نشریه اقتصاد و توسعه کشاورزی
جلد ۲۸، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۳، ص. ۳۷۶-۳۶۸

Journal of Agricultural Economics and Development
Vol. 28, No. 4, Winter 2015, p. 368-376

کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای جهت تدوین الگوی بهینه کشت (مطالعه‌ی موردی بخش مرکزی شهرستان مشهد)

فاطمه برادران سیرجانی[۱]- محمدرضا کهنسال[۲*]- محمود صبوحی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۲۰

چکیده

تخصیص بهینه منابع آب در کشاورزی امری ضروری است و کشاورزان در عملیات زراعی مزرعه باید بدان توجه کنند یکی از عوامل مهم در تخصیص بهینه منابع آب تعیین الگوی بهینه کشت در مزرعه است. در مطالعه حاضر برای تعیین الگوی بهینه کشت و تخصیص بهینه منابع آب در بخش مرکزی شهرستان مشهد (دهستان توس) از برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله ای استفاده شده است آمار و اطلاعات مورد نیاز از طریق مصاحبه حضوری با کشاورزان منطقه‌ی مورد مطالعه و تکمیل ۱۱۶ پرسشنامه با استفاده ازنمونه گیری تصادفی ساده، در سال ۱۳۹۱-۱۳۹۲ جمع‌آوری شد.نتایج نشان داد که مقادیر بهینه مدل برنامه‌ریزی فازی چند هدفه دو مرحله ای در هدف حداکثر سازی بازده ناخالص ۲۳۹۴۲/۰۱ ده‌هزار ریال، بهره‌برداری از کود های آلی ۳۸۷۶/۱۹ کیلوگرم و هدف حداقل‌سازی مصرف آب ۵۳۶۴۵/۶۲ متر مکعب که این اهداف در مرحله دوم بهبود پیدا کرده و میزان هدف کود شیمیایی ۸۱۷/۸۰ کیلوگرم که نسبت به حالت قبل تغییری نکرده و الگوی کشت در صورتی بهینه می‌شود که بیشترین سطح زیرکشت را به سیب زمینی و بعد از آن چغندر، جو، پیاز و گندم اختصاص داد و کشت گوجه فرنگی و ذرت را حذف کرد. نتایج نشان می‌دهد مدل برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای در مقایسه با مدل خطی فازی چند هدفه نتایج بهتری در تعیین الگوی بهینه کشت و تخصیص آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه دارد.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، منابع آب، برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای

مقدمه

آب یکی از مهم ترین عوامل رشد و توسعه جوامع بشری محسوب می‌شود. مقایسه منابع آبی کشورهای مختلف نشان می‌دهدکه کمبود آب به ویژه آب با کیفیت مناسب، یکی از عوامل بازدارنده توسعه‌ی کشاورزی، اقتصادی و اجتماعی در اکثر کشورهای در حال توسعه است ۱۱. در ایران به دلایل مختلف مانند برداشت بی‌رویه از برخی منابع آب موجود، عدم تغذیه مناسب سفره‌های آب سطحی و زیرزمینی، بی توجهی به اصول مرتبط با حفاظت منابع آب و خاک، رشد بخش صنعت و توسعه شهرنشینی، عدم توجه به الگوی هر منطقه مبتنی بر منابع آب موجود و بروز پدیده خشکسالی، عرضه آب نتوانسته پاسخگوی تقاضای فزاینده آن باشد (۱۰). از این رو پایداری منابع آب کشور بیش از هر چیز تحت تأثیر بهره‌برداری از منابع آب در بخش کشاورزی قرارمی‌گیرد (۱). محدودیت منابع آبی، رشد سریع جمعیت و نیاز به تولید بیشتر، سبب شده که بخش کشاورزی، نسبت به سایر بخش‌های مصرف‌کننده آب، تقاضای بیشتری برای مصرف داشته باشد. بنابراین، مهمترین چالش بخش کشاورزی در شرایط کنونی چگونگی تولید بیشتر غذا از آب کمتر است (۷). یکی از عوامل موثر در پایداری منابع آب انجام عملیات زراعی مناسب در مزرعه است. استفاده از از ارقام گیاهی مقاوم به کم آبی، کاشت محصولاتی که آب کمی نیاز دارند از جمله متغیر های اساسی برای شکل‌گیری این عامل هستند. هر یک از این متغیرها خود به تنهایی می‌توانند در کنترل مصرف و مدیریت بهینه آب در مزرعه کمک نمایند (۵). لذا به نظر می‌رسد که کمبود منابع آب، علاوه بر کندکردن روند توسعه کشاورزی، باعث زیان‌هایی نیز در آینده خواهد شد. پیاده‌سازی نظام بهره‌وری آب کشاورزی با تأکید بر پایداری منابع آب کشور، یکی از راهکارهای توصیه شده می‌باشد (۹).

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، واحد بین‌الملل، دانشگاه فردوسی مشهد
۲ و ۳- استاد و دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: Email: Kohansal@um.ac.ir)

پاکدامن و نجفی (۳) از مدل های قطعی و فازی را برای تعییناگوهای کشت در دشت نیلابدر استان اصفهان استفاده کردند. آن‌ها نشان دادند که به ترتیب امکان افزایش ۴ و۵۰ درصدی بازده برنامه‌ای نسبت به برنامه فعلی وجود دارد. دانشور و همکاران (۱۳) به تعیین الگوی کشت بهینه در تایباد در استان خراسان رضوی با هدف حداکثرکردن بازده خالص کشاورزان به ازای هر کیلوگرم کود پرداختند. در این مطالعه مدل برنامه‌ریزی خطی و برنامه‌ریزی چند هدفه فازی استفاده مورد مقایسه قرارگرفت. نتایج نشان داد که مدل برنامه‌ریزی چند هدفه فازی ابزاری مناسب برای تعیین الگوی بهینه کشت با اهداف اقتصادی و زیست محیطی است. بوستانی و محمدی (۲) به منظور تدوین الگوی بهینه بهره‌براری در شهرستان فسا از تلفیق مدل برنامه‌ریزی چند هدفه و فازی استفاده کردند. نتایج بدست آمده نشان داد که استفاده از برنامه‌ریزی فازی به انتخاب الگوی مناسب و ترکیب مطلوب از اهداف متعدد انعطاف زیادی می‌بخشد. رستگارپور و صبوحی (۴) در مطالعه‌ای از مدل برنامه‌ریزی کسری خاکستری چند هدفه[1] برای طراحی الگوی کشت پایدار در شهرستان قوچان استفاده کردند و پایداری محیط زیست رابه صورت برنامه‌ریزی کسری در برنامه‌ریزی خاکستری ارائه کردند. با کاربرد این روش علاوه بر هدف حداکثر نمودن سود اقتصادی، اهداف دیگری مانند در نظر گرفتن پایداری محیط زیست با کاهش مصرف کود ازت نیز در نظر گرفته شده بود. کهنسال و سروری (۸) در مطالعه‌ای ۷ برنامه‌ریزی خطی ساده با توابع هدف حداکثر سود، حداقل هزینه، حداکثر نیروی‌کار حداقل آب، حداکثر کالری، حداقل کود شیمیایی و حداکثر رتبه بندی استفاده و این مدل‌ها را با مدل‌های چند هدفه و چند هدفه فازی به کمک روش رتبه بندی مقایسه کردند. نتایج پژوهش نشان داد که مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه فازی بهترین روش برای تخمین الگوی بهینه کشت می‌باشد. هانگ و همکاران (۱۶)در مطالعه‌ای برنامه‌ریزی فازی بازه‌ای چند مرحله‌ای[2] را برای مدیریت منابع آب تحت شرایط عدم اطمینان به کار بردند. نتایج نشان داد که تکنیک کاربردی آنها می‌تواند برای سایر منابع و مسائل مدیریتی محیطی که شامل تجزیه و تحلیل سیاستی و برنامه‌ریزی سیستم‌ها تحت شرایط عدم اطمینان بود، به کاربرد. زی‌تینگ و همکاران (۲۲) به منظور مدیریت منابع آب کشاورزی لیانگ ژو، استان گانسو (در شمال غرب چین) با استفاده از برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه به تعیین الگوی بهینه کشت منطقه پرداختند. نتایج نشان داد که راه حل‌های ارائه شده توسط برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه در مقایسه با برنامه‌ریزی خطی چند هدفه می‌تواند نتایج بهتری را در برنامه‌ریزی و راه حل ها بهینه به مدیران جهت تصمیم‌گیری ارائه دهد. کانگ و همکاران (۱۷) کاربرد برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه را برای تعیین الگوی بهینه کشت در منطقه لیانگ زو در شمال غرب چین مورد بررسی قرار دادند . یافته‌های تحقیق نشان داد در تکنیک برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه سود خالص کشاورزی و بهره‌وری از منابع آب بیشتر است. زنگ و همکاران (۲۳) در مطالعه‌ای کاربرد برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه را برای تعیین الگوی بهینه کشت در شمال غرب چین به کارگرفتند. الگوی بهینه کشت با فرض سطوح ذخیره آب متفاوت و رتبه رضایت‌مندی برای در دسترس بودن منابع آب توسط تصمیم‌گیرندگان به دست آمد. در این مطالعه مدل برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه نسبت به مدل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه نتایج بهتری نشان داد. رگولوار و گوراو (۲۰)در مطالعه‌ای با استفاده از برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه در ۵ منطقه مختلف دهلی که در شرایط آب وهوایی متفاوت و در فصل‌های مختلفی از سال واقع بودند، اهداف مختلفی چون سود خالص، تولید محصول، اشتغال و بهره‌براری از کودهای آلی را حداکثر و الگوی بهینه‌ی کشت را برای این اهداف همراه با یک برنامه‌ریزی پایدار برای آبیاری با توجه به مسایل اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی ارائه دادند. فسخودی و همکاران (۱۴) در مطالعه‌ای جهت استفاده پایدار از منابع آب و تعیین الگوی بهینه کشت در منطقه‌ی روستایی براآن در شرق اصفهان به کمک روش برنامه‌ریزی چند هدفه کسری آرمانی نشان دادند که استفاده از برنامه‌ریزی کسری برای تعیین الگوی بهینه کشت در مقایسه با روش برنامه‌ریزی خطی نتایج بهتری را نشان می‌دهد. هم‌چنین استفاده از روش برنامه‌ریزی چند هدفه کسری آرمانی در مقایسه با روش برنامه‌ریزی کسری نیز نتایج بهتری را نشان داد. موتنورو و همکاران (۱۹) در مطالعه‌ای با استفاده ازکاربرد مدل‌های بهینه‌سازی در کشاورزی پایدار و برنامه‌ریزی منابع آب در هندوستان، برای استفاده‌ی بهینه از منابع آب و زمین و حداکثرسازی سود از برنامه‌ریزی خطی در ۴ سناریو که هر سناریو شامل ۴ معیار بود استفاده کردند. نتایج نشان داد که آن‌ها توانستند با استفاده از این مدل میزان آب مصرفی را در مزرعه کاهش دهند.با توجه به اینکه استان خراسان رضوی مقام اول بحران کمبود منابع آب در کشور را دارد و این بحران ناشی از میزان بارش کم در منطقه است. بنابراین مدیریت آب های زیر زمینی دشت‌های خراسان رضوی امری ضروری است. دهستان توس، در بخش مرکزی شهرستان مشهد نسبت به وسعت کم خود دارای تعداد زیادی بهره‌بردار از منابع آب می‌باشد، که بیشترین مشکلات کمبود منابع آب دشت مشهد مربوط به همین منطقه است(۶). دراین تحقیق به منظور کاهش مشکلات آب در منطقه تلاش می‌شود، الگویی بهینه از کشت محصولات زراعی در بخش مرکزی شهرستان مشهد (دهستان توس)ارئه شود که حداقل استفاده از منابع آب را داشته باشد.بنابراین نیازمند به مدل برنامه‌ریزی می‌باشد که الگوی کشت بهینه از محصولات زراعی در بخش مرکزی

1 - Multi Objective Grey Fractional Programming
2 - Interval-Fuzzy Multi Stage Programming

شهرستان مشهد (دهستان توس) تعیین شود که حداکثر بهره وری از منابع آب را داشته باشد.نتایج این مطالعه می‌تواند کشاورزان، مدیران و برنامه‌ریزان اقتصادی را در انتخاب نوع محصولات برای کشت بهینه یاری دهد و بدین وسیله ضمن استفاده از آب و سایر منابع موجود می‌توان تا حدود زیادی به کاهش خسارت احتمالی به بخش کشاورزی کمک کرد.

مواد و روش ها

برنامه‌ریزی خطی چند هدفه فازی، روشی است که می‌تواند موجب بهبود مدل سازی در الگوهای حاوی پارامترهای نادقیق شود. در این راستا رهیافت امکان بهینه‌سازی چند هدف مشروط به محدودیت منابع وجوددارد و اغلب به جای یک پاسخ بهینه، مجموعه‌ای از پاسخ‌ها بدست می‌دهد.

در یک محیط تصمیم‌گیری فازی، اهداف تصمیم گیرنده (زارع) همیشه به صورت فازی (نامشخص) مورد بررسی قرار می‌گیرد. در حالی که محدودیت‌ها می‌توانند به صورت فازی یا غیرفازی (قطعی) باشند که بستگی به وجود ابهام در موجودی منابع در دسترس در محیط تصمیم گیری دارد.

در محیط تصمیم‌گیری فازی، اهداف بوسیله توابع عضویت مربوطه که از تعریف تغییرات قابل تحمل حد بالا و پایین بدست می‌آید، مشخص می شوند و نوع تابع عضویت بستگی به هدف دارد (۲۲).

مفهوم عمومی برنامه‌ریزی چند هدفه فازی[1] اولین بار توسط ساکاوا (۲۱) در ادامه منطق فازی بلمن و زاده (۱۲) معرفی شد. برنامه‌ریزی خطی فازی زیمرمن (۲۴) با k تابع هدف خطی به صورت زیر است:

$$\text{Max } z = [c_1x, \dots, c_kx]^T = [z_1(x), \dots, z_k(x)]^T \quad (۱)$$
$$s.t\, x \in X, X = \{x \in R^n : Ax \le b, x \ge 0\}$$

$z_k(x)$، k امین تابع هدف و $Ax \le b$ محدودیت های خطی مدل است که در آن $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ بردار متغیرهای تصمیم، $b = (b_1, b_2, \dots, b_n)$ مقدار سمت راست محدودیت ها و A ماتریس ضرایب است. روش فازی برای حل برنامه‌ریزی خطی چند هدفه بوسیله زیمرمن (۲۵) پیشنهاد شد که یک روش موثر برای اندازه‌گیری سطح رضایتمندی (λ)برنامه‌ریزی خطی چند هدفه است. در تحقیق حاضر اهداف به صورت فازی و محدودیت‌ها به صورت غیرفازی (قطعی) در نظر گرفته خواهد شد. در معادله ۱ اهداف به صورت فازی و محدودیت‌ها به صورت غیرفازی (قطعی) در نظر گرفته شده است.در یک موقعیت تصمیم‌گیری فازی، اهداف به وسیله توابع عضویت و با کمک تعیین حد نوسان بالا و پایین برای هر یک مشخص می‌گردند.تابع عضویت خطی برای هدف کمینه‌سازی به صورت زیر در نظر گرفته شود(۱۵) :

$$u_k^-(x) = \begin{cases} 1, & z_k(x) \le z_k^l \\ \frac{(z_k^u - z_k(x))}{(z_k^u - z_k^l)}, & z_k^l < z_k(x) < z_k^u \\ 0, & z_k(x) \ge z_k^u \end{cases} \quad (۲)$$

و تابع عضویت خطی برای هدف فازیبیشینه سازی به صورت زیر می‌باشد(۱۵) :

$$u_k(x) = \begin{cases} 1, & z_k(x) \ge z_k^u \\ \frac{(z_k(x) - z_k^l)}{(z_k^u - z_k^l)}, & z_k^l < z_k(x) < z_k^u \\ 0, & z_k(x) \le z_k^l \end{cases} \quad (۳)$$

z_j^l مقدار کران پایین برای هدف مورد نظر، z_k^u مقدار کران بالا برای هدف مورد نظر می‌باشد.

روش حداکثر حداقل (maxmin) توسط زیمرمن (۲۴) ارائه شده و با توجه به این امر که مجموعه های فازی دارای خواص اشتراک و اجتماع مشترک هستند بنابراین روش حداکثر حداقل (maxmin)به صورت زیر تعریف می‌شود (۲۴):

$$Max(Minu_k(x)) \quad (۴)$$
$$S.t: \quad Ax \le b, x \ge 0$$

که در آن $u_k(x)$ تابع عضویت هدف k ام است.جهت حل مسئله تعیین الگوی بهینه کشت با تخصیص بهینه منابع آب، براساس مفهوم توابع عضویت روش حداکثر حداقل (maxmin) توسط زیمرمن به صورت زیر ارائه شده است (۲۴):

$$Max\lambda \quad (۵)$$
$$s.t\lambda \le u_k(x), k = 1,2, \dots, N,$$
$$\lambda \in [1,0], x \in X$$

لیانگ (۱۸)، به معرفی روشی دو مرحله‌ای برای حل برنامه‌ریزی ریاضی فازی چند هدفه پرداختند. مزیت این روش را می‌توان توانایی آن در اعمال ترجیحات تصمیم‌گیرنده در مدل دانست. بنابراین جواب بدست آمده بوسیله ی رابطه‌ی ۵ ممکن است راه حل موثر نباشد. زیرا سطح رضایتمندی (λ) راه حل توافق شده ممکن است برای تمامی اهداف تحت نظر و مورد بررسی یکسان و مشابه نباشد. بنابراین لازم است که جواب بدست آمده رابطه‌ی ۵ بهبود یابد. رابطه‌ی ۶ شکل اصلاح شده ی آن را نشان می‌دهد:

$$Maximize\lambda = \sum_{k=1}^{N} \omega_k\lambda_k \quad (۶)$$
$$\text{s.t} \quad u_k(x^0) \le \lambda_k \le u_k(x) k = 1,2, \dots, N,$$
$$x \in X, \sum_{k=1}^{N} \omega_k = 1, \ \omega_k > 0$$

که ω_k وزن هدف k ام و x^0 مقدار جواب بهینه برای هدف مورد بررسی، که از حل مدل ۵ بدست آمده است. در مطالعه حاضر چهار هدف مورد توجه قرار گرفته شده است که در رابطه ۷ نشان داده شده است. ردیف ۱ حداکثرکردن بازده ناخالص$z_1(x)$که A_i سطح زیرکشت محصول i ام (هکتار)، C_iضرایب بازده ناخالص برای

1 - Fuzzy Multi Objective Linear Programming

محصول i ام (ده‌هزار ریال در هکتار) است. ردیف ۲حداقل‌کردن میزان مصرف آب$z_2(x)$ که ضرایب آن برای هر نوع محصول بوسیله میزان مصرف آب سالیانه آن‌ها استوWC_i میزان آب مصرفی برای محصول i ام (متر مکعب در هکتار) است. ردیف ۳ حداقل‌کردن استفاده از کودهای شیمیایی$z_3(x)$ که MC_i مقدار کود شیمیایی برای محصولi ام (کیلوگرم در هکتار) است. ردیف ۴ حداکثرکردن بهره‌برداری از کودهای آلی$z_4(x)$ که RMU_i میزان مصرف کود آلی برای محصول i ام (کیلوگرم در هکتار) استو $(x_1, x_2, \dots, x_9)$ متغیرهای تصمیم، که درآن x_1 گندم، x_2 جو، x_3 یونجه، x_4 گوجه فرنگی، x_5 پیاز، x_6 زعفران، x_7 چغندر، x_8 ذرت و x_9 سیب زمینی می‌باشد.

$$
\begin{aligned}
&۱) MaximizeGM = \sum_{i=1}^{9} A_i C_i \\
&۲) Minimize\ \mathrm{WC} = \sum_{i=1}^{9} A_i\, WC_i \\
&۳) Minimize\ \mathrm{MC} = \sum_{i=1}^{9} A_i\, MC_i \\
&۴) MaximizeMU = \sum_{i=1}^{9} A_i RMU_i
\end{aligned}
\qquad (۷)
$$

محدودیت های مدل

(۸)

$$
\begin{aligned}
&۱) \sum_{i=1}^{9} A_i \le CA \\
&۲) \sum_{i=1}^{9} A_i RMD_i^s \le LA^s s = 1 و \dots 4 \\
&۳) \sum_{i=1}^{9} A_i\, IWR_i \le TSW^j j = 1, \dots ,12 \\
&۴) \sum_{i=1}^{9} A_i PE_i \le PE \\
&۵) \sum_{i=1}^{9} A_i\, TVC_i \le TCA \\
&۶) \sum_{i=1}^{9} A_i\, M_i^p \le M^p p = 1 و \dots ,3 \\
&۷)\ x_6 = Cs \\
&۸)\ x_3 = Cl \\
&۹) x_1, x_2, \dots \dots \dots , x_9 \ge 0
\end{aligned}
$$

ردیف ۱ در رابطه ۸ محدودیت سطح زیرکشت را نشان می‌دهدکه مجموع کل سطح زیرکشت نباید از کل سطح زیرکشت در دسترس بیشتر باشد وCA مجموع سطح زیرکشت در دسترس (هکتار) است. ردیف ۲ محدودیت نیروی کار در دسترسکه به صورت فصلی در نظر گرفته شده است کهs تعداد فصل‌ها، RMD_i^s نیروی کار مورد نیاز برای محصول برای i ام در فصلj ام (روز – نفردر هکتار) و LA^s نیروی کار در دسترس در در فصلj ام است. ردیف ۳ محدودیت آب های در دسترس که به صورت ماهیانه در نظر گرفته شدکهIWR_i آب مورد نیاز برای آبیاری محصولi ام (متر مکعب در هکتار) و TSW مجموع آب های در دسترس است.ردیف ۴ محدودیت مقدار سموم شیمیایی مورد استفاده در هکتار برای محصولات در طول یک سال زراعی در نظر گرفته شدکه PE_i سموم شیمیایی مورد نیاز برای محصول i ام (لیتر در هکتار) و PE سموم شیمیایی در دسترس می‌باشد. ردیف ۵ که محدودیت سرمایه در دسترس که مجموع کل هزینه انجام شده برای هر کدام از محصولات می‌باشد وTVC_i هزینه‌های متغیر تولید برای محصولi ام (ریال در هکتار) وTCA مجموع هزینه‌های متغیر است. ردیف ۶ محدودیت ماشین‌آلات در هر مرحله تولید (داشت، کاشت و برداشت) نوشته شد که ضرایب با توجه به نوع و تعداد دفعات استفاده از ماشین‌آلات و ساعت مورد استفاده از ماشین‌آلات در مرحله کاشت، داشت و برداشت در هر هکتار مزرعه بدست آمد که pهر مرحله تولید (داشت، کاشت و برداشت)، M_i^p ساعت ماشین‌آلات مورد نیاز در هکتار برای تولید محصولi ام درهر مرحله تولید (ساعت در هکتار) وM^p مجموع ساعات ماشین‌آلات در دسترس می‌باشد. ردیف ۷ و ۸ به ترتیب محدودیت سطح زیرکشت زعفران و یونجه که با توجه به اینکه این محصولات چند ساله هستند، سطح زیرکشت آن‌ها ثابت در نظر گرفته شد وCs و Cl به ترتیب کل سطح زیرکشت محصول زعفران و یونجه است. ردیف ۹ محدودیت های غیر منفی را نیز نشان می‌دهد.

الگوریتم برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای

به طور خلاصه این الگوریتم در مراحل زیر ارائه شده است :

ابتدا مسئله برنامه‌ریزی به صورت یک مدل برنامه‌ریزی خطی، تنها با یک هدف در یک زمان الویت بندی شده حل می‌شود. مقادیر هر هدف از راه حل بدست آمده در مرحله اول بدست آید.مقدار حداکثر هر تابع هدف به عنوان یک راه حل ایده‌آل (z^u) و مقدار حداقل هر تابع هدف به عنوان یک راه حل ایده‌آل منفی (z^l) برای هر هدف تحت مورد بررسی مشخص شود. تابع عضویت خطی با مقادیر (z^u) و (z^l) برای هر هدف ایجاد شود. متغیر ساختگی به عنوان سطح رضایتمندی (λ)معرفی و در نتیجه سطح رضایتمندی با توجه به محدودیت‌های اضافی به دلیل نا معلوم بودن مقدار توابع هدف و محدودیت‌های اصلی به عنوان یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه به حداکثر می رسد. راه حل بهینه با سطح رضایتمندی$(\lambda^{/})$ به همراه مقدار اهداف (z^0) و متغیرهای تصمیم (x^0)بدست می‌آید. مقدار تابع عضویت مطابق با سطح رضایتمندی مقدار هدف (x^0) به عنوان $u_k(x^0)$ برای هر هدف مورد بررسی را بدست می‌آید. مقدار $u_k(x^0)$با $(\lambda^{/})$برای هر هدف مقایسه و اگر این مقدار یکسان باشد بنابراین راه حل امکان پذیر برای مسئله وجود خواهد داشت در غیر این صورت مرحله بعد پیش می‌رود. $\lambda_k^{/} = u_k(x^0)$ را تنظیم می‌شود و رابطه‌ی ۶ برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای را حل کرده تا یک راه حل بهینه x^* با سطح رضایتمندی λ_{opt} بدست آید.

جدول ۱- میزان اهداف در بهره‌برداران

اهداف	حداکثرسازی بازده ناخالص(z_1)	حداقل‌سازی مصرف آب(z_2)	حداکثرسازی بهره‌برداری کودهای آلی(z_3)	حداقل‌سازی مصرف کودهای شیمیایی(z_4)
حداکثرسازی بازده ناخالص(z_1)	۲۴۳۸۶/۵۴	۱۸۰۸۴/۰۴	۲۳۳۵۱/۴۷	۱۷۷۸/۸۱
حداقل‌سازی مصرف آب(z_2)	۵۴۹۴۰/۱۸	۵۲۵۹۳/۱۹	۵۷۹۳۱/۲۲	۵۴۵۲۶/۲۶
حداکثرسازی بهره‌برداری کودهای آلی(z_3)	۴۲۲۹/۳۶	۱۱۵۶/۸۸	۳۹۳۷/۲۴	۷۶۶/۱۶
حداقل‌سازی مصرف کودهای شیمیایی(z_4)	۹۶۱/۷۸	۷۶۵/۲۲	۱۰۳۳/۸۹	۵۶۵/۴۷

مأخذ: یافته های تحقیق

اطلاعات مورد نیاز این مطالعه شامل داده‌های مقطعی ۱۳۹۱-۱۳۹۲ است. برای تعیین حجم نمونه از فرمول کوکران استفاده شد. تعداد بهره برداران در منطقه مورد مطالعه براساس اطلاعات جهاد کشاورزی استان خراسان رضوی حدود ۳۰۰۰ نفر می‌باشد. بدین ترتیب تعداد ۱۱۶بهره بردار طبق فرمول کوکران بدست آمد.

نتایج و بحث

روابط ۹ تا ۱۲ به ترتیب توابع عضویت در هر یک از چهار هدف را نشان می‌دهد. $u_1(x)$ تابع عضویت هدف حداکثرسازی بازده ناخالص،$u_2^-(x)$ تابع عضویت هدف حداقل سازی مصرف آب، $u_3(x)$ هدف حداکثرسازی بهره‌براری از کود های آلی و $u_4^-(x)$ تابع عضویت هدف حداقل‌سازی مصرف کودهای شیمیایی است. توابع عضویت در اهداف مورد نظر با استفاده از کران بالا و پایین هر هدف که در جدول ۱ نشان داده شده بدست آمده است.

(۹)

$$u_1(x) = \begin{cases} 1, & z_1(x) \geq 24386.5 \\ \dfrac{(z_1(x) - 1778.8)}{(24386.5 - 1778.8)}, & 1778.8 < z_1(x) < 24386.5 \\ 0, & z_1(x) \leq 1778.8 \end{cases}$$

(۱۰)

$$u_2^-(x) = \begin{cases} 1, & z_2(x) \leq 52593.1 \\ \dfrac{(57931.2 - z_2(x))}{57931.2 - 52593.1)}, & 52593.1 < z_2(x) < 57931.2 \\ 0, & z_2(x) \geq 57931.2 \end{cases}$$

(۱۱)

$$u_3(x) = \begin{cases} 1, & z_3(x) \geq (4229.3 \\ \dfrac{(z_4(x) - 766.1)}{(4229.3 - 766.1))}, & 766.1) < z_3(x) < (4229.3 \\ 0, & z_3(x) \leq 766.1) \end{cases}$$

(۱۲)

$$u_4^-(x) = \begin{cases} 1, & z_4(x) \leq 565.4 \\ \dfrac{(1033.8 - z_4(x))}{(1033.8 - 565.4)}, & 565.4 < z_4(x) < 1033.8 \\ 0, & z_4(x) \geq 1033.8 \end{cases}$$

توابع عضویت $u_1(x)$ و $u_3(x)$ به صورت خطی بین صفر و یک در بالاترین مقدار دستیابی به ترتیب $z_1 = ۲۴۳۸۶/۵۴$ و $z_3 = ۴۲۲۹/۳۶$ افزایش می یابد. در صورتی که بازده ناخالص ۱۷۷۸/۸۱ ده‌هزار ریال یا کمتر از این مقدار باشد میزان سطح رضایتمندی به سمت صفر کاهش می یابد و در صورتی که بازده ناخالص کل ۲۴۳۸۶/۵۴ ده‌هزار ریال یا بیشتر باشد میزان سطح رضایتمندی به سمت یک افزایش می‌یابد. هم‌چنین میزان کودهای آلی ۷۶۶/۱۶ کیلوگرم یا کم‌تر از این مقدار باشد میزان سطح رضایتمندی به سمت صفرکاهش و در صورتی میزان کل کود آلی ۴۲۲۹/۳۶ کیلوگرم یا بیشتر باشد میزان سطح رضایتمندی به سمت یک افزایش می یابد.

توابع عضویت $u_2^-(x)$ و $u_4^-(x)$نیز به صورت خطی بین صفر و یک در پایین‌ترین مقدار دستیابی به ترتیب $z_2 = ۵۲۵۹۳/۱۹$ و $z_4 = ۵۶۵/۴۷$ کاهش می یابد. در صورتی که مصرف آب ۵۷۹۳۱/۲۲ متر مکعب یا بیشتر از این مقدار باشد میزان سطح رضایتمندی به سمت صفر کاهش می یابد و در صورتی که کل مصرف آب ۱۹۵۲۵۹۳ متر مکعب یا کمتر باشد میزان سطح رضایتمندی به سمت یک افزایش می‌یابد. و همچنین میزان کود های شیمیایی ۱۰۳۳/۸۹ کیلوگرم یا بیشتر از این مقدار باشد میزان سطح رضایتمندی به سمت صفر کاهش می‌یابد و در صورتی که میزان کل کود شیمیایی ۵۶۵/۴۷ کیلوگرم یا کمتر از این مقدار باشد میزان سطح رضایتمندی به سمت یک افزایش می یابد. حداکثر سطح رضایتمندی از توابع عضویت چهار هدف فوق به صورت بهترین راه حل توافق شده تعیین شد مدل برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه با استفاده از متغیر ساختگی λ/تعیین شد که در رابطه ۱۳ نشان داده شده است.

$$\lambda^{/} = \min[u_1(x), u_4(x)], \max[u_2(x), u_3(x)] \qquad (۱۳)$$

$$subject to,$$
$$(z_1(x) - 1778.8)/(24386.5 - 1778.8) \geq \lambda_1^{/}$$
$$(57931.2 - z_2(x))/(57931.2 - 52593.1) \geq \lambda_2^{/}$$
$$(z_4(x) - 766.1)/(4229.3 - 766.1) \geq \lambda_3^{/}$$
$$(1033.8 - z_4(x))/(1033.8 - 565.4) \geq \lambda_4^{/}$$
$$x \in X \ , x \geq 0$$

راه حل توافقی در مدل برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه با سطح رضایتمندی $\lambda^{/}$ در راستای مقدار اهداف z^0 و متغیرهای تصمیم x^0 در مرحله به حداکثر رساندن λ با توجه به محدودیت ها اضافی و توابع عضویت بدست آمد که نتایج در جدول۱ ارائه شده است. پس از بدست آوردن مقدار توابع عضویت با سطح رضایتمندی مقدار هدف مرتبط با x^0 به صورت $u_k(x^0)$ برای هر هدف تحت بررسی مقدار $\lambda^{/} = u_k(x^0)$می‌باشد. به عنوان مثال مقدار $u_k(x^0)$ در چهار هدف مورد بررسی متفاوت است و به ترتیب برای هدف حداکثرسازی بازده ناخالص ۰/۵۱، هدف حداقل‌سازی آب مصرفی ۰/۴۶، هدف حداکثرسازی بهره‌برداری از کودهای آلی ۰/۴۶ و هدف حداقل‌سازی مصرف کود شیمیایی ۰/۴۶ است که همانطور که مشاهده می‌شود مقدار $\lambda^{/}$ =۰/۴۶می‌باشد که با مقدار $u_k(x^0)$ در اهداف حداکثر سازی بهره‌برداری از کودهای آلی، حداقل‌سازی مصرف کود شیمیایی و حداقل‌سازی مصرف آب برابر می‌باشد و فقط با مقدار $u_k(x^0)$ در هدف حداکثرسازی بازده ناخالص یکسان نمی‌باشد این امر نشان می‌دهد که راه حل بهینه می‌تواند بیشتر بهبود یابد بنابراین مرحله دوم از روش مدل برنامه‌ریزی فازی چند هدفه را می توان ادامه داد. شکل اصلاح شده این مدل که به صورت مدل ۶ ارائه شده است حل می‌شود تا راه حل بهینه x^* با سطح رضایتمندی λ_{opt} بدست آیدو مقدار x^* را در تابع هدف مدل جایگزین می‌شود. راه حل مرحله دوم مدل فازی خطی چند هدفه با سطح رضایتمندی λ_{opt} به همراه مقدار اهداف z^1 و متغیرهای تصمیم به صورت x^* در جدول ۲ ارائه شده‌اند. مقدار λ در مرحله دوم ۰/۹۱ است که نسبت به حالت قبل افزایش یافته است. همانطور که مشاهده می‌شود در مرحله دوم مدل مقادیر بهینه اهداف و سطح زیرکشت محصولات نسبت به حالت max-minتغییر کرده است. در مرحله اول(روش max- min) الگوی کشت در صورتی بهینه می‌شود که سطح زیرکشت گوجه فرنگی حذف و زمین را به کشت محصولات گندم، جو، ذرت، سیب زمینی، پیاز، یونجه، زعفران و چغندر اختصاص داد. میزان هدف در حداکثر سازی بازده ناخالص ۲۱۱۷۶/۵۷ ده‌هزار ریالکه این نشان می‌دهد مقداری نزدیک به مقدار کران بالا در هدف مورد بررسی است که سطح رضایتمندی به سمت یک افزایش می‌یابد. اما میزان هدف حداکثرسازی بهره‌برداری از کود های آلی ۲۳۶۳/۷۹ کیلوگرم مقداری نزدیک به کران بالا در هدف مورد بررسی می‌باشد که این نشان می‌دهد سطح رضایتمندی به سمت یک افزایش می یابد. میزان هدف در حداقل‌سازی مصرف آب ۵۵۴۶۸/۷۰ مقداری نزدیک به کران بالا در هدف مورد بررسی می‌باشد که این نشان می‌دهد سطح رضایتمندی به سمت صفر کاهش می‌یابد و مصرف کود شیمیایی ۸۱۷/۸۰ کیلوگرم مقداری نزدیک به کران پایین در هدف مورد بررسی می‌باشد که سطح رضایتمندی به سمت یک افزایش می یابد.

در مرحله دوم به هر کدام از اهداف وزن می دهیم بیشترین وزن را به هدفی می دهیم که در مرحله قبل بیشترین فاصله را از مقدار بهینه خود در مدل دارد و سپس مسئله را حل می‌کنیم. در این مرحله مقادیر بهینه سطح زیرکشت گندم و ذرت نسبت به حالت قبل به ترتیب (۰/۴۹) و (۲/۸۸) کاهش یافته است و میزان سطح زیرکشت چغندر و سیب زمینی به ترتیب (۱/۲۸) و (۱/۴۱) نسبت به حالت قبل افزایش یافته است و هم چنین الگوی کشت در صورتی بهینه می‌شود که بیشترین سطح زیرکشت را به سیب‌زمینی و بعد از آن چغندر، جو، پیاز و گندم اختصاص دهیم و کشت گوجه‌فرنگی و ذرت را حذف کنیم. میزان اهداف در حداکثرسازی بازده ناخالص و بهره‌برداری از کودهای آلی نسبت به حالت قبل به ترتیب (۲۷۶۵/۴۳) و (۱۵۱۲/۴) افزایش یافته است که این نشان می‌دهد سطح رضایتمندی به سمت یک افزایش یافته است و این میزان افزایش در اهداف حداکثر سازی نشان می‌دهد که این اهداف در مرحله دوم بهبود پیدا کرده است. میزان هدف در حداقل سازی مصرف آب (۱۸۲۳/۰۸) نسبت به حالت قبل کاهش یافته است که این نشان می‌دهد سطح رضایتمندی به سمت یک افزایش یافته است و این کاهش در هدف حداقل سازی نشان می‌دهد که میزان این هدف در مرحله دوم بهبود پیدا کرده است. میزان هدف در حداقل سازی کود شیمیایی نسبت به حالت قبل تغییری نکرده است.

نتیجه گیری و پیشنهادها

در این پژوهش به منظور بررسی تعیین الگوی بهینه کشت با تاکید بر استفاده بهینه از منابع آب، از مدل برنامه‌ریزی فازی چند هدفه و کاربرد روش دو مرحله‌ای آن استفاده شده و سپس نتایج مدل فازی چند هدفه دو مرحله ای با مدل فازی چند هدفه (max- min) و الگوی کشت فعلی مقایسه شد. نتایج نشان داد که با کاربرد مدل فازی چند هدفه دومرحله ای میزان سطح رضایتمندی λ برای هر سه هدف مورد بررسی از λ = ۰/۴۶ به λ = ۰/۹۱ بهبود پیدا کرده ومیزان بازده ناخالص نسبت به کشت فعلی افزایش، مصرف آب آبیاری و کود شیمیایی کاهش یافته است. سطح زیرکشت سیب‌زمینی و چغندرقند نسبت به حالت فعلی افزایش یافته و گندم، جو، پیاز کاهش یافته است. بیشترین میزان سطح زیرکشت درالگوی بهینه به سیب زمینی اختصاص یافته است و میزان سطح زیرکشت این محصول نسبت به الگوی فعلی افزایش یافته است.

جدول ۲- مقادیر بهینه الگوی کشت با مدل فازی خطی چند هدفه با روش max- min و دومرحله ای

محصول	مقادیر بهینه در اهداف				جواب توافقی (روش max- min) $\lambda^{/}=۰/٤٦$	جواب روش دو مرحله ای $\lambda_{opt}=۰/۹۱$
	حداکثر سازی بازده ناخالص (ده‌هزار ریال)	حداقل سازی آب مصرفی (متر مکعب)	حداکثر سازی بهره‌براری از کود آلی (کیلوگرم)	حداقل سازی مصرف کود شیمیایی (کیلوگرم)	مقدار بهینه	مقدار بهینه
گندم	۰/۲۵	۱/۲۹	۱/۰۶	۰/۴۲	۰/۷۱	۰/۲۱ (-۰/۴۹)
جو	۱	۱	۰/۹۲	۱	۱	۱
یونجه	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۰۲
گوجه فرنگی	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰	۰/۰۰
پیاز	۰/۶۷	۰/۰۰	۰/۶۵	۰/۰۰	۰/۲۶	۰/۲۶
زعفران	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷	۰/۱۷
چغندر	۱/۸۴	۰/۰۰	۲/۲۸	۰/۵۱	۰/۸۶	۲/۱۵ (+۱/۲۸)
ذرت	۰/۰۰	۴/۳۳	۰/۰۰	۵/۲۲	۲/۸۸	۰/۰۰ (-۲/۸۸)
سیب زمینی	۲/۹۱	۰/۵۳	۲/۲۳	۰/۰۰	۱/۴۴	۲/۸۶ (+۱/۴۱)
سطح زیرکشت	۶/۸۹	۷/۳۷	۷/۳۷	۷/۳۷	۷/۳۷	۶/۵۷ (-۰/۶۷)
حداکثر سازی بازده ناخالص	۲۴۳۸۶/۵۴	۱۸۰۸۴/۰۴	۲۳۳۵۱/۴۷	۱۷۷۸۳/۸۱	۲۱۱۷۶/۵۷	۲۳۹۴۲/۰۱ (+۲۷۶۵/۴۳)
حداقل سازی آب مصرفی	۵۴۹۴۰/۱۸	۵۲۵۹۳/۱۹	۵۷۹۳۱/۲۲	۵۴۵۲۶/۲۶	۵۵۴۶۸/۷۰	۵۳۶۴۵/۶۲ (-۱۸۲۳/۰۸)
حداکثر سازی بهره‌برداری از کود آلی	۴۲۲۹/۳۶	۱۱۵۶/۸۸	۳۹۳۷/۲۴	۷۶۶/۱۶	۲۳۶۳/۷۹	۳۸۷۶/۱۹ (+۱۵۱۲/۱۹)
حداقل سازی مصرف کود شیمیایی	۹۶۱/۷۸	۷۶۵/۲۲	۱۰۳۳/۸۹	۵۶۵/۴۷	۸۱۷/۸۰	۸۱۷/۸۰
	۰/۵۱	۰/۴۶	۰/۴۶	۰/۴۶	علامت + و – در ستون آخر میزان افزایش و کاهش را نشان می‌دهد.	
	۰/۹۳	۰/۸۰	۰/۸۹	۰/۴۶		

مأخذ: یافته های تحقیق

نتایج حاصله از بررسی نشان داد میزان مصرف آب نسبت به روش max-min کاهش یافته است و میزان بازده ناخالص و مصرف کود آلی نسبت به روش max-minافزایش یافته، میزان مصرف کود شیمیایی نسبت به روش max-min تغییری نکرده است. نتایج هم چنین نشان می‌دهد مدل برنامه‌ریزی خطی فازی چند هدفه دو مرحله‌ای در مقایسه با مدل خطی فازی چند هدفه نتایج بهتری در تعیین الگوی بهینه کشت و استفاده بهینه از منابع آب در منطقه مورد مطالعه دارد. در مدل یاد شده توابع هدفی چون حداکثر کردن بهره‌براری از کود های آلی، حداقل کردن آب مصرفی و حداقل کردن کود شیمیایی ممکن از دیدگاه کشاورز، هدف در تولید نباشد اما از دیدگاه سیاست گذاران کشاورزی اهداف مهمی می‌باشد. به همین منظور پیشنهاد می‌شود سیاست گذاران کشاورزی از طریق سیاست‌های تشویقی، این گونه اهداف را در برنامه کاری کشاورزان قراردهند. از آنجایی الگوی بهینه کشت نشان می‌دهد که میزان مصرف آب آبیاری کشاورزان در منطقه مورد مطالعه با روش فازی چند هدفه دو مرحله‌ای به حداقل میزان مصرف خود رسیده است. بنابراین توصیه می‌شود دولت با ارائه سیاست‌های حمایتی و ارتباط بین مراکز اجرایی دولتی مانند جهاد کشاورزی با مراکز تحقیقاتی، الگوی بهینه در منطقه مورد نظر به اجرا گذاشته شود.

منابع

۱- باریکانی ف.، احمدیان م.، خلیلیان ص. و چیذری ا.م. (۱۳۹۱).استفاده تلفیقی پایدار از منابع آب سطحی و زیرزمینی در تعیین الگوی بهینه کشت دشت قزوین. اقتصادکشاورزی و توسعه.۲۰(۷۷): ۶۸-۸۰.

۲- بوستانی ف. و محمدی ح. ۱۳۹۰. تعیین الگوی بهینه بهره برداری با تأکید بر اهداف زیست محیطی در شهرستان فسا با استفاده از برنامه ریزی چند هدفی و فازی. فصلنامه اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۱۹(۷۵): ۱-۳۸.

۳- پاکدامن م. و نجفی ب. ۱۳۸۸. کاربرد برنامه ریزی ریاضی چند هدفی قطعی و فازی در تعیین الگوی بهینه‌ی کشت: مطالعه‌ی موردی دشت نیلاب در استان اصفهان. مجله تحقیقات اقتصاد کشاورزی. ۱(۲): ۱۲۱-۱۳۵.

۴- رستگار پور ف. و صبوحی م. ۱۳۹۱. برنامه ریزی کسری خاکستری یک رهیافت تجربی جدید در کشاورزی پایدار مطالعه موردی: شهرستان قوچان. نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار. ۲۲(۱): ۱۲۷-۱۳۷.

۵- رضایی م. و همکاران. ۱۳۸۶. مطالعه بهترین شیوه مدیریت آبیاری و ارقام برنج مناسب شرایط خشکسالی در شبکه ی آبیاری گیلان. مجموعه مقالات اولین همایش سازگاری با کم آبی، تهران.

۶- سیمای آب استان. ۱۳۹۲. شرکت آب منطقه ای استان خراسان رضوی.

۷- فال سلیمان م. و چکشی ب. ۱۳۹۰. نقش مدیریت بهینه ی مصرف آب کشاورزی جهت افزایش بهره وری و پایداری منابع آب دشت های بحرانی در نواحی خشک و کم آب کشور. نشریه جغرافیا و توسعه ناحیه ای. (۱۶): ۱۹۹-۲۱۸.

۸- کهنسال م.ر. و سروری ع.ا. ۱۳۹۲. تعیین الگوی بهینه کشت محصولات عمده زراعی استان خراسان رضوی با استفاده از برنامه‌ریزی خطی چند هدفه فازی و تابع عضویت هذلولی. اقتصاد کشاورزی و توسعه. ۲۱(۸۲): ۱۳۱-۱۵۱.

۹- مجیدی ن.، علیزاده ا. و قربانی م. ۱۳۸۸. تعیین الگوی بهینه همسو با مدیریت منابع آب مشهد-چناران. مجموعه مقالات همایش ملی: الگوهای توسعه پایدار در مدیریت آب.

۱۰- محمدیان ف.، شاهنوشی ن.، قربانی م. و عاقل ح. ۱۳۸۹. تدوین الگوی زراعی پایدار در دشت فریمان- تربت جام. مجله اقتصاد کشاورزی. ۴(۲): ۱-۴.

۱۱- محمدیان ف.، علی زاده ا.، نیریزی س. و عربی ا. ۱۳۸۷. طراحی الگوی زراعی پایدار با تأکید بر مبادله ی مجازی: مطالعه موردی دشت فریمان- تربت جام. مجله آبیاری و زهکشی ایران. ۲(۱): ۱۰۹-۱۲۶.

12- Bellman R.E., and Zadeh L.A. 1970. Decision making in a fuzzy environment. Management Science, 17b: 209–215.

13- Daneshvar Kakhki M., Shahnoushi N., and Salehi Reza 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: 305- 310.

14- Fasakhodi A., Nouri H., and Amini M. 2010. Water resources sustainability and optimal cropping pattern in farming systems; a multi-objective fractional goal programming approach. Water Resource Management, 24:4639–4657.

15- Gupta A.P., Harboe R., and Tabucanon M.T. 2000. Fuzzy multiple criteriadecisionmaking for crop area planning in Narmada river basin. Agricultural System, 63:1-18.

16- Houng G.H., Li Y.P., Yang Z.F., and Nie S.L. 2008. IFMP: Interval fuzzy multi stage programming for water resources management under uncertainty. Resources, Conservational Recycling, 52: 800-812.

17- Kang S., Zeng X., Li F., Zhang L., and Guo P. 2010. Fuzzy multi-objective linear programmingapplying to crop area planning. Agricultural Water Management, 98:134-142.

18- Liang T.F. 2006. Distribution planning decisions using interactive fuzzy multiobjective linear programming. Fuzzy Sets and Systems, 157 :1303 – 1316.

19- Mutnuru S.R., Ahsan N., and Hassan Q. 2013. Application of optimization modeling in sustainable agricultural and water resources: a case study. International Journal of Civil. Structural. Enviromental and Infrastructure Engineering Research and Development, ISSN:2249-6866.

20- Regulwar D.G., and Gurav J.B. 2013. Two-phase multi objective fuzzy linear Programming approach for sustainable irrigation planning. Journal of Water Resource and Protection, 5: 642-651.

21- Sakawa M. 1989. Fuzzy Sets and Interactive Multi objective Optimization. Plenum Press, New York.

22- XieTing Z., Shaozhong K., Fusheng L., Lu Zh., and Ping G. 2010. Fuzzy multi objective linear programming applying to crop area planning. Agricultural Water Management. 98(1): 134-142.

23- Zeng X., Kang S., Li L., Zhang L., and Guo. 2010. Fuzzy multi- objective linear programming applying to crop area planning. Agricultural Water Management, 98:134-142.

24- Zimmerman H.J. 1978. Fuzzy programming and linear programming with several objective function. Fuzzy Set and Systems, 1p: 45-55.
25- Zimmerman H.J. 1985. Fuzzy Set Theory and Its Applications. Kluwer Academic Publishers.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی