

## تعیین ترکیب مناسب کشت محصولات زراعی در مقیاس یک مزرعه با استفاده از الگوی برنامه ریزی آرمانی فازی

علی علیزاده زوارم<sup>1</sup> - زهرا ناجی عظیمی<sup>2\*</sup>

تاریخ دریافت: 1394/3/17

تاریخ پذیرش: 1394/6/7

### چکیده

از موضوعات مهم در حوزه برنامه‌ریزی کشاورزی، دستیابی به الگو یا ترکیب مناسبی از محصولات مدنظر جهت کشت می باشد. در این راستا، با توجه به محدودیت‌های موجود، میزان منابع در دسترس و مدنظر قرار گرفتن اهداف یا آرمان‌های مختلف، برنامه ریزی و تصمیم‌گیری به منظور استفاده بهینه از منابع و عوامل تولید با پیچیدگی‌های خاصی همراه می‌باشد. در نتیجه بکارگیری مدل‌های ریاضی تا حد زیادی می‌تواند به برنامه‌ریزی در این حوزه کمک نماید. هدف این مطالعه، تعیین الگوهای مناسب کشت محصولات زراعی یک مزرعه کشاورزی در استان خراسان شمالی می‌باشد که به این منظور مدل برنامه ریزی آرمانی فازی و حل آن بر اساس سناریوهای مختلف بهره گرفته شده است. بر اساس نتایج به دست آمده از فرایند ارائه شده، با توجه به محدودیت‌ها و آرمان‌های مسأله مربوطه، چهار الگوی کشت بر مبنای هشت سناریوی مطرح شده برای محصولات زراعی مزرعه مورد مطالعه پیشنهاد گردیدند. الگوهای کشت پیشنهادی به گونه‌ای ارائه شده‌اند که زمینه را برای تصمیم‌گیری بهتر پیرامون ترکیب مناسب کشت محصولات زراعی در شرایط مختلف بر اساس آرمان‌های مدنظر توسط تصمیم‌گیرندگان فراهم می‌آورند. در نهایت، الگوهای ارائه شده با توجه به بیشترین میزان دستیابی به سطح مطلوب تمامی آرمان‌ها اولویت‌بندی شدند که بر این اساس، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند با توجه به اولویت مدنظر خود پیرامون هر یک از آرمان‌ها، الگوی مناسب کشت محصولات زراعی را انتخاب نمایند.

واژه‌های کلیدی: الگوی کشت، برنامه‌ریزی آرمانی، برنامه‌ریزی کشاورزی، تئوری فازی

### مقدمه

سویی دیگر، گاهی اوقات دستیابی به چندین هدف یا آرمان مورد توجه تصمیم‌گیرندگان قرار می‌گیرد که ممکن است این آرمان‌ها با یکدیگر ناسازگار نیز باشند. در این شرایط، تصمیم‌گیری منطقی زمانی محقق می‌گردد که هم محدودیت‌های موجود مورد توجه قرار گیرند و هم تا حد ممکن دستیابی به سطح مطلوب آرمان‌ها امکان پذیر گردد. در چنین حالتی، تصمیم‌گیرندگان می‌توانند استفاده بهینه از منابع و عوامل تولید داشته باشند.

استان خراسان شمالی یکی از قطب‌های بسیار مهم تولید محصولات کشاورزی در کشور می‌باشد و شهرستان شیروان نیز به عنوان دومین شهرستان بزرگ این استان، از لحاظ فعالیت‌های کشاورزی از وضعیت مناسبی برخوردار است. هدف مطالعه حاضر، تعیین الگوهای مناسب کشت محصولات زراعی یک مزرعه کشاورزی واقع در این شهرستان می‌باشد. تصمیم‌گیرندگان این مزرعه، قصد دارند ترکیبی از چهار محصول زراعی را در این مزرعه کشت کنند. با توجه به محدودیت‌های موجود در زمینه منابع و عوامل تولید و

مباحث مختلف مربوط به برنامه ریزی در حوزه کشاورزی، همواره از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشند. از موضوعات مهم در این زمینه، می‌توان به نحوه تخصیص عوامل تولید به منظور کشت محصولات زراعی اشاره نمود. این مسأله زمانی اهمیت زیادی پیدا می‌کند که کشت چندین محصول مد نظر قرار گیرد و از طرفی محدودیت‌های متعددی نیز بر آن حاکم باشند. برنامه‌ریزی توسط تصمیم‌گیرندگان پیرامون تعیین الگوی کشت در چنین وضعیتی تعیین الگو یا ترکیب مناسب کشت و تصمیم‌گیری منطقی به منظور استفاده بهینه از منابع با پیچیدگی‌های خاصی همراه می‌باشد. از یک سو به محدودیت‌های موجود در زمینه منابع و عوامل تولید مورد استفاده وابسته می‌باشد و از

1 و 2- دانشجوی دکتری مدیریت (تحقیق در عملیات) و استادیار گروه مدیریت، دانشکده علوم اداری و اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد  
\* - نویسنده مسئول: (Email: znajiazimi@um.ac.ir)

مطلوب قطعی و صریح به اهداف یا آرمان های مسأله در این حالت، سبب ایجاد تصمیماتی نامطلوب می گردد (5). برای فائق آمدن بر این مشکل، از مفهوم مجموعه های فازی<sup>3</sup> که توسط زاده (23) مطرح شده است، بهره گرفته شده است و به دنبال آن، مدل برنامه ریزی آرمانی فازی<sup>4</sup> نیز مورد توجه بسیاری از محققان از جمله ناراسیمان (14) قرار گرفت. این مدل از ترکیب مدل برنامه ریزی آرمانی با تئوری مجموعه های فازی<sup>5</sup> که توسط زاده (23) ارائه گردیده به وجود آمده است. محققین متعددی نظیر حنان (9)، ایگنیزو (10)، روبین (16)، تیواری و همکاران (19) و چن (7) نیز مدل برنامه ریزی آرمانی فازی را توسعه بخشیدند و با نمایان شدن قابلیت های این مدل، از آن در حوزه های مختلفی بهره گرفته شد. از آنجایی که در مدل برنامه ریزی آرمانی فازی، امکان دخالت دادن داده های غیردقیق در پارامترهای مدل برای تصمیم گیرندگان فراهم می گردد، بنابراین، به منظور استفاده در مسائل بهینه سازی الگوی کشت محصولات زراعی، این مدل نسبت به مدل های کلاسیک برنامه ریزی آرمانی، کاربردی تر و انعطاف پذیرتر بوده و با اطمینان بیشتری می توان به نتایج حاصل از آن اتکا نمود (5).

در زمینه استفاده از برنامه ریزی آرمانی در حوزه کشاورزی مطالعات متعددی انجام گرفته است. ویلر و راسل (21) اولین کسانی می باشند که از برنامه ریزی آرمانی در حوزه برنامه ریزی کشاورزی و با هدف تخصیص زمین برای تولید بهینه چندین محصول زراعی استفاده نموده اند. رومرو (15) نیز بر اساس بررسی های خود، توانایی بالای کاربرد این روش را در حوزه برنامه ریزی کشاورزی مورد تأیید قرار داده است. گومز و ریسوگ (8)، از مدل برنامه ریزی آرمانی جهت برآورد تابع مطلوبیت جانشین با چندین معیار متضاد در فرایند تصمیم گیری کشاورزان و با هدف تحلیل توابع تقاضای آب در کشور اسپانیا استفاده نمودند.

در زمینه بکارگیری مدل برنامه ریزی آرمانی فازی در برنامه ریزی کشاورزی نیز می توان به پژوهش های متعددی اشاره نمود. نتایج مطالعات ایتوه و همکاران (11) نشان می دهد بکارگیری مدل برنامه ریزی فازی در شرایط عدم قطعیت در حوزه کشاورزی، بسیاری از نقاط ضعف مدل های برنامه ریزی خطی کلاسیک را مرتفع نموده و جواب های سازگارتری با شرایط دنیای واقعی ارائه می نماید. بیسواس و پال (5) از مدل برنامه ریزی آرمانی فازی به منظور تعیین الگوی بهینه کشت و برنامه ریزی استفاده از زمین در کشاورزی بهره جستند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که بر اساس این مدل برنامه ریزی ریاضی، تصمیم گیرنده می تواند درجه اهمیت و اولویت هر یک از اهداف را در نتایج به دست آمده دخالت دهد. در تحقیقی مشابه، شارما

همچنین مدنظر قرار گرفتن اهداف یا آرمان های مختلف، تصمیم گیری در این زمینه پیچیده شده است. در این مطالعه سعی شده است با الهام گیری از نکات قوت مطالعات مشابه، زمینه مناسبی برای مدل سازی و حل مسأله تعریف شده با استفاده از برنامه ریزی آرمانی فازی به منظور تعیین الگوی مناسب کشت فراهم گردد.

در دهه های اخیر، مدل ها و تکنیک های کمی متعددی در حوزه برنامه ریزی کشاورزی مورد استفاده قرار گرفته اند که برنامه ریزی خطی<sup>1</sup>، یکی از پر کاربردترین آنها بوده است. مدل های برنامه ریزی خطی با اهداف مختلفی نظیر بیشینه کردن تولید محصول، تخصیص زمین زیر کشت یا کمینه کردن هزینه های تولید مورد استفاده قرار گرفته اند (17). مدل برنامه ریزی خطی به صورت یک مدل بهینه سازی تک هدفه بیان می شود و این در حالی است که طبیعت بسیاری از مسائل مطرح شده در زمینه های مختلف و به خصوص در حوزه برنامه ریزی کشاورزی از نوع چند هدفه مانند بیشینه کردن سود، کمینه کردن مخارج، کمینه کردن مصرف آب مورد نیاز و غیره می باشند. از طرفی، این اهداف ممکن است با یکدیگر در تضاد باشند. بنابراین، روش های سنتی برنامه ریزی مانند برنامه ریزی خطی تک هدفه، قابلیت بهینه سازی مسائل با چندین هدف به طور همزمان را نخواهند داشت و در چنین وضعیتی، این روش ها نمی توانند جوابگوی خواسته های تصمیم گیرندگان باشند (18).

توابع چند هدفه در مدل های برنامه ریزی ریاضی، اولین بار توسط کان و تاگر (13) بر مبنای مفهوم بهینه سازی برداری مطرح گردید و به دنبال آن، تحقیقات بسیاری در رابطه با مدل های تصمیم گیری با اهداف چندگانه انجام گرفت (20). در این راستا، چارنز و کوپر (6) به ارائه مدلی با عنوان برنامه ریزی آرمانی<sup>2</sup> پرداختند. برنامه ریزی آرمانی، یکی از تکنیک های برجسته برای حل مسائل تصمیم گیری با چندین هدف می باشد که توانایی بالای کاربرد آن در مسائل برنامه ریزی کشاورزی نیز مورد بررسی قرار گرفته و تأیید گردیده است (15). در این مدل، برای هر یک از توابع هدف، یک مقدار آرمانی تعیین می گردد و با توجه به اولویت اهداف مختلف، حداقل سازی انحرافات مجاز اهداف از سطوح آرمانی مورد توجه قرار می گیرد. به عبارتی، ایده اصلی برنامه ریزی آرمانی، یافتن جواب هایی است که چندین هدف تعریف شده را طوری برآورده نماید که انحراف از سطح مطلوب آرمان ها کمینه گردد. در مدل برنامه ریزی آرمانی متعارف، پارامترهای مسأله باید به طور دقیق تعریف شوند. این در حالی است که کشاورزان به دلیل ریسک بالا و وجود شرایط عدم اطمینان به مسائل محیطی، همواره نمی توانند اطلاعاتی قطعی و دقیقی از پارامترهای مسأله ارائه نمایند. بنابراین، انتساب سطوح

3- Fuzzy Sets  
4- Fuzzy Goal Programming  
5- Fuzzy sets theory

1- Linear Programming  
2- Goal Programming

کشت محصولات کشاورزی در 20 کیلومتری شهرستان شیروان (واقع در استان خراسان شمالی) انجام گرفته است. این مزرعه دارای زمینی به مساحت 4 هکتار می باشد که خاک آن ماهیت زراعی داشته و سابقه کشت محصولات زراعی در آن به حدود 9 سال می رسد که در سال‌های اخیر کشت محصولاتی نظیر گندم آبی، جو آبی، عدس، نخود و لوبیا قرمز مورد توجه تصمیم گیرندگان بوده است. آبیاری در این مزرعه به صورت آبیاری سطحی است که در واقع، آب مورد نیاز از چشمه های طبیعی تأمین گردیده و آبیاری بر اساس سهمیه بندی صورت گرفته در منطقه مربوطه انجام می پذیرد. در این مطالعه برای تعیین الگوی مناسب کشت این مزرعه از مدل برنامه ریزی آرمانی فازی بهره گرفته می شود. از دلایل استفاده از مدل برنامه ریزی آرمانی می توان به وجود اهداف غیر قابل جمع در مسأله تعریف شده اشاره نمود. همچنین، استفاده از مدل برنامه ریزی آرمانی فازی نیز به دلایلی نظیر عدم دسترسی به مقدار دقیق برخی از پارامترهای مسأله و امکان لحاظ نمودن سطوح آرمانی آنها در مدل مدنظر قرار گرفته است. داده های مورد نیاز از طریق مصاحبه حضوری با تصمیم گیرندگان (کشاورزان مزرعه)، مشاهده دفاتر حسابداری مزرعه مورد مطالعه، گزارشات وزارت جهاد کشاورزی و مدیریت جهاد کشاورزی شهرستان شیروان جمع آوری گردیده اند. به منظور حل مدل برنامه ریزی آرمانی نیز از برنامه نرم افزاری WinQSB بهره گرفته شده است. نحوه بکارگیری مدل برنامه ریزی آرمانی فازی در ادامه تشریح گردیده است.

برای ساخت توابع عضویت مربوط به آرمان های مختلف مسأله از روش زیمرمن (24) بهره گرفته شد. بر این اساس، اگر آرمان  $i$  ام را به صورت  $G_i(x)$  نمایش دهیم، آنگاه دو حالت ممکن برای آرمان وجود خواهد داشت. حالت اول زمانی است که  $G_i(x) \leq g_i$  باشد. علامت  $\leq$  معرف کوچکتر مساوی فازی است، به این معنا که سمت راست نامعادله می تواند مقدار  $g_i$  را اختیار کند یا مقداری بیش از  $g_i$  را داشته باشد. در این صورت، تابع عضویت آرمان  $i$  ام به صورت رابطه 1 بیان می شود. در این رابطه،  $U_i - g_i$  معرف حد نوسان می باشد که با  $\Delta_i^+$  بیان می شود.  $g_i$  بیانگر حد مورد انتظار آرمان  $i$  ام و  $U_i$  بیانگر حد بالای نوسان آرمان  $i$  ام می باشد.  $\mu_i$  نیز درجه عضویت برقراری آرمان  $i$  ام را نشان می دهد که در دامنه  $[0, 1]$  قرار دارد که مقدار 1 برای درجه عضویت، نشان دهنده رسیدن به سطح مورد نظر آرمان و سایر مقادیر در این دامنه بیانگر عدم دستیابی به سطح مورد نظر آرمان با میزان انحرافات مختلف می باشد.

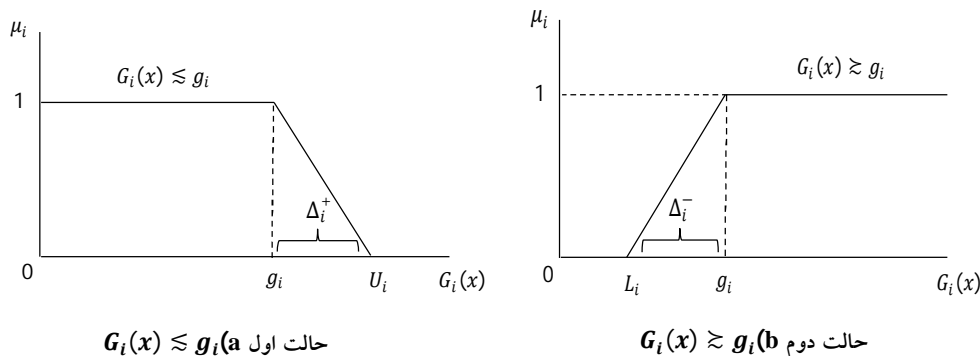
$$\mu_i = \begin{cases} 1 & \text{if } G_i(x) \leq g_i \\ \frac{U_i - G_i(x)}{U_i - g_i} & \text{if } g_i \leq G_i(x) \leq U_i \\ 0 & \text{if } G_i(x) \geq U_i \end{cases} \quad (1)$$

و همکاران (18) نیز با توجه به ویژگی ها و مزیت های برنامه ریزی آرمانی، از این تکنیک در برنامه ریزی کشاورزی بهره جستند. این محققین با استفاده از برنامه ریزی آرمانی فازی، توانستند در منطقه قاضی آباد هند، الگوهای مناسب کشت را جهت انجام برنامه ریزی بهتر در حوزه کشاورزی، تعیین نمایند.

در ایران نیز تحقیقاتی در زمینه برنامه ریزی کشاورزی با استفاده از برنامه ریزی آرمانی فازی انجام گرفته است. نتایج مطالعه اسدپور و همکاران (1) در زمینه استفاده از برنامه ریزی آرمانی فازی در بهینه سازی الگوی کشت در استان مازندران، نشان داد که با ایجاد انعطاف در آرمان ها و در قالب پارامترهای سمت راست مدل فازی، منابع به نحو بهتری تخصیص می یابند و در این حالت، سطح زیر کشت توسعه پیدا می کند. کهنسال و محمدیان (3) نیز از این مدل برای تعیین الگوی بهینه کشت در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد استفاده کردند که نتایج نشان داد که انعطاف پذیری در مدل برنامه ریزی آرمانی بر اساس شرایط فازی، می تواند الگوهای کشت را به طور نسبی بهبود بخشد. راعی جدیدی و صوحی صابونی (2)، از مدل برنامه ریزی آرمانی فازی جهت تخصیص بهینه زمین های کشاورزی منطقه کشک سرای شهرستان مرند استفاده نمودند. به این منظور، 4 آرمان در قالب 16 ترکیب وزنی در قالب تک هدفه و ترکیبی مدنظر قرار گرفتند و سناریوهای ایجاد شده بر اساس تابع فاصله اقلیدسی اولویت بندی گردیدند و الگوهای بهینه کشت شناسایی شدند. مردانی و همکاران (4) نیز در مطالعه خود با استفاده از برنامه ریزی آرمانی فازی، به تعیین الگوهای بهینه کشت در استان خراسان رضوی پرداختند. در این تحقیق، آنها از مفهوم نوسانات برای حل آسانتر مدل برنامه ریزی آرمانی فازی استفاده نمودند و در نهایت، سه الگوی بهینه کشت برای محصولات زراعی شناسایی گردید. بنا به باور محققین، در مدل مورد استفاده می توان با ایجاد انعطاف در آرمان ها، منابع را به نحو بهتری تخصیص داد. هر چند مطالعات مشابهی زمینه تعیین ترکیب مناسب کشت با استفاده از برنامه ریزی آرمانی فازی انجام شده اند، اما اکثر این مطالعات مدل ارائه شده را در قالب یک رویکرد مورد تحلیل قرار داده اند. در تحقیق حاضر، با انجام سناریوپردازی های مختلف، امکان مدل سازی و حل مسأله در حالت های مختلف فراهم شده است. نتایج حاصل از اجرای فرایند پیشنهادی می تواند گزینه های متعددی را برای ترکیب کشت محصولات در اختیار تصمیم گیرندگان قرار دهد تا بتوانند تحت شرایط مختلف، الگوی مناسب را انتخاب نمایند.

## مواد و روش ها

این مطالعه با هدف تعیین الگوهای مناسب کشت محصولات کشاورزی در یک مزرعه واقع در منطقه زوارم، یکی از مناطق اصلی



شکل 1 - تابع عضویت آرمان فازی  
Figure 1- Membership function of fuzzy goal

$$\begin{aligned}
 G_i(x) \leq g_i : & & (3) \\
 G_i(x) + \mu_i \Delta_i^+ & \leq g_i + \Delta_i^+ \\
 \rightarrow G_i(x) + \mu_i \Delta_i^+ - \Delta_i^+ & \leq g_i \\
 \rightarrow G_i(x) - (1 - \mu_i) \Delta_i^+ & \leq g_i \\
 \rightarrow G_i(x) - \theta_i \Delta_i^+ & \leq g_i
 \end{aligned}$$

حالت دوم نیز زمانی است که  $G_i(x) \geq g_i$  باشد، در این صورت، تابع عضویت آرمان نام به صورت رابطه 2 بیان می‌گردد. در این رابطه،  $g_i - L_i$  معرف حد نوسان می باشد که با  $\Delta_i^-$  بیان می‌شود.  $g_i$  بیانگر سطح مورد انتظار آرمان نام و  $L_i$  بیانگر حد پایین نوسان آرمان نام می باشد.

حال اگر آرمان به صورت  $G_i(x) \geq g_i$  مد نظر قرار گیرد، از رابطه 4 می‌توان این تبدیل را انجام داد.

$$\begin{aligned}
 G_i(x) \geq g_i : & & (4) \\
 G_i(x) - \mu_i \Delta_i^- & \geq g_i - \Delta_i^- \\
 \rightarrow G_i(x) - \mu_i \Delta_i^- + \Delta_i^- & \geq g_i \\
 \rightarrow G_i(x) + (1 - \mu_i) \Delta_i^- & \geq g_i \\
 \rightarrow G_i(x) + \theta_i \Delta_i^- & \geq g_i
 \end{aligned}$$

$$\mu_i = \begin{cases} 1 & \text{if } G_i(x) \geq g_i \\ \frac{G_i(x) - L_i}{g_i - L_i} & \text{if } L_i \leq G_i(x) \leq g_i \\ 0 & \text{if } G_i(x) \leq L_i \end{cases} \quad (2)$$

در شکل 1، نمودار مربوط به تابع عضویت آرمان فازی در هر یک از این حالت‌ها آورده شده است. حالت اول، مربوط به زمانی است که  $G_i(x) \leq g_i$  باشد و حالت دوم نیز، بیانگر وضعیتی است که  $G_i(x) \geq g_i$  باشد.

در این روابط،  $\Delta_i^+$  و  $\Delta_i^-$  معرف حد نوسان و  $\theta_i$  معرف متغیر نوسان در آرمان نام می باشد که با توجه به تعریف ارائه شده از نوسانات، معادل خواهد بود با  $(1 - \mu_i)$ ، بنابراین متغیر نوسان  $\theta_i$  برای هر آرمان، مقداری در دامنه  $[0, 1]$  خواهد داشت. به عبارتی داریم (رابطه 5):

در این مرحله، جهت تبدیل مدل برنامه ریزی آرمانی فازی به یک مسئله خطی یک هدفه، تابع هدف مسئله به صورت رابطه 6 بیان می‌گردد. همان‌طور که مشخص است، تابع هدف به صورت حداقل سازی متغیرهای نوسان بیان شده است. در این تابع،  $W_i$  بیانگر درجه اهمیت یا وزن آرمان نام می باشد.

به منظور ساده سازی انجام محاسبات برای حل مدل، با استفاده از روش تعیین نوسان کیم و وانگ (12)، مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی به یک مسئله خطی یک هدفه تبدیل می‌شود. بر این اساس، اگر آرمانی به سطح مورد نظر خود برسد، درجه عضویت برای آن، یک می باشد و بنابراین، هیچ نوسانی در آرمان مربوطه وجود ندارد. از طرفی، هنگامی که آرمانی دارای نوسان باشد، درجه عضویت آن، کمتر از یک و یا بیشتر یا مساوی صفر است. با توجه به این تعریف ارائه شده از نوسانات کیم و وانگ (12)، مدل برنامه ریزی آرمانی فازی به یک مسئله خطی یک هدفه تبدیل می‌شود. اگر آرمان به صورت  $G_i(x) \leq g_i$  مورد نظر باشد، از رابطه 3 می‌توان اقدام به این تبدیل نمود.

$$\begin{aligned}
 1 - \mu_i = \theta_i : & \begin{cases} \mu_i = 1 \rightarrow \theta_i = 0 & \text{آرمان به سطح مورد نظر رسیده است (نوسانی وجود ندارد)} \\ \mu_i = 0 \rightarrow \theta_i = 1 & \text{آرمان به سطح مورد نظر نرسیده است (حداکثر نوسان وجود دارد)} \\ 0 < \mu_i < 1 \rightarrow 0 < \theta_i < 1 & \text{آرمان به سطح مورد نظر نرسیده است (نوسان وجود دارد)} \end{cases} & (5)
 \end{aligned}$$

در این تحقیق، مدل پیشنهادی در مقیاس یک مزرعه پیاده سازی شده است. تصمیم گیرندگان (کشاورزان) مزرعه می‌خواهند بدانند در نیمسال اول با توجه به محدودیت های موجود، چه مقدار از زمین این مزرعه را به کشت گندم آبی، جو آبی، عدس، نخود و لوبیا قرمز اختصاص دهند تا اهداف مدنظر تا حد ممکن تحقق یابند. با توجه به شرایط حاکم بر مسأله و وضعیت داده‌ها، مسأله به صورت برنامه ریزی آرمانی فازی، مدل سازی شده و سناریوها یا راهکارهای مختلفی در اختیار تصمیم گیرندگان (کشاورزان مزرعه) برای الگوهای مختلف کشت ارائه می‌دهد. جزئیات مسأله مورد بررسی به شرح ذیل می‌باشد:

**تعریف متغیرها و نمادها:** به منظور بیان ریاضی مدل مسأله لازم است تا متغیرها و پارامترهای مورد استفاده در مدل تعریف گردند. متغیرها و پارامترهای مورد استفاده در تحقیق حاضر به صورت زیر تعریف شده‌اند:

$j = \{1, 2, \dots, n\}$	: $j$
گندم آبی ( $j = 1$ ), جو آبی ( $j = 2$ ), عدس ( $j = 3$ ), نخود ( $j = 4$ ) و لوبیا قرمز ( $j = 5$ )	
مساحت زمین کشت شده برای محصول $j$ (هکتار)	: $X_j$
مساحت کل زمین زراعی در دسترس (هکتار)	: $L$
مقدار آب مورد نیاز برای محصول $j$ م در هر هکتار زمین (مترمکعب)	: $w_j$
مقدار آب مورد انتظار در دسترس برای آبیاری (مترمکعب)	: $TW$
میزان نیروی کار مورد نیاز برای محصول $j$ م در هر هکتار زمین (نفر روز)	: $l_j$
میزان نیروی کار مورد انتظار در دسترس (نفر روز)	: $TL$
میزان ساعت کاری مورد نیاز ماشین آلات برای محصول $j$ م در هر هکتار زمین (ساعت)	: $h_j$
میزان ساعت کاری مورد انتظار در دسترس ماشین آلات (ساعت)	: $TH$
میزان سم مورد نیاز برای محصول $j$ م در هر هکتار زمین (کیلوگرم)	: $s_j$
میزان سم مورد انتظار در دسترس (کیلوگرم)	: $TS$
میزان کودفسفات مورد نیاز برای محصول $j$ م در هر هکتار زمین (کیلوگرم)	: $f_j$
میزان کودفسفات مورد انتظار در دسترس (کیلوگرم)	: $TF$
میزان کوداوره مورد نیاز برای محصول $j$ م در هر هکتار زمین (کیلوگرم)	: $o_j$
میزان کوداوره مورد انتظار در دسترس (کیلوگرم)	: $TO$
میزان کودپتاس مورد نیاز برای محصول $j$ م در هر هکتار زمین (کیلوگرم)	: $p_j$
میزان کودپتاس مورد انتظار در دسترس (کیلوگرم)	: $TP$

در واقع، هدف تابع مذکور، حداکثرسازی میزان دستیابی به سطح مطلوب آرمان ها (حداکثرسازی درجه عضویت ها) می‌باشد که این امر با حداقل سازی میزان نوسانات (انحرافات) آرمان‌ها از سطح مطلوب آنها محقق می‌گردد.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n W_i \theta_i \quad (6)$$

ممکن است بر اساس سناریوهای مختلف، مقادیر متفاوتی برای اوزان ( $W_i$  ها) در تابع هدف مدل در نظر گرفته شود. از طرفی، از آنجایی که در مدل برنامه ریزی آرمانی فازی، معمولاً اهداف در تضاد با یکدیگر می‌باشند، تصمیم‌گیرندگان ممکن است در مورد تخصیص اولویت های مناسب به اهداف متعدد دچار سردرگمی شوند. در چنین وضعیتی، انتخاب بهترین پارامترها بر اساس ترکیبات مختلف وزنی برای اهداف یا آرمان های متعدد امری دشوار به نظر می‌رسد. برای غلبه بر چنین مشکلی، از تابع فاصله اقلیدسی درجه عضویت ها که توسط یو (22) معرفی گردیده است، استفاده می‌شود که این تابع به صورت رابطه 7 بیان می‌گردد (5).

$$D_k = \left[ \sum_{i=1}^n (1 - \mu_i^k)^2 \right]^{1/2} = \left[ \sum_{i=1}^n (\theta_i^k)^2 \right]^{1/2} \quad (7)$$

در این رابطه،  $\mu_i^k$  بیانگر مقدار عضویت به دست آمده آرمان نام تحت ساختار اولویت بندی  $k$  ام می‌باشد. چون بالاترین مقدار عضویت هر کدام از اهداف فازی یک است، بنابراین نقطه ایده آل برداری خواهد بود که همه عناصر آن ( $\theta_i$  ها) یک باشند و بهترین ساختار باید کمترین مقدار فاصله اقلیدسی ( $D$ ) را داشته باشد. ما در این تحقیق، این رابطه را به تابع فاصله اقلیدسی از نوسانات تبدیل کرده و از آن در مطالعه حاضر استفاده نموده‌ایم. بر اساس رابطه فوق، فاصله اقلیدسی در ساختار وزنی  $k$ ام (الگوی کشت  $k$ ام) برای آرمان های مختلف، از مجذور مجموع مربعات مقدار متغیر نوسان آرمان های مختلف برای آن ساختار به دست می‌آید و بهترین ساختار وزنی، ساختاری است که کمترین فاصله اقلیدسی بر اساس آرمان ها را داشته باشد. به عبارتی، با استفاده از رابطه فاصله اقلیدسی، قصد داریم مشخص کنیم که در کدامیک از الگوهای کشت پیشنهادی، دستیابی به بیشترین سطح مطلوب با مدنظر قرار دادن تمامی آرمان های مدنظر محقق می‌گردد. بنابراین، با توجه به رابطه (8)،  $D^*$  به عنوان کمترین فاصله اقلیدسی ایجاد شده می‌تواند به عنوان مبنایی در ایجاد ساختار اولویت بندی برای یک تصمیم رضایت بخش در این زمینه مورد توجه قرار گیرد (5).

$$D^* = \min\{D_k\}, \quad k = 1, 2, \dots, K \quad (8)$$

فازی مربوطه به صورت رابطه 11 بیان می‌گردد.

$$\sum_{j=1}^n h_j x_j \leq TH \quad (11)$$

**آرمان های مربوط به سموم و کودهای شیمیایی:** از آنجایی

که برای بهره برداری بهتر از کشت محصولات کشاورزی به سموم و کودهای شیمیایی مختلفی نیاز می باشد، و با توجه به محدود بودن دسترسی به میزان این نهاده ها، لازم است تا محدودیت هایی در این زمینه در مدل مسأله لحاظ شوند، به این منظور، آرمان هایی برای سم، کود فسفات، کود اوره و کود پتاس به صورتی که در ادامه می آید، در نظر گرفته شده است:

**4) آرمان مربوط به سم:** اگر میزان سم مورد انتظار در دسترس

را با  $TS$  و میزان سم مورد نیاز برای محصول  $z$ م در هر هکتار زمین را با  $s_z$  نمایش دهیم، آنگاه آرمان فازی مربوطه به صورت رابطه 12 قابل بیان می باشد.

$$\sum_{j=1}^n s_j x_j \leq TS \quad (12)$$

**5) آرمان مربوط به کود فسفات:** اگر  $TF$  بیانگر میزان

کودفسفات مورد انتظار در دسترس و  $f_z$  نشان دهنده میزان کودفسفات مورد نیاز برای محصول  $z$ م در هر هکتار زمین باشد، آنگاه آرمان فازی مربوطه به صورت رابطه 13 بیان می‌گردد.

$$\sum_{j=1}^n f_j x_j \leq TF \quad (13)$$

**6) آرمان مربوط به کود اوره:** اگر میزان کوداوره مورد انتظار در

دسترس با  $TO$  و میزان کوداوره مورد نیاز برای محصول  $z$ م در هر هکتار زمین نیز با  $o_z$  نمایش داده شوند، آنگاه آرمان فازی مربوطه به صورت رابطه 14 قابل بیان می‌باشد.

$$\sum_{j=1}^n o_j x_j \leq TO \quad (14)$$

**7) آرمان مربوط به کود پتاس:** اگر میزان کودپتاس مورد

انتظار در دسترس را با  $TP$  و میزان کودپتاس مورد نیاز برای محصول  $z$ م در هر هکتار زمین را با  $p_z$  نشان دهیم، آنگاه آرمان فازی مربوطه به صورت رابطه 15 بیان می شود.

$$\sum_{j=1}^n p_j x_j \leq TP \quad (15)$$

**8) آرمان مربوط به هزینه های نقدی:** با توجه به این که

عملیات و فعالیت های مختلف کشاورزی در مراحل آماده سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت مانند بکارگیری نیروی انسانی، اجاره ماشین آلات کشاورزی، خرید سموم و کودهای شیمیایی و غیره، هزینه هایی را به همراه خواهند داشت، لذا در مدل سازی مسأله بایستی این هزینه ها نیز لحاظ کردند. بنابراین، اگر میزان کل

$C_j$ : میزان هزینه های نقدی مورد نیاز برای محصول  $z$ م در هر

هکتار زمین (میلیون ریال)

$TC$ : میزان کل هزینه های نقدی مورد انتظار (میلیون ریال)

$r_j$ : میزان درآمد حاصل (سود ناخالص) برای محصول  $z$ م در هر

هکتار زمین (میلیون ریال)

$TR$ : میزان کل درآمدهای مورد انتظار (سود ناخالص مورد انتظار)

(میلیون ریال)

**تعریف آرمان ها:** آرمان های مسأله مورد مطالعه به شرح زیر

بیان شده اند. قابل ذکر است که آرمان های مدل، سطح مطلوب آرمان ها و میزان نوسانات آنها در مسأله شناسایی شده بر اساس نظرات تصمیم گیرندگان و با توجه به تجربیات سال های گذشته آنها تعیین گردیده و در مقیاس سالانه بیان شده اند.

**1) آرمان مربوط به آب مصرفی:** با توجه به تأثیرگذار بودن

میزان آب در دسترس بر انتخاب نوع محصولات زراعی به منظور کشت، لازم است تا آرمانی برای آب مصرفی در نظر گرفته شود. از آنجایی که قطعیتی در مورد میزان آب در دسترس وجود ندارد و تنها می توان بازه مورد انتظاری را بر اساس نوسان ممکن تعریف نمود، لذا آرمان مربوط به آب مصرفی به صورت یک آرمان یا محدودیت فازی در نظر گرفته شده است. اگر مقدار آب مورد انتظار در دسترس برای آبیاری را با  $TW$  و مقدار آب مورد نیاز برای محصول  $z$ م در هر هکتار زمین را با  $w_z$  نمایش دهیم، آرمان مربوطه به صورت رابطه 9 بیان می گردد.

$$\sum_{j=1}^n w_j x_j \leq TW \quad (9)$$

**2) آرمان مربوط به نیروی کار:** از آنجایی که یکی از عوامل

مهم در کشاورزی، موضوع نیروی کار در دسترس می باشد، لذا با توجه به نوسان موجود در میزان نیروی کار در دسترس، آرمان مربوطه به صورت فازی در نظر گرفته شده است. اگر  $TL$  معرف میزان نیروی کار مورد انتظار در دسترس و  $l_z$  نشان دهنده میزان نیروی کار مورد نیاز برای محصول  $z$ م در هر هکتار زمین باشد، آرمان مربوطه به صورت رابطه 10 بیان می شود.

$$\sum_{j=1}^n l_j x_j \leq TL \quad (10)$$

**3) آرمان مربوط به ساعات کاری ماشین آلات:** به منظور

بهره برداری از ماشین آلات در عملیات مختلفی نظیر آماده سازی زمین، کاشت، داشت و برداشت، برآوردی از ساعات کار ماشین آلات می تواند از هزینه های اضافی مربوطه جلوگیری نماید. اگر میزان ساعت کاری مورد انتظار در دسترس ماشین آلات را با  $TH$  و میزان ساعت کاری مورد نیاز ماشین آلات برای محصول  $z$ م در هر هکتار زمین را با  $h_z$  نشان دهیم، آنگاه با توجه به نوسانات  $TH$ ، آرمان

$$x_1 + x_2 \geq L_3 \quad (21)$$

**تعریف تابع هدف:** همان طور که قبلاً نیز اشاره گردید، در این تحقیق، تابع هدف مسأله‌ها توجه به مفهوم نوسانات، به صورت حداقل سازی مجموع نوسانات آرمان های مختلف در نظر گرفته شده است. اگر متغیر نوسان مربوط به آرمان  $i$ ام با  $\theta_i$  و وزن یا درجه اهمیت آن نیز با  $w_i$  نشان داده شود، آنگاه تابع هدف مدل مسأله به صورت رابطه 22 بیان می‌گردد.

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^9 w_i \theta_i \quad (22)$$

در رابطه فوق،  $w_i$  ها بر اساس نظرات تصمیم گیرندگان (کشاورزان) به گونه ای تعیین می شوند که مجموع این وزن ها برابر یک باشد ( $\sum_{i=1}^9 w_i = 1$ ). این نظرات در قالب نظرسنجی به مقیاس کمی تبدیل شده‌اند.

**مدل کلی مسأله:** با توجه به توضیحات اشاره شده، در نهایت، مدل برنامه ریزی آرمانی مسأله مدنظر در این تحقیق با در نظر گرفتن مفهوم نوسانات به صورت زیر نوشته می شود:

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^9 w_i \theta_i$$

تابع هدف: حداقل سازی نوسانات از سطح مطلوب آرمان ها

Subject to:

$$\sum_{j=1}^5 w_j x_j - \theta_1 \Delta_1^+ \leq TW \quad \text{آرمان (1): آب مصرفی}$$

$$\sum_{j=1}^5 l_j x_j - \theta_2 \Delta_2^+ \leq TL \quad \text{آرمان (2): نیروی کاری}$$

$$\sum_{j=1}^5 h_j x_j - \theta_3 \Delta_3^+ \leq TH \quad \text{آرمان (3): ساعات کاری ماشین آلات}$$

$$\sum_{j=1}^5 s_j x_j - \theta_4 \Delta_4^+ \leq TS \quad \text{آرمان (4): سم}$$

$$\sum_{j=1}^5 f_j x_j - \theta_5 \Delta_5^+ \leq TF \quad \text{آرمان (5): کود فسفات}$$

$$\sum_{j=1}^5 o_j x_j - \theta_6 \Delta_6^+ \leq TO \quad \text{آرمان (6): کود اوره}$$

$$\sum_{j=1}^5 p_j x_j - \theta_7 \Delta_7^+ \leq TP \quad \text{آرمان (7): کود پتاس}$$

$$\sum_{j=1}^5 c_j x_j - \theta_8 \Delta_8^+ \leq TC \quad \text{آرمان (8): هزینه های نقدی}$$

$$\sum_{j=1}^5 r_j x_j + \theta_9 \Delta_9^- \geq TR \quad \text{آرمان (9): درآمدها}$$

هزینه‌های نقدی مورد انتظار را با  $TC$  و میزان هزینه های نقدی مورد نیاز برای محصول  $j$ ام در هر هکتار زمین را با  $c_j$  نشان دهیم، آنگاه آرمان فازی مربوطه به صورت رابطه 16 بیان می‌گردد.

$$\sum_{j=1}^n c_j x_j \leq TC \quad (16)$$

**9) آرمان مربوط به درآمدها (سود ناخالص):** مشخص است که انجام فعالیت های کشاورزی به منظور دستیابی به درآمدهای مورد انتظار صورت می‌گیرد که این درآمدها بایستی علاوه بر این که هزینه های تحمیل شده را پوشش می‌دهند، عایدی یا سودی نیز به همراه داشته باشند. به این منظور، میزان حداقلی برای درآمدها (سود ناخالص) در نظر گرفته شده است که باید تأمین گردد. بنابراین، اگر  $TR$  میزان کل درآمدهای مورد انتظار (سود ناخالص مورد انتظار) و  $r_j$  میزان درآمد حاصل (سود ناخالص) برای محصول  $j$ ام در هر هکتار زمین باشند، آرمان فازی مربوطه به صورت رابطه 17 بیان می‌شود.

$$\sum_{j=1}^n r_j x_j \geq TR \quad (17)$$

**تعریف محدودیت های قطعی:** محدودیت های قطعی مسأله نیز با توجه به مورد مطالعه، به صورت زیر استخراج شده اند:

**محدودیت های زمین:** تنها محدودیت قطعی مسأله، به زمین مورد نظر برای کشت محصولات مربوط می‌باشد. از آنجایی که کل مساحت زمین، مشخص می باشد لذا محدودیت مربوط به آن به صورت قطعی در نظر گرفته شده است. اگر کل مساحت زمین در دسترس را با  $L$  نشان دهیم، آنگاه محدودیت مربوطه به صورت رابطه 18 بیان می‌شود. این محدودیت بیان می‌دارد که کل زمین مورد استفاده در انواع محصولات از میزان زمین در دسترس بیشتر نباشد.

$$\sum_{j=1}^n x_j \leq L \quad (18)$$

از طرفی، در مسأله مورد نظر در این مطالعه، با توجه به شرایط ویژه ابعاد زمین، وضعیت خاک و مصارف خانگی برخی از محصولات برای کشاورزان، و بر اساس نظر تصمیم گیرندگان (کشاورزان مزرعه)، محدودیت های دیگری نیز در مورد زمین در نظر گرفته شد. در این راستا، قرار شد بخشی از زمین (حداقل به میزان  $L_1$  هکتار) به کشت عدس و نخود یا یکی از آنها، بخشی از زمین (حداقل به میزان  $L_2$  هکتار) به کشت لوبیا، و بخشی دیگر (حداقل به میزان  $L_3$  هکتار) نیز به کشت گندم و جو یا یکی از آنها اختصاص داده شود. با توجه به توضیحات داده شده، محدودیت های مربوط به این قسمت ها را می‌توان به صورت زیر بیان نمود.

$$x_3 + x_4 \geq L_1 \quad (19)$$

$$x_5 \geq L_2 \quad (20)$$

هر یک از سناریوهای در نظر گرفته شده را نشان می دهد. همان طور که مشاهده می شود، ابتدا سه آرمان (هدف) اصلی یعنی آرمان درآمد، آرمان هزینه و آرمان منابع تولیدی (شامل آرمان های آب مصرفی، نیروی کار، ساعات کاری ماشین آلات، سم و کودهای شیمیایی) به تنهایی در تابع هدف مدل وارد شدند (سناریوهای 1، 2 و 3). سپس، ترکیبات مختلف این سه آرمان در تابع هدف مدل مدنظر قرار گرفتند (سناریوهای 4، 5 و 6). در نهایت نیز تمامی آرمان ها بر اساس اولویت و درجه اهمیت، با وزن های یکسان (سناریو 7) و با وزن های متفاوت (سناریوی 8) در تابع هدف مدل وارد شدند. در نهایت، پس از بررسی سناریوهای مختلف الگوهای کشت، بر اساس کمترین فاصله اقلیدسی ایجاد شده در آرمان ها برای هر سناریو، به اولویت بندی این سناریوها (الگوهای کشت) پرداخته شده است. با توجه به داده های جمع آوری شده و مشخص شدن مقادیر پارامترهای مسأله، در نهایت، مدل ریاضی مسأله به صورت زیر تشکیل گردید.

$$\sum_{j=1}^5 x_j \leq L$$

محدودیت زمین: کل زمین در دسترس

$$x_3 + x_4 \geq L_1$$

محدودیت زمین: زمین اختصاصی به عدس و نخود (یا یکی از آنها)

$$x_5 \geq L_2$$

محدودیت زمین: زمین اختصاصی به لوبیا

$$x_1 + x_2 \geq L_3$$

محدودیت زمین: زمین اختصاصی به گندم و جو (یا یکی از آنها)

$$0 \leq \theta_i \leq 1 \quad i = 1, 2, \dots, 9$$

محدوده مقدار متغیرهای نوسان برای آرمان ها

$$x_j \geq 0 \quad j = 1, 2, \dots, 5$$

تعریف بازه متغیرهای مدل (قیود غیر منفی)

به منظور سناریوپردازی در مورد الگوهای مختلف کشت محصولات زراعی، تابع هدف مدل در حالت های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است. جدول 1، فرم کلی تابع هدف مدل بر اساس

جدول 1 - فرم کلی تابع هدف مدل بر اساس سناریوهای مختلف  
Table 1- The objective function form based on different scenarios

سناریو (Scenario)	آرمان های در نظر گرفته شده در تابع هدف مدل (Goals in the objective function)	فرم کلی تابع هدف مدل (The objective function)
1	درآمد (Income)	$Min Z = W_9 \theta_9$
2	هزینه (Cost)	$Min Z = W_8 \theta_8$
3	منابع تولید (Production resource)	$Min Z = \sum_{i=1}^7 W_i \theta_i$
4	درآمد - هزینه (Income-Cost)	$Min Z = \sum_{i=8}^9 W_i \theta_i$
5	درآمد - منابع تولید (Income-Production resource)	$Min Z = \sum_{i=1}^7 W_i \theta_i + W_9 \theta_9$
6	هزینه - منابع تولید (Cost-Production resource)	$Min Z = \sum_{i=1}^7 W_i \theta_i + W_8 \theta_8$
7	درآمد - هزینه - منابع تولید (با وزن های یکسان) (Income- Cost-Production resource with equal weights)	$Min Z = \sum_{i=1}^9 W_i \theta_i = \sum_{i=1}^9 \theta_i$
8	درآمد - هزینه - منابع تولید (با وزن های متفاوت) (Income- Cost-Production resource with different weights)	$Min Z = \sum_{i=1}^9 W_i \theta_i$

Source: Research findings

ماخذ: یافته های تحقیق

$$Min Z = W_1 \theta_1 + W_2 \theta_2 + W_3 \theta_3 + W_4 \theta_4 + W_5 \theta_5 + W_6 \theta_6 + W_7 \theta_7 + W_8 \theta_8 + W_9 \theta_9 \quad (23)$$

Subject to:

$$3780 x_1 + 3240 x_2 + 3550 x_3 + 3460 x_4 + 3900 x_5 - 4000 \theta_1 \leq 20000$$

$$42 x_1 + 55 x_2 + 53 x_3 + 45 x_4 + 59 x_5 - 50 \theta_2 \leq 170$$



$$\begin{aligned}
 15x_1 + 12x_2 + 10x_3 + 10x_4 + 10x_5 - 10\theta_3 &\leq 70 \\
 1.5x_1 + 0.8x_2 + 0.6x_3 + x_4 + 2.5x_5 - 3\theta_4 &\leq 10 \\
 135x_1 + 130x_2 + 71x_3 + 56x_4 + 135x_5 - 60\theta_5 &\leq 700 \\
 228x_1 + 193x_2 + 105x_3 + 48x_4 + 194x_5 - 50\theta_6 &\leq 700 \\
 16x_1 + 13x_2 + 4x_3 + 6x_4 + 11x_5 - 10\theta_7 &\leq 100 \\
 84x_1 + 79x_2 + 67x_3 + 59x_4 + 73x_5 - 75\theta_8 &\leq 350 \\
 210x_1 + 180x_2 + 150x_3 + 140x_4 + 170x_5 + 150\theta_9 &\geq 850 \\
 x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 &\leq 4 \\
 x_3 + x_4 &\geq 0.2 \\
 x_5 &\geq 0.3 \\
 x_1 + x_2 &\geq 2.7 \\
 0 \leq \theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6, \theta_7, \theta_8, \theta_9 &\leq 1 \\
 x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 &\geq 0
 \end{aligned}$$

سناریوهای مختلف پس از اعمال وزن های مربوطه به صورت جدول 4 مشخص گردیدند.

مدل های تشکیل یافته بر اساس هر یک از سناریوهای هشتگانه با استفاده از برنامه نرم افزاری WinQSB حل شدند که نتایج نهایی، در جدول 5 گزارش گردیده است. عدد صفر برای متغیر نوسان حاکی از این است که آرمان مربوطه بدون هیچ مقدار نوسانی در سطح مطلوب خود قرار دارد. عدد 1 برای متغیر نوسان نشان می دهد که آرمان مربوطه بالاترین حد نوسان را اختیار نموده است. اعداد بین صفر و 1 برای متغیرهای نوسان نیز معرف دستیابی به آرمان مربوطه تا حد مشخصی است. برای مثال، بر اساس سناریو 1، برای آرمان های 1، 3، 4، 5، 7 و 8 متغیر نوسان با مقدار صفر نشان می دهد که بر اساس این سناریو دقیقاً به سطح مطلوب آرمان های مربوطه رسیده ایم و برای آرمان 6 متغیر نوسان با مقدار 1 مشخص می نماید که به بالاترین سطح نوسان آرمان دست یافته ایم و سایر اعداد متغیر نوسان برای آرمان های 2 و 9 حاکی از دستیابی به سطح مطلوب آرمان تا حدودی خاصی است.

مقادیر  $\Delta_i^+$  و  $\Delta_i^-$  که به ترتیب معرف حد بالا و پایین نوسان می باشند، در آرمان ها اعمال گردیده اند. این حدود نوسان بر اساس نظرات تصمیم گیرندگان و با توجه به تجربیات سال های گذشته آنها تعیین گردیده اند. برای مثال،  $\Delta_1^+$  که معرف حد نوسان برای آرمان اول (آب مصرفی) می باشد، دارای مقدار 4000 مترمکعب است که این نشان می دهد که آب مورد انتظار در دسترس (20000 مترمکعب) می تواند نوسانی به میزان اشاره شده داشته باشد که در این حالت، تا 24000 مترمکعب نیز می توان از آب در دسترس جهت آبیاری استفاده نمود.

## نتایج و بحث

با تشکیل مدل مسأله، تغییرات مورد نیاز بر اساس 8 سناریو در نظر گرفته شده اعمال گردید. در هر یک از این سناریوها، وزن های مربوط به آرمان ها بر اساس منطق مدل و یا بر اساس نظرسنجی از تصمیم گیرندگان (کشاورزان مزرعه) در تابع هدف مدل اعمال شدند. بر اساس هر یک از این سناریوها، توابع هدف مدل های مربوط به

جدول 2- تابع هدف مدل نهایی بر اساس سناریوهای مختلف

Table 2- The final objective function based on different scenarios

سناریو (Scenario)	تابع هدف در مدل مسأله (The objective function in model)
1	$Min Z = \theta_9$
2	$Min Z = \theta_8$
3	$Min Z = 0.2\theta_1 + 0.2\theta_2 + 0.2\theta_3 + 0.1\theta_4 + 0.1\theta_5 + 0.1\theta_6 + 0.1\theta_7$
4	$Min Z = 0.5\theta_8 + 0.5\theta_9$
5	$Min Z = 0.1\theta_1 + 0.1\theta_2 + 0.1\theta_3 + 0.05\theta_4 + 0.05\theta_5 + 0.05\theta_6 + 0.05\theta_7 + 0.5\theta_9$
6	$Min Z = 0.1\theta_1 + 0.1\theta_2 + 0.1\theta_3 + 0.05\theta_4 + 0.05\theta_5 + 0.05\theta_6 + 0.05\theta_7 + 0.5\theta_8$
7	$Min Z = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 + \theta_4 + \theta_5 + \theta_6 + \theta_7 + \theta_8 + \theta_9$
8	$Min Z = 0.1\theta_1 + 0.1\theta_2 + 0.1\theta_3 + 0.05\theta_4 + 0.05\theta_5 + 0.05\theta_6 + 0.05\theta_7 + 0.25\theta_8 + 0.25\theta_9$

Source: Research findings

ماخذ یافته های تحقیق

جدول 3- نتایج حاصل از حل مدل مسأله بر اساس سناریوهای مختلف  
Table 3- The result of model solution based on different scenarios

متغیر (Variable)	سناریو (Scenario)							
	1	2	3	4	5	6	7	8
$\theta_1$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\theta_2$	0.18	0	0	0.18	0.18	0	0	0.12
$\theta_3$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\theta_4$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\theta_5$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\theta_6$	1	0.31	0	1	1	0	0	0.44
$\theta_7$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\theta_8$	0	0	0	0	0	0	0	0
$\theta_9$	0.62	0.84	0.97	0.62	0.62	0.97	0.97	0.71
$\mu_1$	1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu_2$	0.82	1	1	0.82	0.82	1	1	0.88
$\mu_3$	1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu_4$	1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu_5$	1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu_6$	0	0.69	1	0	0	1	1	0.56
$\mu_7$	1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu_8$	1	1	1	1	1	1	1	1
$\mu_9$	0.38	0.16	0.03	0.38	0.38	0.03	0.03	0.29
$x_1$	2.7	2.7	2.39	2.7	2.7	2.39	2.39	2.7
$x_2$	0	0	0.31	0	0	0.31	0.31	0
$x_3$	0	0	0	0	0	0	0	0
$x_4$	0.81	0.86	0.77	0.81	0.81	0.77	0.77	1
$x_5$	0.49	0.3	0.3	0.49	0.49	0.3	0.3	0.3

Source: Research findings

ماخذ: یافته‌های تحقیق

یعنی اگر تمرکز تصمیم گیرندگان (کشاورزان مزرعه) بر دستیابی به بیشترین مقدار درآمد می‌باشد، الگوی کشت پیشنهادی توسط این سناریوها بایستی مد نظر قرار گیرد. در الگوی کشت حاصل از سناریوهای اشاره شده پیشنهاد می‌گردد که فقط برای محصولات گندم، نخود و لوبیا به ترتیب 2/7، 0/81 و 0/49 هکتار برای کشت در نظر گرفته شود.

● **الگوی کشت 2 (سناریوی 2):** هزینه، اساس این سناریو می‌باشد و در تابع هدف مربوطه فقط بر آن تمرکز شده است. شرایط مسأله به گونه ای می‌باشد که درجه عضویت برای آرمان 8 (هزینه) در تمامی سناریوها عدد 1 بوده است، یعنی بر اساس تمامی الگوهای پیشنهادی کشت می‌توان دقیقاً به سطح مطلوب آرمان هزینه دست یافت. بر اساس سناریو 2 پیشنهاد می‌گردد که فقط برای محصولات گندم، نخود و لوبیا به ترتیب 2/7، 0/86 و 0/3 هکتار برای کشت در نظر گرفته شود. در این وضعیت، دقیقاً به سطح مطلوب تمامی آرمان ها به جز آرمان های 6 و 9 دست خواهیم یافت.

● **الگوی کشت 3 (سناریوهای 3، 6 و 7):** بر اساس نتایج به دست آمده مشخص گردید که خروجی های حاصل از سناریوهای 3

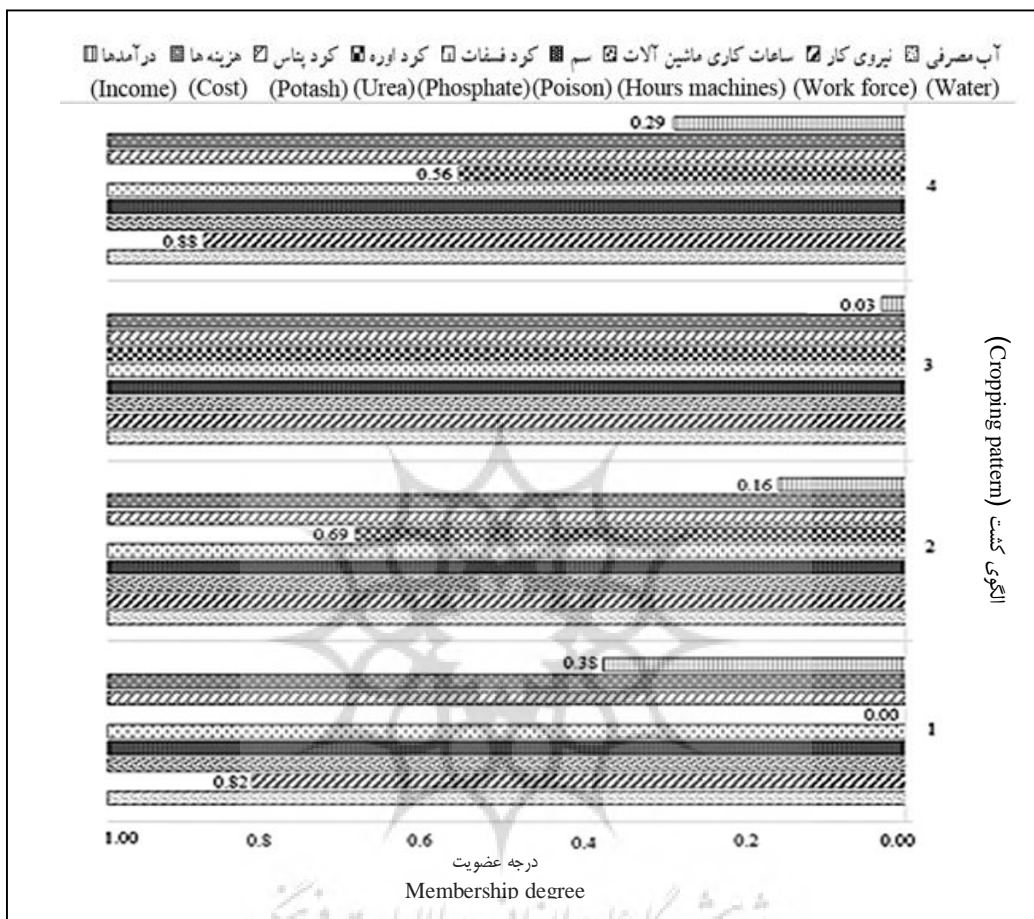
مقادیر هر یک از متغیرهای  $x$  نیز میزان زمین اختصاص یافته به هر یک از محصولات را نشان می‌دهد. بر اساس جدول فوق و با توجه به مفهوم متغیر نوسان، درجه عضویت هر یک از آرمان ها نیز از رابطه  $(\theta_i = 1 - \mu_i)$  محاسبه گردید که نتیجه آن در جدول 6 آورده شده است.

بر اساس خروجی های حاصل از حل مدل مسأله در قالب سناریوهای هشت گانه، در نهایت، 4 الگوی کشت شناسایی گردید که نتایج حاصل را به صورت زیر می‌توان تفسیر نمود:

● **الگوی کشت 1 (سناریوهای 1، 4 و 5):** بر اساس نتایج به دست آمده مشخص شد که خروجی های حاصل از سناریوهای 1 (با محوریت درآمد)، 4 (با محوریت درآمد - هزینه) و 5 (با محوریت درآمد - منابع تولیدی) با یکدیگر یکسان می‌باشند. بر اساس هر یک از این سناریوها، درجه عضویت آرمان های 1، 3، 4، 5، 7 و 8 معادل 1 خواهد بود که بیانگر دستیابی کامل به مقدار مطلوب این آرمان ها می‌باشد. این در حالی است که درجه عضویت آرمان 6 (کود اوره) برابر صفر است. از طرفی، در هر یک از سناریوهای مذکور، بیشترین درجه عضویت برای آرمان 9 (درآمد) به دست آمده است (0/38).

معادل 1 خواهد بود که بیانگر دستیابی کامل به مقدار مطلوب این آرمان ها می باشد. بر اساس سناریوهای مذکور پیشنهاد می گردد که فقط از محصولات گندم، جو، نخود و لوبیا به ترتیب میزان 0/31، 0/77 و 0/3 هکتار کشت شود.

(با محوریت منابع تولیدی)، 6 (با محوریت هزینه - منابع تولیدی) و 7 (با محوریت درآمد - هزینه - منابع تولیدی بر اساس وزن های یکسان) با یکدیگر یکسان می باشند. بر اساس هر یک از این سناریوها، درجه عضویت تمامی آرمان ها به جز آرمان 9 (درآمد)،



شکل 2- درجه عضویت آرمان ها در الگوهای کشت  
Figure 2- The Goals membership degree in cropping patterns

9 آرمان مدنظر را در قالب الگوهای کشت چهارگانه فراهم می آورد. بر این اساس، دستیابی به سطح مطلوب تمامی آرمان ها به جز آرمان های مربوط به نیروی کار (با درجه عضویت 0/82)، کود اوره (با درجه عضویت صفر) و درآمدها (با درجه عضویت 0/38) در الگوی کشت 1، آرمان های کود اوره (با درجه عضویت 0/69) و درآمدها (با درجه عضویت 0/16) در الگوی کشت 2، درآمدها (0/03) در الگوی کشت 3، و آرمان های نیروی کار (با درجه عضویت 0/88)، کود اوره (با درجه عضویت 0/56) و درآمدها (با درجه عضویت 0/29) در الگوی کشت 4، به طور کامل محقق گردیده است. از طرفی، با بررسی سطح اختصاص یافته از زمین به محصولات

• الگوی کشت 4 (سناریوی 8): این سناریو با محوریت درآمد - هزینه - منابع تولیدی با وزن های متفاوت بوده است. لذا در تابع هدف مربوطه همه آرمان ها مد نظر قرار گرفته اند منتهی با درجه اهمیت های متفاوت. بر اساس این سناریو درجه عضویت آرمان های 1، 3، 4، 5، 7 و 8 معادل 1 خواهد بود و پیشنهاد می گردد که زمین کشاورزی فقط برای محصولات گندم، نخود و لوبیا به ترتیب به میزان 2/7، 1 و 0/3 هکتار اختصاص داده شود. همان طور که مشخص است بر اساس هر یک از الگوهای کشت ارائه شده، میزان دستیابی به سطح مطلوب آرمان های مختلف متفاوت می باشد. شکل 2، امکان مقایسه بهتر بین درجه عضویت هر یک از

مورد مطالعه، مشخص می گردد که در تمامی الگوها، بر اساس آرمان و محدودیت های تعریف شده، کشت عدس پیشنهاد نشده است. این در حالی است که کشت جو نیز در الگوهای 1، 2 و 4 مدنظر قرار

جدول 4- فاصله اقلیدسی نوسانات آرمان ها در الگوهای کشت مختلف

Table 4- Euclidean distance of the goals swing in cropping patterns

الگوی کشت (Cropping pattern)	نوسان (Swing)									فاصله اقلیدسی (D) (Euclidean distance)
	$\theta_1$	$\theta_2$	$\theta_3$	$\theta_4$	$\theta_5$	$\theta_6$	$\theta_7$	$\theta_8$	$\theta_9$	
1: سناریوهای 1، 4 و 5 1: Scenarios 1,4,5	0	0.18	0	0	0	1	0	0	0.62	1.19
2: سناریوی 2 2: Scenario 2	0	0	0	0	0	0.31	0	0	0.84	0.89
3: سناریوهای 3، 6 و 7 3: Scenarios 3,6,7	0	0	0	0	0	0	0	0	0.97	0.97
4: سناریوی 8 4: Scenario 8	0	0.12	0	0	0	0.44	0	0	0.71	0.84

Source: Research findings

ماخذ: یافته های تحقیق

مطالعه حاضر با انجام سناریوپردازی های مختلف، شناسایی چندین الگوی کشت صورت گرفته است تا در شرایط مختلف با توجه به اهمیت پیدا کردن هر یک از آرمان ها امکان تصمیم گیری بهتر میسر گردد. از طرفی، با استفاده از مفهوم فاصله اقلیدسی، الگوهای کشت پیشنهادی با توجه به میزان دستیابی به سطح مطلوب تمامی آرمان ها نیز اولویت بندی شدند. نتایج حاصل از مدل ارائه شده امکان تصمیم گیری در مورد ترکیب مناسب کشت محصولات زراعی را در شرایط مختلف بر اساس اهمیت پیدا کردن هر یک از آرمان ها فراهم می آورد و به عبارتی، گزینه های مختلفی را پیرامون نحوه ترکیب کشت یا الگوهای مربوطه و خروجی های حاصل از آنها در اختیار برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان قرار می دهد تا بتوانند با بررسی نتایج حاصل از هر یک از الگوهای پیشنهادی و اولویت های مدنظر خود منطقی ترین تصمیمات را اتخاذ نمایند.

### نتیجه گیری و پیشنهادها

هدف از انجام تحقیق حاضر، تعیین ترکیب مناسب کشت محصولات زراعی در مقیاس یک مزرعه بود. به این منظور از مدل برنامه ریزی آرمانی فازی و تحلیل نتایج آن بر اساس سناریوهای مختلف بهره گرفته شد. الگوها یا ترکیبات مختلف کشت با توجه به سناریوهای مدنظر شناسایی گردیدند و در نهایت، الگوهای شناسایی شده بر اساس میزان دستیابی به سطح مطلوب تمامی آرمان ها اولویت بندی شدند. بر اساس نتایج به دست آمده حاصل از پیاده سازی فرایند پیشنهادی در مزرعه مورد مطالعه، با توجه به محدودیتها و آرمان های شناسایی شده در نهایت چهار الگوی کشت

به عبارتی، فقط در الگوی کشت 3 (سناریوهای با محوریت منابع تولیدی، محوریت هزینه - منابع تولیدی، و محوریت درآمد - هزینه - منابع تولیدی بر اساس وزن های یکسان) کشت جو پیشنهاد شده است. میزان زمین اختصاص داده شده برای گندم در الگوهای کشت 1، 2 و 4، و برای لوبیا در الگوهای کشت 2، 3 و 4 نیز یکسان می باشند.

تصمیم گیرندگان (کشاورزان مزرعه) بر اساس شرایط حاکم، می توانند با توجه به سناریوهای مدنظر، یکی از الگوهای کشت چهارگانه را انتخاب کنند. اما ممکن است شرایط به گونه ای باشد که انتخاب الگوی کشت مناسب از میان الگوهای پیشنهادی به راحتی امکان پذیر نباشد. برای رفع این مشکل، فاصله اقلیدسی از میزان نوسانات در هر یک از الگوهای کشت مورد استفاده قرار گرفت. در جدول 4 فاصله اقلیدسی از نوسانات برای هر یک از الگوهای کشت به دست آمده است. همان طور که مشاهده می گردد با توجه به کمترین فاصله اقلیدسی (0/84)، در الگوی کشت 4 که بر اساس سناریوی 8 (درآمد - هزینه - منابع تولیدی با وزن های متفاوت) استخراج شده است، در مجموع، کمترین نوسانات از سطح مطلوب آرمان ها صورت گرفته است، لذا می توان آن را به عنوان مناسب ترین الگوی کشت در نظر گرفت. بر اساس فاصله اقلیدسی، الگوهای کشت 2، 3 و 1 به ترتیب با فاصله های اقلیدسی 0/89، 0/97 و 1/19 در اولویت های بعدی قرار دارند.

هر چند در مطالعات گذشته نیز از برنامه ریزی آرمانی فازی جهت برنامه ریزی به منظور تعیین الگو یا ترکیب مناسب کشت محصولات زراعی بهره گرفته شده است، اما در اکثر این مطالعات، مدل ارائه شده در قالب یک رویکرد حل و تحلیل شده است. در صورتی که در

نمایند. به عبارتی، نتایج حاصل از این تحقیق، گزینه های متعددی را برای کشت محصولات زراعی با توجه به اولویت های مدنظر تصمیم گیرندگان و همچنین نتایج حاصل از اجرای هر یک از گزینه ها را در اختیار تصمیم گیرندگان قرار می دهد.

از محدودیت های تحقیق حاضر، می توان به مقطعی بودن زمان انجام آن اشاره نمود. به این مفهوم که برنامه ریزی صورت گرفته بر اساس الگوهای کشت پیشنهادی، مربوط به نیمسال اول می باشد، در حالی که معمولاً کشاورزان برای نیمسال دوم سال، در زمین مورد نظر، محصولات دیگری را نیز کشت می نمایند که گاهی اوقات، الگوها و محصولات کشت شده در نیمسال اول، بر روی الگوها و محصولات مدنظر جهت کشت در نیمسال دوم، تأثیرگذار خواهد بود. لذا پیشنهاد می گردد در انجام مطالعات آتی، برنامه ریزی جهت تعیین الگوهای کشت محصولات کشاورزی، در قالب دو نیمسال مد نظر قرار گیرد تا از زمین کشاورزی و منابع موجود، بتوان در طول یک سال به طور بهینه استفاده نمود.

### سپاسگزاری

از خانواده محترم آزادزاده (مالکان، کشاورزان و تصمیم گیرندگان اصلی در شرایط مختلف مسأله) که در مراحل مختلف تحقیق، مشارکت و همکاری صمیمانه ای داشته اند، تشکر و قدردانی می گردد.

بر اساس خروجی های هشت سناریوی مطرح شده در مدل پیشنهاد گردیدند. یافته های تحقیق این امکان را برای برنامه ریزان و تصمیم گیرندگان فراهم آورد که با توجه به مدنظر قرار گرفتن بیشترین سطح دستیابی به هر یک از آرمان ها که سناریوپردازی نیز بر همین اساس بوده است، بتوانند الگوی مناسب کشت را شناسایی نموده و نتایج حاصل از پیاده سازی این الگو را نیز مشاهده نمایند. تفاوت اصلی میان خروجی های حاصل از این الگوهای کشت در سطح دستیابی به میزان مطلوب آرمان های مختلف می باشد. همچنین با استفاده از تابع فاصله اقلیدسی و مفهوم کمترین میزان نوسانات از سطح مطلوب آرمان ها، این امکان فراهم گردید که الگوهای کشت مختلف بر اساس بیشترین میزان دستیابی به سطح مطلوب تمامی آرمان ها نیز اولویت بندی گردند. نتایج حاصل از تحقیق، نحوه ترکیب مناسب کشت محصولات گندم آبی، جو آبی، عدس، نخود و لوبیا قرمز را بر اساس الگوهای مختلف و نتایج حاصل از اجرای هر الگو به منظور انجام تصمیم گیری بهتر برای تصمیم گیرندگان مزرعه مورد مطالعه ارائه نمود.

فرایند پیشنهادی مطالعه حاضر می تواند کشاورزان را در تصمیم گیری های بهتر مربوط به الگوهای کشت مناسب محصولات زراعی بر اساس سناریوهای مختلف و با توجه به شرایط پیش آمده در محیط کمک بسیاری نماید تا بتوانند با مدنظر قرار دادن محدودیت های موجود، میزان منابع در دسترس و اهمیت اهداف یا آرمان های مدنظر، جهت کشت محصولات کشاورزی تصمیمات مناسبی را اتخاذ

### منابع

- 1- Asadpour H., Khalilian S., and Peykani Gh.R. 2005. Theory and application of linear goal programming in cropping pattern optimization. Journal of Agricultural Economics and Development, Efficiency and Productivity: 307-328. (in Persian with English abstract).
- 2- Raei Jadidi M., and Sabouhi M. 2010. Agricultural planning using by a fuzzy multi objective planning model. Journal of Sustainable Agriculture, 2(1): 11-22. (in Persian with English abstract)
- 3- Kohansal M.R., and Mohammadian F. 2007. Application of fuzzy goal programming in determining the optimal pattern for cropping. Journal of Economics and Agriculture, 1(2): 169-183. (in Persian with English abstract)
- 4- Mardani M.R., Babaei M., and Asemanni A. 2013. Determining the optimal pattern for agriculture. Operations Research and Applications, 1(36): 67-77. (in Persian with English abstract).
- 5- Biswas, A., and Pal B.B. 2005. Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system. The International Journal of Management Science, 33(5): 391-398.
- 6- Charnes A., and Cooper W.W. 1961. Management models and industrial application of linear programming. John Wiley & Sons. Inc. New York.
- 7- Chen, H. K. 1994. A note on a fuzzy goal programming algorithm by Tiwari, Dharmar and Rao. Fuzzy Sets and Systems, 62 (2): 287-290.
- 8- Gomez J.A., and Risog L. 2004. Irrigation water pricing: differential impacts on irrigated farms. Agricultural Economic. 31(1): 47-66.
- 9- Hannan E.L. 1982. Contrasting fuzzy goal programming and fuzzy multi-criteria programming. Decision Sciences, 13(2): 337-339.
- 10- Ignizio J.P. 1982. On the rediscovery of fuzzy goal programming. Decision Sciences, 13(2): 331-336.
- 11- Itoh T., Ishii H., and Nanseki T. 2003. A model of crop planning under uncertainty in agricultural management. International Journal of Production Economics, 81-82: 555-558.
- 12- Kim J.S. and Whang K. 1998. A tolerance approach to the fuzzy goal programming problems with unbalanced

- triangular membership function. *European Journal of Operational Research*, 107(4): 614–624.
- 13- Kuhn H.W., and Tucker A.W. 1951. Nonlinear programming. *Proceeding of the second Berkeley symposium on mathematical statistics and probability*, J. Neyman, Ed. University of California press. Berkeley, U.S.A.
- 14- Narasimhan R. 1981. On fuzzy goal programming: Some comments. *Decision Sciences*, 12(3): 532-538.
- 15- Romero C. 1991. *Handbook of critical issues in goal programming*. Pergamon Press, Oxford.
- 16- Rubin P.A., and Narasimhan, R. 1984. Fuzzy goal programming with nested priorities. *Fuzzy Sets and Systems*, 14 (3): 115-129.
- 17- Sarker R.A., and Quaddus M.A. 2002. Modelling a nationwide crop planning problem using a multiple criteria decision making tool. *Computers and Industrial Engineering*, 42(2): 541-553.
- 18- Sharma D.K., Jana R.K., and Guar A. 2007. Fuzzy goal programming for agricultural land allocation problems. *Yugoslav Journal of Operational Research*, 17(1): 31-42.
- 19- Tiwari R.N., Dharmar S., and Rao J.R. 1986. Priority structure in fuzzy goal programming. *Fuzzy Sets and Systems*, 19(3): 251-259.
- 20- Tzeng G.H. 2003. Multiple-objective decision-making in the past, present and future. *Journal of Da-yeh University*, 12(2): 1-8.
- 21- Wheeler B.M., and Russell J.R.M. 1977. Goal programming and agricultural planning. *Operational Research Quarterly*, 28(1): 21-32.
- 22- Yu P.L. 1973. A class of solution for group decision problems. *Management Science*, 19(8): 936-946.
- 23- Zadeh L.A. 1965. Fuzzy sets. *Information and Control*, 8: 338-353.
- 24- Zimmermann H.J. 1985. Application of fuzzy set theory to mathematical programming. *Information Science*, 34(1): 29-58.

