فصلنامه انسان و محیط زیست، شماره ۴۶، پاییز ۹۷

تعیین شاخص‌های پایداری منابع محیط زیست در بخش کشاورزی شهرستان مشهد با استفاده از برنامه ریزی کسری فازی

صادق بافنده ایماندوست[۱]

کاظم فرهمند*

Farahmand.kazem@gmail.com

مسعود همایونی فر[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۱ **تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۰۸/۱۸**

چکیده

محیط زیست یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار به شمار می‌آید در این راستا تلاش می‌شود فرایند توسعه به گونه‌ای هدایت شود که ضمن حداکثرسازی ارزش افزوده فعالیت‌های اقتصادی، نظام طبیعت پویایی تعادلی خود را از دست ندهد. بنابراین با توجه به تأثیر محیط زیست در زندگی و به طبع آن بقای انسان، حفاظت از محیط زیست امری ضروری تلقی می‌شود، لذا برای دست یابی به این هدف شناخت مواردی که پایداری منابع محیط زیست را فراهم می‌کنند بدیهی به نظر می‌رسد. در این مطالعه الگوی پایداری منابع کشاورزی در حفظ محیط زیست شهرستان مشهد با استفاده از مدل برنامه‌ریزی کسری فازی تعیین گردید. این مطالعه در دو سناریو مورد ارزیابی قرار گرفت در سناریو اول فرض گردید که از تمام زمین موجود استفاده گردد که نتیجه مطالعه در این قسمت نشان داد که کشت محصولات جو، یونجه و ذرت علوفه‌ای بهترین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی منطقه برای حفظ پایداری منابع محیط زیست می‌باشد. در سناریو دوم فرض گردید که محصولات استراتژیک مانند گندم، جو در لیست محصولات قابل کشت وجود داشته باشند که نتیجه مطالعه در این قسمت نشان داد که کشت محصولات گندم، جو و یونجه بهترین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی منطقه برای حفظ پایداری منابع محیط زیست در آن منطقه می‌باشد و همچنین نتایج مطالعه نشان داد که ملزم نمودن کشاورزان به کشت محصولات استراتژیک گندم و جو در الگوی بهینه کشت کشاورز، باعث کاهش شاخص‌های پایداری منابع محیط زیست می‌شود.

کلمات کلیدی: محیط زیست، برنامه‌ریزی‌کسری فازی، الگوی بهینه کشت، بخش کشاورزی.

۱- دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه پیام نور ، تهران، ایران.

۲- کارشناس ارشد اقتصاد دانشگاه پیام نور مشهد، ایران. *(مسئول مکاتبات)

۳- دانشیار گروه اقتصاد دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

Human & Environment., No. 46, Autumn 2018

Estimate Sustainable indicators of environmental resources in agriculture Mashhad city using Fuzzy fraction programming

Sadegh Bafandeh Imandoust [1]
Kazem Farahmand [2*] *(Corresponding Author)*
farahmand.kazem@gmail.com
Massoud Homayounifar [3]

Abstract

Environment is a key element of sustainable development. Hence in this regard trying to steer development process so that the maximization of value-added economic activities and the dynamic nature does not lose his balance. Thus, according to environmental impact and consequently. The survival of human life, environmental protection is indispensable. Therefore, it is necessary to recognition items that cause to environmental sustainability. In this paper assign Sustainable model of agricultural resources for protection environment of Mashhad by using fractional programming. This study evaluates in two scenarios; In the first scenario assumed that all land should be used. Result of this section showed cultivation of barely, alfalfa and silage maize are The optimum cropping pattern in the region to sustain environmental resources. In second scenarios assume that Strategic crops such as wheat, barley and sugar beet cultivation in the list of products exist. Result of this section showed cultivation of wheat, barley, alfalfa, are The optimum cropping pattern in the region to sustain environmental resources. Also result of paper showed that limitation farmer to Strategic cultivation wheat and barley in optimum cropping pattern cause to Reduce environmental sustainability indicators.

Key Words: Environment, Fuzzy Fractional Programming, optimum cropping pattern, Agriculture sector.

1- Associate Professor, Department of Economics Payam Nour University of Tehran, Iran.
2- MSc in Economics Payam Nour University of Mashhad, Iran. **(Corresponding Author)*
3- Associate Professor, Department of Economics, University of Mashhad, Iran.

مقدمه

محیط زیست یکی از ارکان بسیار مهم حیات و توسعه محسوب می‌شود، زیرا نقش‌های متعددی را برای ایجاد تعادل در مؤلفه‌های مختلف حیات بازی می‌کند. اما هم اکنون این مؤلفه به دلیل فقدان قوانین، مقررات ویژه و عدم تعریف مالکیت خاص برای آن، به طور آزاد و نامحدود مورد بهره‌برداری قرار می‌گیرد، که نتیجهٔ آن تخریب محیط زیست و ایجاد آلودگی‌های مختلف در این حوزه است(۱). محیط زیست یکی از ارکان اصلی توسعه پایدار به شمار می‌آید در این راستا تلاش می‌شود فرایند توسعه به گونه‌ای هدایت شود که ضمن حداکثرسازی ارزش افزوده فعالیت‌های اقتصادی، نظام طبیعت پویایی تعادلی خود را از دست ندهد. واقعیت‌های پیرامون ما نشان می‌دهد که کره‌زمین، دست خوش بحران زیست محیطی است .کاهش جنگل‌ها، آلودگی هوا و آب، گرم شدن کره زمین و تغییرات جوی، بالا آمدن آب دریا، انبوه زباله‌های شهری و صنعتی، تهی‌شدن منابع، تخریب مراتع، کاهش تنوع زیستی، تخریب لایه ازن و... خود مصادیقی از بحران‌های زیست محیطی است که هم اکنون بعضاً در ایران نیز مشاهده می‌شود(۲).

امروزه اغلب اقتصاددانان به دنبال بهره‌برداری مدیریت شده از منابع طبیعی هستند، به گونه‌ای که ضمن حفظ پایداری این منابع و به حداکثر رساندن منافع آن‌ها، تا جایی که ممکن است از آلوده‌سازی محیط نیز احتراز شود. بنابراین، مدیریت محیط زیست از دو محور اساسی تشکیل می‌شود: محور نخست، بهره‌برداری مطلوب و پایدار از منابع پایان پذیر و تجدید شونده؛ در این محور بحث این است که از منابع تجدید شونده به گونه‌ای استفاده شود که تبدیل به منابع پایان پذیر نشوند. یعنی به سمت بهره‌برداری بهینه و کارا از این منابع حرکت کنیم و منابع پایان پذیر نیز در حد ضرورت بهره‌برداری شده و حتی الامکان از منافع آن ها در جهت سرمایه‌گذاری‌های زیربنایی و زیرساختی استفاده شود؛ محور دوم، مدیریت آلاینده‌ها به گونه‌ای که خارج از ظرفیت جذب طبیعت نباشد؛ محور اساسی در این قسمت مدیریت رابطه انسان و طبیعت است زیرا بیش ترین تخریب و پدیدساختن آلودگی در محیط زیست از ناحیه انسان صورت می‌گیرد(۳).

بهره‌برداری‌های بی‌رویه به شکل استثمار محیط‌زیست پیرامون به سبب افزایش نیازهای جمعیت رو به رشد جهان، باعث شده است تا محیط‌های گوناگون اعم از شهر و روستا و محیط‌های طبیعی با بحران‌های زیست محیطی روبرو شوند. تغییرات شگرف محیطی که حیات را در کره‌زمین با تهدید روبرو کرده است، باعث شده تا محافل آکادمیک، انجمن‌های غیردولتی و دولت‌ها به فکر حفاظت از محیط زیست بیفتند. در چنین شرایطی نه تنها زندگی انسانی به خطر می‌افتد ، بلکه هدف او که همانا رسیدن به توسعه مداوم و پایدار می‌باشد با مشکل روبرو می‌شود به عبارتی تخریب محیط زیست عاملی خواهد بود که مانع از دست یابی انسان به توسعه پایدار می‌شود(۴).

بنابراین با توجه به تأثیر محیط زیست در زندگی و به طبع آن بقای انسان، حفاظت از محیط زیست امری ضروری تلقی می‌شود. لذا برای دستیابی به این هدف شناخت مواردی که پایداری منابع محیط زیست را فراهم می‌کنند بدیهی به نظر می‌رسد.

با توجه به این که شهر مشهد دارای جمعیت زیادی بوده و این شهر با مشکل جدی کمبود آب و سایر منابع طبیعی در آینده‌ای نزدیک مواجه است، لذا آگاهی و شناخت عوامل مؤثر بر بهره‌برداری پایدار از محیط زیست و عدم آسیب جدی به آن منابع، مهم جلوه می‌کند و از آنجا که بخش کشاورزی در هر شهرستانی بالاترین میزان استفاده از منابع از جمله آب، کودشیمیایی و سموم، را دارا می‌باشد لذا لازم است پایداری منابع محیط زیست در این بخش مورد بررسی قرار گیرد. که در این مطالعه سعی شده است به این مهم پرداخته شود. به همین منظور در مطالعه‌ی کنونی سعی شده است الگویی برای پایداری منابع محیط زیست در بخش کشاورزی شهرستان مشهد ارایه

شود که با دخالت دادن تمایلات بهره‌برداران به شاخص‌های پایداری نیز توجه شود.

در این راستا پس از مقدمه، در بخش دوم پیشینه تحقیق با بررسی مطالعات انجام شده در داخل و خارج کشور مطرح می‌گردد و در بخش سوم روش تحقیق معرفی می‌شود. در بخش چهارم یافته‌های تحقیق و برآورد مدل شرح داده شده و در پایان نتیجه‌گیری مقاله ارایه می‌گردد.

پیشینه تحقیق

در حوزه محیط زیست و حفظ منابع طبیعی تاکنون مطالعات گوناگونی در داخل و خارج از کشور انجام شده است از جمله می توان به موارد زیر اشاره کرد: کرمی و کشاورز(۱۳۹۴) در خصوص حفاظت از منابع طبیعی مطالعه ای انجام دادند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که به منظور حفظ منابع طبیعی می بایست در نگرشی سیستمی و جامع نگر، رابطه نظام اجتماعی-بوم نظام مورد توجه قرارگیرد و بر نقش ابعاد انسانی در سازگاری با بوم نظام تأکید شود(۵). رضایی و همکاران (۱۳۹۴) در خصوص مدیریت پایدار منابع طبیعی در راستای تبادل اطلاعاتی مطالعه ای انجام دادند. بر اساس نتایج تحقیق آن ها، دسترسی و اشتراک اطلاعات در بین سازمان ها به آسانی صورت نمی گیرد و سطح ارتباطی متوسطی میان سازمان ها دارد(۶). پهلوانی و همکاران (۱۳۹۳) در مطالعه ای به بررسی تأثیر توسعه تجارت و رشد اقتصادی بر کیفیت منابع محیط زیست در ایران پرداختند. نتایج مطالعه آن‌ها نشان داد که رابطه تعادلی بلندمدت بین متغیرهای تجارت باز، تولید ناخالص داخلی، جمعیت شهر نشین، مصرف انرژی و شاخص آلودگی هوا برقرار است. همچنین نتایج مطالعه آن ها نشان داد که در حالت کوتاه مدت متغیر جمعیت شهرنشین و مصرف انرژی بالاترین تأثیرگذاری را بر میزان تولید دی اکسید گوگرد داشته و در بلند مدت نیز سرانه مصرف انرژی بالاترین تأثیر را بر آلودگی دی اکسید گوگرد داشته است(۷).

کوکس و فرنکن(۲۰۱۶) به بررسی آموزش بر مدیریت منابع طبیعی محیط زیست پرداختند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که منحنی منابع بر روی اولویت بندی دولت در زمینه اختصاص بودجه به آموزش شیوه های استفاده بهینه از منابع زیست محیطی تاثیر دارد(۸). گارگاری و همکاران(۲۰۱۶) در مطالعه‌ای به تأثیر بام‌های سبز در استفاده پایدار از منابع زیست محیطی پرداختند. نتایج مطالعه آن ها نشان داد که استفاده از بام های سبز تأثیر معناداری بر صرفه جویی انرژی، مدیریت بهینه آب، کاهش آلودگی هوا، تنوع محیط زیستی در موجودات زنده شهری، دارد(۹). وانی و همکاران(۲۰۱۵). در زمینه اهمیت توسعه پایدار منابع زیست محیطی بر تقویت و توسعه کشت محصولات و همچنین زندگی بهتر در مناطق استوایی و نیمه خشک کشور هندوستان تحقیق نمودند. نتایج مطالعه ان ها نشان داد که به منظور حفظ منابع محیط زیست موجود در خاک رعایت آیش بندی زمین در کشت محصولات کشاورزی، حفظ ساختار شکل زمین و همچنین تغذیه نمودن خاک با عناصر معدنی نظیر سیدیم، منیزیم ، پتاسیم و فسفر ضروری می باشد(۱۰). ون دیک و همکاران (۲۰۱۴) به وضعیت محیط زیست و محدودیت‌های منابع زیست محیطی در کشور استرالیا پرداختند. آن‌ها در این مطالعه اظهار نمودند که افزایش جمعیت و تقاضای روز افزون برای استفاده از منابع زیست محیطی چالش های عمده‌ای را برای جلوگیری از رسیدن به توسعه پایدار محیط زیست ایجاد نموده‌اند. آن‌ها در این مطالعه چالش‌های عمده را در مواردی از جمله عدم توافق بر روی محدودیت های اعمال شده بر محیط زیست، فقدان پایگاه داده مناسب در خصوص منابع موجود در دسترس، معرفی نمودند(۱۱).

همان طور که مشاهده می شود در بیش تر مطالعات انجام شده در بخش محیط زیست خیلی کم تر به بحث الگوی پایداری منابع محیط زیست اشاره شده و اکثر مطالعات توصیفی می‌باشند که به همین دلیل اهمیت انجام مطالعه حاضر دوچندان می‌گردد. که در ادامه به روش تحقیق بکار برده شده در این مطالعه اشاره خواهد شد.

روش تحقیق

برنامه‌ریزی کسری خطی چند هدفه[1]

برنامه‌ریزی کسری معمول‌ترین نوع برنامه‌ریزی ریاضی با اهداف نسبی 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 که شامل محدودیت‌های خطی با توجه به متغیرهای داده شده است، می‌باشد. این محدودیت‌ها می‌توانند به صورت مساوی یا نامساوی بیان گردند. فرم عمومی برنامه‌ریزی کسری به صورت زیر می‌باشد(۱۲)

(۱)

$$Max\ (Min)\quad Q(x)=\frac{P(x)}{C(x)}=\frac{\sum_{j=1}^{n}p_jx_j+p_0}{\sum_{j=1}^{n}c_jx_j+c_0}$$

$$S.t:$$

$$\sum a_{ij}x_j \le b_i \quad i=1,2,\dots,m \quad j=1,2,\dots,n$$

$$\sum a_{ij}x_j \ge b_i$$

$$\sum a_{ij}x_j = b_i$$

در این روابط:

$Q(x)$ تابع هدف کسری، $P(x)$ تابع حداکثر سازی درآمد ناخالص کشاورزی. $C(x)$ تابع محدودیت‌های پایداری از جمله میزان مصرف کود، سم، آب می‌باشد. اندیس n تعداد محصولات زراعی، x_j متغیرهای تصمیم ($x_j>0$)، a_{ij} ضرایب فنی ، b_i میزان منابع در دسترس و همچنین $C(x)\neq 0$.

با استفاده از میزان مصرف کود یا سم در واحد سطح می‌توان به بررسی پایداری کشاورزی پرداخت. هر چه نسبت مصرف کود یا سم در واحد سطح در یک دوره زمانی کاهش یابد، بهره‌برداران در جهت پایداری عمل می‌کنند و یا سیاست‌های دولت، نظام (۲) تولید را به سمت پایداری هدایت می‌کند(۲).

صورت این تابع هدف، بیان گر حداکثرسازی درآمد ناخالص کشاورزی، و مخرج آن بیان گر محدودیت‌های پایداری مورد نظر می‌باشد. مقدار عددی این تابع در صورتی حداکثر خواهد شد که میزان درآمد ناخالص در بخش کشاورزی حداکثر و محدودیت‌های پایداری مورد نظر حداقل شود. که این محدودیت‌ها شامل محدودیت‌های کود ازته و فسفاته، سموم شیمیایی علف‌کش، حشره‌کش، و قارچ کش و همچنین میزان آب مصرفی می باشد.

در روش‌های معمول بهینه‌یابی از طریق برنامه‌ریزی خطی، تابع هدف نسبت به محدودیت‌های موجود حداکثر یا حداقل می‌شود. در این حالت نقش تمامی نهاده‌ها در جریان تولید یکسان فرض می‌گردد، در حالی که در روش برنامه‌ریزی کسری می‌توان محدودیت‌های کشاورزی پایدار را در تابع هدف وارد و استفاده از نهاده‌های مختل کننده کشاورزی پایدار را حداقل کرد. استفاده از این روش مشخص می‌کند که برای حرکت به سمت کشاورزی پایدار چه تغییراتی باید در الگوی کشت و مدیریت منطقه ایجاد شود. بر همین اساس و با توجه به قابلیت‌های مدل برنامه‌ریزی کسری در مطالعه حاضر نیز از این رهیافت بهره گرفته می‌شود.

روش‌های حل مدل برنامه‌ریزی کسری خطی چند هدفه

مدل برنامه‌ریزی کسری خطی به روش‌های مختلفی قابل حل است که یکی از این روش‌ها روش داتا-رائو-تیواری است که در ادامه به توضیح آن پرداخته می‌شود :

روش داتا-رائو-تیواری[2]

این رهیافت بر اساس تغییر متغیرهای اصلی پیشنهاد شده توسط چارنز و کوپر (۱۹۶۲) می‌باشد که برای مسأله برنامه‌ریزی کسری خطی بنا نهاده شده است. این تغییر متغیر به صورت زیر است(۱۳) :

$$y=\frac{1}{d(x)}x \quad , \qquad t=\frac{\gamma}{d(x)}$$

y پارامتری است که معمولاً به سبب سادگی، عدد ۱ می پذیرد. با ایجاد تغییراتی در معادله عمومی برنامه ریزی خطی کسری می‌توان یک راه ساده برای حل برنامه خطی بدست آورد:

1- Multi Objective Linear Fractional Programming

2-Dutta-Rao-Tiwari

$$Max \quad a^T + \alpha t$$
$$s.t \quad Ay^t - ct \leq 0$$
$$b^T y + \beta t = 1$$
$$yt \geq 0$$

تابع هدف شکل تغییر یافته صورت کسر می‌باشد و شکل تغییر یافته مخرج کسر به عنوان یک قید در ناحیه قابل دسترس اضافه شده است. اساس این روش این است که اگر $\acute{y}$ و $\acute{t}$ یک جواب بهینه مسأله تغییر یافته باشد آن‌گاه $x = \frac{y}{t}$ یک جواب بهینه مسأله اولیه کسری است.

در تغییر مدل برنامه‌ریزی کسری چند هدفه به شکل حاضر باید به هر هدف یک قید اضافه نمایید. نتایج مسأله با فرض بیان شده در $r_i(x) = \frac{n_i(x)}{d_i(x)} \quad i = (1,2,....q)$ به صورت زیر خواهد بود :

$$Eff.F(x) = \{n_1(x), n_2(x), \dots, n_q(x)\}$$

s.t

$$Ay - ct \leq 0$$
$$d_1(y) = r_1$$
$$d_2(y) = r_2$$
..
$$d_q(y) = r_q$$
$$y, t \geq 0$$

در اینجا رابطه یک به یک از یک مجموعه کارا به مجموعه کارا دیگر وجود ندارد. داتا و همکاران در سال ۱۹۹۳ نشان دادند که رابطه یک به یک در مجموعه قابل دسترس را می‌توان بدست آورد. لذا ما تنها یک محدودیت اضافه شده داریم: مدل برنامه‌ریزی کسری خطی چند هدفه به صورت زیر است:

$$Eff.F(x) = \left\{\frac{n_1(x)}{d_1(x)}, \frac{n_2(x)}{d_2(x)}, \dots, \frac{n_k(x)}{d_k(x)}\right\} \quad (۵)$$
$$Ax \leq 0 \quad , \quad x \geq 0$$

و مسأله تغییر یافته چنین است:

$$Eff.F(x) = \{n_1(y), n_2(y), .., n_q(y)\}$$

s.t:

$$Ay - ct \leq 0$$
$$d_1(y) = r$$
$$y_1 t \geq 0$$

در این مطالعه از روش داتا رائو تیواری استفاده شده است .

مدل برنامه‌ریزی فازی[1]

برنامه‌ریزی فازی امکان در نظر گرفتن داده‌های غیر دقیق و مبهم را در پارامترهای مدل به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد. یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی به شکل زیر می‌باشد(۱۴):

(۷)

$$F(x) = C^T X = \sum_{j=1}^{n} c_j x \lesssim b$$
$$(Ax)_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \lesssim b_i$$
$$j = 1,2,\dots,m \qquad i = 1,2,\dots,m$$

که در این رابطه x بردار متغیرهای تصمیم می‌باشد و $\lesssim$ ، $\gtrsim$ فازی بودن محدودیت‌ها را نشان می‌دهد. در یک موقعیت تصمیم‌گیری فازی، تابع هدف و محدودیت‌ها به عنوان مجموعه فازی با فرم خطی از توابع عضویت بیان می‌شود و بوسیله توابع عضویت و با کمک تعیین حد نوسان بالا با پایین برای هر یک مشخص می‌شود. اگر b_0 و d_0 به ترتیب به عنوان دامنه نوسان بالا و پایین برای رسیدن به سطح هدف مورد انتظار در نظر گرفته شوند برای هدف فازی تابع عضویت به صورت زیر می‌باشد :

$$\mu_0 : R^n \longrightarrow [0,1]$$
$$\mu_0(x) = \begin{cases} 1 & c^T x > b_0 \\ 1 - \dfrac{b_0 - c^T x}{d_0} & b_0 - d_0 \leq c^T x \leq b_0 \\ 0 & c^T x < b - d \end{cases}$$

که b_0 نشان دهنده سطح مورد انتظار هدف واحد تصمیم ساز و d_0 ارزشی است که به طور ذهنی توسط واحد تصمیم ساز مشخص می‌شود .

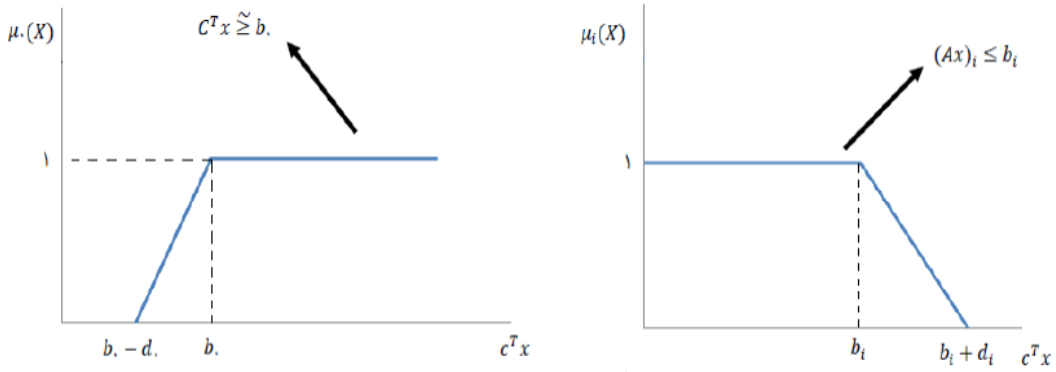
برای محدودیت نیز تابع عضویت به صورت زیر تعریف می شود :

$$\mu_i : R^n \longrightarrow [0,1]$$

1-Fuzzy programming

$$\mu_0(x) = \begin{cases} 1 & (Ax)_i > b_i \\ 1 - \dfrac{(Ax)_i - b_i}{d_i} & b_i \le (Ax)_i \le b_i + d_i \\ 0 & (Ax)_i > b_i + d_i \end{cases}$$

نمایش هندسی هر یک از توابع عضویت مربوط به اهداف و محدودیت‌های فازی در یک مسأله را می‌توان به صورت نمودارهای زیر نشان داد.:



شکل۱- توابع عضویت مربوط به اهداف و محدودیت‌های فازی

مجموعه تصمیم فازی مبتنی بر رویکرد بلمان و زاده (۱۹۷۰) را می‌توان به صورت زیر بیان کرد (۱۴):

$$\mu_D(x) = Min[u_0(x), \quad minu_i(x)]$$

در مرحله بعد هدف پیداکردن مقدار بهینه x با ماکزیمم کردن ارزش عضویت می‌باشد.به عبارت دیگر :

$$\mu_D(x_{opt}) = max\mu_D(x)$$

مدل برنامه ریزی خطی استاندارد با یک متغیر جدید به صورت زیر بازنویسی می‌گردد:

$$Max \ \lambda \qquad (۸)$$

$$St$$

$$\mu_0 x \gtrsim \lambda$$

$$\mu_i(x) \gtrsim \lambda \quad \forall_i : 1, \dots, m$$

$$x_j \gtrsim 0$$

$$\lambda = Min\{\mu_D(x), \mu_1(x), \dots, \mu_m(x)\}$$

متغیر λ را می‌توان به عنوان یک عامل مشترک برای همه محدودیت های فازی مدل در نظر گرفت. بنابراین:

$$\lambda \le \mu_0(x) \leftrightarrow c^T x = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \gtrsim b_0 - (1-\lambda)d_0$$

$$\lambda \le \mu_i(x) \leftrightarrow (Ax)_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le b_i + (1-\lambda)d_i$$

در نهایت مدل برنامه ریزی خطی فازی برای بدست آوردن $\mathbf{x_{opt}}$ به فرم زیر می باشد :

$$Max \ \lambda \qquad (۹)$$

s.t

$$c^T x = \sum_{j=1}^{n} c_j x_j \gtrsim b_0 - (1-\lambda)d_0$$

$$(Ax)_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} x_j \le b_i + (1-\lambda)d_i$$

$$\lambda \epsilon [0,1]$$

برنامه‌ریزی کسری فازی[1]

جهت توسعه برنامه‌ریزی کسری خطی با اهداف چندگانه به برنامه‌ریزی فازی کسری خطی با اهداف چند گانه می‌توان از سطوح اغماض $-Q_i^-$ که با حداکثر کردن هر تابع هدف (x) Q_i با توجه به محدودیت‌ها به دست می‌آید استفاده کرد. اگر Q_i^* حداکثر Q_i (x) باشد و $Q_i^* \gtrsim 0$ باشد و $i \epsilon I$ و چنان چه $Q_i^* \le 0$ باشد آنگاه $i \epsilon I^c$ خواهد بود. زیمرمن (۱۹۷۶) ثابت کرد که چنان چه $\mu D(y,t)$ ارزش حداکثر منحصر به فردی مانند $\mu_D(y^*,t^*)$ داشته باشد، آن‌گاه می‌توان (y^*,t^*) را که جزئی از مجموعه جواب کامل (y,t) است را با استفاده از برنامه‌ریزی خطی کلاسیک با یک متغیر λ حل

1-Fuzzy fractional programming

کرد. مجموعه جواب کامل ترکیبی از بردارهای جواب است که $\mu D(y,t) > 0$ را نتیجه می‌دهد . با توجه به توضیحات بالا اگر $i \epsilon I$ باشد تابع عضویت هر تابع هدف در مجموعه محدودیت‌ها به صورت زیر خواهد بود (۱۵ و ۱۶) :

$$\mu_i(tN_i(^y/_t))$$

$$\begin{cases} 0 & tD_i(^y/_t) \le 0 \\ \dfrac{tD_i(^y/_t)}{Q_i^- - 0} & 0 < tD_i(^y/_t) \\ 1 & tD_i(^y/_t) \ge Q_i^- \end{cases}$$

و چنان چه $i \epsilon I^c$ باشد، تابع عضویت هر تابع هدف در مجموعه محدودیت ها به صورت زیر است :

$$\mu_i(tD_i(^y/_t))$$

$$\begin{cases} 0 & tD_i(^y/_t) \le 0 \\ \dfrac{tD_i(^y/_t)}{Q_i^- - 0} & 0 < tD_i(^y/_t) \\ 1 & tD_i(^y/_t) \ge Q_i^- \end{cases}$$

در نتیجه با استفاده از عملگر زیمرمن، الگوی فازی به صورت الگوی فازی زیر خواهد بود :

$$Max \quad \lambda \qquad (۱۰)$$

s.t

$$\mu_i\left(tN_i(^y/_t)\right) \ge \lambda \quad i \epsilon I$$

$$\mu_i\left(tD_i(^y/_t)\right) \ge \lambda \quad i \epsilon I^c$$

$$tD_i(^y/_t) \le 1 \qquad i \epsilon I$$

$$-tN_i(^y/_t) \le 1 \qquad i \epsilon I^c$$

$$A(^y/_t) - b \le 0 \qquad t>0,\ y>=0$$

یافته‌های تحقیق

اطلاعات و داده‌های مورد نیاز

در این مطالعه با بررسی الگوی بهره‌برداران شهرستان مشهد، الگویی با هدف تأمین هم زمان اهداف بهره‌برداران ارایه شده است. مطالعه حاضر شامل ۱۰ فعالیت کشاورزی است و روی شش هدف و محدودیت تمرکز یافته است. اطلاعات مورد نیاز جهت بررسی شاخص‌های پایداری در شهرستان مشهد، از طریق جداول هزینه-تولید جهادکشاورزی شهرستان مشهد و همچنین مصاحبه با کارشناسان متخصص در سازمان جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی جمع‌آوری گردید. در جدول شماره ۱ درآمد ناخالص، سطح زیر کشت فعلی و ضرایب فنی محصولات مورد مطالعه ارایه شده است.

جدول۱- ماتریس ضرایب فنی شهرستان مشهد در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳

محصولات زراعی	گندم	چغندرقند	جو	خربزه	خیار	گوجه فرنگی	پیاز	بادمجان	یونجه	ذرت علوفه‌ای
هدف‌ها و محدودیت‌ها	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
درآمد ناخالص (میلیون ریال در هر هکتار)	۴۰	۱۲۰	۲۷	۱۰۰	۵۰	۲۰	۷۰	۳۰	۷۵۰	۱۰۰
آب مصرفی (میلیون مترمکعب در هر هکتار)	۰/۰۰۶	۰/۰۰۹	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱۳	۰/۰۱۴	۰/۰۱	۰/۰۰۹	۰/۰۰۹
کود اوره مصرفی (تن در هر هکتار)	۰/۳	۰/۳۵	۰/۲۵	۰/۳	۰/۲	۰/۲۵	۰/۳	۰/۲۵	۰/۲	۰/۳

ادامه جدول۱- ماتریس ضرایب فنی شهرستان مشهد در سال زراعی ۹۴-۱۳۹۳

محصولات زراعی	گندم	چغندرقند	جو	خربزه	خیار	گوجه فرنگی	پیاز	بادمجان	یونجه	ذرت علوفه‌ای
هدف‌ها و محدودیت‌ها	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}
کود فسفات مصرفی (تن در هر هکتار)	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۲۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۲	۰/۱۵	۰/۲	۰/۲۵
سم مصرفی (متر مکعب در هر هکتار)	۰/۰۰۱	۰/۰۰۶	۰	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۰۰۲	۰/۰۰۳	۰	۰/۰۰۴	۰
سطح زیر کشت فعلی (هکتار)	۱۹۷۵۰	۷۱۰	۲۰۰۰۰	۲۵۷۸	۷۵۹	۳۷۴۰	۱۰۶۸	۴۵	۲۸۵۰	۱۶۹۴

منبع: اداره جهاد کشاورزی شهرستان مشهد.

نتایج حاصل از برنامه‌ریزی کالیبره

در گام اول هدف این است که با توجه به الگوی کشت رایج در شهرستان مشهد، مقدار منابع مورد نیاز (شامل آب مصرفی، سموم، کود فسفات، کود اوره) برای هر الگوی کشت را محاسبه نماییم. بنابراین برای محاسبه این منابع، برنامه‌ریزی کالیبره برای درآمد ناخالص تشکیل می‌شود که در اینجا جهت اختصار از آوردن توابع هدف و محدودیت‌های آن صرف نظر می‌گردد (تابع هدف برنامه ریزی کالیبره حداکثر کردن درامد ناخالص و محدودیت های مسأله همان محدودت های آب، کود، و ... می باشد) و تنها نتایج آن در جدول شماره ۲ آورده می‌شود:

جدول ۲- مقادیر سمت راست محدویت‌های برنامه‌ریزی خطی توابع هدف

مقادیر حاصل از کالیبراسیون	بیشینه درآمد ناخالص
میزان موجودی کود فسفات مصرفی در هکتار (تن)	۱۲۶۴۸/۲
میزان موجودی کود اوره مصرفی در هکتار (تن)	۱۴۴۴۳/۵۵
میزان موجودی آب مورد استفاده در هکتار (میلیون متر مکعب)	۳۷۳/۱۷۸
میزان موجودی سم مورد استفاده در هکتار (متر مکعب)	۷۴/۸۸۲۵
مقدار تابع هدف	۴۱۶۸۷۶۰

منبع: یافته‌های تحقیق

نتایج حاصل از برنامه‌ریزی کالیبره بیان گر این مطلب است که با الگوی کشت فعلی میزان سموم، انواع کود (فسفات، اوره) و آب مورد نیاز در شهرستان مشهد برای بیشینه درآمد ناخالص به ترتیب برابر ۱۲۶۴۸/۲ تن کود فسفات، ۱۴۴۴۳/۵۵ تن کود اوره، ۳۷۳/۱۷۸ میلیون متر مکعب آب مصرفی و ۷۴/۸۸۲۵ متر مکعب سم می‌باشد.

الگوی برنامه‌ریزی کسری فازی برای سناریو اول (استفاده از تمام زمین موجود)

در این قسمت هدف آن است که هم زمان با حداکثر کردن درآمد ناخالص، میزان آب، کود و سم مصرفی را حداقل نماییم. در واقع به طور هم زمان بیش ترین درآمد و کم ترین میزان مصرف آب، کود یا سم مورد توجه قرار می‌گیرد بدین منظور از برنامه‌ریزی کسری استفاده می‌کنیم.

فرم برنامه‌ریزی کسری به صورت چندهدفه است بدین شکل که صورت هر هدف بیشینه کردن درآمد و مخرج کسر به ترتیب حداقل کردن آب مصرفی، کود ازت، کود فسفات و سم مطرفی به صورت هم زمان است. فرم برنامه‌ریزی کسری چندهدفه این مطالعه به صورت زیر آمده است:

Max Z

$$z_1 = \frac{40X1 + 120X2 + 27X3 + 100X4 + 50X5 + 20X6 + 70X7 + 30X8 + 750X9 + 100X10}{0.006X1 + 0.009X2 + 0.0055X3 + 0.01X4 + 0.01X5 + 0.013X6 + 0.014X7 + 0.01X8 + 0.009X9 + 0.009X10}$$

$$z_2 = \frac{40X1 + 120X2 + 27X3 + 100X4 + 50X5 + 20X6 + 70X7 + 30X8 + 750X9 + 100X10}{0.3X1 + 0.35X2 + 0.25X3 + 0.3X4 + 0.2X5 + 0.25X6 + 0.3X7 + 0.25X8 + 0.2X9 + 0.3X10}$$

$$z_3 = \frac{40X1 + 120X2 + 27X3 + 100X4 + 50X5 + 20X6 + 70X7 + 30X8 + 750X9 + 100X10}{0.25X1 + 0.25X2 + 0.25X3 + 0.25X4 + 0.15X5 + 0.15X6 + 0.2X7 + 0.15X8 + 0.2X9 + 0.25X10}$$

$$z_4 = \frac{40X1 + 120X2 + 27X3 + 100X4 + 50X5 + 20X6 + 70X7 + 30X8 + 750X9 + 100X10}{0.001X1 + 0.006X2 + 0.01X4 + 0.0015X5 + 0.0025X6 + 0.003X7 + 0.004X9}$$

۱- محدودیت زمین

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} = 53200$

۲- محدودیت آب مصرفی

$0.006X_1 + 0.009X_2 + 0.0055X_3 + 0.01X_4 + 0.01X_5 + 0.013X_6 + 0.014X_7 + 0.01X_8 + 0.009X_9 + 0.009X_{10} \leq 373.178$

۳- محدودیت کود ازته

$0.3X_1 + 0.35X_2 + 0.25X_3 + 0.3X_4 + 0.2X_5 + 0.25X_6 + 0.3X_7 + 0.25X_8 + 0.2X_9 + 0.3X_{10} \leq 14443.55$

۴- محدودیت کود فسفات

$0.25X_1 + 0.25X_2 + 0.25X_3 + 0.25X_4 + 0.15X_5 + 0.15X_6 + 0.2X_7 + 0.15X_8 + 0.2X_9 + 0.25X_{10} \leq 12648.2$

۵- محدودیت سموم

$0.001X_1 + 0.006X_2 + 0.01X_4 + 0.0015X_5 + 0.0025X_6 + 0.003X_7 + 0.004X_9 \leq 74.8825$

۶- محدودیت غیر منفی

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10} \geq 0$

لازم است برنامه‌ریزی کسری به خطی تبدیل گردد که برای خطی نمودن برنامه‌ریزی کسری از روش داتا- رائو- تیواری استفاده شده است. که در اینجا از آوردن جزئیات آن صرف نظر شده است. در ادامه بر اساس روش زیمرمن (روش Max-Min) الگوی برنامه‌ریزی خطی به صورت فازی تبدیل می‌شود. در واقع این روش به دنبال حداکثر کردن حداقل حصول اهداف و محدودیت‌های مختلف می‌باشد. در این روش اولویت رسیدن به اهداف اهمیتی ندارد و سعی می‌شود تا حد ممکن اهداف مورد نظر با هم پوشش داده شود. برای تبدیل فرم خطی شده برنامه‌ریزی کسری با اهداف چند گانه به فرم خطی شده برنامه-ریزی فازی کسری، باید از مقادیر تابع هدف به دست آمده در هر یک از حالات پایداری نسبت به آب، کود و سم به طور جداگانه استفاده نمود. در الگوی فازی توابع اهدف به صورت محدودیت مطابق رابطه زیر وارد می‌شود.

$\sum c_i x_j \geq b_0 - (1- \lambda)\, d_0$

$\sum a_{ij} x_j \leq b_i + (1- \lambda)\, di$

در این رابطه مقدار b0 از طریق مقدار بهینه برنامه‌ریزی کسری و d0 نشان دهنده درآمد ناخالص الگوی کشت فعلی است. bi منابع موجود برای نهاده‌ها و di نشان‌دهنده تغییرات قابل تحمل برای bi می‌باشد که بر اساس نظر کارشناسان سازمان جهاد کشاورزی ده درصد منابع موجود در نظر گرفته شد.

الگوی برنامه‌ریزی کسری فازی برای این سناریو به صورت زیر است:

تابع هدف

Max: λ

۱-محدودیت تابع هدف

$40y_1+ 120y_2 + 27y_3 +100y_4 + 50y_5+ 20y_6 + 70y_7 + 30\ y_8 + 750y_9+ 100y_{10} \geq 1215.15 - (1-\lambda)\ 416.876$

۲-محدودیت فازی آب مصرفی

$0.006y_1+ 0.009y_2 + 0.0055y_3 +0.01y_4 + 0.01y_5+ 0.013y_6 + 0.014y_7 + 0.01y_8 +0.009y_9 +0.009y_{10} \leq 373.178 + (1-\lambda)\ 37.3178$

۳-محدودیت فازی کود اوره

$0.3y_1+ 0.35y_2 + 0.25y_3 +0.3y_4 + 0.2y_5+ 0.25y_6 + 0.3y_7 + 0.25y_8+0.2y_9 +0.3y_{10} \leq 14443.55 + (1-\lambda)\ 1444.355$

۴-محدودیت فازی کود فسفات

$0.25y_1+ 0.25y2 + 0.25y3 +0.25y4 + 0.15y5+ 0.15y6 + 0.2y7 + 0.15y8+0.2y9 +0.25y10 \leq 12648.2 +$

$(1-\lambda)\ 1264.82$

۵-محدودیت فازی سموم

$0.001y_1+ 0.006y_2 +0.01y_4 + 0.0015y_5+ 0.0025y_6 + 0.003y_7 +0.004y_9 \leq 74.8825 + (1-\lambda)7.78825$

۶-محدودیت پایداری نسبت به آب مصرفی

$0.006y_1+ 0.009y_2 + 0.0055y_3 +0.01y_4 + 0.01y_5+ 0.013y_6 + 0.014y_7 + 0.01y_8 +0.009y_9 +0.009y_{10} \leq ۱$

۷-محدودیت پایداری نسبت به کود ازت

$0.3y_1+ 0.35y_2 + 0.25y_3 +0.3y_4 + 0.2y_5+ 0.25y_6 + 0.3y_7 + 0.25y_8+0.2y_9 +0.3y_{10} \leq 1$

۸-محدودیت پایداری نسبت به کود فسفات

$0.25y_1+ 0.25y_2 + 0.25y_3 +0.25y_4 + 0.15y_5+ 0.15y_6 + 0.2y_7 + 0.15y_8+0.2y_9 +0.25y_{10} \leq 1$

۹-محدودیت پایداری نسبت به سم مصرفی

$0.001y_1+ 0.006y_2 +0.01y_4 + 0.0015y_5+ 0.0025y_6 + 0.003y_7 +0.004y_9 \leq 1$

۱۰- محدودیت زمین بر حسب هکتار

$y_1+ y_2 + y_3 +y_4 + y_5+ y_6 + y_7 + y_8+ y_9 + y_{10} - 53200t = 0$

۱۱-محدودیت آب مصرفی

$0.006y_1+ 0.009y_2 + 0.0055y_3 +0.01y_4 + 0.01y_5+ 0.013y_6 + 0.014y_7 + 0.01y_8 +0.009y_9 +0.009y_{10} -373.178t \leq 0$

۱۲-محدودیت کود ازت

$0.3y_1+ 0.35y_2 + 0.25y_3 +0.3y_4 + 0.2y_5+ 0.25y_6 + 0.3y_7 + 0.25y_8+0.2y_9 +0.3y_{10} - 14443.55t \leq 0$

۱۳-محدودیت کود فسفات

$0.25y_1+ 0.25y_2 + 0.25y_3 +0.25y_4 + 0.15y_5+ 0.15y_6 + 0.2y_7 + 0.15y_8+0.2y_9 +0.25y_{10} - 12648.2t \leq 0$

۱۴-محدودیت سموم

$0.001y_1+ 0.006y_2 +0.01y_4 + 0.0015y_5+ 0.0025y_6 + 0.003y_7 +0.004y_9 - 74.8825t \leq 0$

۱۵- محدودیت غیر منفی

$y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6 , y_7 , y_8 , y_8 , y_9 , y_{10} , t \geq 0$

۱۶-محدودیت λ

$\lambda<=1$

در روابط بالا λ بیان گر درجه حصول یا درجـه اقنـاع اهـداف و محدودیت‌های مختلف می‌باشد. این ضریب دامنه تغییرات بـین صفر و یک را به خود اختصاص می‌دهـد، صـفر بیـان گـر عـدم حصول و یک بیان گر حصول کامل به اهداف مختلف است. عدد حاصله برای این آماره هر چه به یک نزدیک تر بیان گر حصـول بیش تر اهداف و هرچه به صفر نزدیک تر بیان گر درجـه بـالاتر عدم حصول به اهداف و محدودیت‌های مختلف می‌باشد.

در جدول شماره ۳ نتایج حاصل از الگـوی برنامـه‌ریزی کسـری فازی برای سناریو اول مطالعه نشان شده است: همان طور که از نتایج این قسمت مشاهده می‌گردد. در راستای رسیدن به الگوی پایـدار حفـظ منـابع محـیط زیسـت در بخـش کشـاورزی شهرستان مشهد الگوی بهینه کشت به صورت ۲۳۹۹۰ هکتار از محصول جو، ۱۴۸۸۲ هکتار از محصول یونجه و ۳۴۲۰ هکتار از محصول ذرت علوفه‌ای پیشنهاد می‌گردد.

مقدار درآمد ناخالص تـابع هـدف در ایـن قسـمت ۱۲۱۵۱۲۳۰ میلیـون ریـال بـرای هـر هکتـار ، مقـدار آب مصـرفی ۲۹۶/۶۶

میلیون متر مکعب برای هر هکتار، مقدار کود اوره مصرفی و کود فسفات به ترتیب برابر ۹۹۹۹ و ۹۸۲۸ تن در هر هکتار و همچنین میزان سم مصرفی ۵۹/۵۲۸ متر مکعب برای هر هکتار خواهد بود.

نتایج حاصل از برآورد شاخص‌های پایداری توابع هدف نشان داد که مقدار شاخص پایداری آب برابر ۴۰۹۶۰ ، شاخص پایداری کود اوره ۱۲۱۵ ، شاخص پایداری کود فسفات ۱۲۳۶ و در نهایت شاخص پایداری سم برابر ۲۰۴۱۲۶ می‌باشد.

جدول ۳- نتایج حل برنامه‌ریزی کسری فازی سناریو اول برای شاخص‌های پایداری

محصول		سطح زیر کشت بهینه
گندم		۰
چغندرقند		۰
جو		۲۳۹۹۰
خربزه		۰
خیار		۰
گوجه فرنگی		۰
پیاز		۰
بادمجان		۰
یونجه		۱۴۸۸۲
ذرت علوفه‌ای		۳۴۲۰
مقادیر تابع هدف	درآمد ناخالص	۱۲۱۵۱۲۳۰
	آب	۲۹۶/۶۶
	کود اوره	۹۹۹۹/۹
	کود فسفات	۹۸۲۸/۹
	سم	۵۹/۵۲۸
مبدل برنامه‌ریزی خطی		۰/۰۰۰۱
شاخص پایداری آب		۴۰۹۶۰
شاخص پایداری کود اوره		۱۲۱۵
شاخص پایداری کود فسفات		۱۲۳۶/۲
شاخص پایداری سم		۲۰۴۱۲۶

مأخذ: یافته‌های تحقیق

الگوی برنامه‌ریزی کسری فازی برای سناریودوم (کشت محصولات استراتژیک گندم و جو)

سناریوی دوم با توجه به اهمیت کشت محصولات گندم و جو در منطقه مورد بررسی قرار می‌گیرد. با فرض این که این محصولات اساسی به اندازه‌ی مقادیر سطح زیرکشت فعلی در مدل وجود داشته باشد که مقادیر سطح زیرکشت آن ها به عنوان محدودیت مدل در نظر گرفته می‌شود. فرم برنامه‌ریزی کسری برای این سناریو به صورت زیر است.

Max Z

$$z_1 = \frac{40X1 + 120X2 + 27X3 + 100X4 + 50X5 + 20X6 + 70X7 + 30X8 + 750X9 + 100X10}{0.006X1 + 0.009X2 + 0.0055X3 + 0.01X4 + 0.01X5 + 0.013X6 + 0.014X7 + 0.01X8 + 0.009X9 + 0.009X10}$$

$$z_2 = \frac{40X1 + 120X2 + 27X3 + 100X4 + 50X5 + 20X6 + 70X7 + 30X8 + 750X9 + 100X10}{0.3X1 + 0.35X2 + 0.25X3 + 0.3X4 + 0.2X5 + 0.25X6 + 0.3X7 + 0.25X8 + 0.2X9 + 0.3X10}$$

$$z_3 = \frac{40X1 + 120X2 + 27X3 + 100X4 + 50X5 + 20X6 + 70X7 + 30X8 + 750X9 + 100X10}{0.25X1 + 0.25X2 + 0.25X3 + 0.25X4 + 0.15X5 + 0.15X6 + 0.2X7 + 0.15X8 + 0.2X9 + 0.25X10}$$

$$z_4 = \frac{40X1 + 120X2 + 27X3 + 100X4 + 50X5 + 20X6 + 70X7 + 30X8 + 750X9 + 100X10}{0.001X1 + 0.006X2 + 0.01X4 + 0.0015X5 + 0.0025X6 + 0.003X7 + 0.004X9}$$

۱- محدودیت سطح زیر کشت

$X_1 = 19750$

$X_3 = 20000$

$X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 + X_{10} \leq 53200$

۲- محدودیت آب مصرفی

$0.006X_1 + 0.009X_2 + 0.0055X_3 + 0.01X_4 + 0.01X_5 + 0.013X_6 + 0.014X_7 + 0.01X_8 + 0.009X_9 + 0.009X_{10} \leq 373.178$

۳- محدودیت کود ازته

$0.3X_1 + 0.35X_2 + 0.25X_3 + 0.3X_4 + 0.2X_5 + 0.25X_6 + 0.3X_7 + 0.25X_8 + 0.2X_9 + 0.3X_{10} \leq 14443.55$

۴- محدودیت کود فسفات

$0.25X_1 + 0.25X_2 + 0.25X_3 + 0.25X_4 + 0.15X_5 + 0.15X_6 + 0.2X_7 + 0.15X_8 + 0.2X_9 + 0.25X_{10} \leq 12648.2$

۵- محدودیت سموم

$0.001X_1 + 0.006X_2 + 0.01X_4 + 0.0015X_5 + 0.0025X_6 + 0.003X_7 + 0.004X_9 \leq 74.8825$

۶- محدودیت غیر منفی

$X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10} \geq 0$

همانند قبل الگوی برنامه‌ریزی کسری فازی برای این سناریو به صورت زیر خواهد بود :

تابع هدف

Max: λ

۱-محدودیت تابع هدف

$40y_1 + 120y_2 + 27y_3 + 100y_4 + 50y_5 + 20y_6 + 70y_7 + 30y_8 + 750y_9 + 100y_{10} \geq 1215.15 - (1-\lambda)\ 416.876$

۲- محدودیت فازی آب مصرفی

$0.006y_1 + 0.009y_2 + 0.0055y_3 + 0.01y_4 + 0.01y_5 + 0.013y_6 + 0.014y_7 + 0.01y_8 + 0.009y_9 + 0.009y_{10} \leq 373.178 + (1-\lambda)\ 37.3178$

۳- محدودیت فازی کود اوره

$0.3y_1 + 0.35y_2 + 0.25y_3 + 0.3y_4 + 0.2y_5 + 0.25y_6 + 0.3y_7 + 0.25y_8 + 0.2y_9 + 0.3y_{10} \leq 14443.55 + (1-\lambda)\ 1444.355$

۴- محدودیت فازی کود فسفات

$0.25y_1 + 0.25y2 + 0.25y3 + 0.25y4 + 0.15y5 + 0.15y6 + 0.2y7 + 0.15y8 + 0.2y9 + 0.25y10 \leq 12648.2 + (1-\lambda)\ 1264.82$

۵- محدودیت فازی سموم

$0.001y_1 + 0.006y_2 + 0.01y_4 + 0.0015y_5 + 0.0025y_6 + 0.003y_7 + 0.004y_9 \leq 74.8825 + (1-\lambda)7.78825$

۶- محدودیت پایداری نسبت به آب مصرفی

$0.006y_1 + 0.009y_2 + 0.0055y_3 + 0.01y_4 + 0.01y_5 + 0.013y_6 + 0.014y_7 + 0.01y_8 + 0.009y_9 + 0.009y_{10} \leq 1$

۷- محدودیت پایداری نسبت به کود ازت

$0.3y_1 + 0.35y_2 + 0.25y_3 + 0.3y_4 + 0.2y_5 + 0.25y_6 + 0.3y_7 + 0.25y_8 + 0.2y_9 + 0.3y_{10} \leq 1$

۸- محدودیت پایداری نسبت به کود فسفات

$0.25y_1 + 0.25y_2 + 0.25y_3 + 0.25y_4 + 0.15y_5 +$

$0.15y_6 + 0.2y_7 + 0.15y_8+0.2y_9 +0.25y_{10} \leq 1$

۹- محدودیت پایداری نسبت به سم مصرفی

$0.001y_1+ 0.006y_2 +0.01y_4 + 0.0015y_5+ 0.0025y_6 + 0.003y_7 +0.004y_9 \leq 1$

۱۰- محدودیت زمین بر حسب هکتار

$y_1+ y_2 + y_3 +y_4 + y_5+ y_6 + y_7 + y_8+ y_9 + y_{10} - 53200t = 0$

۱۱-محدودیت سطح زیر کشت

$y1-19750t=0$

$y3-20000t=0$

۱۲- محدودیت آب مصرفی

$0.006y_1+ 0.009y_2 + 0.0055y_3 +0.01y_4 + 0.01y_5+ 0.013y_6 + 0.014y_7 + 0.01y_8 +0.009y_9 +0.009y_{10} -373.178t \leq 0$

۱۳- محدودیت کود ازت

$0.3y_1+ 0.35y_2 + 0.25y_3 +0.3y_4 + 0.2y_5+ 0.25y_6 + 0.3y_7 + 0.25y_8+0.2y_9 +0.3y_{10} - 14443.55t \leq 0$

۱۴- محدودیت کود فسفات

$0.25y_1+ 0.25y_2 + 0.25y_3 +0.25y_4 + 0.15y_5+ 0.15y_6 + 0.2y_7 + 0.15y_8+0.2y_9 +0.25y_{10} - 12648.2t \leq 0$

۱۵- محدودیت سموم

$0.001y_1+ 0.006y_2 +0.01y_4 + 0.0015y_5+ 0.0025y_6 + 0.003y_7 +0.004y_9 – 74.8825t \leq 0$

۱۶- محدودیت غیر منفی

$y_1, y_2, y_3 , y_4 , y_5 , y_6 , y_7 , y_8 , y_9 , y_{10} , t \geq 0$

۱۷-محدودیت λ

$\lambda<=1$

در جدول شماره ۴ نتایج حاصل از الگوی برنامه‌ریزی کسری فازی برای سناریو دوم مطالعه آورده شده است:

همانطور که از نتایج این قسمت مشاهده می‌گردد. در راستای رسیدن به الگوی پایدار حفظ منابع محیط زیست در بخش کشاورزی شهرستان مشهد الگوی بهینه کشت به صورت ۱۴۵۰۶ هکتار از محصول گندم، ۱۴۶۹۰ هکتار از محصول جو و ۹۸۷۸ هکتار از محصول یونجه می‌باشد. یعنی با این میزان از کشت محصولات منتخب به هر چهار هدف الگوی برنامه ریزی که حداقل کردن آب مصرفی، کود مصرفی ، سم مصرفی و همچنین حداکثر نمودن درآمد ناخالص می‌باشد خواهیم رسید. در این قسمت مقدار درآمد ناخالص تابع هدف از رقم۱۲۱۵۱۲۳۰ به ۸۳۸۶۱۲۰ میلیون ریال برای هر هکتار کاهش یافته است، مقدار آب مصرفی نیز کاهش یافته است و به ۲۵۶/۷۴ میلیون متر مکعب برای هر هکتار رسیده است. مقدار کود اوره مصرفی و کود فسفات تغییر چندانی نکرده‌اند و به ترتیب برابر ۹۹۹۹ و ۹۸۲۸ تن در هر هکتار می‌باشند. همچنین میزان سم مصرفی نیز همان ۵۹/۵۲۸ متر مکعب برای هر هکتار براورد شده است.

نتایج حاصل از برآورد شاخص‌های پایداری توابع هدف نشان داد که مقدار شاخص‌های پایداری کاهش یافته است و پایداری آب برابر ۳۲۶۶۴، شاخص پایداری کود اوره ۸۳۶/۶ شاخص پایداری کود فسفات ۹۰۴/۱۸ و در نهایت شاخص پایداری سم برابر ۱۵۵۲۳۵می‌باشد که این نشان می‌دهد که با ملزم نمودن کشاورزان منطقه به کشت محصولات استراتژیک گندم و جو و وارد نمودن آن‌ها در الگوی کشت بهینه شاخص‌های پایداری منابع محیط زیست کاهش می‌یابد.

جدول ۴-نتایج حل برنامه‌ریزی کسری فازی سناریو دوم برای شاخص‌های پایداری

محصول		سطح زیر کشت بهینه
گندم		۱۴۵۰۶
چغندرقند		۰
جو		۱۴۶۹۰
خربزه		۰
خیار		۰
گوجه فرنگی		۰
پیاز		۰
بادمجان		۰
یونجه		۹۸۷۹
ذرت علوفه‌ای		۰
مقادیر تابع هدف	درآمد ناخالص	۸۳۸۶۱۲۰
	آب	۲۵۶/۷۴
	کود اوره	۱۰۰۰۰
	کود فسفات	۹۸۲۸/۹
	سم	۵۹/۵۲۸
مبدل برنامه‌ریزی خطی		۰/۰۰۰۱
شاخص پایداری آب		۳۲۶۶۴
شاخص پایداری کود اوره		۸۳۶/۶
شاخص پایداری کود فسفات		۹۰۴/۱۸
شاخص پایداری سم		۱۵۵۲۳۵

مأخذ: یافته‌های تحقیق

نتیجه‌گیری

در این مطالعه الگوی پایداری منابع کشاورزی در حفظ محیط زیست شهرستان مشهد با استفاده از مدل برنامه‌ریزی کسری فازی تعیین گردید. این مطالعه در دو سناریو مورد ارزیابی قرار گرفت در سناریو اول فرض گردید که از تمام زمین موجود استفاده گردد که نتیجه مطالعه در این قسمت نشان داد که کشت محصولات جو، یونجه و ذرت علوفه‌ای بهترین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی منطقه برای حفظ پایداری منابع محیط زیست می‌باشد . در سناریو دوم فرض گردید که محصولات استراتژیک مانند گندم، جو در لیست محصولات قابل کشت وجود داشته باشند که نتیجه مطالعه در این قسمت نشان داد که کشت محصولات گندم، جو و یونجه بهترین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی منطقه برای حفظ پایداری منابع محیط زیست در آن منطقه می‌باشد و همچنین نتایج مطالعه نشان داد که ملزم نمودن کشاورز به کشت محصولات استراتژیک گندم و جو در الگوی بهینه کشت کشاورز، باعث کاهش شاخص های پایداری منابع محیط زیست می‌شود .

در نهایت پیشنهادات زیر ارایه می‌گردد:

۱-استفاده از ابزارهای کنترلی مختلف مانند مجوزها، سهمیه ها، کنترل بازاریابی و فروش به منظور حداقل رساندن میزان استفاده از سموم و کود شیمیایی در محصولات کشاورزی

۲-استفاه از محرک های نقدی برای تولید کنندگان محصولات ارگانیک و فاقد کود و سموم شیمیایی جهت حفظ محیط زیست .

۳-توجه به مسایل زیست محیطی در بحث قیمت گذاری نهاده های کشاورزی(کود شیمیایی، سموم و آفت کش ها).

منابع

۱) نظری، روح اله.، مهدوی عادلی.، محمد حسین.، و یداله دادگر.(۱۳۹۴). بررسی عوامل مؤثر بر آلودگی محیط زیست در ایران طی دوره ۱۳۹۲-۱۳۵۳. فصلنامه علمی پژوهشی، پژوهش های رشد و توسعه اقتصادی. سال ششم، شماره ۲۱.صص:۶۰-۴۷.

۲) مراد حاصل، نیلوفر.، و امیر حسین مزینی.(۱۳۸۷). ارزیابی نقش دولت در چالش های زیست محیطی ایران(رویکرد اقتصاد محیط زیست). علوم و تکنولوژی محیط زیست. دوره دهم.شماره چهار.ص:۲۳-۱۱.

۳) فراهانی فرد، سعید.(۱۳۸۸). اصلاح الگوی مصرف و محیط زیست. فصلنامه علمی پژوهشی اقتصاد اسلامی. سال نهم، شماره ۳۴.ص:۱۲۳-۹۷.

۴) احدی، علی.، و علی حاجی نژاد. (۱۳۸۹). تخریب محیط زیست مانعی در برابر توسعه پایدار. مجموعه مقالات چهارمین کنگره بین المللی جغرافیدانان جهان اسلام.ایران-زاهدان.ص: ۱۴-۱.

۵) کرمی، عزت اله.، و مرضیه کشاورز. (۱۳۹۴). ابعاد انسانی حفاظت از منابع طبیعی. علوم ترویج و آموزش کشاورزی ایران. جلد ۱۱، شماره ۲. ص:۱۲۰-۱۰۱.

۶) رضایی، عبدالمطلب.، حسینی، محمود.، و علی اسدی.(۱۳۹۴). تحلیل شبکه تبادل اطلاعات در راستای مدیریت پایدار منابع طبیعی (منطقه مورد مطالعه: حوضه سد البرز در استان مازندران). مجله مرتع و آبخیزداری، دوره ۶۸ شماره ۱ ص: ۸۰-۶۵.

۷) پناهی، فاطمه(۱۳۹۱). تحلیل عوامل مؤثر بر مدیریت بهینه منابع آب در نظام کشاورزی ایران. پژوهش های ترویج و آموزش کشاورزی، سال پنجم، شماره ۱. ص:۱۱۷-۱۰۱.

8) Cockx, L and Nathalie francken. (2016). Natural resources: A curse on education spending? Energy policy 92. 394-408.

9) Gargani, C., Bibbiani, C., Fantozzi, F., and Carlo Alberto campiotti. (2016). Environmental impact of green roofing: the contribute of a green roof to the sustainable use of natural resources in a life cycle approach. Agriculture and agricultural scince procedia 8.646-656.

10) Wani, Suhas p., Chander, Girish. Sahrawat. Kanwar, L., Pal, D.K ., Pathak.P., Pardhasaradhi. G. and p.j. Kamadi.(2015). Sustainabale use of natural resources for crop intensification and better livelihoods in the rainfed semi-arid tropics of central india. NJAS. Wageningen Journal of Life Sciences :1-7.

11) Van dijl,A., Mount,R., Gibbons,P., Vardon,M., and pep canadell. (2014). Environmental reporting and accounting in Australia: progress, prospects and research priorities. Science of the total environment 437-474: 338-349.

12) 12-Bajalinov, Erik. (2010). Taxes, subsidies and unemployment - a unified optimization approach. Croatian Operational Research Review (CRORR), Vol. 1:51-61.

۱۳) محمد پورزرندی، محمد ابراهیم. ۱۳۹۲. بهینه‌سازی غیر خطی. انتشارات دانشگاه تهران. چاپ دوم. شابک:۸-۹۷۸-۹۶۴-۰۳-۶۴۷۵.

14) Zimmermann, H .J.(1978). Fuzzy Programming and Linear Programming With Several Objective Functions. Fuzzy sets systems 1: 45-55

15) Zimmermann, H .J. (1976). Description and optimization of fuzzy systems. International journal of General Systems, 2: 209-215.

16) Sadjadi, S.J ., Aryanezhad, M.B., and A. Sarfaraz.(2005). A fuzzy approach to solve a multi-objective linear fractional inventory model. Journal of Industrial Engineering International. Vol. 1, No.1: 43-47.