علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره نوزدهم، شماره چهار، زمستان ۹۶

جایگاه کم آبیاری در مصالحهٔ اهداف زیست محیطی-اقتصادی الگوی کشت در فارس

حمید محمدی[۱*]

hamidmohammadi@uoz.ac.ir

پرویز حقیقت جو [۲]

علی رضا سرگزی [۳]

تاریخ دریافت: ۸۹/۵/۲۰ **تاریخ پذیرش:۹۵/۱۲/۱۱**

چکیده

زمینه و هدف: هدف از انجام مقاله بررسی جایگاه کم آبیاری در مصالحهٔ اهداف زیست محیطی-اقتصادی الگوی کشت در فارس می‌باشد.

روش بررسی: روش بررسی استفاده از الگوی برنامه‌ریزی غیر خطی فازی مصالحه کننده بین اهداف حداکثر بازدهٔ برنامه‌ای، حداقل مصرف کود شیمیایی و حداقل مصرف آب برای یک مزرعهٔ نمایندهٔ منطقهٔ مورد مطالعه استفاده شد. این مدل مشروط بر توابع واکنش عملکرد محصولات نسبت به آب در فضای سایر محدودیت ها بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مزرعهٔ نماینده در انتخاب الگوی کشت در مقایسه با الگوی مصالحه کنندهٔ اهداف، ناکارا عمل می‌نمایند. این مقایسه همچنین آشکار کرد که با اعمال آبیاری کامل جهت حصول عملکرد پتانسیل و کاهش سطح زیر کشت برای رعایت محدودیت موجودی آب، امکان افزایش درآمد برای مزرعهٔ نماینده وجود دارد.

بحث و نتیجه گیری: هر چند که افزایش بازدهٔ برنامه‌ای در این شرایط با کاهش مصرف آب و تا حدودی با کاهش مصرف کود شیمیایی در تناقض می باشد، ولی تعمیم نتایج از مزرعهٔ نماینده به کل شهرستان مور مطالعه نشان داد که با اجرای این الگو در حدود ۹۴ میلیارد ریال به درآمد کل منطقه اضافه خواهد شد. در عین حالی پیامدهای مثبت زیست محیطی همچون کاهش مصرف حدود ۴/۶ میلیون مترمکعب آب و کاهشی در حدود ۷۲۴۶ تن در مصرف کود شیمیایی از نتایج دیگر اجرای این الگو خواهد بود.

واژه های کلیدی: محیط زیست، کم آبیاری، الگوی کشت، برنامه ریزی غیر خطی فازی.

۱- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل [*](مسوول مکاتبات).

۲- استادیار گروه مهندسی آب دانشگاه زابل

۳- مربی گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل

J.Env. Sci. Tech., Vol 19, No.4, Winter, 2018

The role of deficit irrigation in compromising environmental – economical goals of cropping pattern in Fars Province

Hamid Mohammadi[1]*
hamidmohammadi@uoz.ac.ir
Parviz Haghightjo[2]
Alireza Sargazi[3]

Admission Date: March 1, 2017 Date Received: August 11, 2010

Abstract

Background and Objective: The purpose of this research is the role of deficit irrigation in compromising environmental – economical goals of cropping pattern in Fars Province.

Method: This technique is considered as a strategy to increase profitability. However, in addition to profitability goal, many studies have focused to optimize water and fertilizers consumption as environmental objectives. Current study investigates the rule of deficit irrigation in a model that compromises the economic and environmental objectives. Fasa city in Fars province were selected as the study area since placed in warm climate field and affected by water stress. A Fuzzy nonlinear programming model were used to compromise the goals of maximum gross margin and minimum chemical fertilizer and water consumption for a representative farm in study area. This model was subjected to yield response functions to water and other constraints.

Findings: The results showed that the representative farm is inefficient to select cropping pattern in comparison to compromised goals model. This comparison also revealed there is a the possibility for increasing income of representative farm by applying full irrigation to gain potential yield and reducing cultivation area for considering the available water restrictions.

Discussion and Conclusion: Although, increasing of gross margin is conflicted by decreasing water consumption and partly by reducing fertilizer use, but generalizing the results of representative farm to the whole city showed that implementation of this model will add the revenues about 94 billion Rials in total area. While the positive environmental outcomes such as reducing about 4.6 million cubic meters of water and 7,246 tons of chemical fertilizer would be the other results of implementing this model.

Key words: Environment, Deficit Irrigation, Cropping Pattern, Fuzzy Non Linear Programming.

1- Assistant Prof, Deptartment of Agricultural Economics, University of Zabol, Zabol, Iran* *(Corresponding Author)*.
2- Assistant Prof, Deptartment of Water Engineering ,University of Zabol, Zabol, Iran
3- Instructoir of Agricultural economics, University of Zabol, Zabol, Iran

مقدمه

کم آبیاری[1] یک استراتژی بهینه سازی است. در این استراتژی، به صورت هدفمند به گیاهان اجازه می‌دهند، درجاتی از کم آبی و کاهش عملکرد را متحمل گردند. هدف اصلی و اساسی در کم آبیاری، افزایش کارائی مصرف آب (WUE)[2] می‌باشد. این افزایش می‌تواند از طریق کاهش میزان آب مورد نیاز در هر آبیاری یا از طریق حذف آبیاری‌های فاقد بهره‌وری یا دارای پایین ترین سطح بهره‌وری صورت پذیرد. هر گاه عرضهٔ آب محدود است یا هزینهٔ تامین آب بالاست، سطح بهینهٔ اقتصادی آبیاری به مراتب کمتر از میزان آب مورد نیاز برای دستیابی به حداکثر عملکرد (آبیاری کامل) است (۱).

تکنیک کم آبیاری به طور گسترده‌ای، بویژه در نواحی مواجه با کم آبی، مورد استفاده قرار گرفته است (۱). اهمیت استفاده از این تکنیک باعث شده که در دههٔ گذشته تحقیقات زیادی بر محصولات مختلف در ارتباط با آن صورت پذیرد. در این خصوص می‌توان به مطالعات ژانگ و پی (۲) در دشت های شمال چین بر ارقام بومی گندم زمستانه، سالمی و افیونی (۳) در اصفهان بر ارقام جدید و تجارتی گندم و یک لاین امید بخش، توکلی (۴) در مراغه بر روی گندم آبی رقم الموت جلیلیان و همکاران (۵) در کرمانشاه بر چغندرقند، عرب زاده و توکلی (۶) در مازندران بر برنج رقم طارم، انصاری و همکاران (۷) در ورامین بر ذرت زودرس، اسماعیلی و گلچین (۸) در استان زنجان بر آفتابگردان و توکلی (۹) در مراغه بر گندم، اشاره کرد.

بررسی این مطالعات نشان می‌دهد که اکثر آنها در خصوص کم آبیاری به انجام آزمایشهای تک محصولی به منظور ارتقاء کارائی مصرف آب و فارغ از در نظر گرفتن محدودیت آب حاکم بر الگوی کشت، بوده است. از آنجا که درکشورهای خشک یا نیمه خشکی چون ایران آب از مهم ترین عوامل محدودکننده توسعه کشاورزی به شمار می‌آید، اهمیت مدیریت مناسب آب بین سایر محصولات یک مزرعه نیز از اهمیت قابل توجهی برخوردار است. نتیجهٔ این مطالعات نشان داده که این تکنیک می تواند به منظور نیل به حداکثر تولید یا توسعهٔ پایدار منطقه‌ای محصولات کشاورزی مورد استفاده قرار گیرد. در عین حال، کم آبیاری می‌تواند به عنوان یک استراتژی افزایش سود آوری مطرح گردد.

ولی، آنچه که مهم است آن است که علاوه بر هدف سودآوری مورد اشاره، اهمیت نگاه زیست محیطی به مصرف نهاده‌های آب، کودشیمیایی و سموم شیمیایی باعث شده که تمرکز بسیاری از مطالعات مختلف به بهینه سازی الگوی مصرف این نهاده‌ها نیز معطوف گردد (۱۴-۱۰). در ایران نیز این تمرکز در بسیاری از مناطق کشور بایستی صورت پذیرد (۱۵). در کشور ما، به دلیل ارزان بودن کودهای نیتروژنه و توانائی و سهولت تهیه آن ها توسط کشاورزان، مصرف آنها بی رویه بوده و در اثر تصعید و آبشوئی، باعث آلودگی آب های زیرزمینی و سطحی و در نهایت محیط زیست می گردند (۱۶). از جنبه‌های زیست محیطی نگران کننده مهم دیگر فعالیت کشاورزی استفاده از سموم شیمیایی و همچنین کاهش سطح آب های زیرزمینی می‌باشد. کاهش سطح آب های زیرزمینی در مقایسه با دو عامل دیگر از برخی جهات دارای اهمیت بیشتر است. به این ترتیب که استفاده بیش از حد از منابع آب زیرزمینی افزون بر کاهش امکان دسترسی به آن ها از نگاه زیست محیطی منجر به ایجاد اثرات نامطلوب هیدرولوژیکی، کیفیت آب و اکولوژیکی نیز می گردد. تغییرات در PH، شوری، دما، تجمع رسوب و تجمع مواد شیمیایی و مواد مغذی از جمله اثرات کیفیت آب به شمار می‌آیند. استفاده زیاد از نهاده‌های شیمیایی نیز در حضور گسترده آب خود موجب نفوذ بیشتر این موارد به درون آب های زیرزمینی شده و آلودگی بیشتر آب های زیرزمینی را موجب می شود. آب گرفتگی و شوری خاک از دیگر پیامدهای استفاده بیش از حد ار آب و نهاده‌های شیمیایی است (۱۷).

تامین این اهداف در یک الگوی کشت مشخص می‌کند که هدف تصمیم گیرنده در انتخاب فعالیت های مختلف زراعی معمولاً به یک هدف خاص ختم نشده و بایستی، تعادلی بین نتایج و خروجی های حاصل از تصمیم که در تضاد و نقطه مقابل

1- Deficit Irrigation
2- Water Use Efficiency

همدیگر هستند، برقرار کند (۱۸). تصمیم گیری در شرایطی که چند هدف ویژه در پیش روی مدیران واحدهای کشاورزی قرار دارد، علاوه بر ابزار تصمیم سازی، نیازمند اطلاعات متنوع و مختلفی می باشد. ساز و کار یک نظام مدیریتی براساس چنین اطلاعاتی و اهداف چند گانه در طول زمان و مکان های مختلف کار ساده ای نیست و نیازمند روشی است که بتواند براساس مجموعه ای از اطلاعات موجود و آرمان های متفاوتی که در پیش روی مدیران واحدهای کشاورزی وجود دارد، وی را در جهت اتخاذ یک تصمیم منطقی راهنمائی کند.

در ادبیات علمی بهینه سازی، نوع مدل تصمیم گیری مناسب در چنین شرایطی به یکی از روش های چند معیاری[1]، چند هدفی[2]، اهداف متقابل[3] و چند خصلتی[4] طبقه بندی می شود. وجه مشترک تمامی این روش ها آن است که یک توافق کامل در خصوص یک هدف ویژه ساده بدست نمی آید (۱۹). در این راستا، استفاده از رهیافت برنامه ریزی ریاضی برای ارایه الگوی کشت بهینه از مزیتهای قابل توجهی برخوردار است که در مطالعات مختلف از آن استفاده شده است (۲۰ و ۲۱).

استان فارس، یکی از استان های مهم کشور در تولید محصولات کشاورزی است. در زمینه قابلیت های تولیدی، توان استان با حدود ۹ میلیون تن محصولات زراعی باغی و مقام اول تولید دراین زمینه، در بین استان های کشور در حدی است که نیاز غذائی بیش از ۱۲ درصد جمعیت کشور را تامین می کند (۲۲). با این وجود، در سطح استان فارس بهره‌برداری از آب های زیرزمینی روند صعودی داشته و برخی مناطق استان فارس شرایط بحرانی پیدا کرده است. آنچه مشخص است این است که با افزایش تمایل زارعین به توسعه کشت محصولات زراعی، تقاضا برای حفر چاه‌های جدید و استحصال شدیدتر منابع آب از چاه‌های موجود افزایش می‌یابد. این در حالی است که اولویت اقتصاد و معیشت در استان فارس اتکا به بخش کشاورزی است و بیش از ۹۵ درصد از آب در استان فارس در بخش کشاورزی مصرف می‌شود. آمارهای موجود نشان می دهد که حجم بهره برداری از آب های زیرزمینی بیش از ظرفیت ذخایر آب های زیرزمینی استان می باشد. این برداشت اضافی باعث کاهش سالانه مقدار آب تعداد زیادی از دشت های استان گردیده است (۲۳). لذا هر گونه مطالعه و تحقیقی که بتواند موجب کاهش مصرف آب و رهایی از بحران شود ضروری است. افزون بر آب که در سطح استان به طور بی‌رویه استفاده می‌شود، در سطح استان از نهاده کودشیمیایی نیز در حد بسیار بالایی استفاده می‌شود که لزوم توجه به الگوی مصرف بهینهٔ آن از اهمیت‌ویژه‌ای برخوردار است (۱۵). بخش مهمی از بهینه سازی الگوی مصرف این نهاده‌ها از طریق انتخاب سطح فعالیت های زراعی در یک الگوی کشت محصولات صورت می‌پذیرد (۲۰ و ۱۴). در مطالعهٔ جاری به بررسی جایگاه تکنیک کم آبیاری در یک الگوی مصالحه کننده بین اهداف اقتصادی و زیست محیطی در شهرستان فسای این استان پرداخته شد.

مواد و روش ها

استان فارس با وسعت ۱۲۶۴۸۹ کیلومترمربع یکی از استان های پهناور و مهم ایران محسوب می‌شود. از نظر آب و هوایی، استان فارس دارای تنوع اقلیمی گسترده‌ای است و همین تنوع آب و هوایی موجب گردیده که از نظر تولیدات و محصولات کشاورزی، دارای تنوع فراوانی باشد. استان فارس به پنج اقلیم مختلف تقسیم گردیده است (۲۴). این اقلیم‌ها عبارت از، اقلیم نیمه صحرائی خشک و گرم، اقلیم مدیترانه‌ای، اقلیم ترکیب مدیترانه‌ای و کوهستانی سرد، اقلیم صحرائی خشک و گرم و ترکیب اقلیم مدیترانه‌ای و نیمه‌صحرائی گرم می‌باشند. سه نوع اقلیم صحرائی گرم، اقلیم مدیترانه‌ای و اقلیم کوهستانی سرد، بیش از ۹۰درصد از نواحی استان فارس را تشکیل می‌دهند. از آنجا که اقلیم صحرائی گرم، بیش از سایر اقلیم ها تحت تاثیر تنش های آبی قرار می‌گیرد و کاربرد تکنیک کم آبیاری می‌توان به عنوان یک راهکار موثر در این شرایط برای مواجه به کم آبی مورد توجه قرار گیرد، شهرستان فسا در این اقلیم به عنوان منطقهٔ مورد مطالعه انتخاب گردید(۲۵).

1- Multi criteria
2- Multi objective
3- Competing objective
4- Multi attribute

همانطور که عنوان شد علاوه بر هدف سودآوری یا حصول حداکثر کردن بازدهٔ برنامه‌ای[1] اهداف دیگری همچون کاهش مصرف کود شیمیایی و کاهش مصرف آب نیز مورد نظر مطالعه جاری بودند. در این شرایط، برنامه ریزی ریاضی به عنوان یک ابزار تحقیقاتی برای تصمیم‌گیری درمورد مسایل کشاورزی گوناگونی درسطح مزرعه و بخش استفاده می شود (۲۶). در مطالعهٔ جاری با هدف تامین این اهداف در مزرعهٔ نمایندهٔ منطقهٔ مورد مطالعه در چارچوب محدودیت های حاکم بر فضای تصمیم گیری، مدل شبیه‌سازی در قالب برنامه‌ریزی ریاضی طراحی گردید. با توجه به این که اهداف مورد نظر نامتجانس هستند، لذا لازم است بگونه ای متجانس گردند. در برنامه ریزی ها و تصمیم گیری های چند هدفی می توان از منطق فازی برای همجنس کردن اهداف استفاده کرد (۲۷، ۲۸ و ۲۹). از این روش تاکنون در مطالعات و تصمیم گیری چند هدفه استفاده‌های گسترده ای شده است (۱۸، ۳۰، ۳۱ و ۳۲).

برای ارایه الگوی فازی حاوی سه هدف یاد شده و تشکیل تابع عضویت آن ها، ابتدا باید مقادیر بهینه یا آرمانی برای هر یک از اهداف انفرادی را تعیین نمود. منظور از مقدار بهینه، حداکثر بازده برنامه‌ای، حداقل مصرف آب و حداقل مصرف کود شیمیایی است. حداکثر بازده برنامه‌ای در این مدل وابسته به متغیرهای عملکرد، قیمت و هزینه های عملیاتی تولید محصولات است. در این مدل واحد بازده برنامه ای، عبارت از ریال در هکتار است. از آن جا که مهم ترین هدف مدل، بررسی جایگاه کم آبیاری در الگوی زراعی منطقهٔ مورد مطالعه است، در این مدل از توابع تولید آب و محصول[2] در مراحل مختلف تولید در مدل استفاده گردید. رابطه عملکرد و مصرف آب به صورت یکنواخت در تمام مراحل رشد گیاه از رابطهٔ زیر به دست می‌آید (۳۳):

$$\left(\frac{Ya}{Yp}\right)=\left(1-Ky\left(1-\frac{ETa}{ETp}\right)\right) \qquad (۱)$$

که در آن، Ya عملکرد واقعی، Yp عملکرد بالقوه، ETas مصرف خالص آب (تبخیر و تعرق) واقعی گیاه، ETps مصرف خالص آب (تبخیر و تعرق) گیاه و Ky ضریب حساسیت محصولات نسبت به آب است. به این ترتیب در مدل مطالعهٔ جاری به منظور اعمال کم آبیاری و تعیین استراتژی کم آبیاری برای گیاه از رابطهٔ ۱ در فضای سایر محدودیت ها و هدف های مدل استفاده شد. فرم کلی تابع هدف حداکثر کنندهٔ بازدهٔ برنامه‌ای مورد استفاده به شکل زیر است:

$$Max: Z_1=\sum_{i=1}^{n}\left(Y_iP_i-C_i-P_{Fi}F_i-P_wW_i\right)X_i \qquad (۲)$$

حداقل مصرف آب، مشروط بر تأمین سطح فعلی بازده برنامه‌ای مطابق رابطهٔ ۳ ارایه شد. حداقل مصرف کود شیمیایی نیز مشروط بر تأمین سطح فعلی بازده برنامه‌ای، سطح فعلی آب و سایر نهاده‌های در دسترس مطابق رابطه ۴ بدست آمد.

$$Min: Z_3=\sum_{i=1}^{n}W_iX_i \qquad (۳)$$

$$Min: Z_4=\sum_{i=1}^{n}F_iX_i \qquad (۴)$$

در روابط ۲ تا ۴، Y عملکرد محصول، F میزان استفاده از کود شیمیایی و W میزان آب مصرفی در یک هکتار کشت است. P قیمت واحد محصول، C هزینه‌های متغیر سایر نهاده‌ها به جز نهاده‌های کودشیمیایی و آب، P_F قیمت کودشیمیایی، P_w قیمت آب، می‌باشند. X سطح فعالیت محصول و اندیسهای i و k نیز نشان دهنده نوع محصول می‌باشند.

پس از تعیین تابع عضویت هر یک از اهداف، با استفاده از رابطه ۵، بیشینهٔ مسافت مرکب آرمانی[3] تابع عضویت اهداف یاد شده مشروط بر محدودیت های موجود تعیین گردید (۱۸):

$$Max: \lambda=\left[\sum_{j=1}^{M}w_j{\lambda_j}^{P}\right]^{\frac{1}{P}} \qquad (۵)$$

که در آن :

$$\lambda_j\le\frac{\left(Z_j^{Max}-Z_j(x)\right)}{\left(Z_j^{Max}-Z_j^{Min}\right)} \quad When \quad Z_j^{Min} is \ best \qquad (۶)$$

$$\lambda_j\ge\frac{\left(Z_j(x)-Z_j^{Min}\right)}{\left(Z_j^{Max}-Z_j^{Min}\right)} \quad When \quad Z_j^{Max} is \ best \qquad (۷)$$

در روابط فوق، w_j وزن هدف j است که وابسته به ترجیحات و دانش تصمیم گیرنده دارد. برای در نظر گرفتن دانش و

1- Gross Margin
2- Crop-Water Production Function
3-Fuzzy composite distance

ترجیحات تصمیم گیرنده، وزن هایی بر حسب اهمیت اهداف رقیب به آن ها داده می شود که این وزن ها با تبادل نظر با تصمیم گیرندگان بدست می آید (۱۸). تصمیم گیرنده باید تا جائی که ممکن است، نسبت وزنی و رابطه هر یک از توزیع کننده ها را نشان دهد. در این مطالعه، میانگین وزن هندسی برای تابع عضویت اهداف مورد استفاده بصورت زیر تعین گردید (۳۴):

$$\mu(i)=\sum_{i=1}^{M} w_j \mu_j(i) \qquad (۸)$$

مقادیر وزن اهداف باید بزرگ تر از صفر و کوچکتر از یک و جمع آنها برابر یک باشد ($1\geq w_j \geq 0$ و $\sum_{j=1}^{M} w_j = 1$) (۳۵). بر این اساس وزن اهداف بصورت زیر تعریف می‌گردد:

$$w_j = \ln(\frac{1}{\mu_j}) / \sum_{j=1}^{M} \ln(\frac{1}{\mu_j}) \qquad (۹)$$

در روابط فوق w_j تابعی معکوس از میانگین سطح اهداف نسبت به هدف j است. تابع لگاریتمی نیز بیانگر آن است که اولویت هر الگوی بهینه تابعی غیرخطی از اهداف مورد استفاده می‌باشد.

در روابط بالا همچنین، P عامل تعادلی اهداف است. این عامل به نوعی درجه جانشینی بین اهداف را مشخص می کند. در حالت P برابر ۱، بیشترین درجه جانشینی و در حالت P برابر ۳، اهداف از کمترین درجه جانشینی برخوردارند (۱۸). علاوه براین، $Z_j^{\min}$ و $Z_j^{\max}$ به ترتیب حداقل و حداکثر هدف j ام، $Z_j(x^*)$ مقدار هدف بهینه و x^* جواب بهینه است و اختلاف $Z_j^{\min}$ و $Z_j^{\max}$ را با عنوان حد تحمل تعریف می‌کنند. λ_j نیز مقدار آرمانی هدف j ام می باشد.

از جمله مهم ترین محدودیت های مزرعهٔ مورد مطالعه، زمین قابل کشت در افق های زمانی مختلف است. این محدودیت به صورت رابطهٔ زیر بیان می‌شود:

$$\sum_{i}^{n} a_{ti} X_i \leq B_t \qquad (۱۰)$$

در این رابطه، a ضریب فنی زمین مورد نیاز برای کشت محصول i در t ماه و B حداکثر زمین قابل کشت در هر ماه است. به منظور متوازن کردن عملکرد پیش بینی شده محصول i بر اساس کل آب خالص مصرفی و عملکرد پتانسیل محصولات در مدل از رابطهٔ ۱۱ استفاده شد:

$$Y_i = Yp_i\left(1-Ky_i\left(1-\frac{ETa_i}{ETp_i}\right)\right) \qquad (۱۱)$$

در این رابطه بایستی توجه که کرد که میزان آب مورد استفاده گیاه در تابع عملکرد پیش بین شده (رابطهٔ ۱۱) بایستی در محدوهٔ نیاز آبی گیاه در آبیاری کامل برای حصول عملکرد پتانسیل (ETp) و حداقل آب مورد نیاز گیاه برای ادامهٔ حیات و عدم قرار گرفتن در تنش های معنی دار آبی (ETm) قرار گیرد. این محدودیت به شکل رابطهٔ زیر در مدل لحاظ شد:

$$ETm_i \leq ETa_i \leq ETp_i \qquad (۱۲)$$

در فرآیند تامین نیاز آبی گیاهان، بخش قابل توجهی از آب به صورت فرونشت و تبخیر در مراحل انتقال، توزیع و کاربرد از دسترس گیاه خارج می‌گردد. علاوه براین در شرایط اعمال کم آبیاری، میزان آب مصرف گیاه از شرایط ابیاری کامل کمتراست. بنابراین آب مصرف شده برای آبیاری گیاهان به صورت ناخالص می‌باشد. بر این اساس، لازم است که در روابط ۱۱ و ۱۲ مصارف خالص با لحاظ راندمان کاربرد آب و درصد کم آبیاری اعمال شده مطابق رابطه زیر به مصرف ناخالص واقعی آب تبدیل گردد:

$$AW_i = \left(\frac{ETa_i}{EF_i}\right) D_i \qquad (۱۳)$$

$$D_i = \left(\frac{ETa_i}{ETp_i}\right) \qquad (۱۴)$$

در روابط ۱۳ و ۱۴، TW کل آب مصرفی، EF راندمان آبیاری و D درصد میزان آب خالص مصرفی نسبت به نیاز آبی خالص برای محصول i است. رابطه ۱۵، مجموع آب مصرفی محصولات در ماه t را بر موجودی منابع آب در آن ماه (TW)، محدود می‌نماید.

$$\sum_{i}^{n} AW_{it} X_i \leq TW_t \qquad (۱۵)$$

به منظور پاسخگوئی به نیازهای خود مصرفی محصولات مختلف توسط مزرعهٔ نماینده، رابطهٔ ۱۶ مجموع تولیدات حاصل از حل

مدل برنامه ریزی را به نیاز به تولید محصول (SC) محدود می‌کند:

$$Y_i X_i \geq SC_i \qquad (۱۶)$$

در مجموع روابط مربوط به مدل مطالعهٔ جاری، قیود و اطلاعات تکمیلی زیر نیز در نظر گرفته شده است:

$$x_i \geq 0 \qquad (۱۷)$$

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

در مطالعه جاری به دلیل غیر خطی بودن تابع مسافت مرکب آرمانی از روش برنامه ریزی غیر خطی (NLP)[1] استفاده شد. به این ترتیب، با توجه به فازی سازی اهداف مطالعه و تلاش در جهت تحقق یک آرمان کلی بر اساس حداکثر کردن مقدار تابع مسافت مرکب آرمانی آن ها، ساختار مدل تصمیم گیری به شکل یک مدل برنامه ریزی غیر خطی فازی (FNLP) که امکان بهینه‌سازی چند هدف را به طور توأم، مشروط بر محدودیت منابع فراهم می نماید طراحی گردید.

داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز این مطالعه، براساس آنچه که متضمن رسیدن به اهداف آن بود، جمع‌آوری شد. 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 (۳۶) برای محصول عمدهٔ 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 به روش نمونه‌گیری خوشه‌ای چندمرحله‌ای طبقه‌بندی شده[2] در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و با استفاده از ابزار پرسشنامه، به روش مصاحبهٔ حضوری با بهره‌برداران وارد شده در جمعیت نمونهٔ مناطق مورد مطالعه، جمع آوری شد.

۳- **نیاز آبی و راندمان مصرف آب برای محصولات مختلف:** مبنای لحاظ این اطلاعات در الگوهای در نظر گفته شده، مطالعه علیزاده و کمالی (۳۷) در مناطق مورد مطالعه و سند ملی آب کشور قرار داده شد.

۴- **ضرائب حساسیت گیاهان نسبت به آب (Ky):** با توجه به این که این ضرائب در تحقیقات منطقه‌ای صورت گرفته تاکنون محاسبه نگردیده‌اند، اطلاعات مورد نظر در این خصوص از نتایج تحقیقات دورنباس و کاساسم (۳۳) که قابل تعمیم به مناطق مختلف می‌باشد، به دست آمد.

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

۶- **وزن نسبی اهداف:** در مطالعه جاری ترجیحات تصمیم‌گیرندگان در خصوص وزن نسبی هر یک از اهداف براساس مطالعات میدانی به روش نمونه‌گیری در سال زراعی ۸۷-۱۳۸۶ و با استفاده از ابزار پرسشنامه، به روش مصاحبهٔ حضوری، جمع آوری شد.

با استفاده از اطلاعات جمع آوری شده، الگوریتم های لازم برای رسیدن به نتایج الگوی این مطالعه در بسته نرم افزاری GAMS نوشته شد (۳۸) به دلیل غیر خطی بودن بعضی از روابط در مدل های مورد استفاده، روش برنامه ریزی غیر خطی (NLP)[3] برای حل متغیرهای تصمیم شامل میزان آب مورد، عملکرد و سطح زیر کشت محصولات انتخاب شده در الگو استفاده شد. این مدل به شیوهٔ CONOPT برای راهبرد تامین ۱۰۰ درصد موجودی آب مزرعهٔ نماینده و با یک مرتبه اجرای نهائی، حل گردید.

نتایج و بحث

سطح زیر کشت کل محصولات زراعی شهرستان فسا در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ برابر ۳۷۳۶۴ هکتار می‌باشد که از این میان، ۳۷۲۴۴ هکتار به صورت آبی و ۱۲۰ هکتار به صورت دیم کشت

1- Nonlinear Programming
2- Stratified Multi Stage Cluster Sampling
3- Nonlinear Programming

می‌گردند. 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 می‌باشند. با این وجود از کل سطح زیر کشت اراضی آبی که در حدود ۹۹/۷ درصد از اراضی کشت شده این شهرستان را شامل می‌شوند، ۹۷/۱۵ درصد در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ به کشت ۵ محصول گندم، جو، پنبه، ذرت و گوجه فرنگی اختصاص یافته است (جدول ۱).

جدول ۱ – سطح زیرکشت، عملکرد و فراوانی سطح محصولات زراعی شهرستان فسا

Table 1. Acreage, performance and frequency of crop area in city of Fasa

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	۵۰/۶۷
ذرت دانه ای	۱۰۱۵۳	۹۰۵۴	۲۶/۲۷	۷۶/۹۴
گوجه فرنگی	۸۹۱	۵۶۸۱۴	۲/۳۹	۹۷/۱۵
سایر محصولات	۱۰۶۲	-	۲/۸۵	۱۰۰/۰۰
جمع کل	۳۷۲۴۴		۱۰۰	

با توجه به اطلاعات جدول ۱، فعالیت مزرعهٔ نمایندهٔ مطالعهٔ جاری بایستی در برگیرندهٔ محصولات عمدهٔ کشت شده در منطقه بود. 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 حداکثر موجودی زمین قابل برنامه‌ریزی در نظر گرفته شد و سهم هریک از محصولات به صورت درصدی از این موجودی محاسبه شد. از آنجا که فعالیت کشت محصول 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 ارایه شده برای متغیر تصمیم سطح زیر کشت در الگوهای زراعی پیشنهادی نیز به درصد بیان می‌شود. اطلاعات الگوی کشت جاری برای مزرعهٔ نمایندهٔ در نظر گرفته شده در محدودهٔ مطالعاتی در جدول ۲ مشاهده می‌شود. بر اساس این جدول، تراکم کشت در مزرعهٔ نماینده برابر ۱۳۹ درصد بوده که ۱۰۰ درصد آن به کشت چهار محصول گندم، جو، پنبه و گوجه فرنگی و ۳۹ درصد آن به کشت ذرت اختصاص داده شده است. با در نظر گرفتن موجودی زمین معادل ۱ هکتار برای مزرعهٔ 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 محصولات در جدول، به دست آمد.

جدول ۲ – الگوی کشت و درآمد خالص مزرعهٔ نماینده در وضعیت جاری

Table 2. Cropping patterns and farm net income in the current state representative

محصول	گندم	جو	پنبه	ذرت	گوجه فرنگی	کل
سطح زیر کشت (درصد)	۸۸	۶	۳	۳۹	۳	۱۳۹
عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	۵۱۱۹	۲۹۹۲	۳۴۳۵	۹۰۵۴	۵۶۸۱۴	-
تولید (کیلوگرم)	۴۵۱۸	۱۷۴	۸۶	۳۵۳۲	۱۹۴۵	۱۰۲۵۴

قیمت (ریال در کیلوگرم)	۲۸۸۱	۱۹۶۴	۶۹۲۷	۲۲۰۹	۱۰۲۶	-
هزینه (ریال در هکتار)	۵۲۹۱۵۴۰	۴۴۴۹۴۰۰	۱۳۵۱۰۴۴۰	۱۰۰۳۸۴۹۰	۴۰۶۸۴۳۳۰	-
درآمد ناخالص در الگو(۱۰۰۰ ریال در هکتار)	۱۳۰۱۴	۳۴۲	۵۹۷	۷۸۰۱	۱۹۹۶	۲۳۷۴۹
هزینه در الگو (۱۰۰۰ ریال در هکتار)	۴۶۷۰	۲۵۹	۳۳۹	۳۹۱۶	۱۳۹۳	۱۰۵۷۶
بازدهٔ برنامه‌ای در الگو (۱۰۰۰ ریال در هکتار)	۸۳۴۴	۸۳	۲۵۸	۳۸۸۵	۶۰۳	۱۳۱۷۳
کود شیمیایی مصرفی (کیلوگرم در هکتار)	۵۸۳	۳۱۲	۵۵۱	۷۳۳	۸۶۰	۸۶۲
آب نا خالص مصرفی (مترمکعب در هکتار)	۱۱۴۱۱	۹۷۶۱	۳۱۶۵۸	۲۶۴۶۵	۲۶۹۴۴	۲۲۶۷۸

جدول ۳، اطلاعات مربوط به مصرف آب برای مزرعه نماینده را نشان می‌دهد. براساس این جدول، کشاورز نماینده با اعمال کم آبیاری برای محصولات مختلف و داشتن راندمان کاربرد آب معادل ۴۶ درصد، سعی در حداکثر کردن استفاده از ۲۲۶۷۸ مترمکعب آب در دسترس برای یک هکتار موجودی زمین الگو دارد. اطلاعات این جدول نشان می‌دهد که محصولات در نظر گرفته شده در الگو، قابلیت افزایش عملکرد تا سطح عملکرد پتانسیل با فرض ثابت بودن سایر شرایط و تامین نیاز آبی کامل گیاهان را دارا می‌باشند.

جدول ۳ – اطلاعات مربوط به تابع عمکرد محصول نسبت به آب و مصرف آب در الگوی کشت جاری

Table 3. Information of product performance function based on water and water consumption in the current cropping pattern

محصول	شاخص	گندم	جو	پنبه	ذرت	گوجه فرنگی
عملکرد پتانسیل (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 پتانسل (متر مکعب در هکتار)	Etp	۷۸۴۰	۵۹۲۰	۲۰۰۱۰	۱۲۹۷۰	۱۵۱۲۰
آب مصرفی در عملکرد واقعی (مترمکعب در هکتار)	Eta	۵۲۴۹	۴۴۹۰	۱۴۵۶۳	۱۲۱۷۴	۱۲۳۹۴
راندمان کاربرد آب (درصد)	E	۴۶	۴۶	۴۶	۴۶	۴۶
کم آبیاری نسبت به سطح آبیاری کامل (درصد)	D	۶۷	۷۶	۷۳	۹۴	۸۲

به منظور تامین اهداف مطالعه جاری، قبل از اجرای الگوهای برنامه ریزی لازم بود، وزن هر یک از اهداف در نظر گرفته شده مشخص گردد. این وزن پس از جمع آوری اطلاعات مورد نیاز براساس روش تحقیق ارایه شده، صورت پذیرفت. جدول ۴، وزن محاسبه شده برای هریک از اهداف در نظر گرفته شده را نشان می‌دهد. پس از مشخص شدن وزن اهداف، الگوهای برنامه ریزی تامین کنندهٔ اهداف مختلف اجرا شد که نتایج آن ارایه شده است.

جدول ۴- وزن اهداف در نظر گرفته شده در مدل برنامه ریزی

Table 4. Intended purposes weight in planning

اهداف	وزن اهداف
حداکثر بازده برنامه ای	۰/۵۰
حداقل مصرف آب	۰/۴۰
حداقل مصرف کود شیمیایی	۰/۱۰

جدول ۵، نتایج حاصل از اجرای الگوهای برنامه ریزی با اهداف متفاوت در شهرستان فسا را در مقایسه با الگوی جاری نشان می‌دهد. براساس این جدول، در الگوی جاری کشت محصولات

این شهرستان، دو محصول گندم و ذرت به ترتیب در کشت های اول و دوم سال زراعی، بیشترین سهم را در ترکیب کشت محصولات مختلف دارا می‌باشند. با نگاهی به ترکیب کشت در الگوهای مختلف می‌توان دریافت که در تمامی این الگوها، سهم حداکثری این دو محصول در الگو همچنان حفظ شده است. در عین حال درصد سطح زیر کشت تمامی محصولات نسبت به وضع جاری کاهش پیدا کرده است، به گونه‌ای که تراکم کشت در الگوی حداقل کنندهٔ مصرف کود شیمیایی به حدود ۸۳ رسیده که نسبت به تراکم جاری حدود ۵۶ درصد کاهش داشته است.

جدول ۵- الگوی کشت مدل های مختلف در نظر گرفته شده در شهرستان فسا (واحد: درصد)

Table 5. cropping pattern of different models intended in the city of Fasa (Unit: Percentage)

نام محصول	هدف الگو				
	جاری	حداکثر بازده برنامه‌ای	حداقل کننده مصرف آب	حداقل کنندهٔ مصرف کود شیمیایی	مصالحهٔ اهداف
گندم	۸۸/۲۶	۵۹/۰۹	۵۹/۰۹	۵۵/۵۹	۵۹/۰۹
جو	۵/۸۱	۳/۷۱	۲/۹۱	۲/۹۱	۲/۹۱
پنبه	۲/۵۱	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵	۱/۲۵
ذرت	۳۹/۰۱	۳۶/۷۶	۱۹/۵۰	۱۹/۵۰	۸۳/۳۶
گوجه فرنگی	۳/۴۲	۳/۲۸	۱/۹۶	۳/۳۳	۳/۶۲
جمع	۱۳۹/۰۱	۱۰۴/ ۱۰	۸۴/۷۲	۸۲/۵۹	۱۰۳/۷۰

از آن جا که امکان تامین تمامی اهداف که گاهاً به صورت متضاد ظاهر می‌شوند، وجود ندارد، با اجرای الگوی مصالحه‌ای پیش گفته سعی شد تا به تامین آرمانی این اهداف در شهرستان فسا بر اساس وزن در نظر گرفته شده برای آن ها و امکان جانشینی آن ها در الگو پرداخته شود. جدول ۶، تاثیر اجرای الگوهای برنامه ریزی با اهداف متفاوت بر شاخص های در نظر گرفته شده در مطالعهٔ جاری را نشان می‌دهد. در این جدول فاصلهٔ شاخص ها تا آرمان در نظر گرفته شده و حدبحرانی آن ارایه شده است. از آن جا که حدبحرانی تمامی آرمان های در نظر گرفته شده، الگوی جاری کشت محصولات فرض شده است، در این جدول، تابع مسافت مرکب آرمانی در الگوی جاری برابر صفر می‌باشد. این در حالی است که در الگوی برنامه‌ریزی حداکثر کنندهٔ بازدهٔ برنامه‌ای هر چند که ۱۰۰ درصد آرمان دستیابی به بیشترین بازدهٔ برنامه‌ای تامین شده، ولی فاصلهٔ آن در پایین‌ترین حد رسیدن به آرمان حداقل ساختن مصرف آب و در حد میانهٔ بحرانی آرمان حداقل سازی مصرف کود شیمیایی قرار دارد. این عوامل باعث شده که مسافت مرکب آرمانی این الگو نسبت به الگوی جاری با شرایط بحرانی، ۵۶/۷۰ درصد ارتقاء یابد.

در الگوی حداقل کنندهٔ مصرف آب، رسیدن به آرمان های کاهش مصرف آب و کودشیمیایی تحقق یافته است، ولی آرمان حداکثر ساختن بازدهٔ برنامه‌ای بدست نیامده و این، آرمان در حد بحرانی ثابت مانده است. مجموعهٔ فواصل مذکور تا حد آرمانی مورد نظر باعث شده که فاصلهٔ مرکب آرمانی، ۴۹/۷۵ درصد نسبت به مقدار بحرانی آن بهبود یابد که از فاصلهٔ الگوی حداکثر بازدهٔ برنامه‌ای کمتر است.

الگوی دیگری که نتایج آن در جدول ۶ ارایه شده است، الگوی حداقل کنندهٔ مصرف کود شیمیایی است. مشاهدهٔ نتایج به دست آمده برای این الگو حکایت از آن دارد که شاخص های به دست آمده برای آن تقریباً نزدیک به الگوی حداقل کنندهٔ مصرف آب است. بنابراین مسافت مرکب آرمانی برای این الگوها نیز برابر ۴۹/۱۰ درصد است.

جدول ۶- تاثیر الگوی کشت بر شاخص های مختلف در شهرستان فسا

Tale 6. The effects of culture on various indices in the city of Fasa

شرح	هدف الگو				
	جاری	حداکثر بازده برنامه‌ای	حداقل کننده مصرف آب	حداقل کنندهٔ مصرف کودشیمیایی	مصالحهٔ اهداف
سطح شاخص در الگو					
بازدهٔ برنامه‌ای (ریال در هکتار)	۱۳۱۷۲۵۹۰	۱۵۷۸۸۲۷۸	۱۳۱۷۲۵۹۰	۱۳۱۷۲۵۹۰	۱۵۷۷۱۵۵۸
مصرف آب (مترمکعب در هکتار)	۱۰۴۳۲	۱۰۳۶۸	۷۷۵۵	۷۸۱۵	۱۰۳۰۵
کودشیمیایی (کیلوگرم در هکتار)	۸۶۲	۶۶۱	۵۲۰	۵۱۲	۶۶۲
فاصله تا حد بحرانی					
حداکثر بازده برنامه‌ای (ریال)	۰	۲۶۱۵۶۸۸	۰	۰	۲،۵۹۸۹۶۸
حداقل مصرف آب (متر مکعب)	۰	۶۴	۲۶۷۷	۲۶۱۷	۱۲۷
حداقل مصرف کود شیمیایی (کیلوگرم)	۰	۲۰۱	۳۴۲	۳۵۰	۲۰۰
تامین سطح آرمانی هدف (درصد)					
حداکثر بازده برنامه‌ای (ریال)	۰	۱۰۰	۰/۰	۰/۰۰	۹۹/۳۶
حداقل مصرف آب (متر مکعب)	۰	۲/۴۰	۱۰۰/۰۰	۹۷/۷۵	۴/۷۴
حداقل مصرف کود شیمیایی (کیلوگرم)	۰	۵۷/۴۵	۹۷/۵۵	۱۰۰/۰۰	۵۷/۲۰
مسافت مرکب آرمانی	۰	۵۶/۷۰	۴۹/۷۵	۴۹/۱۰	۵۷/۳۰

آنچه که از بررسی نتایج این الگوها می‌توان دریافت آن است که هر چند در الگوهای با هدف واحد بخشی از آرمان در نظر گرفته شده تحقق یافته است، ولی از سطوح آرمانی سایر اهداف که با هدف مورد نظر در تضاد بوده اند، فاصله بوجود آمده است. مقایسهٔ این الگوها نشان می‌دهد که تامین هدف حداقل مصرف آب و بازدهٔ برنامه‌ای در تناقض و با حداقل مصرف کود شیمیایی تا حدودی هم جهت هستند. در این خصوص نیاز به الگویی که بتواند حداکثر مصالحهٔ بین اهداف را با در نظر گرفتن وزنی که تصمیم‌گیرندگان برای آن ها قایل شده‌اند، در برداشته باشد دیده می‌شود. الگوی مصالحه کنندهٔ اهداف در پاسخ به این نیاز در شهرستان فسا اجرا شد. نتایج این الگو نشان می‌دهد که با اجرای آن در حدود ۹۹ درصد از آرمان بازدهٔ برنامهٔ ای، ۵ درصد از آرمان حداقل مصرف آب و ۵۷ درصد از آرمان حداقل مصرف کود شیمیایی تامین می‌شود که که بر اساس آن مجموعهٔ فواصل آرمانی باعث شده که فاصلهٔ مرکب آرمانی نسبت به شرایط موجود، ۵۷/۳۰ درصد ارتقاء یابد که نسبت به سایر الگوهای در نظر گرفته شده در وضعیت مناسب تری قرار دارد. بنابراین این الگو را می‌توان به عنوان بهترین الگوی مصالحه کنندهٔ بین اهداف در نظر گرفت.

به منظور بررسی جایگاه کم آبیاری در تامین اهداف یاد شده به مقایسهٔ نتایج جداول قبل پرداخته شد. در این شرایط الگوی برنامه‌ریزی کاهش سطح محصولات گندم، جو، ذرت و پنبه و افزایش سطح گوجه فرنگی را به عنوان الگوی مصالحه‌ای در نظر گرفته است. این تغییرات در نهایت تراکم کشت را در حدود ۳۵ درصد کاهش داده است. با وجود کاهش تراکم کشت، نتایج جدول ۶ نشان می‌دهد که در حدود ۹۹ درصد از سطح آرمانی هدف حداکثر شدن بازدهٔ برنامه‌ای در این الگو تامین شده است. با مقایسهٔ نتایج جدول ۳ با نتایج به دست آمده از اطلاعات مربوط به اعمال کم آبیاری در الگوی مصالحه کنندهٔ اهداف در جدول ۷، نتیجه می‌گیریم که الگوی مصالحه‌ای کاهش سطح محصولات را با حذف کم آبیاری و انجام آبیاری کامل برای محصولات گندم، جو، ذرت و گوجه فرنگی و در نتیجه رساندن الگو به عملکرد پتانسیل این محصولات جبران کرده است. ولی برای محصول پنبه همچنان بایستی به رعایت کم آبیاری

پرداخت. حاصل این عمل افزایش حدود ۲۰ درصد در درآمد خالص مزرعهٔ نماینده توام با کاهش ۳۵ درصدی در تراکم کشت محصولات به دلیل شرایط وجود محدودیت آب برای مدل بوده است.

جدول ۷ – اطلاعات مربوط به اعمال کم آبیاری در الگوی مصالحه‌کنندهٔ اهداف در مزرعهٔ نماینده

Tale 7. Information on deficit irrigation in goals pattern representative in field

محصول	گندم	جو	پنبه	ذرت	گوجه فرنگی
عملکرد واقعی (کیلوگرم)	۷۸۰۰	۴۰۰۰	۳۳۲۳	۹۸۰۰	۷۰۰۰۰
آب مصرفی در عملکرد واقعی (مترمکعب در هکتار)	۷۸۴۰	۵۹۲۰	۱۴۰۰۷	۱۲۹۷۰	۱۵۱۲۰
کم آبیاری نسبت به سطح آبیاری کامل (درصد)	۱۰۰	۱۰۰	۷۰	۱۰۰	۱۰۰

جدول ۸، نتایج حاصل از اجرای الگوی پیشنهادی در کل شهرستان را نشان می‌دهد. براساس نتایج این جدول با اجرای این الگو در حدود ۹۴ میلیارد ریال به درآمد کل منطقه اضافه خواهد شد. این در حالی است که پیامدهای مثبت زیست محیطی همچون کاهش مصرف حدود ۴/۶ میلیون مترمکعب آب و همچنین کاهشی در حدود ۷۲۴۶ تن در مصرف کود شیمیایی از نتایج دیگر اجرای این الگو خواهد بود.

جدول ۸- تاثیر اجرای الگوی مصالحه‌ای در کل شهرستان

Table 8. The Effect of Implementing Component Model in City total

شرح متغیر	مزرعهٔ نماینده	کل شهرستان
سطح زیر کشت (هکتار)	۱	۳۶۱۸۲
افزایش بازده برنامه‌ای (ریال)	۲۵۹۸۹۶۸	۹۴۰۳۵۸۷۱۳۷۹
کاهش مصرف آب (متر مکعب)	۱۲۷	۴۵۹۵۰۹۰
کاهش مصرف کود شیمیایی (کیلوگرم)	۲۰۰	۷۲۴۵۸۴۷

نتیجه گیری و پیشنهادات

با در نظر گرفتن برآیند نتایج و اختصاص وزن مربوطه به هر یک از اهداف از سوی مدیران واحدهای کشاورزی که در قالب تابع مسافت مرکب آرمانی نمایان می‌شود، می‌توان گفت که الگوی مصالحه کنندهٔ اهداف نسبت به الگوی جاری و حتی الگوهای تک هدفه در تامین کلی سطوح آرمانی اهداف چندگانه در نظر گرفته شده برتری دارد. بنابراین، از مقایسهٔ الگوی زراعی جاری و مصالحه کنندهٔ اهداف تصمیم گیرنده در شرایط تامین آب برابر، می‌توان نتیجه گرفت که کشاورزان مزرعهٔ نماینده در شهرستان فسا در انتخاب الگوی زراعی، ناکارا عمل می‌نمایند. این مقایسه همچنین نشان می‌دهد که تصور کشاورزان بر استفاده از حداکثر زمین قابل کشت برای افزایش درآمد و اعمال کم آبیاری برای تمامی محصولات به دلیل محدودیت موجودی آب اشتباه است. بلکه با اعمال آبیاری کامل و کاهش سطح زیر کشت برای رعایت محدودیت موجودی آب، امکان افزایش درآمد برای مزرعهٔ نماینده وجود دارد. این نتیجه با نتایج بسیاری از مطالعات که کم آبیاری را به صورت تک محصولی و فارغ از فضای محدودیت آب حاکم و الگوی بهینهٔ کشت در نظر گرفته‌اند، متفاوت است. علاوه براین، هر چند که افزایش بازدهٔ برنامه‌ای با کاهش مصرف آب و تا حدودی با کاهش مصرف کود شیمیایی در تناقض می باشد، به گونه‌ای که اجرای الگوی مصالحه‌ای تاثیر محدودی بر کاهش مصرف آب گذاشته است، ولی تعمیم نتایج از مزرعهٔ نماینده به کل شهرستان مور مطالعه نشان دهندهٔ تاثیر قابل توجهی بر افزایش بازدهٔ برنامه‌ای، کاهش مصرف آب و کود شیمیایی است.

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه توصیه می‌شود که به منظور افزایش درآمد کشاورزان و کاهش نتایج منفی زیست محیطی حاصل از کشت محصولات در شهرستان فسا، الگوی کشت پیشنهادی در راستای مصالحهٔ بین اهداف تصمیم گیرنده در منطقهٔ مورد مطالعه به اجرا گذاشته شود. از آن جا که اجرای این الگو با طرز نگرش کنونی کشاورزان نسبت به مدیریت آب مصرفی در دسترس در سطح کل اراضی تحت تملکشان، متفاوت است، پیشنهاد می شود که اقدامات ترویجی لازم در این خصوص صورت گیرد. اساس این اقدامات بر پایهٔ آن است که به کشاورزان اطمینان داده شود که به زیرکشت بردن کامل زمین زراعی تحت تملکشان با آب محدودی که در اختیار دارند لزوماً به معنی حداکثر شدن بازدهٔ برنامه‌ای آن ها نیست. بلکه با اعمال برنامهٔ مصالحه‌ای یاد شده و کاهش تراکم کشت محصولات می‌توان به بازدهٔ برنامه‌ای بیشتری دست یافت. در این خصوص بایستی با حذف کم آبیاری و انجام آبیاری کامل برای محصولات گندم، جو، ذرت و گوجه فرنگی و در نتیجه رساندن الگو به عملکرد پتانسیل این محصولات و رعایت کم آبیاری برای محصول پنبه تا سطح ۷۰ درصد آبیاری کامل به این نتایج رسید.

منابع

1. Engi, M. and S.N. Raja (1996). Review perspective on deficit irrigation. Agricultural Water Management, 32: 1-14.
2. Zhang, X. and Pci, D. 1999. Management of supplemeatal 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. KJ.wer Academic Pub. Dordrecht. The Netherlands. 57-65.
3. Salemi, h. and Efioni, D, (2005). Effect of irrigation treatments on yield and yield components of new wheat cultivars. Agriculture Sciences and Natural Resources, 12 (3): 20-11.(In Persian)
4. Tavakoli, A. (2002). Effects of irrigation and nitrogen on yield and yield components of wheat. Scientific Journal of Agriculture, 26 (2): 75-87. . (In Persian)
5. Jalilian, A., Shirvani, A. , Nehmati, Aand Basati (2000). Study of the effects of irrigation on sugar beet production and economy in Kermanshah region. Beet sugar magazine, 17 (1): 1-14. (In Persian)
6. Arab Zadeh, B. and Tavakoli,a,. T. (2005). Selection of Irrigation Management Adjusted in Rice Cultivation. Agriculture Sciences and Natural Resources, 12 (4): 11-20. (In Persian)
7. Ansasri, H., and. Mirlotfi, M, Farshi, A., (2006). Effect of irrigation on yield and water use efficiency of early maize. Soil and Water Sciences, 20 (2): 338-348. (In Persian)
8. Esmaili, M, Golchin, A. (2005). Economic analysis of irrigation and its effect on grain yield and oil content of two sunflower cultivars. Agricultural Knowledge, 15 (1): 121-135. (In Persian).
9. Tavakoli, A. (2006). Estimation of Wheat Production Function and Optimization of Irrigation and Nitrogen. Research and Development, 19 (2): 25-33. (In Persian)
10. De Koeijer, T.J., Wossink, G.A.A., Smitc, A.B., Janssens, S.R.M., Renkema J.A. and Struike. P.C. (2003). Assessment of the quality of farmers' environmental management and its effects on resource use

efficiency: a Dutch case study. Agricultural System, 78: 85-103.

11. Almasri, M. N and J. J. Kaluarachchi (2005). Multi-criteria decision analysis for the optimal management of nitrate contamination of aquifers. Journal of Environmental Management 74: 365-81.
12. Torkamani, J., 1996. Decision criteria in risk analysis: An application of stochastic dominance with respect to a function. Iran Agricultural Research, 15, pp. 1-18. (In Persian)
13. Latinopoulos, D. and Mylopoulos, Y. (2005). Optimal allocation of land and water resources in irrigated agriculture by means of Goal Programming: Application in Loudias River basin, Global Nest Journal, 7:264-273.
14. Bartolini, F., Bazzani, G.M., Gallerani, V., Raggi, M. And Viaggi, D. (2007). The impact of water and agriculture policy scenarios on irrigated farming systems in Italy: An analysis based on farm level multi-attribute linear programming models, Agricultural System, 93: 90-114.
15. Karimzadgan, H, Gilanpour, A and S. U Mir Hosseini (2006). The effect of fertilizer subsidies on its unhealthy consumption in wheat production. Quarterly journal of Agricultural Economics and Development, (55): 133-121. (In Persian)
16. Baba Akbari Sari, M. And c. Malekoti, (2007). Effect of Soil texture on increasing agronomic efficiency and percent recovery of nitrogen fertilizers in wheat. Proceedings of the 10th Iranian Soil Science Congress, Karaj. (In Persian)
17. Dwyer, G., Douglas, R., Peterson, D. and Chong, J. (2006), Irrigation externalities: pricing and charges, Staff Working Paper
18. Barnes, E.M. And D. Jones (2000). Fuzzy composite programming to combine remote sensing and crop models for decision support in precision crop management. Agricultural System, 65: 137-158.
19. Kumar, B. (1995). Trade-off between Return and Risk in Farm Planning: MOTAD and Target MOTAD Approach, Indian Journal of Agricultural Economics, 50: 193-199.
20. Berbel, J. and Gomez-Limon, J.A. (2000). The impact of water-pricing policy in Spain: An analysis of three irrigated areas, Agricultural Water Management, 43: 219-238.
21. Brooke, A., D. Kendrick and A. Meeraus. (1988). GAMS: A Users's Guide. The Scientific Press.
22. Binam, A, (2005). National Development Plan of Fars Province in the Fourth Five-Year Development Plan, Institute for Agricultural Research Planning and Economics. Tehran. (In Persian)
23. Binam, A, (2002). National Development Plan of Fars Province in the Fourth Five-Year Development Plan, Institute for Agricultural Research Planning and Economics. Tehran. (In Pertian)
24. Binam, A, (2007). Development Plan of Fars Province in the Fourth Five-Year Development Plan, Institute for Agricultural Research Planning and Economics. Tehran. (In Pertian).
25. Binam,A, (2008). Agriculture Ministry of Agricultural Jihad, Website: WWW.Agri-Jahad.ir. (In Persian)

26. Hazell, P.B.R. and R.D. Norton. 1986. Mathematical programming for economic analysis in agriculture. McMillan. New York.
27. Asadpour, A. (2005). The Theory and Application of Fuzzy Planning Model in Crop Production. Quarterly journal of Agricultural Economics and Development, Special Issue on Productivity and Efficiency. (In Persian)
28. Hannan, E.L. (1981). On Fuzzy goal programming. Decision Science, 12 (3): 522-531.
29. Narasimhan, R. (1980). Goal programming in a Fuzzy environment. Decision Science, 11: 325-336.
30. Bender, M.J and S.P. Simonovic (2000). A fuzzy compromise approach to water resource systems planning under uncertainty. Fuzzy Sets and Systems, 115: 35-44.
31. Ghosh, S. and P.P. Mujumdar (2006). Risk minimization in water quality control problems of river system. Advances in water Resources, 29 : 458-470.
32. Maqsood, I., G.H. Huang and J. Scott Yeomans (2005). An interval-parmeter fuzzy two-stage stochastic program for water resources management under uncertainty. Euopean Journal of Operational Research, 167: 208-225.
33. Doorenbos, J. And A.H. Kassam. 1979. Yield response to water. FAO Irrig. And Drain Paper No. 33, FAO, Rome, Italy.
34. Maqsood, I., G.H. Huang and J. Scott Yeomans (2005). An interval-parmeter fuzzy two-stage stochastic program for water resources management under uncertainty. Euopean Journal of Operational Research, 167: 208-225.
35. Narasimhan, R. (1980). Goal programming in a Fuzzy environment. Decision Science, 11: 325-336.
36. Ten Berge, H.F.M.. Van Ittersum, M.K., Rossing W.A.H., Van de Ven G.W.J., Schans J. and P.A.C.M. Van de Sanden (2000). Farming options for The Netherlands explored by multi-objective modeling. European Journal of Agronomy 13: 263–277
37. Alizadeh, A. And gh Kamali (1386). Water requirement of plants in Iran. Imam Reza University. Mashhad. (In Persian)
38. Suresh, K. R. and Mujumdar, P. P. (2004). A fuzzy risk approach for performance evaluation of an irrigation reservoir system. Agricultural Water Management, 69: 159-177.