷۳	۸۰۷	۶,۰۲۱
درآمد خالص در الگو (۱۰۰۰ ریال)	۶,۹۲۹	۱۰۴	۲۲۲	۲,۹۷۶	۶۱۸	۱۰,۸۴۸

در صورتی که احتمال تامین تنها ۷۰ درصد موجودی آب مزرعه نسبت به شرایط جاری وجود داشته باشد، الگوی بهینه‌ی مزرعه مبتنی بر اجرای الگوی برنامه‌ریزی مطالعه‌ی جاری، مطابق جدول ۵ به دست آمد. بر اساس جدول مزبور، در این شرایط الگوی برنامه‌ریزی تراکم کشت محصولات را به ۷۶ درصد کاهش داده، و اجازه‌ی اعمال کم آبیاری را برای تولید محصول گندم داده است، ولی همچنان، اعمال آبیاری کامل برای محصولات جو، پنبه، ذرت و گوجه فرنگی در شبیه لحاظ شده است. در این شرایط درآمد خالص در حدود ۲۱ درصد کاهش یافته است.

مطالعات میدانی و اسنادی صورت گرفته نشان دادند که در شرایط بحرانیتر از نظر تامین موجودی آب مزرعه‌ی نماینده، امکان کاهش این موجودی به نصف، یا حتی



-	۷۰۰۰۰	۹۸۰۰	۴۵۰۰	۴۰۰۰	۷۲۸۸	عملکرد واقعی (کیلوگرم)
-	۱۵۱۲۰	۱۲۹۷۰	۲۰۰۱۰	۵۹۲۰	۷۳۴۹	آب مصرفی در عملکرد واقعی (مترمکعب در هکتار)
-	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۱۰۰	%۹۴	کم آبیاری نسبت به سطح آبیاری کامل (درصد)
-	۳۲۸۷۰	۲۸۱۹۶	۴۳۵۰۰	۱۲۸۷۰	۱۵۹۷۶	آب ناخالص مصرفی (مترمکعب در هکتار)
۱۵,۸۶۹	۶۵۲	۷۲۲۸	۵۴۶	۳۹۳	۷۰۵۰	آب مصرفی ناخالص در الگو (مترمکعب)

جدول ۶- اطلاعات الگوی کشت بهینه و مصرف آب آن در شرایط سطح تامین ۵۰ درصد موجودی آب مزرعه‌ی نماینده.

محصول	گندم	جو	پنبه	ذرت	گوجه‌فرنگی	کل
سطح زیر کشت (هکتار)	۴۴	۳	۱	۲۰	۲	۷۰
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۵,۱۱۹	۲,۹۳۲	۳,۳۲۳	۹,۰۵۹	۵۸,۰۵۰	-
تولید (کیلوگرم)	۲,۲۵۹	۸۵	۴۲	۱,۷۶۷	۹۹۴	۵,۱۴۶
قیمت (ریال در کیلوگرم)	۲,۸۸۱	۱,۹۶۴	۶,۹۲۷	۲,۲۰۹	۱,۰۲۶	-
هزینه (ریال در هکتار)	۵,۲۹۱,۵۴۰	۴,۴۴۹,۴۰۰	۱۳,۵۱۰,۴۴۰	۱۰,۰۳۸,۴۹۰	۴۰,۶۸۴,۳۳۰	-
درآمد ناخالص در الگو (۱۰۰۰ ریال)	۶,۵۰۷	۱۶۷	۲۸۹	۳,۹۰۳	۱,۰۲۰	۱۱,۸۸۵
هزینه در الگو (۱۰۰۰ ریال)	۲,۳۳۵	۱۲۹	۱۶۹	۱,۹۵۸	۶۹۶	۵,۲۸۸
درآمد خالص در الگو (۱۰۰۰ ریال)	۴,۱۷۲	۳۸	۱۱۹	۱,۹۴۵	۳۲۳	۶,۵۹۷
عملکرد واقعی (کیلوگرم)	۵۱۱۹	۲۹۳۲	۳۳۲۳	۹۰۵۹	۵۸۰۵۰	-
آب مصرفی در عملکرد واقعی (مترمکعب در هکتار)	۵۲۴۹	۴۴۰۳	۱۴۰۰۷	۱۲۱۸۰	۱۲۶۵۱	-
کم آبیاری نسبت به سطح آبیاری کامل (درصد)	%۶۷	%۷۴	%۷۰	%۹۴	%۸۴	-
آب ناخالص مصرفی (مترمکعب در هکتار)	۱۱۴۱۱	۹۵۷۳	۳۰۴۵۰	۲۶۴۷۸	۲۷۵۰۲	-
آب مصرفی ناخالص در الگو (مترمکعب)	۵۰۳۶	۲۷۸	۳۸۲	۵۱۶۴	۴۷۱	۱۱,۳۳۰

یافته، که این مبلغ در حالت تامین ۷۰ درصد به ۱۲۴۷۸ ریال می‌رسد. با این وجود، در راهبرد تامین ۵۰ درصد سطح موجودی آب شرایط الگوی کشت بهینه با تعیین متغیرهای تصمیم آب مصرفی و سطح زیرکشت به گونه‌ای تغییر می‌یابد که در آبان مجدداً قیمت سایه‌ای به ۸۵۲۸ ریال بر مترمکعب کاهش می‌یابد. این درحالی است که قیمت سایه‌ای آب در فروردین، خرداد و تیر نسبت به راهبرد ۵۰ درصد سطح تامین افزایش می‌یابد.

همان گونه که گفته شد، تغییرات سطح زیر کشت محصولات به واکنش عملکرد آنها به مقدار آب مصرفی، و در آمد نهایی حاصله از یک واحد آب مصرفی، نیز بستگی دارد. تحلیل این مقدار با بررسی قیمت سایه‌ای محدودیت‌های تابع واکنش محصول‌های مختلف به آب مطابق جدول ۸ صورت پذیرفت. براساس این جدول، در راهبردهای ۱۰۰ و ۷۰ درصد سطح تامین آب عامل اصلی محدود کننده‌ی عملکرد محصولات جو، تا حدودی پنبه و به خصوص ذرت، حد بالای نیاز آبی این محصولات

براساس اطلاعات جداول قبل، تعیین حجم کم آبیاری برای فرآورده‌های گوناگون متفاوت است. تعیین این حجم علاوه بر در نظر گرفتن محدودیت و حساسیت محصولات به کمبود آب، به درآمد نهایی، و متعاقب آن قیمت سایه‌ای حاصل از اضافه شدن یک واحد آب و تغییر سطح زیر کشت محصول مورد نظر، بستگی دارد. در خصوص محدودیت آب، با مقایسه‌ی قیمت سایه‌ای آن در ماه‌های مختلف بین راهبردهای گوناگون تامین آب در جدول ۷، مشاهده می‌شود که عامل اصلی محدود کننده‌ی کشت محصولات، محدودیت آب در چهار ماه فروردین، خرداد، تیر و آبان است، که این محدودیت در آبان، بیش از سایر ماه‌ها می‌باشد. با کاهش سطح تامین موجودی آب به ۷۰ درصد اولیه، قیمت سایه‌ای در فروردین، خرداد و تیر همچنان ثابت می‌ماند، ولی قیمت سایه‌ای آب در آبان افزایش می‌یابد، به این معنی که در آبان، در صورت امکان اضافه شدن هر مترمکعب آب، بازدهی برنامه‌ای در شرایط تامین ۱۰۰ درصد موجودی اولیه، ۸۳۷۱ ریال افزایش

راهبرد ۵۰ درصد سطح تامین آب، حجم مصرف آب توصیه شده در الگو تا پایینترین سطح تامین آب از نظر آستانه‌ی تحمل گیاه توصیه نشده است.

اطلاعات جدول ۸ همچنین نشان می‌دهند که در صورتی که امکان افزایش عملکرد بالقوه برای گندم وجود داشته باشد، به ازای هر کیلوگرم افزایش عملکرد در هکتار، بازدهی برنامه‌ای در حدود ۴۶۳ ریال افزایش خواهد یافت. این میزان برای گوجه فرنگی در راهبردهای ۱۰۰ و ۷۰ به ترتیب در حدود ۲۰ و ۱۲ ریال، و برای سایر محصولهای در شرایط راهبردهای در نظر گرفته شده در مزرعه‌ی نماینده برابر با صفر است.

می‌باشد. در جداول گذشته مشخص شد که در این راهبردها، تامین نیاز آبی کامل (آبیاری کامل) محصولات در الگوی کشت بهینه پیشنهاد شده است. این مقدار در خصوص محصول ذرت نشان می‌دهد که درآمد نهایی حاصل از اضافه شدن هر متر مکعب به محدودیت حد بالای نیاز آبی در راهبردهای ۱۰۰ و ۷۰ به ترتیب، حدود ۴۳۸ و ۳۰۵ ریال می‌باشد. با توجه به این که در حالت سطح تامین ۵۰ درصد، برای تمامی محصولات توصیه به کم آبیاری صورت گرفته است، قیمت سایه‌ای این محدودیت در این راهبرد برای تمامی محصولات صفر است. بررسی قیمت سایه‌ای حد پایین تامین آب نشان از این دارد که، در اکثر موارد، به جز در خصوص پنبه، در

جدول ۷ - مقایسه‌ی قیمت سایه‌ای آب در راهبردهای مختلف سطح تامین موجودی آب مزرعه‌ی نماینده.

(واحد: ریال بر مترمکعب)

ماه	سطح تامین موجودی آب		
	۵۰	۷۰	۱۰۰
فرودین	۱۵۳۳	۶۵۵	۶۵۵
اردیبهشت	.	.	.
خرداد	۳۴۳۰	۱۳۵۷	۱۳۵۷
تیر	۳۴۴۲	۱۵۰۰	۱۵۰۰
مرداد	.	.	.
شهریور	.	.	.
مهر	.	.	.
آبان	۸۵۲۸	۱۲۴۷۸	۸۳۷۱
آذر	.	.	.
دی	.	.	.
بهمن	.	.	.
اسفند	.	.	.

جدول ۸ - مقایسه‌ی قیمت سایه‌ای محدودیت‌های تابع واکنش عملکرد محصول به آب در راهبردهای مختلف سطح تامین

موجودی آب مزرعه‌ی نماینده.

گوجه فرنگی	ذرت	پنبه	جو	گندم	سطح تامین آب (درصد)	محدودیت
۰.۰۰	۴۳۷.۹۱	۱.۰۳	۳۰.۳۶	۰.۰۰	۱۰۰	حد بالای نیاز آبی
۰.۰۰	۳۰۵.۳۶	۱.۰۳	۲۵.۰۱	۰.۰۰	۷۰	(ریال بر مترمکعب)
۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۵۰	
۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۱۰۰	حد پایین نیاز آبی
۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۷۰	(ریال بر مترمکعب)
۰.۰۰	۰.۰۰	۱۹.۷۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۵۰	
۱۹.۷۷	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۴۶۲.۸۴	۱۰۰	عملکرد بالقوه
۱۱.۹۵	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۷۰	(ریال بر کیلوگرم)

خصوصاً، با تقبل کاهش عملکرد برای بعضی از محصولات، تغییرات سطح زیر کشت آنها، منطبق با قیمت سایه‌ای آنها می‌توان به کمینه‌ی کاهش در بازده‌ی برنامه‌ی منطقه دست یافت. در این حالت، تغییرات عملکرد ناشی از تنش‌های آبیاری متناسب و در پی آن، در آمد نهایی حاصل از واکنش محصول به مصرف هر واحد آب، تعیین کننده‌ی الگوی بهینه‌ی واقعی است، که کمینه‌ی کاهش بازده برنامه‌ی را در پی داشته باشد.

بنابراین، پیشنهاد می‌شود که در تصمیم‌گیری برای تعیین الگوی کشت و اعمال راهبرد آبیاری در شرایط بحران آب، قبل از هر گونه اقدامی به تجزیه و تحلیل روشهای کمینه کردن آثار منفی اقتصادی بحران آب، منطبق با روش اجرایی این مطالعه، پرداخته شود. این گونه اقدامات می‌توانند به عنوان سیاست مدیریت بحران خشکسالی در کوتاه مدت برای کشاورزان به شمار روند. در حالی که در بلند مدت می‌توان با برنامه‌ریزیهای جامعتری به سوی کاربرد روشهای آب اندوز، و افزایش بازدهی آبیاری گام برداشته، و با بیشینه کردن بهره‌وری استفاده از منابع آب موجود، زیانهای ناشی از خشکسالی را به کمینه‌ی ممکن کاهش داد.

#### منابع

1. Alizadeh, A. and Gh. Kamali, 2007. Crops Water Requirments in Iran. Emam Reza University, Mashhad. (in Persian).
2. Anonymous, 2005. National documents of Fars Province development in 4th 5-years development plan. Agricultural Planning, Economic and Rural Development Research Institute, Tehran. (in Persian)
3. Anonymous, 2008a. Crops Data Bank, Ministry of Jihad-e-Agriculture, Tehran. (in Persian)
4. Anonymous, 2008b. Regional Water Company of Fars Province, <http://www.frrw.ir>. (in Persian)
5. Ansari, H., S.M. Mirlatifi, and A.A. Farshi, 2006. The Effect of Deficit Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Early

همچنین، برآوردهای دگرگونی بارش در دوره‌ی ۲۰۴۰-۲۰۱۱ نشانگر کم شدن اندازه‌ی بارندگی در نمایشنامه‌ی 20C3M به اندازه‌ی ۱۴ درصد و زیاد شدن آن در نمایشنامه‌ی IPTO2X به اندازه‌ی ۱۹ درصد نسبت به دوره‌ی گذشته می‌باشد. در این پیش‌بینیها پراکنش باران سالانه در هر فصل، ناسازگاری چندانی با این سالها ندارد، به گونه‌ای که، بارش زمستان، پاییز و بهار همچنان در رسته‌های نخست، دوم و سوم هستند. افزایش بارش بیشتر در نوامبر، دسامبر، ژانویه و فوریه رخ خواهد داد. بارش در فصل بهار بر روال کنونی خواهد بود و تابستانها همچنان با بی بارانی روبرو است. گرم شدن تابستان و نبودن بارش در این فصل، نیاز آبی گیاهان مصرف آب در شهرها را افزایش خواهد داد. از این رو، برای فراهم ساختن آب در گستره‌های شهری و روستایی باید برنامه‌ریزی‌های همه‌سویه‌ای را به انجام رسانید.

#### نتیجه‌گیری و پیشنهادها

براساس نتایج به دست آمده از مقایسه‌ی الگوی زراعی جاری و بهینه در شرایط تامین آب برابر، می‌توان نتیجه گرفت که کشاورزان مزرعه‌ی نماینده در شهرستان فسا در انتخاب الگوی زراعی، ناکارا عمل می‌کنند. این مقایسه همچنین نشان داد که تصور کشاورزان بر استفاده از بیشینه زمین قابل کشت برای افزایش درآمد، به دلیل محدودیت موجودی آب اشتباه بوده، و با اعمال آبیاری کامل و کاهش سطح زیر کشت برای رعایت محدودیت موجودی آب، امکان افزایش درآمد برای مزرعه‌ی نماینده وجود دارد. علاوه براین، می‌توان گفت که در زمانهایی که منطقه‌ی مورد مطالعه مواجه با خشکسالی و بحران آب می‌شود، که نتیجه‌ی آن محدودیت آب برای بخش کشاورزی است، بسته به شدت بحران و میزان محدودیت آب، نحوه‌ی تصمیم‌گیری برای تعیین راهبرد آبیاری و الگوی کشت متفاوت است. در شرایطی که این بحران تا کاهش سطح تامین آب به بیش از نصف آب موجود برسد، اتخاذ راهبرد کم آبیاری بهترین گزینه برای استفاده‌ی بهینه از زمین و کمینه‌ی آب موجود خواهد بود. در این

- on the production and economy of sugar beet in Kermanshah region. *Journal of Sugar Beet*, 17(1): 1-14. (in Persian)
14. Sabouhi, M., Gh. Soltani, M. Zibaei, and J. Torkamani, 2006. Specifying the proper deficit irrigation strategy in the goal of maximizing social benefits. *Agricultural Economic and Development*, 56:167-202. (in Persian)
  15. Salemi, H. and D. Afiouni, 2005. The impact of deficit irrigation on grain yield and yield components of several new wheat variety. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 12(3): 11-20. (in Persian)
  16. Soltani, G.R., S. Pandey, and W.F. Musgrave. 1992. Problems of transferring crop-water production function Knowledge to developing countries. *Water Resources Research* 32: 95- 101.
  17. Tavakoli, A. 2003. The impact of deficit irrigation and nitrogen on yield and yield components of wheat. *Scientific Journal of Agriculture*, 26(2): 75-87. (in Persian)
  18. Tavakoli, A. 2006. Estimation of wheat production function and optimization of deficit irrigation and nitrogen. *Pajouhesh & Sazandegi* 71: 25-33. (in Persian)
  19. Zhang, X., and D. Pci 1999. Management of supplementary irrigation of winter wheat for maximum profit. In: Kirda, C., Moutonnet, P., Hera, C. and Nielsen, D. R. (Eds.) *Crop yield response to deficit irrigation*. Kluwer Academic Pub. Dordrecht, The Netherlands. 57-65.
  - Corn. *Soil and Water Science*, 20 (2): 338-348. (in Persian)
  6. Arabzadeh, B. and A. Tavakoli, 2005. Optimal management of deficit irrigation for rice in transplanted (TP) farming. *Journal of Agricultural Science and Natural Resources*, 12(4): 11-20. (in Persian)
  7. Brooke, A., D. Kendrick, and A. Meeraus 1988. *GAMS: A users's guide*. The Scientific Press, Redwood City, California.
  8. Doorenbos, J., and A.H. Kassam. 1979. *Yield response to water*. FAO Irrig. and Drain Paper No. 33, FAO, Rome, Italy.
  9. English, M., and S.N. Raja 1996. Review perspective on deficit irrigation. *Agricultural Water Management* 32: 1-14.
  10. Esmaeili, M. and A. Golchin, 2005. Economic analysis of deficit irrigation and its impact on seed yield and oil amount of two sunflower variety. *Agricultural Science*, 15(1): 121-135. (in Persian)
  11. Haiati, D. 1995. *Economic-Social and Farming-Producing Factors affecting the Technical Knowledge, Sustainable Agricultural Knowledge, Sustainability of Farming System among Wheat Farmers in Fars Province*. M.sc thesis, Agricultural College, Shiraz University. (in Persian)
  12. Hazell, P.B.R., and R.D. Norton. 1986. *Mathematical programming for economic analysis in agriculture*. McMillan, New York.
  13. Jalilian, A., A. Shirvanian, A. Nemati, and J. Basati, 2001. Effects of deficit irrigation