

استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی فازی در تخصیص بهینه‌ی آب

مرتضی مولایی^۱، جواد حسین‌زاد فیروزی^۲

۱- استادیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه ارومیه، Morteza.Molaei@gmail.com

۲- استادیار اقتصاد کشاورزی دانشگاه تبریز

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۶/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۴/۹

چکیده

نحوه‌ی دستیابی به هدف‌هایی چون رشد اقتصادی، امنیت غذایی و پایداری منابع کمیاب از جمله آب بیش از پیش به بهره‌برداری صحیح از آن منابع بستگی دارد. ویژگی‌های اقلیمی کشور ما، اتلاف زیاد آب در مصارف مختلف مخصوصاً راندمان پایین آن در بخش کشاورزی، عدم تمایل بخش خصوصی به سرمایه‌گذاری در توسعه‌ی منابع آبی و الگوی نامناسب کشت محصولات از یک طرف و کمیابی منابع آبی از سوی دیگر باعث شده است که تخصیص بهینه‌ی آب مورد توجه و اهمیت ویژه‌ای واقع شود. بر این اساس، هدف از این مطالعه برآورد ارزش واقعی (قیمت سایه‌ای) آب و تعیین الگوی کشت بهینه محصولات با در نظر گرفتن استفاده کارا تر از آب می‌باشد. برای این منظور از الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی استفاده شده و نتایج آن با الگوی برنامه‌ریزی خطی مقایسه شده است. نتایج برآوردها و محاسبات در اراضی تحت پوشش سد علویان نشان می‌دهد که قیمت واقعی آب با استفاده از هر دو الگو یکسان و برابر ۱۹۸ ریال به ازای هر متر مکعب می‌باشد ولی سود حاصل از هر واحد آب مصرف شده در الگوی فازی به مراتب بیشتر الگوی قطعی است.

واژه‌های کلیدی: تخصیص بهینه، آب، الگوهای برنامه‌ریزی خطی فازی، سد علویان

مقدمه

همچنین در ایران، درصد تولیدات غذایی از اراضی آبی ۸۹ درصد و از اراضی دیم ۱۱ درصد است. در صورتی که در دنیا تولیدات غذایی از اراضی آبی ۴۰ درصد و از اراضی دیم ۶۰ درصد است (۵). سهم ایران از کل منابع آب شیرین ۰/۰۲ درصد است و سهم سرانه‌ی سالیانه‌ی آب ایران ۶۲۰۳ میلیمتر در سال ۱۳۳۴ و ۲۰۲۵ میلیمتر در سال ۶۹ بوده است که در سال ۱۴۰۴، ۸۱۶ میلیمتر خواهد بود (۵). با توجه به مرز سرانه بحرانی آب در دنیا، ایران کمتر از هزار میلیمتر در حال حاضر در مرز بحران قرار دارد. در سال ۱۳۸۰ بیش از ۳۰ میلیارد مترمکعب آب در سدها تنظیم و ذخیره و نزدیک به ۵۰ میلیارد مترمکعب از منابع زیرزمینی آب برداشته شده است (۱۰). حدود ۹۳ درصد در بخش کشاورزی که فقط ۳۰ درصد راندمان دارد و ۶ درصد در بخش شرب و بهداشت و یک درصد در بخش صنعت

در سال‌های اخیر مدیریت منابع آب در فرآیند توسعه کشور ابعاد گسترده و پردامنه‌ای پیدا کرده است و نحوه‌ی تامین هدف‌هایی چون رشد اقتصادی، امنیت غذایی، اعتدالی سلامت جامعه و تامین نیازهای پایه و اساسی انسان، پایداری منابع آب و دیگر منابع پایه و حفظ محیط‌زیست بیش از پیش به اداره و بهره‌برداری صحیح از منابع آب بستگی پیدا کرده است. اهمیت توجه به این ارتباطات به حدی رسیده که مفاهیم نو و دریافت‌های جدیدی در حوزه و مدیریت منابع آب پدیدار شده است.

کشور ایران با حدود ۷/۳ میلیون هکتار کشت آبی بعد از کشورهای هند، چین، امریکا و پاکستان دارای بیشترین مساحت زیرکشت آبی در جهان می‌باشد (۱۰). در کشور ما ۵۹ درصد از اراضی، نیاز به آبیاری داشته که در دنیا این رقم ۱۶ درصد است.

مصرف می شود که ۶۱ درصد آب مصرفی در بخش کشاورزی از منابع آب زیرزمینی است و این مسئله با توجه به وجود بحران در سفره های آب زیر زمینی، پیامدهای تخریبی جبران ناپذیری به همراه دارد (۵). بخش آب با مسائل و مشکلاتی از جمله نارسایی در نحوه ی تطبیق و تعادل عرضه و تقاضای آب، قیمت ناچیز آب کشاورزی، تلفات آب هنگام آبرسانی، ناکارآمدی نظام تخصیص، کمبود منابع مالی، مشکلات آلودگی و زیست محیطی، مشارکت بخش خصوصی و نحوه ی تقسیم وظایف میان این بخش و بخش عمومی و همچنین الگوی کشت نامناسب روبروست که توسعه و بهره برداری از منابع آب را با چالش های جدی مواجه کرده است (۱۰).

افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش تقاضا برای تامین نیازهای شرب، بهداشتی، کشاورزی و نیاز صنایع به این ماده ی حیاتی و نیز توجه به محدودیت آن باعث شده است تخصیص بهینه ی آب بین این بخش ها مورد توجه واقع شود و باید آب بیشتر به کاربردی اختصاص داده شود که بیشترین نیاز برای آن وجود دارد و بالاترین ارزش افزوده را ایجاد می کند.

با توجه به محدودیت منابع آب و نیز راندمان پایین آب در بخش کشاورزی لزوم تخصیص بهینه ی آب در این بخش نیز ضروری به نظر می رسد. کمبود آب در دشتهای خشک و گرم، ایجاب می کند که محصولاتی کشت شوند که آب کمتری مصرف می کنند و برعکس در مناطق پرآب کشور محصولاتی کاشته شوند که نیاز آبی بالایی دارند. بطور کلی در کشور ما از الگوی کشت مناسبی پیروی نمی شود. اقلیم خاص کشور ایجاب می کند که محصولاتی کشت شوند که ارزش افزوده ی آنها به ازای هر واحد آب حداکثر باشد. در حالی که کشاورزان در حال حاضر ارزش افزوده ی زمین را حداکثر می کنند. بدیهی است کمبود آب و فراوانی زمین در ایران ملزم می نماید که از الگوی کشتی

استفاده شود که ارزش افزوده ی آب به حداکثر برسد نه عامل زمین که فراوان است (۱۰). یکی دیگر از دلایل به کارگیری الگوهای کشت نامناسب در ایران کم بودن مبلغ دریافتی از کشاورزان به ازای هر واحد آب نسبت به ارزش اقتصادی آن است (۳ و ۱۱) که ضرورت صرفه جویی در مصرف آب را آشکار نمی سازد و همچنین باعث شده است که بخش خصوصی تمایلی به سرمایه گذاری در توسعه ی منابع آبی نداشته باشد در نتیجه عرضه ی اضافی آب برای پاسخ به تقاضای فزاینده ی آن با مشکل جدی تری مواجه شود.

برای رفع نارسائی های فوق مدیریت بهینه ی منابع آب ضروری به نظر می رسد. که هم باید در طرف عرضه و هم در طرف تقاضای آن اعمال گردد. در طرف عرضه بایستی رفاه تولیدکنندگان (حیازت کنندگان) و در طرف تقاضا رفاه مصرف کنندگان (کشاورزان) آب حداکثر شود. تحقق این امر نیازمند وجود سیستمی (بازاری) است که بتواند تولیدکنندگان و مصرف کنندگان آب را در مقابل هم قرار داده و منجر به وجود آمدن قیمت بهینه ای برای آب گردد که در این قیمت مقدار آب مصرفی نیز بهینه باشد. به عبارت دیگر، این مقادیر قیمت و مقدار کشاورزان را به سوی مصرف بهینه ی آب هدایت نموده و در عین حال درآمدی مکفی برای عرضه کنندگان آب بوجود آورد تا آنها انگیزه ی بیشتری برای تولید (حیازت آب) به اندازه ی مطلوب داشته باشند.

بررسی ادبیات موضوع نشان می دهد که در کشور مطالعات زیادی روی برآورد قیمت آب صورت گرفته است. که از جمله ی آنها می توان به مطالعات حسین زادفیروزی (۱۳۸۳)، حسین زادفیروزی و سلامی (۱۳۷۹)، محمدی نژاد و سلامی (۱۳۸۰)، آماده (۱۳۷۶)، میرزایی (۱۳۷۶) و سلطانی (۱۳۷۲)، ۱۳۷۴ و (۱۳۷۵) اشاره داشت. از مطالعاتی که در خارج از

تصمیم‌گیری می‌شود. در این الگوها، علامت نامعادلات (محدودیت‌ها) بصورت قطعی بوده و حداکثر یا حداقل ساختن تابع هدف، امری حتمی است. الگوی کلاسیک برنامه‌ریزی خطی به شکل زیر است:

$$\begin{aligned} & \text{Find } F(X) = CX \\ & \text{S.t: } AX \leq b \\ & x \geq 0 \end{aligned} \quad (1)$$

در الگوی بالا تابع هدف (CX) با توجه به محدودیت $AX \leq b$ و $x \geq 0$ بهینه می‌شود. که X بردار فعالیت‌ها، C بردار ضرایب تابع هدف، A بردار ضرایب فنی و b بردار میزان در دسترس نهاده‌ها را نشان می‌دهد.

در این نوع از الگوها تغییر در قیمت واحد هر یک از نهاده‌ها باعث تغییر در سود هر یک از محصولات خواهد شد و به دلیل اینکه میزان استفاده‌ی هر محصول از هر یک از نهاده‌ها متفاوت است؛ بنابراین با تغییر قیمت نهاده‌ها، سود هر یک از محصولات به میزان متفاوت از هم تغییر خواهد کرد تا بازده برنامه‌ای حداکثر شود. بدیهی است که در اثر این تغییر قیمت الگوی کشت نیز تغییر می‌کند.

برای برآورد قیمت سایه‌ای هر یک از نهاده‌ها (از جمله قیمت سایه‌ای آب در این مطالعه) الگوی تجربی زیر تصریح می‌گردد:

(۲)

$$\text{MAX } Z = \sum_{j=1}^n (P_j \cdot Y_j - R_W \cdot W_j - R_F \cdot F_j - R_L \cdot L_j - C_j) \cdot X_j$$

S.t.

$$\sum_{j=1}^n W_j \cdot X_j \leq W \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^n W_j \cdot X_j \leq W \quad (4)$$

$$X_4 \leq A_4 \quad (5)$$

$$X_5 \leq A_5 \quad (6)$$

$$X_6 \leq A_6 \quad (7)$$

$$X_7 \leq A_7 \quad (8)$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0, X_6 \geq 0, X_7 \geq 0, X_8 \geq 0$$

کشور انجام گرفته نیز می‌توان کانسوئلو و همکاران^۱ (۱۹۹۸)، هوو و گومنز^۲ (۲۰۰۳) و لول و همکاران^۳ (۲۰۰۰) را نام برد.

هدف اصلی از این مطالعه برآورد قیمت سایه‌ای آب است. در کنار این هدف، الگوی کشت بهینه محصولات زراعی و باغی در زمین‌های تحت پوشش آب سد علویان در شهرستان مراغه ارائه می‌گردد.

چارچوب نظری و روش تحقیق

بطور کلی دو روش برای برآورد قیمت سایه‌ای آب وجود دارد: روش‌های پارامتری و روش‌های غیرپارامتری. در روش‌های پارامتری از الگوهای اقتصادسنجی استفاده می‌شود. در این روش بسته به نوع محصولی که کشت می‌شود قیمت آب فرق می‌کند؛ بنابراین به تعداد محصولاتی که در منطقه کشت می‌شوند، قیمت آب وجود دارد. ولی در روش‌های غیرپارامتری از تکنیک‌های ریاضی در قالب الگوهای اقتصادی استفاده می‌گردد؛ در این روش، قیمت آب برای تمامی محصولات مبلغ یکسانی می‌باشد.

در این مطالعه برای نائل آمدن به هر دو هدف تحقیق، روش غیرپارامتری مود استفاده قرار می‌گیرد. برنامه‌ریزی خطی یکی از روش‌های غیرپارامتری است که برای برآورد قیمت سایه‌ای آب و تعیین الگوی کشت بهینه در تحقیقات مختلف استفاده شده است (۹، ۴ و ۲).

در مسائل برنامه‌ریزی خطی یک تابع هدف، با توجه به یک یا چندین محدودیت بهینه می‌گردد. الگوهای برنامه‌ریزی خطی نوع خاصی از الگوهای تصمیم‌گیری هستند که فضای امکانات (نهاده‌ها) توسط محدودیت‌ها و فضای هدف (تابع مطلوبیت) توسط تابع هدف تعریف شده و در شرایط اطمینان

1-Consuelo et. al.

2- Howe & Goemans

3- Lovel et. al.

فرمول بندی شد (۱۸) و زیمرمن^۳ (۱۹۸۳) یک روش فازی برای حل مسائل برنامه ریزی خطی چند هدفه معرفی کرد (۱۹).

برنامه ریزی فازی در دو سطح اهداف و محدودیتها مطرح می شود. تصمیم گیرنده ممکن است واقعاً نخواهد تابع هدف خود را حداکثر یا حداقل کند بلکه بخواهد به بعضی از سطوح تمایلات خود که حتی ممکن است بطور قطع قابل تعریف نباشد، دست یابد. همچنین در مورد اهداف این احتمال وجود دارد که ضرایب تابع هدف دقیقاً مشخص نباشند. اگر آرمانی حداکثرسازی باشد باید مشخص نمود که تصمیم گیرنده تا چقدر کمتر را تحمل می کند (حد پایین تحمل) و همچنین برای آرمانهای حداقل سازی باید با تعیین حد بالای تحمل، آستانه انحراف از آرمان را مشخص نمود. اما در مورد محدودیتها این امکان هست که مقدار قابل دسترس نهادهها دقیقاً مشخص نباشد و تا حدی تخلف از مقدار قابل دسترس نهادهها قابل قبول باشد و یا ضرایب فنی آنها دقیقاً مشخص نباشند. از این رو اهداف و محدودیتها دارای توالرانس خواهد بود. برای مثال، اگر ضرائب فنی (ضرائب قیود) و میزان در دسترس نهادهها دقیق نبوده و فازی باشند مسئلهی برنامه ریزی خطی قطعی (۱) به مسئلهی برنامه ریزی خطی فازی زیر تبدیل خواهد شد:

$$\begin{aligned} & \text{Find } F(X) = CX \\ & \text{S.t: } \tilde{A}X \leq \tilde{b} \\ & x \geq 0 \end{aligned} \quad (9)$$

که علامت ~ در بالای ضرائب قیود و میزان در دسترس نهادهها فازی بودن آنها را مشخص می کند. فازی بودن این ضرائب به این مفهوم است که مقدار عددی آنها می تواند کمتر یا بیشتر از مقدار تعیین شده باشد. در این شرایط برای آنها تابع تعلق خطی ای^۴ به صورت زیر تعریف می گردد (۱۵):

که $(j=1,2,\dots,n)$ تعداد محصولات (یا فعالیتها)، P قیمت محصول، y عملکرد در هکتار، R_w قیمت آب، W_j میزان آب مصرف شده توسط محصول زام، R_f قیمت کود، F_j میزان کود مصرف شده توسط محصول زام، R_l دستمزد نیروی کار، L_j نیروی کار به کار گرفته شده در فعالیت زام، C_j کل هزینهها به غیر از هزینهی آب، نیروی کار و کود شیمیایی، W و X هم به ترتیب میزان کل آب و زمین در دسترس و X_j سطح زیرکشت محصول زام است.

این الگو در کوتاه مدت حل می گردد؛ در طی این دوره امکان افزایش سطح زیر کشت محصولات باغی X₄ (انگور)، X₅ (گردو)، X₆ (بادام) و X₇ (سیب) وجود ندارد و در الگوی مورد انتظار سطح زیرکشت آنها باید حداکثر برابر سطح زیر کشت فعلی آنها A₄, A₅, A₆ و A₇ باشد.

برای برآورد قیمت سایه ای آب ابتدا الگوی برنامه ریزی خطی فوق با قیمت فعلی آب حل می گردد. با این قیمت کل آب در دسترس مصرف می شود به تدریج قیمت آب را افزایش می دهیم تا مقداری از آب در دسترس مورد استفاده قرار نگیرد. به عبارت دیگر، عرضه ای آب بر تقاضای آن فزونی یابد. این قیمت بیانگر ارزش واقعی (قیمت سایه ای) آب است.

اگر در مورد اهداف و محدودیتها قطعیت وجود نداشته باشد بایستی الگوی برنامه ریزی خطی فوق در محیط فازی حل گردد. نظریه ای مجموعه های فازی اولین بار در سال ۱۹۶۵ توسط لطفی زاده دانشمند ایرانی تبار و استاد دانشگاه برکلی آمریکا مطرح شد و از آن زمان تا به حال تعمیق و گستردگی زیادی یافته است؛ بلمن^۱ و لطفی زاده حداکثر کردن تصمیمهای فازی را در سال ۱۹۷۰ پیشنهاد دادند (۱۳). این مفهوم توسط تاناکا و همکاران^۲ (۱۹۸۴) در مسائل برنامه ریزی ریاضی

3- Zimmerman
4- Linear Membership Function

1- Bellman
2- Tanaka et. al.

در نتیجه الگوهای $0 \leq \lambda \leq 1$ و $x_j \geq 0$
برنامه ریزی خطی فازی (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) برای
تحقیق حاضر به شکل زیر در می آیند:

(۱۵)

$$Z_1 = \text{MAX} \sum_{j=1}^n (P_j.Y_j - R_W.W_j - R_F.F_j - R_L.L_j - C_j).X_j$$

S.t.

$$\sum_{j=1}^n (W_j + d_{ij}).X_j \leq W$$

$$\sum_{j=1}^n X_j \leq X$$

$$X_4 \leq A_4 \quad X_5 \leq A_5 \quad X_6 \leq A_6 \quad X_7 \leq A_7$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0, X_6 \geq 0, X_7 \geq 0, X_8 \geq 0$$

(۱۶)

$$Z_2 = \text{MAX} \sum_{j=1}^n (P_j.Y_j - R_W.W_j - R_F.F_j - R_L.L_j - C_j).X_j$$

S.t.

$$\sum_{j=1}^n W_j.X_j \leq (W - p_1)$$

$$\sum_{j=1}^n X_j \leq (X + p_2)$$

$$X_5 \leq A_5 \quad X_6 \leq A_6 \quad X_7 \leq A_7$$

$$X_4 \leq A_4$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0, X_6 \geq 0, X_7 \geq 0, X_8 \geq 0$$

در نتیجه الگوی نهایی برنامه ریزی خطی فازی به
شکل زیر در می آید:

(۱۷)

$$\text{MAX} \quad \lambda$$

$$(z_2 - z_1)\lambda - \left\{ \sum_{j=1}^n (P_j.Y_j - R_W.W_j - R_F.F_j - R_L.L_j - C_j).X_j \right\} + z_1 \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^n (W_j + d_{ij} * \lambda).X_j + \lambda p_1 - W \leq 0$$

$$\sum_{j=1}^n X_j + \lambda p_2 - X \leq 0$$

$$X_1 \geq 0, X_2 \geq 0, X_3 \geq 0, X_4 \geq 0, X_5 \geq 0, X_6 \geq 0, X_7 \geq 0, X_8 \geq 0, \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \quad \sum_{j=1}^n (a_{ij} + \lambda d_{ij})x_j + \lambda p_i - b_i \leq 0$$

$$\mu_{a_{ij}}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < a_{ij} \\ (a_{ij} + d_{ij} - x) / d_{ij} & \text{if } a_{ij} \leq x \leq a_{ij} + d_{ij} \\ 0 & \text{if } x \geq a_{ij} \end{cases} \quad (۱۰)$$

9

$$\mu_{b_i}(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } x < b_i \\ (b_i + p_i - x) / p_i & \text{if } b_i \leq x \leq b_i + p_i \\ 0 & \text{if } x \geq b_i \end{cases} \quad (۱۱)$$

که a_{ij} عنصر سطر i ام در ستون j ام ماتریس A ، d_{ij}
میزان تولرانس a_{ij} ، b_i عنصر سطر i ام بردار b ، p_i
میزان تولرانس b_i ، $\mu_{a_{ij}}(x)$ و $\mu_{b_i}(x)$ به ترتیب توابع
تعلق a_{ij} و b_i می باشند.

برای فازی زدایی مسئله (۹) به این ترتیب عمل
می کنیم (۱۵) که ابتدا مسائل برنامه ریزی خطی
قطعی زیر را حل می کنیم:

$$Z_1 = \text{MAX} \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n (a_{ij} + d_{ij})x_j \leq b_i \quad (۱۲)$$

$$x_j \geq 0$$

$$Z_1 = \text{MAX} \sum_{j=1}^n c_j x_j$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{j=1}^n (a_{ij})x_j \leq b_i + p_i \quad (۱۳)$$

$$x_j \geq 0$$

سپس دو الگوی فوق را به شکل زیر با هم ترکیب
می کنیم:

$$\text{MAX} \quad \lambda$$

$$\text{s.t.} \quad (z_2 - z_1)\lambda - \sum_{j=1}^n c_j x_j + z_1 \leq 0 \quad (۱۴)$$

نتایج

برای تعیین قیمت سایه‌ای آب ابتدا الگوی برنامه‌ریزی خطی (۲) تا (۸) با قیمت فعلی آب (۳۰ ریال) حل گردید؛ سپس به تدریج قیمت آب افزایش داده شد تا عرضه‌ی آب بیشتر از تقاضای آن گردد که این امر در قیمت ۱۹۸ ریال اتفاق افتاد. بنابراین، این قیمت بیانگر قیمت سایه‌ای آب برای هر مترمکعب آن می‌باشد که نشان می‌دهد در صورت مصرف یک متر مکعب اضافی دیگر از آب سودی معادل ۱۹۸ ریال به دست خواهد آمد.

همانطوری که از جدول (۱) پیداست در قیمت ۳۰ ریال تمام ۸۰ میلیون متر مکعب آب تقاضا می‌شود و سودی معادل ۲۶۲۴۶۶۰۰ هزار ریال ایجاد می‌کند. با افزایش قیمت و رسیدن آن به ۱۹۸ ریال سطح زیرکشت محصولاتی مثل پیاز که نیاز آبی بالایی دارند کم شده و بالعکس سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی کم مثل گندم افزایش می‌یابد. در این قیمت میزان آب مورد تقاضا ۳۶ میلیون مترمکعب بوده و بازده برنامه‌ای معادل ۱۲۸۴۳۲۹۰ هزار ریال به دست می‌آید. اگر آب باقیمانده در سد (۴۴ میلیون مترمکعب) به ارزش واقعی آن (۱۹۸ ریال) فروخته شود کل منفعت اجتماعی آن برابر با ۲۱۵۵۵۲۹۰

هزار ریال می‌شود. که در مقایسه با الگوی قبلی (آب با قیمت ۳۰ ریال) سود کمتری ایجاد می‌کند. به دلیل مشکلاتی که در جمع‌آوری آمار و اطلاعات از کشاورزان وجود دارد در اکثر مواقع احتمال اینکه آمار فراهم شده خطا داشته باشند. در این بخش از مطالعه فرض کردیم که آب مصرف شده توسط محصولات مختلف ۱۰ درصد، میزان زمین در دسترس ۳۰۰۰ هکتار و میزان آب در دسترس ۳۴ میلیون مترمکعب دارای توالرانس باشند. بنابراین، در الگوهای برنامه‌ریزی خطی فازی (۱۵)، (۱۶) و (۱۷) d_{ij} و p_1 و p_2 به ترتیب برابر با $(W_j \times 0.1)$ ، ۳۴ میلیون مترمکعب و ۳۰۰۰ هکتار خواهد بود.

به روشی که در مورد الگوی برنامه‌ریزی خطی قطعی توضیح داده شد، قیمت سایه‌ای آب با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی (۱۷) معادل ۱۹۷ ریال برآورد گردید. این الگو نیز با قیمت ۳۰ ریال و ۱۹۷ ریال برای هر مترمکعب آب حل گردید که نتایج الگوی کشت بهینه‌ی آنها در جدول (۱) ارائه شده است. همانطوری که ملاحظه می‌شود با افزایش قیمت آب در الگوی فازی بازده برنامه‌ای زیادی ایجاد شده و مساحت بیشتری از زمین‌های در دسترس به زیر کشت رفته‌اند.

جدول (۱): نتایج الگوهای برنامه‌ریزی خطی قطعی و فازی در قیمت‌های مختلف

محصول	الگوی برنامه‌ریزی خطی قطعی		الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی	
	قیمت آب ۳۰ ریال	قیمت آب ۱۹۸ ریال	قیمت آب ۳۰ ریال	قیمت آب ۱۹۷ ریال
گندم	۸۱۸	۵۴۲۳	۱۴۵۹	۴۴۸۶
جو	۰	۰	۰	۰
انگور	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰	۱۷۰۰
پیاز	۴۶۰۵	۰	۰/۴۸	۸۹۷
گردو	۵۰	۵۰	۵۰	۵۰
بادام	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷	۲۴۷
سیب	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰	۱۸۰
یونجه	۴۰۰	۴۰۰	۰	۴۰۰
بازده برنامه‌ای	۲۶/۲ میلیارد ریال	۱۲/۸ میلیارد ریال	۲۸/۸ میلیارد ریال	۴۶/۸ میلیارد ریال
کل آب مصرف شده	۸۰ میلیون مترمکعب	۳۶/۷ میلیون مترمکعب	۲۰ میلیون مترمکعب	۴۵ میلیون مترمکعب
کل زمین استفاده شده	۸۰۰۰ (هکتار)	۸۰۰۰ (هکتار)	۳۶۳۷ (هکتار)	۷۹۶۱ (هکتار)

ماخذ: یافته‌های تحقیق

بحث و نتیجه گیری

هدف از این مطالعه تخصیص بهینه‌ی آب در اراضی تحت پوشش سد علویان می‌باشد. نیل به این هدف با استفاده از الگوهای برنامه‌ریزی خطی در دو حالت قطعی و فازی انجام گرفت. مقایسه‌ی الگوهای کشت و قیمت به دست آمده برای آب نشان می‌دهد که قیمت آب مصرفی و مساحت زمین مورد استفاده قرار گرفته در هر دو الگو تقریباً یکسان می‌باشد؛ در حالی که بازده برنامه‌ای ایجاد شده و میزان آب مصرفی در الگوی برنامه‌ریزی خطی فازی به مراتب بیشتر از الگوی قطعی است. اما مزیت الگوی فازی به الگوی قطعی در این است که بازده برنامه‌ای ایجاد شده به ازای هر میلیون متر مکعب آب مصرف شده در الگوی فازی که برابر ۱/۰۴ میلیارد ریال

($45 \div (46/8) =$) می‌باشد، از بازده برنامه‌ای ایجاد شده به ازای هر میلیون متر مکعب آب در الگوی قطعی که معادل $0/349 \div (36/7) = (12/8)$ میلیارد ریال است، بیشتر می‌باشد. این امر دلالت بر استفاده بهینه از آب و تخصیص بهینه‌ی آن دارد. نکته‌ی دیگر اینکه در الگوی کشت ارائه شده با استفاده از الگوی فازی آب بیشتری مورد استفاده قرار گرفته و خیلی کم در پشت سد می‌ماند؛ به این ترتیب تبخیر کمتری صورت می‌گیرد. همچنین به جای اینکه آب پشت سد بماند با بهره‌برداری بیشتر از آن می‌توان در سطح خرد برای کشاورزان منطقه و در سطح کلان برای اقتصاد ملی ایجاد ارزش افزوده نمود.

منابع

۱. آماده، ح. (۱۳۷۶). بررسی روش‌های برآورد ضرایب فنی الگوهای برنامه‌ریزی خطی به منظور تخصیص بهینه‌ی آب. پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران.
۲. حسین‌زاد فیروزی، ج. (۱۳۸۳). تعیین روش مناسب قیمت‌گذاری آب در بخش کشاورزی (مطالعه‌ی موردی سد و شبکه‌ی علویان). پایان‌نامه‌ی دکتری، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران.
۳. حسین‌زاد فیروزی، ج. و سلامی، ح. (۱۳۷۹). برآورد ارزش اقتصادی نهاده‌های آب، زمین و نیروی کار خانوادگی، مجموعه مقالات کنفرانس اقتصاد کشاورزی ایران، مشهد، ۱۳۷۹.
۴. دهقانیان، س. و ن. شاهنوشی. (۱۳۷۳). برآورد تابع تقاضای تجویزی آب و تعیین الگوی بهینه‌ی کشت براساس قیمت سایه‌ای آب. مجله‌ی علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۸، شماره‌ی ۲، دانشگاه فردوسی مشهد.
۵. سایت خبری وزارت نیرو (<http://news.moe.org.ir>)
۶. سلطانی، غ. (۱۳۷۲). تعیین آب بها و تخصیص بهینه‌ی آب در اراضی زیر سدها: مطالعه‌ی موردی سد درودزن، مجموعه مقالات دومین سمپوزیوم سیاست کشاورزی ایران، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه شیراز.
۷. سلطانی، غ. (۱۳۷۴). بهره‌برداری اقتصادی از منابع آب. فصلنامه‌ی آب و توسعه، وزارت نیرو، سال سوم.
۸. سلطانی، غ. (۱۳۷۵). نرخ‌گذاری آب کشاورزی، فصلنامه‌ی آب و توسعه، وزارت نیرو، سال چهارم.
۹. سلطانی، غ. و م. زیبایی. (۱۳۷۵). نرخ‌گذاری آب کشاورزی. فصلنامه‌ی آب و توسعه، وزارت نیرو، سال چهارم.
۱۰. صدر، ک. (۱۳۸۲). نقش نهاد بازار و بخش عمومی در مدیریت و توسعه‌ی پایدار بخش آب. معاونت برنامه‌ریزی دفتر اقتصاد آب، شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران.
۱۱. محمدی‌نژاد، ا. (۱۳۸۰). ارزش اقتصادی آب کشاورزی (مطالعه‌ی موردی دشت مرکزی ساوه). پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تهران.

۱۲. میرزایی، ح. (۱۳۷۶). بررسی اقتصادی آب کشاورزی در شهرستان رفسنجان. پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس.

13. Bellman, R.E. and A. Lotfizadeh. (1970). Decision- Making in a Fuzzy Environment. Management Science, Vol: 17, PP: 141-164.
14. Consuelo, V, J. et. Al. (1998). Water Pricing Policies, Public Decision Making and Farmer's Response: Implications for Water Policy. Agricultural Economics, Vol: 19, PP: 193-202.
15. Gasimov, R. N. and K, Yenilmaz. (2002). Solving Linear Programming Problems with Linear Membership Functions. [journals.tubitak.gov.tr/math/ issues/mat-02-26-4/mat-26-4-2-0109-3.pdf](http://journals.tubitak.gov.tr/math/issues/mat-02-26-4/mat-26-4-2-0109-3.pdf)
16. Howe, W. Ch. And Ch. Goemans. (2003). Water Transfers and Their Impacts: Lessons from Three Colorado Water Markets. Journal of the American Water Resources Association, Vol: 39, NO: 5.
17. Lovell, S., K. Millock, and D. L. sunding. (2000). Using Water Markets to Improve Environmental Quality: Two Innovative Programs in Nevada. Journal of Soil and Water Conservation, Vol: 55, NO. 1.
18. Tanaka, H., T. Okuda, K. Asai. (1984). On Fuzzy Mathematical Programming. J. Cybernetics, Vol: 3, PP: 37-46.
19. Zimmerman, H.J. (1983). Fuzzy Mathematical Programming. Comput. J. Ops. Res, Vol: 10, No: 4, PP: 291-298.