DOI: http://dx.doi.org/10.29252/aridbiom.7.2.21

تعیین الگوی بهینه کشت با هدف پایداری منابع آب در دشت ارزوئیه؛ به کمک برنامه‌ریزی کسری فازی

۱- سیمین محسنی، دانشجوی دکتری اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شهید باهنر کرمان
mohseni.simin@gmail.com
۲- محمدرضا زارع مهرجردی، دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۳- الهه واثقی، دانشجوی دکتری اقتصاد منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه شهید باهنر کرمان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۵/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۰۷

چکیده

پایداری منابع آب مهم‌ترین سهم را در وجود و دوام سامانه‌های کشاورزی دارد و به میزان زیادی وابسته بـه الگـوی کشـت محصـولات زراعـی است. در این مطالعه الگوی بهینه کشت دشت ارزوئیه، کرمان براساس داده‌های سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ با هدف پایداری منابع آب تعیین گردید. هدف از این پژوهش، پیداکردن الگوی کشت بهینه‌ای است که در آن درآمد ناخالص را به ازای هر مترمکعب آب حداکثر کند و بـا کـاهش مصـرف آب در رسیدن به کشاورزی پایدار کمک نماید. بدین منظور از روش برنامه‌ریزی کسری فازی اسـتفاده گردیـد. در آخـر بـا الگـوی کشـت فعلـی و برنامه‌ریزی خطی مقایسه شد. نتایج نشان داد که الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی کسری فازی برای دستیابی به پایداری با الگوی کشت فعلی و برنامه‌ریزی خطی اختلاف زیادی دارد. همچنین با وجود کاهش بازده ناخالص کل در مدل برنامه‌ریزی کسری فازی، میزان بازده ناخالص در این نوع برنامه‌ریزی به ازای هر مترمکعب آب ۱۰ درصد افزایش یافته است. این بدان معناست که حداکثرکردن بازده حاصـل از کشـت محصـولات زراعی با رعایت پایداری منابع آب و حداقل‌کردن مصرف آب به نفع جامعه است.

واژگان کلیدی: پایداری منابع آب؛ الگوی بهینه کشت؛ برنامه‌ریزی کسری فازی؛ ارزوئیه.

مقدمه

در مناطق خشک و نیمه خشک ماننـد بیشـتر منـاطق ایران، آب مهمترین عامل محدودکننـده توسـعه اقتصـادی اسـت. اسـتان کرمـان را مـی‌تـوان یکـی از خشـک‌تـرین استان های کشور از نظر منابع آبی دانسـت. مشـکل اصـلی استان کویری کرمان کمبود آب اسـت. میـانگین بارنـدگی سالیانه در استان بین ۱۵۰ تا ۲۰۰ میلیمتر است، درحـالی که این مقدار در کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است. میانگین تبخیر سالیانه استان ۱۵۰۰ میلی‌متر است. متوسط سالیانه رطوبت نسبی و درجه حرارت ایـن اسـتان بـه ترتیـب ۳۳ درصـد و ۱۷/۴ $^{\circ}c$ اسـت. میـانگین حـداکثر درجـه سـالانه ۲۱/۷$^{\circ}c$ و میانگین حداقل آن ۷/۷ $^{\circ}c$ است [۱۶].

دشت ارزوئیه در تولید محصولات زراعی گنـدم، ذرت و پنبه رتبه اول در استان کرمان را بـه خـود اختصـاص داده است. همچنین در تولیـد محصـول جـو دارای رتبـه سـوم است. ایـن دشـت بـا متوسـط بارنـدگی ۹۰ میلـی‌متـر در مقایسه با میانگین کشور، یکـی از منـاطق خشـک اسـتان کرمان و کشور محسوب می‌شود. وضعیت آبیاری زمین‌های کشاورزی و در نتیجه هدررفت آب، به‌ویژه در این دشت به یکی از چالش‌های پیشرو در زمینه توسعه کشاورزی استان کرمان تبدیل شـده اسـت [۱۴]. بنـابراین بررسـی تعیـین الگـوی کشـت بـا هـدف پایـداری منـابع آبـی در بخـش کشاورزی در دشت ارزوئیه به گونـه‌ای کـه بـا حـداقل آب مصرفی بیشترین سود را به دست آورد، از اهمیـت ویـژه‌ای برخوردار است.

توجه به امر پایداری و مدیریت منابع آب (در محـدوده حفاظت منابع پایداری) به عنوان یک منبع بسـیار حیـاتی، در سال‌های اخیر از موضوعی فرعی، به مسئله‌ای محوری و پراهمیت تبدیل شده است [۲]. الگـوی کشـت محصـولات

زراعی با تأکید بر کشاورزی پایدار در اراضی زیر سد علویان با استفاده از برنامه‌ریزی کسری تعیین شده است [۱۰]. نتایج حاکی از آنست که در الگوی برنامه‌ریزی کسری در کوتاه‌مدت درآمد ناخالص، کمتر از وضعیت فعلی است، ولی مصرف آب به گونه‌ای تنظیم می‌شود که به طور عمده در ماه‌های مختلف کمبودی از نظر این منبع در منطقه وجود نداشته باشد. در ضمن با در نظر گرفتن نتایج الگوی برنامه‌ریزی کسری، مصرف مواد شیمیایی زیان‌آور از جمله کودها و سموم شیمیایی نیز در حداقل خود خواهد بود. در مطالعه‌ای تحت عنوان تحلیل پایداری در مدیریت منابع آب در بخش کشاورزی با استفاده از برنامه‌ریزی کسری، برای استان کرمان به اندازه‌گیری پایداری پرداخته شد [۳]. در این تحقیق به صورت تئوری و تجربی کاربرد این روش را برای محاسبه پایداری بررسی و شاخص‌هایی برای پایداری محاسبه شد. در پژوهشی به تعیین الگوی کشت استان خراسان شمالی با اهداف کشاورزی پایدار با استفاده از برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه پرداخته شد [۱۲]. یافته‌های این بررسی در سطح بهره‌برداری‌های بزرگ نشان داد که الگوی حاصل از برنامه‌ریزی خطی ساده بسیار به الگوی کشت فعلی منطقه نزدیک است، در حالی که الگوی حاصل از برنامه‌ریزی فازی کسری برای دستیابی به پایداری با الگوی حاصل از برنامه‌ریزی ساده و الگوی کشت فعلی منطقه اختلاف چشم‌گیری داشت. این نتیجه در مورد بهره‌برداری‌های کوچک مقیاس تا حدودی متفاوت بود و الگوی کشت فعلی برای همسویی با اهداف پایداری کمتر دستخوش تغییر شده بود. در پژوهشی به ارزیابی پایداری در سیستم زراعی منطقه‌ای روستایی در شرق اصفهان پرداخته شد و الگوی کشتی متناسب با بهره‌برداری بهینه از منابع آب و خاک آن منطقه با استفاده از رهیافت الگوهای برنامه‌ریزی ریاضی تدوین شد [۱]. نتایج نشان داد که الگوی برنامه‌ریزی کسری روش مناسبی برای مطالعه پایداری در چارچوب تصمیم‌گیری‌های چندمعیاره به نظر می‌رسد. در مطالعه‌ای به تعیین الگوی کشت بهینه همسو با مدیریت منابع آب دشت مشهد-چناران پرداخته شد [۱۵]. نتایج برنامه‌ریزی خطی نشان داد در الگوی کشت بهینه، با وجود به‌کارگیری تمام سطح زیر کشت موجود و کسب بازده برنامه‌ای مشابه الگوی فعلی، میزان مصرف آب کاهش یافته است که ناشی از ترکیب جدید محصولات در نظام تولید است. در تحقیقی با استفاده از کاربرد برنامه ریزی کسری به پایداری منابع آب و الگوی بهینه کشت در ایران پرداخته شد [۲]. نتایج حاکی از آن است که در الگوی بهینه برنامه‌ریزی کسری، نسبت درآمد به آب مصرفی بیشتر از الگوی بهینه برنامه‌ریزی خطی ساده است. در واقع میزان مصرف آب به ازای یک واحد درآمد در این الگوی کاهش می یابد. الگوی بهینه کشت شهرستان پیرانشهر با استفاده از برنامه‌ریزی کسری چندمعیاره فازی با اهداف کشاورزی پایدار تعیین شد [۲۰]. نتایج نشان داد که الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه ریزی کسری چندهدفه فازی برای دستیابی به پایداری با الگوی فعلی کشت اختلاف زیادی دارد. افزون بر این نتایج حاصل از شاخص‌های پایداری (نسبت درآمد ناخالص به استفاده از کودهای شیمیایی و سموم مختلف) نشان از اهمیت هدف و یا حداقل کردن این نهاده در جهت پایداری داشت. با توجه به یافته‌ها، اهمیت حذف و یا حداقل کردن نهاده سم شیمیایی قارچ‌کش بیشتر از سایر نهاده‌ها بود. در پژوهشی الگوی کشت بهینه با هدف کاهش مخاطرات محیطی برای کشاورزی ایران تعیین شد [۵]. در این مطالعه از برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه استفاده شد نتایج نشان داد که نسبت خالص بازدهی درون مصرفی نهاده‌ها و نسبت مصرف نهاده‌ها در مزرعه با استفاده از الگوی خروجی برنامه‌ریزی فازی کسری با اهداف چندگانه بهبود می‌یابد. در دشت شمالی چین روش‌هایی برای صرفه‌جویی آب کشاورزی و مدیریت پایدار آب‌های زیرزمینی در محدوده آبیاری شی‌جی‌ژوانگ بررسی شد [۱۱]. برای مشخص کردن نظریه کمبود آب، یک روش مدیریت منابع آب پایدار و انعطاف پذیر پیشنهاد شده است. نتایج مدل نشان داد که ۲۹/۲ درصد (۱۵/۷ میلی‌متر) کاهش در آبیاری می‌تواند تخلیه آب‌های زیرزمینی را در دشت متوقف کند. به علاوه ۱۰ درصد کاهش در پمپاژ آب برای آبیاری (در کل ۳۹/۲ درصد یا ۱۸۲/۱ میلی‌متر) بازیابی آب‌های زیرزمینی را تحریک خواهد کرد. در چند پژوهش دیگر، به حل مسائل برنامه‌ریزی کسری خطی چندهدفه فازی پرداخته شد [۷،

۸ و ۹]. در پژوهشی یک راهکار برنامه‌ریزی آرمانی برای مسائل برنامه‌ریزی کسری فازی چند هدفه معرفی شد [۱۸]. همچنین در تحقیقی سری تیلور با استفاده از برنامه‌ریزی کسری خطی چندهدفه فازی حل شد [۶].

هدف از این تحقیق حداکثر کردن نسبت بازده ناخالص به مصرف آب با رهیافت برنامه‌ریزی کسری فازی و براساس داده‌های مقطعی سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ در دشت ارزوئیه می‌باشد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش برای الگوی بهینه کشت دشت ارزوئیه از برنامه‌ریزی کسری فازی استفاده شد. همچنین در این تحقیق، نتایج برنامه‌ریزی خطی ساده و برنامه‌ریزی کسری فازی به منظور مقایسه ارائه شده است. برنامه‌ریزی کسری، معمول‌ترین نوع برنامه‌ریزی با اهداف نسبتی است. به منظور مطالعه کارایی نسبی در زمینه پایداری کشاورزی، برنامه‌ریزی کسری بسیار کاراتر از سایر روش‌ها عمل می‌کند. هدف از برنامه‌ریزی کسری، یافتن ارزش بهینه یک تابع هدف کسری شامل محدودیت‌های خطی با توجه به متغیرهای داده شده، است [۱۹].

برنامه‌ریزی کسری خطی[1] (LFP)

فرم عمومی برنامه‌ریزی کسری خطی به صورت زیر است:

$$Max\ \emptyset(x) = \frac{c^T x+\alpha}{d^T+\beta}$$
$$s.t.: \quad (۱)$$
$$Ax \le b$$
$$x \ge 0;\ x \in R^n;\ c^T, d^T \in R^n;\ A \in R^{m\times n};\ \alpha, \beta \in R$$

البته برای برخی مقادیر x، ممکن است $d^T+\beta$ برابر صفر شود. در این‌گونه موارد می‌توان محدودیت را این‌گونه بیان کرد:

$$[x \ge 0, Ax \le b] \Rightarrow [d^T+\beta > 0] \quad (۲)$$

یا $[x \ge 0, Ax \le b] \Rightarrow [d^T+\beta < 0]$

در اینجا برای آسانی بحث فرض می‌شود شرایط زیر برقرار باشد:

$$[x \ge 0, Ax \le b] \Rightarrow [d^T+\beta > 0] \quad (۳)$$

برنامه‌ریزی کسری خطی بالا را به‌صورت زیر نیز می‌توان نوشت:

$$Max\ \emptyset(x) = \frac{N(x)}{D(x)}$$
$$s.t.: \quad (۴)$$
$$Ax \le b$$
$$x \ge 0$$

برنامه‌ریزی کسری خطی با اهداف چندگانه[2] (MOLFPP)

شکل عمومی برنامه‌ریزی کسری خطی با اهداف چندگانه به صورت زیر است:

$$Max\ \emptyset(x) = \{\emptyset_1(x), \emptyset_2(x), \dots, \emptyset_n(x)\} \quad (۵)$$
$$S.t.: x \in \Delta = \{x \in R^n : Ax \le b, x \ge 0\},\ b \in R^n;\ A \in R^{m\times n}$$

در شرایط زیر روش‌های مختلفی برای حل MOLFPP وجود دارد:

$$\emptyset_i = \frac{c_i x+\alpha_i}{d_i+\beta_i} = \frac{N_i(x)}{D_i(x)} \quad (۶)$$
$$c_i, d_i \in R^n \quad , \quad \alpha_i, \beta_i \in R$$

نیکفسکی و زولکفسکی [۱۷] روشی توافقی را برای حل MOLFPP پیشنهاد کردند . لوهاندجولا [۱۳] از رهیافت فازی برای حل MOLFPP استفاده کرد. با کمک $(t > 0)\ y = tx$، برنامه‌ریزی خطی با اهداف چندگانه، معادل برنامه ریزی کسری خطی با اهداف چندگانه به صورت زیر نوشته می شود:

$$Max \left\{ tN_i\left(\frac{y}{t}\right)\ \ if\ \ i \in I;\ tD_i\left(\frac{Y}{t}\right)\ \ if\ \ i \in I^c \right\}$$
$$S.t.: \quad (۷)$$
$$tD_i\left(\frac{Y}{t}\right) \le 1 \qquad i \in I$$
$$-tN_i\left(\frac{y}{t}\right) \le 1 \qquad i \in I^c$$
$$A\left(\frac{Y}{t}\right) - b \le 0$$
$$t > 0,\ y \ge 0$$

که در آن:

$$I = \{i :\ N_i(x) \ge 0 \quad for\ some \quad x \in \Delta\} \quad (۸)$$
$$I^c = \{i :\ N_i(x) < 0 \quad for\ each \quad x \in \Delta\}$$

که:

$$I \cup I^c = \{1, 2, \dots, n\} \quad (۹)$$

فرض می‌کنیم $y = tx$ با فرض اینکه $t \ge 0$، بنابراین رویه بدین صورت دنبال می‌شود [۴]. با استفاده از عملگر کمینه، حل مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه خطی به فرم رابطه (۱۲) بیان شد [۲۱].

1- Linear Fractional Programming

2- Multiple Objective Linear Fractional Programming Problem

بدین صورت، اگر $i \in I$ باشد، تابع عضویت هر تابع هدف در مجموعه محدودیت‌ها به صورت زیر خواهد بود:

$$\mu_i\left(tD_i\left(\frac{y}{t}\right)\right) = \begin{cases} 0 & if \quad tD_i\left(\frac{y}{t}\right) \le 0 \\ \frac{tD_i\left(\frac{y}{t}\right) - 0}{\emptyset_i^- - 0} & if \quad 0 < tD_i\left(\frac{y}{t}\right) < \emptyset_i^- \\ 1 & if \quad tD_i\left(\frac{y}{t}\right) \ge \emptyset_i^- \end{cases} \quad (۱۰)$$

و چنانچه $i \in I^c$ باشد، تابع عضویت هر تابع هدف در مجموعه محدودیت‌ها به صورت زیر است:

$$\mu_i\left(tN_i\left(\frac{y}{t}\right)\right) = \begin{cases} 0 & if \quad tN_i\left(\frac{y}{t}\right) \le 0 \\ \frac{tN_i\left(\frac{y}{t}\right) - 0}{\emptyset_i^- - 0} & if \quad 0 < tN_i\left(\frac{y}{t}\right) < \emptyset_i^- \\ 1 & if \quad tN_i\left(\frac{y}{t}\right) \ge \emptyset_i^- \end{cases} \quad (۱۱)$$

بنابراین با استفاده از عملگر زیمرمن، مدل فازی تبدیل به الگوی فازی زیر می‌شود:

$$Max\ \lambda \quad (۱۲)$$

$$S.t.:$$

$$\mu_i\left(tN_i\left(\frac{y}{t}\right)\right) \ge \lambda \quad for \quad i \in I$$

$$\mu_i\left(tD_i\left(\frac{y}{t}\right)\right) \ge \lambda \quad for \quad i \in I^c$$

$$tD_i\left(\frac{y}{t}\right) \le 1 \quad for \quad i \in I$$

$$-tD_i\left(\frac{y}{t}\right) \le 1 \quad for \quad i \in I^c$$

$$A\left(\frac{Y}{t}\right) - b \le 0$$

$$t > 0,\ y \ge 0$$

در این مطالعه شکل کلی برنامه‌ریزی کسری با اهداف چندگانه بدین صورت دنبال می‌شود:

تابع هدف:

$$Max\ \emptyset_i = \frac{\sum_{j=1}^{4} c_j X_j}{\sum_{j=1}^{4} a_{ij} X_j} \quad (۱۳)$$

$$S.t.:$$

$$\sum_{j=1}^{4} a_{ij} X_j \le d_j \quad \forall i = 1, \dots, 8 \quad (۱۴)$$

$$X_j > 0$$

در این روابط، $\emptyset_i$ها به عنوان تابع هدف، X_j ها به عنوان متغیرهای تصمیم، c_j ها ضرایب تابع هدف و jها و iها به ترتیب معرف محصولات مورد بررسی و مقدار مصرف هر نهاده به ازای هر هکتار هستند. همچنین a_{ij} و d_j به ترتیب نمایان‌گر ضرایب متغیرهای تصمیم و مقدار نهاده موجود است. صورت تابع هدف بیانگر بازده ناخالص محصولات و مخرج آن بیانگر محدودیت‌های پایداری منابع آبی می‌باشد. مقدار عددی این تابع در صورتی حداکثر خواهد شد که میزان بازده ناخالص حداکثر و محدودیت‌های پایداری منابع آبی حداقل شود. از تقسیم مقدار هدف بیشینه‌کردن بازده ناخالص به محدودیت‌های پایداری منابع آبی، شاخص پایداری به دست می‌آید. مدل استفاده شده در این تحقیق پس از تبدیل به پردازش شکل خطی با استفاده از بسته نرم‌افزاری اکسل پردازش گردید.

نتایج

در این مدل x_1، x_2، x_3 و x_4 به ترتیب محصولات گندم آبی، جو آبی و ذرت دانه‌ای و پنبه را نشان می‌دهند. همچنین این مدل دارای ۹ محدودیت که به ترتیب در برگیرنده محدودیت بازده ناخالص، زمین، آب، نیروی کار، کود اوره، کود فسفات، کود پتاس، سم علف‌کش و سم قارچ‌کش است که در رابطه (۱۶) نشان داده شده است.

$$\max\ 45860\,x_1 + 12512\,x_2 + 32190\,x_3 + 25060x_4 \quad (۱۵)$$

$$s.to.$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \le 91000 \quad (۱۶)$$

$$7000x_1 + 6500\,x_2 + 12000\,x_3 + 10000x_4 \le 73300000040\,x_1 + 32\,x_2 + 48\,x_3 + 80x_4 \le 3912000$$

$$400\,x_1 + 300\,x_2 + 500\,x_3 + 4x_4 \le 31048000$$

$$150\,x_1 + 100\,x_2 + 200\,x_3 + 2x_4 \le 11574000$$

$$100\,x_1 + 50x_2 + 100\,x_3 + x_4 \le 11574000$$

$$3.5\,x_1 + 2\,x_2 + 2x_3 + x_4 \le 237500$$

$$x_1 + 0.2\,x_2 + 2x_3 + 3x_4 \le 113000$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \ge 0$$

بنابراین با توجه به روابط (۱۲)، (۱۳) و (۱۴) ساختار ریاضی مسئله در برنامه‌ریزی کسری فازی به صورت زیر تغییر می‌یابد:

$$\max\ \lambda \quad (۱۷)$$

$$s.to.$$

$$45860\,y_1 + 12512\,y_2 + 32190\,y_3 + 25060y_4 - 3079039105.4\lambda - 231755631.6t \ge 0 \quad (۱۸)$$

$$y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + 42770\lambda - 133770t \leq 0$$
$$7000y_1 + 6500\, y_2 + 12000\, y_3 + 10000y_4 + 527760000\lambda - 1260760000t \leq 040\, y_1 + 32\, y_2 + 48\, y_3 + 80y_4 + 2425440\lambda - 6337440t \leq 0400\, y_1 + 300\, y_2 + 500\, y_3 + 4y_4 + 22665040\lambda - 53713040t \leq 0150\, y_1 + 100\, y_2 + 200\, y_3 + 2y_4 + 66890680\lambda - 78464680t \leq 0100\, y_1 + 50y_2 + 100\, y_3 + y_4 + 5184000\lambda - 12096000t \leq 03.5\, y_1 + 2\, y_2 + 2y_3 + y_4 + 171000\lambda - 408500t \leq 0y_1 + 0.2\, y_2 + 2y_3 + 3y_4 + 81360\lambda - 194360t \leq 0$$
$$7000y_1 + 6500\, y_2 + 12000\, y_3 + 10000y_4 + 527760000\lambda = 1$$

$$y_1, y_2, y_3, y_4 \geq 0$$
$$t \geq 0$$

در جدول ۱، به مقایسه الگوی کشت فعلی با برنامه‌ریزی خطی ساده و برنامه‌ریزی کسری در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲ که شامل محصولات زراعی عمده استان کرمان یعنی گندم آبی، جو آبی، ذرت دانه ای و پنبه است، پرداخته شده است. در الگوی کشت فعلی ۴۵۰۰۰ هکتار به کشت گندم آبی، ۲۰۰۰۰ هکتار به جو آبی، ۱۴۰۰۰ هکتار به ذرت دانه‌ای و ۱۲۰۰۰ هکتار به پنبه اختصاص داده شد. در برنامه‌ریزی خطی به گندم آبی و پنبه به ترتیب ۶۳۱۰۵ و ۱۶۶۳۲ هکتار اختصاص داده شده است و محصولات جو آبی و ذرت دانه‌ای کشت نمی‌شوند و در برنامه‌ریزی کسری فازی برای محصولات مذکور به ترتیب ۳۹۶۳۴، ۱۹۲۳۱، ۲۲۶۴۱ و ۱۰۳۹۷ هکتار اختصاص داده شده است.

جدول ۱- مقایسه نتایج حاصل از حل مسئله برنامه‌ریزی در حالت الگوی کشت فعلی، برنامه‌ریزی خطی ساده و برنامه‌ریزی کسری فازی (واحد: هکتار)

محصول	الگوی کشت فعلی	برنامه‌ریزی خطی	برنامه‌ریزی کسری فازی
گندم آبی	۴۵۰۰۰	۶۳۱۰۵	۳۹۶۳۴
جو آبی	۲۰۰۰۰	۰	۱۹۲۳۱
ذرت دانه‌ای	۱۴۰۰۰	۰	۲۲۶۴۱
پنبه	۱۲۰۰۰	۱۶۶۳۲	۱۰۳۹۷

مقادیر بازده ناخالص برای هر سه حالت الگوی فعلی، برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی کسری محاسبه شد که درآمد ناخالص در هر هکتار برای الگوی فعلی ۳۰۶۵۳۲۰۰۰۰ هزار ریال است. بازده ناخالص با برنامه ریزی خطی در هر هکتار ۳۳۱۰۷۹۴۷۳۷ هزار ریال است. در برنامه‌ریزی کسری بازده ناخالص در هر هکتار ۳۰۴۷۶۲۰۶۷۲ هزار ریال به دست آمده است. بازده ناخالص محصولات مختلف در هر هکتار، از ضرب عملکرد در قیمت بازاری و کسر هزینه‌های جاری تولید از آن به دست می‌آید.

در مدل برنامه‌ریزی کسری فازی با وجود کاهش بازده ناخالص، میزان بازده به ازای هر مترمکعب آب افزایش یافته است. در برنامه‌ریزی خطی آب فقط به عنوان یک محدودیت وارد مدل شده است. در این مدل الگوی کشت را بدون توجه به کمبود منابع آبی و استفاده حداقل از منابع آبی تخمین می‌زنیم که در مدل برنامه‌ریزی کسری فازی بحث پایداری منابع آب لحاظ می‌شود. به عبارت دیگر، بهبود نسبت بازده به آب مصرفی حاکی از افزایش پایداری منبع آب می‌باشد که حداکثر کردن بازده حاصل از کشت محصولات زراعی با رعایت پایداری مصرف آب به نفع جامعه است.

بحث و نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج جدول ۱، الگوی کشت ارائه شده بر مبنای روش برنامه‌ریزی کسری فازی با الگوی کشت فعلی و روش برنامه‌ریزی خطی اختلاف زیادی دارد. این تفاوت نشان‌دهنده مؤثر بودن محدودیت‌های پایداری به کار رفته در الگوی برنامه‌ریزی کسری فازی است؛ با استفاده از برنامه‌ریزی کسری فازی می‌توان با معرفی محدودیت‌های پایداری به مجموعه محدودیت‌های الگوی برنامه‌ریزی ریاضی، الگوی کشتی را تدوین و ارائه کرد که ضمن کسب حداکثر سود، استفاده از حداقل نهاده آب را نیز میسر سازد. علاوه بر این، نتایج به دست آمده از الگوی برنامه‌ریزی کسری فازی تشویق به تنوع کشت محصول برای حفظ پایداری منابع آب می‌کند و محصولات جو آبی

و ذرت دانه‌ای که در الگوی برنامه‌ریزی خطی حذف شده بودند در روش برنامه‌ریزی کسری فازی تولید می‌شوند.

مقایسه نتایج دو روش برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی کسری فازی نشان می‌دهد که اگر بدون توجه به حفظ محیط زیست به بهینه کردن الگوی کشت بپردازیم، بازده ناخالص در هر هکتار ۳۳۱۰۷۹۴۷۳۷ هزار ریال می باشد که در مقایسه با حالتی که از برنامه‌ریزی کسری فازی استفاده می‌شود و هدف حداکثرکردن بازده ناخالص و حداقل کردن مصرف آب همزمان در نظر گرفته می شود، بیشتر است. در برنامه ریزی کسری فازی بازده ناخالص در هر هکتار ۳۰۴۷۶۲۰۶۷۲ هزار ریال به دست آمده است. با وجود کاهش بازده ناخالص کل در مدل برنامه ریزی کسری فازی، میزان بازده ناخالص در این نوع برنامه ریزی به ازای هر مترمکعب آب (بازده تقسیم بر مقدار آب مصرفی) ۱۰ درصد افزایش یافته است. این بدان معنی است که حداکثر کردن بازده ناخالص حاصل از کشت محصولات زراعی با رعایت پایداری و حفظ محیط زیست و منابع طبیعی و حداقل کردن مصرف آب به نفع جامعه است.

نتایج این مطالعه مشابه نتایجی است که [۱۲، ۲، ۲۰ و ۱۰]، در خصوص مباحث پایداری بیان نمودند. در تمامی این مطالعات به متفاوت بودن نتایج حاکی از روش برنامه‌ریزی کسری با روش برنامه‌ریزی خطی ساده اشاره شده است. همچنین الگوی برنامه‌ریزی کسری برای دستیابی به پایداری با الگوی کشت فعلی منطقه اختلاف زیادی دارد. در الگوی بهینه برنامه ریزی کسری، نسبت درآمد به آب مصرفی بیشتر از این نسبت در الگوی بهینه برنامه ریزی خطی ساده است. در واقع میزان مصرف آب به ازای یک واحد درآمد در این الگو کاهش می‌یابد.

با توجه به ضرورت کشاورزی پایدار و حفظ و صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست در کشور، تغییر الگوی کشت بر مبنای حداکثرسازی درآمد با رعایت حداقل کردن آب مصرفی می تواند کمک شایانی در این مورد نماید. روش برنامه ریزی کسری فازی این امتیاز را دارد که به طور همزمان این دو معیار را در نظر گرفته و الگوی بهینه را به دست آورد و با توجه به اینکه حرکت به سمت الگوی کشت متناسب با استفاده پایدار از آب باعث کاهش سود کشاورزان می‌شود، حمایت بیشتر دولت از کشاورزان به کارگیرنده این الگو، الزامی و گامی مؤثر برای حرکت به سمت کشاورزی پایدار تلقی می‌شود.

References

[1]. Amini Fosookhi, A., & Noori, S.H. (2011). sustainable evaluate and agricultural systems cultivation models determine according to exploitation optimal of water and soil sources by using of non-linear models of mathematical programming. *Journal of Agricultural and Natural Sources Science,* 15(54): 99-109 (in Farsi).

[2]. Bakhshudeh, M., & Baghestani, M. (2010). Water resources sustainable and optimal cultivation pattern in Iran; application of fractional programming. *Journal of Economical Science,* 1(4): 57-70, (in Farsi).

[3]. Barim Nezhad, V., & Yazdani, S. (2005). Stability analysis in water resource management in agricultural sector by Using of fractional programming; Case study: Kerman province, 63: 2-16 (in Farsi).

[4]. Chakraborty, M., & Gupta, S., (2002). Fuzzy mathematical programming for multi-objective linear fractional programming problem. *Fuzzy Sets and Systems,* 125: 335-342.

[5]. Daneshvar, M., SHahnoushi, N., Salehi, R., & Abadi, F. (2009). The determination of optimal crop pattern with aim of reduction in hazards of environmental. *American Journal of Agricultural and Biological Sciences,* 4 (4): 305- 310.

[6]. Duran Toksari, M. (2008). Taylor series approach to fuzzy multi-objective linear, fractional programming. *Information Sciences,* 17(8):1189-1204.

[7]. Dutta, D., Tiwari, R.N., & Rao J. R, (1992). Multiple objective linear fractional programming, a fuzzy set theoretic approach. *Fuzzy Sets and Systems,* 52: 39–45.

[8]. Dutta, D., Tiwari, R.N., & Rao J.R., (1993). Fuzzy approaches for multiple criteria linear fractional optimization: a comment, *Fuzzy Sets and Systems*, 54: 347–349.

[9]. Hitosi, M.S., & Takahashi, Y.J., (1992). Pareto optimality for multi-objective linear fractional programming problems with fuzzy parameters. *Information Sciences,* 63: 33–53.
[10]. Hosseinzad, J., Namvar, A., Hayati, B., & Pishbahar, E. (2014). Determination of Crop Pattern with Emphasis on Sustainable Agriculture in the Lands Below the Alavian Dam and its Network. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production,* 24(2): 41-54 (in Farsi).
[11]. Hu, Y., Moiwo, J.P., Yang, Y., Han, Sh., & Yang, Y. (2010). Agricultural water-saving and sustainable groundwater management in Shijiazhuang Irrigation District, North China Plain. *Journal of Hydrology,* 393: 219-232.
[12]. Kohansal, M.R., & Firooz Zarea, A. (2008). Determining optimal cultivation model corresponding with organic agriculture Application of Multiple-objective Linear Fuzzy Fractional Programming, Case study: North Khorasan province. *Journal of Agricultural and Economic Development,* 62(16): 1-13 (in Farsi).
[13]. Luhanjula, M.K. (1984). Fuzzy approaches for multiple objective linear fractional optimizations. *Fuzzy Sets and Systems,* 13: 11-23.
[14]. Lundberg M., & Rich, K. (2002). Multimarket models and policy analysis: An application to Madagascar,Washington, DC: World Bank (Processed).
[15]. Majidi, N., Alizadeh, A., & Ghorbani, M., (2011). Determining the Optimum Cropping Pattern In Same Direction With Water Resources Management Of Mashhad-Chenaran Plain. *Journal of Water and Soil,* 25(4): 776-785 (in Farsi).
[16]. Meteorological Organization of Kerman province, (2016).
[17]. Nykowski, Z., & Zolkiski, A. (1985). compromise procedure for the multiple objective linear fractional programming problem. *Operational Research,* 19: 91–97.
[18]. Pal, B.B., Moitra, B.N., & Maulik, U. (2003). A goal programming procedure for fuzzy multi-objective linear fractional programming problem. *Fuzzy Sets and Systems,* 139: 395–405.
[19]. Sabouhi Saboni, M. (2013). Application programming in agricultural economics with an emphasis on using Excel software, Noore Elm of Tehran Publishers, Zabol Universit (in Farsi).
[20]. Zamani, O., Sabouhi Saboni, M., & Nader, H. (2011). Determining Cropping Pattern Corresponding Sustainable Agriculture by Using Multi-objective Fuzzy Fractional programming: Case study of Piranshahar City. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production,* 20(4): 101-112 (in Farsi).
[21]. Zimmermann, H.J., & Zysno, P. (1980). Latent connectives in human decision making. *Fuzzy Sets and Systems,* 4: 37-51.

Determining optimal cultivation pattern in Orzooeye plain considering water resources sustainability using Fuzzy Fractional Programming model

1- S. Mohseni, PhD Student of Agricultural Economics, University of Shahid Bahonar Kerman
mohseni.simin@gmail.com
2- M.R., Zare Mehrjerdi, Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Shahid Bahonar Kerman
3- E. Vaseghi, PhD Student of Agricultural Economics, University of Shahid Bahonar Kerman

Received: 14 Aug 2016
Accepted: 27 Apr 2017

Abstract

Sustainability of water resources has the most important role in agricultural systems sustainability and is dependent on the pattern of crops. In this study, optimal cropping pattern in Orzooeye plain, Kerman was determined. The cross section data of 2013-2014 were used for the analysis. The main aim of this study is to find the optimal cropping pattern that maximizes the gross margin per cubic meter of water consumption and reducing consuming of water in achieving sustainable agriculture. Therefore, fuzzy fractional programming was used and compared with the current cropping pattern and linear programming. Results showed that the optimal cropping pattern using the fuzzy fractional programming to achieve sustainability is different with the current cropping pattern and linear programming. Despite the reduce in total gross margin in the fuzzy fractional programming model, gross margin per cubic meter of water is increased by 10 percent. This means that maximize income from the cultivation of crops with respect to the sustainability of water resources and water use minimize are benefit for community.

Keywords: Water resources sustainability; Optimal cultivation pattern; Fuzzy fractional programming; Orzooeye.