جغرافیـــا و برنامـــه‌ریـــزی محیطـــی
سـال ۲٤، پیـاپی ۵۱، شـماره ۳، پـاییز ۱۳۹۲

برنامه‌ریزی و تخصیص بهینه منابع تولید کشاورزی در شرایط عدم قطعیت؛ کاربرد رهیافت چندهدفه برنامه‌ریزی آرمانی فازی

عبـاس امینـی: اسـتادیار جغرافیـا و برنامـه‌ریـزی روسـتایی، دانشـگاه اصـفهان، اصـفهان، ایـران*

وصـول: ۱۳۹۰/۵/۳۰ پـذیرش: ۱۳۹۱/۱/۲۰، صص ۱۲۸-۱۰۷

چکیده

نادقیق بودن و عدم قطعیت از جمله جوانب اجتناب‌ناپذیر در برنامه‌ریزی‌ها و تصـمیم‌گیری‌هـای زراعـی اسـت. لحـاظ نمودن عدم قطعیت در بهینه‌سازی برنامه‌ریزی محصول و مدیریت منابع آب و خاک، طی سال‌های اخیر به‌کمک انواع مدل‌هـا و رهیافت‌های برنامه‌ریزی ریاضی فازی میسر شده است. تحقیق حاضر به معرفی و کاربرد رهیافـت چندهدفـه برنامـه‌ریـزی آرمانی فازی (FGP) در بهینه‌سازی الگوی کشت و برنامه‌ریزی کاربری اراضی زراعـی در شـرایط عـدم قطعیـت در منطقـه روستایی برآآن شمالی در شرق شهر اصفهان می‌پردازد. برای این منظور معیارهایچندگانه حداکثرسازی سطح زیرکشت، سـود خالص و فرصت‌های اشتغال در قالب اهداف فازی و کاهش هزینه‌ها و جلوگیری از فشار بر منابع آب (بصـورت ماهانـه) در کنار محدودیت‌های ماهانه نیروی کار و تناوب زراعی نیز در قالب محدودیت‌های فازی در تدوین مدل تحقیق در نظر گرفتـه شده‌اند.علاوه بررهیافت FGPبعنوان مدل اصلی تحقیق، مدل‌های GP و LP دیگری نیز تدوین و همگی به‌کمـک نـرم‌افـزار LINDO حل گردیدند. تحلیل کمی نتایج حاصل، بیانگر برتری رهیافت FGP بر دیگر مدل‌ها به‌لحاظ دستیابی همزمـان بـه اهداف و همچنین کاهش هزینه‌ها و مصرف منابع آب نسبت به الگوی کشت فعلی، با وجود مجموع سطح زیرکشـت تقریبـاً برابر در این دو الگو می‌باشد که نشان‌دهنده بهینه نبودن وضعیت موجود بهـره‌بـرداری از منـابع آب و خاکـدر منطقـه مـورد مطالعهاست.ترکیب کشت محصولات در الگوی FGP با حذف جو، برنج، ذرت دانه‌ای و پیاز، کاهش سطح زیرکشت یونجه و افزایش سطح زیرکشت گندم و سیب‌زمینی نسبت به الگوی فعلی به‌گونه‌ای تغییر کرده است که مجمـوع سـطح زیرکشـت این دو الگو تقریباً مساوی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: برنامه‌ریزی زراعی،بهینه‌سازی تخصیص منابع، عدم قطعیت وبرنامه‌ریزی آرمانی فازی.

۱. مقدمه

مـدیریت منـابع آب و خـاک در سیسـتم‌هـای کشاورزی مستلزم اتخاذ تصمیم در سـه زمینـه اصـلی مـی‌باشـد کـه عبارتنـد از انتخـاب بهینـه محصـول، تخصیص بهینه زمین بـه محصـولات انتخـاب شـده و تعیـین مقـدار بهینـه آبـی کـه بایـد بـه هـر محصـول اختصاص داده شود. انتخاب نوع محصول بایسـتی بـا تلفیق همه اهداف و ملاحظه تمـامی ابعـاد و جوانـب متعارض برنامه‌ریزی کشاورزی صورت پذیرد. پـس از انتخاب نوع محصول سئوال اساسی آن است کـه چـه

*نویسنده مسؤول: E-mail: a.amini@geo.ui.ac.ir

مقدار از منابع پایه به هرکدام از انواع محصولات اختصاص یابد تا منابع موجود بطور کارا و مؤثر مورد استفاده و بهره‌برداری قرار گیرند و رضایت‌بخش‌ترین موازنه[1] نیز در رابطه با اهداف متعارض و چندوجهی حاصل شود. بهر حال امکان‌پذیر بودن گزینه‌های بدیل برای تصمیم را در واقع میزان موجودی منابع و نیاز هر فعالیت به آنها تعیین و مدیریت می‌کند(۱٦).در برنامه‌ریزی بخش کشاورزی روشی را بایستی برگزید که بتواند روابط و آثار موجود میان کلیه فعالیت‌های درون‌بخشی را بطور همزمان و پویا در نظر گیرد و ضمن ملحوظ داشتن توانایی‌ها و محدودیت‌ها، منطقی‌ترین راه رسیدن به هدف‌ها را برای برنامه‌ریزان مشخص سازد. به عبارت دیگر، مدیریت منابع خاک و آب شامل تعیین و تشخیص تغییرات کاربری اراضی، درک و فهم الگوهای کاربری‌های فعلی و ارزیابی فواید و هزینه‌های اقتصادی و اکولوژیکی ناشی از فعالیت‌های مختلف کاربری اراضی و به همان اندازه یافتن بهترین گزینه‌ها برای هر منطقه است (۲۲). اهمیت و حساسیت این امر زمانی بیشتر آشکار می‌شود که پدیده تقابل و حتی تضاد بین هدف‌ها در محیطی تقریباً کنترل نشدنی وجود داشته باشد. بطور مثال هدف‌های اقتصادی ظاهراً در تقابل با هدف‌های حفظ محیط زیست و منابع طبیعی است و یا هدف دستیابی به سطح خاصی از تولید یک محصول زراعی ممکن است در تضاد با توسعه و افزایش تولید محصول زراعی دیگر باشد. با پیشرفت‌های علمی و تلاش محققان در دهه‌های اخیر، روش‌های نوینی در برنامه‌ریزی به‌وجود آمده که با بکارگیری آنها در شرایط تضاد داشتن هدف‌های مدیران و محدود بودن منابع تولید، می‌توان بهترین جواب‌ها را برای دستیابی به این هدف‌ها پیدا کرد. در این زمینه کاربرد مدل‌های چندهدفه بسیار مفید است. با توجه به ویژگی‌های خاص الگوهای زراعی، تناوب کشت گیاهان زراعی، تقویم عملیات زراعی و آبیاری محصولات مختلف رایج در مناطق، طیف بسیار وسیع از ترکیب کشت گیاهان زراعی، وجود محدودیت زمین‌های قابل کشت و رقابت جدی محصولات در کسب آب مورد نیاز (که ناشی از تیپ‌های تناوبی مختلف رایج در مناطق است)، مهم‌ترین مدل دربرگیرنده اطلاعات فوق مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی است. برنامه‌ریزی ریاضی بایستی نه به‌عنوان یک تکنیک محاسباتی و بهینه‌سازی، بلکه به‌عنوان یک روش تحلیلی مدنظر قرار گیرد. برنامه‌ریزی ریاضی قادر است رفتارهای اقتصادی را در فعالیت‌های اقتصادی مدل‌سازی نماید، خواه این رفتار متعلق به افراد درگیر فعالیت‌های اقتصادی باشد و خواه متعلق به سیستم اقتصادی مورد نظر محقق. بطور کلی روش برنامه‌ریزی ریاضی مبتنی بر فرض بهینه‌سازی (حداکثرسازی یا حداقل‌سازی) تحت عوامل محدودکننده می‌باشد. بر اساس چنین روشی بهترین راه رسیدن به هدف در مدل مشخص می‌شود. به این منظور بایستی هدف مورد نظر بطور روشن بیان و در مدل به‌درستی لحاظ گردد. تعیین الگوی مناسب کشت توسط کشاورز از عوامل بسیار مؤثر بر حداکثرسازی سودآوری وی است. استفاده بهینه کشاورزان از منابع محدود در تولید محصول در بهبود درآمد آنها و همچنین توسعه کشاورزی کشور نقش فراوانی دارد و از جمله روش‌های دستیابی به الگوهای بهینه کشت، استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی

1- Trade-off

ریاضی است که در کشاورزی کاربرد فراوانی دارد وبه‌خوبی می‌تواند پاسخگوی مسائل کشاورزان و مسئولان کشاورزی باشد (٦).

آنچه در مسائل برنامه‌ریزی کشاورزی و مدیریت منابع تولید زراعی و همچنین تصمیم‌گیری‌ها و رفتارهای کشاورزان از اهمیت بسزایی برخوردار است و نبایستی در اقدامات مدیریتی مورد غفلت برنامه‌ریزان و تصمیم‌گیران واقع گردد، وجود عدم قطعیت[1]می‌باشد. این امر هم در رابطه با عدم امکان تعیین اهداف قطعی و دقیق اقتصادی و اجتماعی در کوتاه‌مدت و حتی بلندمدت صادق است و هم در رابطه با تعیین دقیق موجودی هرکدام از منابع تولید و رفتار فرد کشاورز در بهره‌برداری از آنها، بخصوص در مقیاس‌های بزرگ‌تر از مزرعه. برای مثال در مواقع بروز کم‌آبی و عدم دسترسی کشاورز به منابع آب سطحی (امری که در سال‌های اخیردر منطقه مورد مطالعه که یکی از مراکز و قطب‌های مهم تولید کشاورزی در استان اصفهان به‌حساب می‌آید و کشاورزی عمده‌ترین فعالیت اقتصادی و منبع تأمین معاش جمعیت صددرصد روستایی آن می‌باشد، هم بدلیل خشکسالی‌ها و هم بدلیل سوء مدیریت اصلی‌ترین منبع تأمین آب سطحی منطقه یعنی زاینده‌رود فراوان شاهد آن و خسارت‌های کلان اقتصادی ناشی از آن برای کشاورزان منطقه بوده‌ایم)، فشار بیشتر بر منابع آب زیرزمینی برای جبران بخشی این خسارات، گرچه به‌لحاظ پایداری زیستی مردود و خود موجب تخریب منابع محیطی است، اما تا اندازه‌ای هم غیر قابل اجتناب و شاید توجیه‌پذیر می‌نماید. بنابراین در نظر داشتن و وارد نمودن چنین عدم قطعیت‌ها و انعطاف‌پذیری‌هایی در برنامه‌ریزی‌ها و سیاست‌گذاری‌های بخش کشاورزی، به نتایج منطقی‌تری انجامیده و بیشتر مورد پذیرش و قبول واقع می‌گردد. نظریه مجموعه‌های فازی[2]به‌عنوان نظریه‌ای ریاضی برای مدل‌سازی و صورت‌بندی ریاضی ابهام و عدم قطعیت، از جمله مفیدترین رهیافت‌هایی است که امکان بیان و لحاظ نمودن این عدم قطعیت‌ها را فراهم می‌آورد (۲). این نظریه طی چندین دهه گذشته با استقبال بسیار زیاد محققین و مجامع علمی از آن، کاربردهای فراوانی در جنبه‌های گوناگون برنامه‌ریزی کشاورزی و مدیریت مزرعه داشته است و بطور کلی معمول‌ترین روش برای بحث و بررسی عدم‌قطعیت‌ها در تحلیل تصمیم‌گیری‌های گروهی و چندمعیارهشناخته شده‌است (۳).در ادامه بحث به مواردی از کاربردهای عملی آن در برنامه‌ریزی‌های ریاضی برای تصمیم‌گیری‌های زراعی اشاره خواهد شد.

منطقه مورد مطالعه در تحقیق حاضر، منطقه کاملاًروستایی دهستان براآن شمالی واقع در شمال رودخانه زاینده‌رود در شرق شهراصفهان می‌باشد. این منطقه دارای وسعتی برابر ١٦٦/٧٥ کیلومتر مربع و جمعیتی معادل ۱۹۵۲۱ نفر است که در ۲۸ روستا سکونت دارند. بیش از ۷۰ درصد جمعیت این منطقه روستایی در بخش کشاورزی اشتغال دارند و این بخش تأمین‌کننده اصلی فعالیت‌های اقتصادی و موتور محرکه توسعه اقتصادی منطقه بشمار می‌رود. در سطح بیش از١٤هزار هکتار اراضی زراعی قابل کشت منطقه،

1- Unncertainty

2- Fuzzy Set Theory

۸ محصول زراعی عمده شامل گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای، ذرت علوفه‌ای، یونجه، سیب‌زمینی و پیاز کشت می‌شود. هدف اصلی برنامه‌ریزی محصول و تخصیص بهینه منابع تولید زراعی در این مطالعه حداکثرسازی سطح زیر کشت، سود خالص یا عایدی اقتصادی (بازده برنامه‌ای) و ایجاد اشتغال کشاورزی به‌عنوان مهم‌ترین جوانب اقتصادی و اجتماعی برای تضمین پایداری و ماندگاری جمعیت در سیستم زراعی این منطقه روستاییاست که به‌عنوان اهداف مسأله، بصورت فازی در مدل تحقیق لحاظ می‌شوند. عمده‌ترین محدودیت‌های مسأله نیز به منابع آب کشاورزی منطقه اختصاص خواهد داشت. با توجه به اهمیت بسیار زیاد منابع آب به‌عنوان اساسی‌ترین مؤلفه محیطی و نیز نقش کلیدی آن در تعیین الگوی کشت سیستم زراعی منطقه با توجه به خشکسالی‌ها و نوسانات موجودی منابع سطحی و زیرزمینی، محدودیت‌های موجودی منابع آب نیز بصورت ماهانه و غیرقطعی (فازی) در نظر گرفته شده‌اند. همچنین نیاز نیروی کار محصولات منطقه در ماه‌های مختلف سال و متعاقب آن موجودی نفر- روز نیروی کار موجود منطقه بر اساس جمعیت بیکار و شاغلین کشاورزی نیز بصورت ۱۲ محدودیت ماهانه فازی لحاظ شده‌اند. علاوه بر این، موجودی سرمایه و تناوب زراعی نیز محدودیت‌های فازی دیگر مسأله تحقیق هستند و محدودیت زمین در هرکدام از فصل‌های زراعی نیز بصورت قطعی در نظر گرفته شده‌اند. بر این اساس در تحقیق حاضر برای تحقق اهداف چندگانه فازی و نیز لحاظ نمودن همزمان محدودیت‌های فازی مسأله، از رویکرد چندهدفه برنامه‌ریزی آرمانی فازی (MOFGP)[1] به‌عنوان روش اصلی تحقیق استفاده شده است. در ادامه این بخش و پیش از تشریح متدلوژی فوق در بخش مواد و روش‌ها، به چند نمونه از مطالعاتی که با این رویکرد در رابطه با مسائل تصمیم‌گیری‌های زراعی و برنامه‌ریزی محصول انجام شده است اشاره می‌کنیم.

گوپتا و همکاران (۱٦) در مطالعه‌ای با عنوان «تصمیم‌گیری چندمعیاره فازی برای برنامه‌ریزی کشت محصول در حوضه آبریز نُرمادا[2]»، یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی چندهدفه[3] (MOLFP) را برای حل مشکلات آب و مدیریت آب آبیاری، تخصیص بهینه زمین و تعیین الگوی مناسب کشت طراحی و تدوین نموده‌اند. اهداف مدل شامل حداکثرسازی سطح زیرکشت، سطح محصولات به‌نسبت رتبه و اهمیت آنها، ایجاد فرصت‌های اشتغال، کالری حاصل از تولید محصولات و سود خالص و حداقل‌سازی سرمایه‌گذاری و هزینه‌های متغیر بوده‌اند و محدودیت‌های مدل را نیز زمین، آب، حد مجاز برداشت از آبهای زیرزمینی و حدود بالا و پایین تولید برخی محصولات تشکیل می‌دهند. میزان دستیابی به هرکدام از اهداف تحقیق با حل مدل‌های خطی جداگانه‌ای بدست آمده و در ادامه الگوی کشتی نیز با حل یک مدل چندهدفه فازی برای تمامی اهداف مشخص شده است. میزان تعارض اهداف با یکدیگر در یک ماتریس بازده[4]مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفته و مناسب‌ترین الگوی کشت براساس توافق و

1- Multi-Objective Fuzzy Goal Programming
2- Normada River Basin
3- Multi-Objective Linear Fuzzy Programming
4- Pay-off Matrix

مصالحه بین اهداف تعیین شده است.ساهو و همکاران (۲۷) در مطالعه‌ای با عنوان «مدل‌های مدیریتی مبتنی بر برنامه‌ریزی خطی و چندهدفه فازی برای برنامه‌ریزی سیستم بهینه زمین_آب_محصول»، مدل‌هایی را بر مبنای بهینه‌سازی فازی برای برنامه‌ریزی و مدیریت سیستم‌های موجود زمین، آب و گیاه طراحی و تدوین کردند. تلاش محققین در این مطالعه بر تخصیص بهینه منابع آب و خاک در یک سیستم چند محصوله و در حالت تصادفی بوده است تا سه هدف حداکثر تولید، حداکثر عایدی اقتصادی و حداقل هزینه نیروی کار با ملاحظه محدودیت‌هایی مانند زمین قابل کشت، آب در دسترس، حد مجاز برداشت از آبهای زیرزمینی و حدود بالا و پایین تولید برخی محصولات در منطقه مورد مطالعه حاصل شود.در مطالعه دیگری توسط بیس‌واس و پال (۸) با عنوان «کاربرد تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی فازی بر ای برنامه‌ریزی کاربری زمین در سیستم‌های زراعی»، از این روش برای مدل‌سازی و حل مسائل برنامه‌ریزی کاربری زمین در نظام‌های کشاورزی برای تولید بهینه چندین محصول فصلی در یک سال زراعی استفاده شده است. در این مطالعه نیز که در ناحیه روستایی نادیا[1] در استان بنگال غربی هندوستان انجام گرفته، عواملی همچون بهره‌برداری از کل تمامی زمین‌های قابل کشت، میزان موجودی و نیاز محصولات به هرکدام از منابع تولیدی شامل نهاده‌های آب، ماشین، نیروی کار، کودهای شیمیایی، سطوح مطلوب و مورد انتظار تولید محصولات مختلف و نیز کل سود مورد انتظار مزرعه بصورت فازی تشریح شده و در نظر گرفته شده‌اند.اهداف چندگانه تحقیق شامل حداکثرسازی سود، تولید و سطح زیرکشت و حداقل‌سازی مصرف آب، سرمایه‌های نقدی و استفاده از نهاده‌های کود، ماشین و نیروی انسانی می‌شود. از حل مدل برنامه‌ریزی فازی تحقیق سطوح زیرکشت انواع محصولات و میزان دستیابی به هرکدام از اهداف مطالعه بدست آمده و برای هرکدام نیز حدود بالا و پایینی محاسبه شده است. در ادامه با در نظر گرفتن ساختارهای اولویتی متفاوتی برای اهداف، الگوهای کشت متناظر و میزان تولید و سود حاصل از آنها نیز بدست آمده‌اند. در انتها نیز الگوی کشت بدست آمده از حل مدل و میزان دستابی به اهداف بر مبنای آن، با الگوی فعلی کشت مورد مقایسه قرار گرفته و برتری آن نشان داده شده است.شارما و همکاران (۲۹) نیز در مطالعه‌ای تحت عنوان «رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی فازی برای برنامه‌ریزی توسعه روستایی منطقه‌ای» در منطقه روستایی Hooghly در استان بنگال غربی هندوستان، به ارزیابی فرصت‌های اشتغال در نواحی روستایی از طریق کمینه کردن هزینه‌های عملیاتی و افزایش فعالیت‌های اقتصادی زارعین روستایی پرداخته‌اند. اهداف عمده مطالعه حاضر، شامل حداکثرسازی بهره‌برداری از اراضی، حداکثرسازی ایجاد اشتغال و همچنین درآمد زارعین با توجه به جمیع محدودیت‌های موجود، بر اساس رهیافت برنامه‌ریزی چندهدفه آرمانی در حالت فازی بوده است. این مطالعه یک مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی با ساختار اولویتی[2] را برای بررسی اهداف مورد نظر در برنامه‌ریزی توسعه روستایی منطقه معرفی و ارائه

1- Nadia District in Western Benegal of India

2- Preemptive

می‌نماید که در آن اولویت اول با حداکثرسازی تولید است. با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه مورد مطالعه و تناسب آن برای رشد و تولید محصول برنج بطور ویژه و در نتیجه کشت گسترده آن در منطقه، نتایج نشان می‌دهد که بهره‌وری تولید این محصول منوط به کاربرد مناسب نهاده‌های شیمیایی از قبیل کود و سموم، منابع طبیعی و سرمایه‌های انسانی است. ایتو و همکاران (۱۸) در مطالعه‌ای با عنوان: «مدلی برای برنامه‌ریزی محصول در مدیریت کشاورزی برای شرایط عدم قطعیت» با در نظر گرفتن محدودیت‌هایی شامل زمین و نیروی کار، مدلی را برای حداکثر کردن سود خالص اقتصادی مزرعه با رویکرد برنامه‌ریزی فازی فرموله نمودند. در رویکرد تازه این محققین، ضرائب تابع هدف و ضرائب فنی متغیرها در روابط محدودیت‌های مدل بصورت متغیرهای فازی و تصادفی در نظر گرفته شده‌اند و مدل مربوطه در سطوح احتمالی متفاوتی بصورت پیوسته برای این متغیرها حل شده است.

اسدپور و همکاران (٦) با هدف مطالعه اقتصادی سیاست‌های کمی تولید در بخش زراعی یکی از دشت‌های جلگه‌ای زیر حوضه هراز در استان مازندران، مطالعه‌ای را با عنوان «نظریه و کاربرد مدل برنامه‌ریزی خطی آرمانی فازی در بهینه‌سازی الگوی کشت»، به انجام رسانیده‌اند. این هدف کلان در چارچوب‌های تدوین مدل کالیبره بخش زراعت به‌منظور برآورد میزان منابع پایه (آب، زمین، خاک) و سایر منابع مانند کود، سم و ماشین‌آلات مورد نیاز در شرایط موجود؛ تعیین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی با دو رویکرد یک‌هدفه و چندهدفه، با دو ساختار قطعی و فازی؛ مقایسه نتایج این مدل‌ها به‌منظور ارائه سیاست‌های کمی و طراحی یک ابزار تصمیم‌سازی (DSS)[1] برای پشتیبانی از تصمیمات کوتاه‌مدت و میان‌مدت بخش زراعی شرق استان مازندران، دنبال شده است. اهداف مدل نیز شامل آرمان بکارگیری زمین، آرمان تولید، معادلات آرمانی نسبت‌های تولید (بر اساس نیاز غذایی منطقه و شباهت برخی محصولات به‌لحاظ ارزش و امنیت غذایی)، آرمان مصرف آب، بکارگیری نیروی کار، ساعات کار ماشین‌آلات، سرمایه‌گذاری نقدی و آرمان سود ناخالص می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده، انعطاف در ضرائب مدل (در رویکرد فازی)، با برطرف نمودن بی‌دقتی مندرج در اطلاعات و داده‌های مورد استفاده، به بهبود نسبی الگوی کشت و در نتیجه بهره‌گیری مطلوب‌تر منابع و نهاده‌های تولیدی انجامیده است.قاسمی(١٤) نیز در مطالعه خود با عنوان «برنامه‌ریزی تولید محصولات زراعی آبی شمال استان فارس در شرایط عدم قطعیت، رویکرد فازی»، با بهره-گیری از رهیافت برنامه‌ریزی ریاضی فازی، مدلی را برای برنامه‌ریزی تولید محصولات زراعی آبی در شمال استان فارس در شرایط عدم قطعیت ارائه داده است. در مدل مزبور، با لحاظ نمودن محدودیت‌های مربوط به منابع آبی، زمین، مکانیزاسیون، سرمایه، نیروی کار و تناوب زراعی، اهدافی چون حداکثرسازی سود ناخالص، حداکثرسازی بهره‌وری آب، حداکثرسازی سطح زیر کشت و حداقل‌سازی هزینه‌های متغیر مورد نظر بوده است. نتایج این تحقیق که در سناریوهای مختلف از نبود قطعیت تا قطعیت کامل اجرا شده، نشان می‌دهد که با افزایش میزان

2- Decision Support System

قطعیت، سود ممکن و همچنین سطح زیرکشت محصولات زراعی بدلیل قطعی شدن منابع مورد استفاده، افزایش می‌یابد.دریجانی و کوپاهی (۱۲) در مطالعه‌ای با عنوان «کاربرد تکنیک برنامه‌ریزی آرمانی قطعی و فازی در بهینه‌سازی تولیدات کشاورزی»، با استفاده از آمار و اطلاعات مزرعه نماینده‌ای واقع در منطقه سرپنیران استان فارس، ضمن حداکثرسازی حصول نسبی به اهداف چندگانه‌ای شامل بازده برنامه‌ای و اشتغال، حداقل نمودن ریسک، نیاز به اعتبارات از منابع غیررسمی، مصرف کود، سموم شیمیایی و علف‌کش‌ها اقدام به تعیین الگوی بهینه زراعی نموده و ضمن ارائه ساختار کلی مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی، نتایج حاصل از بکارگیری این مدل‌ها را مقایسه نموده‌اند.

۲. مواد و روش‌ها

برنامه‌ریزی و تخصیص منابع در کشاورزی یک تصمیم‌گیری چندهدفی است و روش‌های مرسوم برنامه‌ریزی از جمله روش برنامه‌ریزی خطی معمولی قادر به لحاظ نمودن اهداف چندگانه و ارائه الگوی بهینه مطلوب نمی‌باشند. با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی و تصمیم‌گیری چندمعیاری (MCDM)[1] می‌توان بطور همزمان اهداف نامتجانس و گاه متضاد بهره‌برداران را در الگوی برنامه‌ریزی لحاظ نمود (٤). از جمله معروف‌ترین و پرکاربردترین این روش‌ها مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی (GP)[2] هستند. چارنز و کوپر (۱۰) برای اولین بار متدلوژی برنامه‌ریزی آرمانی را معرفی کردند. GP یک تکنیک برنامه‌ریزی چندهدفه است که طی سال‌های زیاد کاربردهای عملی موفقیت‌آمیزی داشته است (۳۲). گرچه GP در مسائل برنامه‌ریزی و مدیریت مزرعه نیز بطور گسترده‌ای بکار گرفته شده است، اما ضعف آن این است که بایستی تمامی پارامترهای مسأله در محیط برنامه‌ریزی بطور دقیق تعیین و بیان شوند. این پارامترها به علت ماهیت مبهم و نیز درک مبهم از آنها، در اکثر مسائل عملی تصمیم‌گیری بصورت نادقیق تعریف و بیان می‌شوند. بنابراین تخصیص سطوح آرمانی دقیق و معین به اهداف، تصمیم‌گیری در مسائل برنامه‌ریزی مزرعه را با مخاطره همراه می‌کند (۸). تابع هدف مدل‌های GP، حداقل کردن مجموع انحرافات اهداف از مقادیر مطلوب آنهاست که توسط تصمیم‌گیرنده تعیین می‌شوند. از آنجایی‌که بسیاری از مسائل دنیای واقعی در محیطی نادقیق اتفاق می‌افتند، تعیین مقادیر مطلوب برای اهداف – به‌خصوص در رابطه با مسائل بزرگ‌مقیاس– کار مشکلی است. از جمله مفیدترین ابزارها برای بررسی و مدل‌سازی مسائل GP با اهداف نادقیق و غیرقطعی، تئوری مجموعه‌های فازی است. ادامه این قسمت به معرفی رویکرد کلی مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه فازی و پس از آن فرمول‌بندی مسأله با رویکرد برنامه‌ریزی آرمانی فازی می‌پردازد.

۲. ۱. برنامه‌ریزی چندهدفه با اهداف و محدودیت‌های فازی

2- Multi Criteria Decision Making
3- Goal Programming

صورت کلی یک مدل برنامه‌ریزی چندهدفه خطی (MOLP) را می‌توان اینگونه در نظر گرفت:

$$Optimize Z(X) = (z_1(X), z_2(X), \dots, z_k(X))$$
$$subject to X \in S = \{X \in R^n | AX\ (\leq, =, \geq)\ b, X \geq 0, b \in R^m\}. \quad (۱)$$

در یک محیط تصمیم‌گیری فازی معمولاً اهداف مسأله بصورت فازی بیان می‌شوند و در اکثر قریب به اتفاق منابع موجود در رابطه با مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی (FMOLP) نیز تنها اهداف مسئله بصورت فازی بیان شده‌اند. اما محدودیت‌های مسأله نیز بسته به غیرقطعی و نادقیق بودن موجودی منابع مربوطه بصورت فازی قابل بیان هستند. چنانچه تمامی اهداف مسأله یکسان بوده و برای مثال (مانند مسأله مورد بحث در مقاله حاضر) درصدد حداکثرسازی همه آنها باشیم و بعضی (یا تمامی) محدودیت‌های مسأله نیز بسته به ماهیت موجودی منابع دردسترس بصورت فازی بیان شوند، آنگاه قالب کلی یک مدل FMOLP با اهداف و محدودیت‌های فازی بصورت زیر خواهد بود (۲۱):

$$z_k(X) \gtrsim g_k \quad ; \quad k = 1, 2, \dots, k,$$
$$s.t. \quad a_i(X) \lesssim b_i\ (or AX \lesssim b) \quad ; \quad i = 1, 2, \dots, m. \quad (۲)$$

در این مسأله عملگرها یا عبارت‌های $\lesssim$ و $\gtrsim$ بیانگر منعطف بودن نابرابری‌ها یا نامعادلات اهداف و محدودیت‌ها بوده که از طریق بیان ریاضی مقادیر منعطف سطوح آرمانی اهداف یا سمت راست محدودیت‌ها بصورت مجموعه‌های فازی و توابع عضویت مربوط به آنها صورت می‌گیرد. یک هدف با سطح آرمانی نادقیق را می‌توان یک آرمان فازی[1] در نظر گرفت. آرمان‌های فازی و محدودیت‌های فازی را می‌توان با استفاده از توابع عضویت[2] و در نظر گرفتن مقادیر مجاز انحراف[3] از آرمان‌ها یا مقادیر سمت راست یا به عبارت دیگر حدود تلرانس بالا (برای اهداف حداقل‌سازی و محدودیت‌های از نوع کوچک‌تر و مساوی) و پایین (برای اهداف حداکثرسازی و محدودیت‌های از نوع بزرگ‌تر و مساوی) به‌عنوان مجموعه‌هایی فازی در فضایی شدنی تعریف نمود. ساکاوا (۲۸) پنج نوع از این توابع شامل خطی، نمایی، هیپربولیک، معکوس هیپربولیک و خطی منکسر را پیشنهاد کرده است. نوع خطی توابع عضویت بیشتر از سایر انواع آن از سوی محققین بکار گرفته شده است (۱۵، ۲۵، ۳۱ و ۳۳). در مطالعه حاضر برای حل مسأله فوق، توابع عضویت خطی هرکدام از اهداف را بصورت:

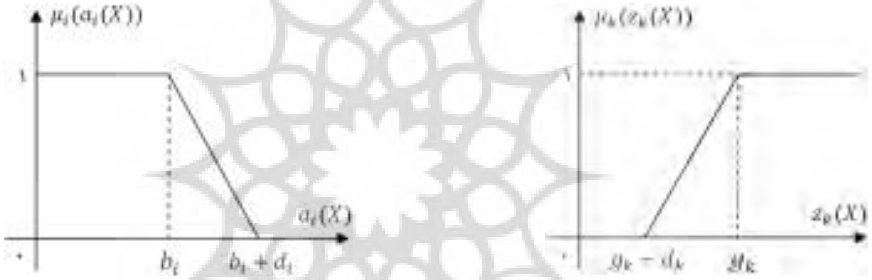
1- Fuzzy Goal
2- Membership Function
3- Allowable Deviation

$$\mu_{1k}(z_k(X)) = \begin{cases} 1 & if \quad z_k(X) \geq g_k, \\ 1 - \frac{g_k - z_k(X)}{d_{1k}} & if \quad g_k - d_{1k} < z_k(X) < g_k, \\ 0 & if \quad z_k(X) \leq g_k - d_{1k} \end{cases} \quad (۳)$$

و توابع عضویت خطی هرکدام از محدودیت‌ها را نیز بصورت:

$$\mu_{2i}(a_i(X)) = \begin{cases} 1 & if \quad a_i(X) \leq b_i, \\ 1 - \frac{a_i(X) - b_i}{d_{2i}} & if \quad b_i \leq a_i(X) \leq b_i + d_{2i}, \\ 0 & if \quad a_i(X) \geq b_i + d_{2i} \end{cases} \quad (٤)$$

در نظر می‌گیریم که در آن $(k = 1, 2, \dots, k)$ d_{1k} و $(i = 1, 2, \dots, m)$ d_{2i} همانطور که گفته شد، به‌ترتیب مقادیر ثابتی معرف حداکثر میزان انحراف قابل قبول از مقادیر آرمانی اهداف و مقادیر سمت راست محدودیت‌ها یا همان موجودی منابع تولید مسأله هستند و a_i نیز معرف عناصر iامین سطر ماتریس ضرائب A می‌باشد. نمودارهای زیر اشکال این توابع عضویت را نشان می‌دهند.



نگاره (۱) نمودارهای توابع عضویت خطی اهداف (راست) و آرمان‌های (چپ) فازی فوق

ادامه حل مسأله با روش زیمرمن (۳٤)، که بسیاری از مطالعات صورت گرفته در حوزه مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه فازی با این روش انجام شده‌اند، مبتنی بر تلاقی مجموعه‌های اهداف و محدودیت‌ها برای یافتن بردار تصمیم بر اساس تئوری تصمیم فازی بلمن و زاده (۷) می‌باشد. به این منظور با تعریف یک عملگر مناسب (معمولاً عملگر min)، اشتراک تمامی توابع عضویت اهداف و محدودیت‌های فازی بدست می‌آید (۸) و برای حصول بهترین تصمیم، به‌عنوان تابع هدف مساله نهایی در نظر گرفته شده و max می‌شود. بعبارتی هرکدام از توابع $\mu_{1k}(z_k(X))$ و $\mu_{2i}(a_i(X))$ که بیانگر میزان یا درجه رضایت‌مندی تصمیم‌گیرنده در رابطه با هرکدام از اهداف یا محدودیت‌ها می‌باشند، باید ماکزیمم شوند. بنابراین در این روش، که با عنوان max-min نیز نامیده می‌شود، محدودیت‌های دیگری نیز - به تعداد اهداف و محدودیت‌های فازی - مبنی بر بزرگ‌تر یا مساوی بودن تک‌تک توابع عضویت آنها از اشتراک‌شان (۸)، به محدودیت‌های غیرفازی مسأله اضافه می‌گردد. به‌این‌ترتیب نهایتاً مسأله FMOLP به یک مسأله خطی یک‌هدفه تبدیل می‌شود. رویکرد دیگر برای حل مسائل چندهدفه فازی (FMOLP) مبتنی بر رهیافت معروف برنامه‌ریزی آرمانی (GP) است که از جمله رهیافت‌های عمده و بسیار مفید و پرکاربرد در حل

مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه محسوب می‌شود. در ادامه به تشریح این رویکرد (برنامه‌ریزی آرمانی فازی (FGP)[1]) با روش محمد (۲۱) خواهیم پرداخت.

۲. ۲. رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی برای حل مدل‌های برنامه‌ریزی چندهدفه فازی (برنامه‌ریزی آرمانی فازی: FGP)

بکار گرفتن نظریه فازی در برنامه‌ریزی آرمانی، همانگونه که پیش از این اشاره شد، به تصمیم‌گیرنده این امکان را می‌دهد که سطوح آرمانی اهداف و نیز محدودیت‌ها را بطور نادقیق و با استفاده از عبارات مبهم و زبان طبیعی و در قالب یک فاصله در نظر بگیرد. پس از آنکه زاده این نظریه را در سال ۱۹٦۵ مطرح نمود و متغیرهای زبانی را برای بیان مفاهیم مبهم و نادقیق معرفی کرد، زیمرمن (۳٤) اولین محققی بود که این نظریه را در مسائل تصمیم‌گیری و برنامه‌ریزی خطی بکاربرد. ناراسیمان (۲۳ و ۲٤) و ایگنیزیو (۱۷) استفاده از نظریه مجموعه‌های فازی را برای حل مسائل با اهداف چندگانه از طریق تدوین مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی مورد بررسی قرار داده و بسط دادند. حنان (۱۵) با بسط مدل ناراسیمان، روشی برای حل آن ارائه کرد. از آن زمان تحقیقات بسیار زیادی با این رویکرد انجام شده و جنبه‌های مختلفی از تصمیم‌گیری با استفاده از مدل‌های FGP در ادبیات این متدلوژی بررسی شده است که برای نمونه می‌توان به مطالعات حنان (۱۵)، رابین و ناراسیمان (۲٦)، تیواری و همکاران (۳۰)، وانگ و فو (۳۱)، کیم و وانگ (۲۰) و چن و تسای (۱۱) اشاره کرد. چاناس و کوتا (۹) بررسی و طبقه‌بندی جامعی را از مدل‌های FGP و کاربردهای آن ارائه نموده‌اند. معروف‌ترین و پرکاربردترین مدل‌های فازی برای تدوین و حل مسائل برنامه‌ریزی آرمانی (FGP) توسط ناراسیمان (۲۳)، حنان (۱۵)، تیواری و همکاران (۳۰) و محمد (۲۱) ارائه شده است. در مدل‌های ناراسیمان و حنان، اهداف فازی با توابع عضویت مثلثی متقارن در نظر گرفته شده‌اند. کیم و وانگ در تلاش برای بهبود این مدل‌ها، روشی برای حل مدل‌های FGP با توابع عضویت مثلثی نامتقارن برای اهداف فازی معرفی کرده‌اند که در مقایسه با مدل‌های ناراسیمان و حنان مستلزم تعداد محدودیت‌های بیشتری است. یعقوبی و تمیز (۳۲) نیز با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی MINMAX توسعه دیگری از مدل FGP حنان با جوانب بیشتری در رابطه با توابع عضویت مثلثی نامتقارن برای بیان اهداف فازی ارائه کرده‌اند.

روش محمد (۲۱) برای تدوین مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی بر این اصل مبتنی است که چون حداکثر مقدار هر تابع عضویتی برابر ۱ است، بنابراین ماکزیمم کردن یک تابع عضویت معادل آن است که از طریق حداقل کردن متغیر انحرافی منفی آن از یک، تا حد ممکن به این مقدار آرمانی نزدیک شود. بنابراین در تدوین مدل‌های FGPبراساس این روش، هرکدام از توابع عضویت با در نظر گرفتن بزرگ‌ترین مقدار عضویت (مساوی ۱) به‌عنوان سطح مطلوب و آرمانی و معرفی متغیرهای انحرافی مثبت و منفی، به آرمان‌های عضویت تبدیل می‌شوند و سپس در تابع دستیابی آرمانی، انحراف‌های منفی با توجه به اهمیت نسبی دستیابی به سطح آرمانی مربوط به هرکدام حداقل می‌شوند. از این طریق مسأله به یک GP تبدیل شده و با هرکدام از روش‌های حل مدل‌های GP

1- Fuzzy Goal Programming

(روش MINMAX، روش min sum، روش min weighted sum و روش preemptive priority یا اولویتی ترجیحی (۲۱)) قابل حل می‌باشد. چون به ۱ نزدیک شدن تمامی توابع عضویت (اهداف و محدودیت‌ها) مورد نظر می‌باشد، بنابراین انحرافات نامساعد، در همه موارد متغیرهای انحرافی منفی هستند و به‌این‌ترتیب مدل چندهدفه فازی (رابطه ۲) با توجه به توابع عضویت (روابط ۳ و ٤) بصورت مدل برنامه‌ریزی آرمانی خطی زیر درمی‌آید:

$$\min \sum_{k=1}^{k} w_{1k} n_{1k} + \sum_{i=1}^{m} w_{2i} n_{2i}$$
$$\text{s.t} \quad 1 - (g_k - z_k(X))/d_{1k} + n_{1k} - p_{1k} = 1 \quad k = 1, 2, \dots, k,$$
$$1 - (b_i - a_i(X))/d_{2i} + n_{2i} - p_{2i} = 1 \quad i = 1, 2, \dots, m, \qquad (۵)$$
$$X \geq 0, \quad n_{1k} \geq 0, \quad p_{1k} \geq 0, \quad n_{2i} \geq 0, \quad p_{2i} \geq 0,$$
$$n_{1k}, p_{1k} = 0, \quad n_{2i}, p_{2i} = 0.$$

پس از ساده کردن معادلات، این مدل بصورت زیر خواهد بود:

$$\min \sum_{k=1}^{k} w_{1k} n_{1k} + \sum_{i=1}^{m} w_{2i} n_{2i}$$
$$\text{s.t} \frac{1}{d_{1k}}(z_k(X)) + n_{1k} - p_{1k} = \frac{g_k}{d_{1k}} \quad k = 1, 2, \dots, k,$$
$$\frac{1}{d_{2i}}(a_i(X)) - n_{2i} + p_{2i} = \frac{b_i}{d_{2i}} \quad i = 1, 2, \dots, m, \qquad (٦)$$
$$X \geq 0, \quad n_{1k} \geq 0, \quad p_{1k} \geq 0, \quad n_{2i} \geq 0, \quad p_{2i} \geq 0,$$
$$n_{1k}, p_{1k} = 0, \quad n_{2i}, p_{2i} = 0.$$

پارامترهای w_{1k} و w_{2m} در این مدل بیانگر اوزان نسبی هرکدام از اهداف و محدودیت‌ها هستند. برای بدست آوردن این اوزان، محمد (۲۱) به رابطه بین برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی فازی بطور کلی پرداخته و این رابطه را اینگونه بیان می‌کند که برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی فازی رهیافت‌هایی برای حل مسائل برنامه‌ریزی چندهدفه خطی تلقی شده و هر دو روش نیازمند یک سطح مطلوب یا آرمانی برای هرکدام از اهداف هستند که توسط تصمیم‌گیرنده یا تحلیل‌گر تعیین می‌شوند. علاوه بر سطوح آرمانی اهداف، برنامه‌ریزی فازی همچنین نیازمند مقادیر ثابتی بعنوان مقادیر مجاز انحراف در رابطه با هرکدام از اهداف نیز می‌باشد. بزرگ‌تر بودن مقدار مجاز انحراف برای یک هدف بیانگر اهمیت کمتر آن می‌باشد. بنابراین رابطه بین برنامه‌ریزی آرمانی و برنامه‌ریزی فازی را اینگونه می‌توان بیان کرد(۲۱): «هر برنامه خطی فازی معادل یک برنامه آرمانی خطی وزنی است که اوزان نسبی اهداف برابر با معکوس مقدار انحراف مجاز آنها از سطوح مطلوب‌شان می‌باشد (یعنی: $w_{1k} = 1/d_{1k}$ و $w_{2i} = 1/d_{2i}$)».

۲. ۳. متغیرها، پارامترها و داده‌های مورد نیاز مدل

x_i: سطح زیر کشت محصول iام ($i = ۱, ۲, \dots, ۸$)

s: اندیس فصل زراعی (s = ۱: کشت‌های بهاره و s = ۲: کشت‌های پاییزه)

k: اندیس ماه‌های ۱۲گانه سال (۱۲ ,.. ,۲ ,۱ = k)

p_i: قیمت بازار (فروش) برای واحد محصول iام (برحسب میلیون ریال بر تن)

y_i: عملکرد در هکتار محصول iام (برحسب تن بر هکتار)

c_i: مجموع هزینه در هکتار محصول iام (برحسب میلیون ریال بر هکتار)

L_{ik}: مجموع نیروی کار لازم در هکتار محصول iام در ماه kام از سال (برحسب نفر- روز بر هکتار)

L_i: مجموع نیروی کار لازم در هکتار محصول iام در طول دوره کشت (برحسب نفر- روز بر هکتار)

Md_k: کل نیروی فعال (بیکار و شاغل کشاورزی) در ماه kام از سال (برحسب نفر- روز)

A: کل زمین‌های قابل کشت منطقه (برحسب هکتار)

Cr: کل موجودی سرمایه در منطقه (برحسب میلیون ریال)

IWR_{ik}: آب آبیاری مورد نیاز محصول iام در ماه kام از سال (برحسب ۱۰۰۰ متر مکعب بر هکتار)

SW_k: مجموع آبهای سطحی در دسترس منطقه در ماه kام از سال (برحسب ۱۰۰۰ متر مکعب)

GW_k: مجموع آبهای زیرزمینی در دسترس منطقه در ماه kام از سال (برحسب ۱۰۰۰ متر مکعب)

η_a: راندمان آبیاری آبهای سطحی در منطقه مورد مطالعه (درصد)

η_b: راندمان مزرعه‌ای آبهای زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه (درصد)

داده‌های مربوط به ضرائب فنی هزینه و سود خالص یا عایدی بر هکتار (از رابطه $N_i = p_i.y_i - c_i$) از طریق مصاحبه با کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان و مراکز خدمات کشاورزی دهستان و تکمیل «پرسشنامه بهره‌برداری طرح آمارگیری هزینه تولید محصولات عمده زراعی» جمع‌آوری گردید. برآورد موجودی سرمایه در منطقه نیز بدلیل نبودن آمار و اطلاعات مدون، با حل یک مدل LP کالیبره برای حداکثرسازی سود صورت گرفت. در این مدل که بر اساس الگوی کشت فعلی منطقه تدوین گردید، متغیرهای تصمیم معادل سطح زیر کشت فعلی (یا کوچکتر از آن) و موجودی سرمایه بصورت متغیر در نظر گرفته شد تا میزان آن برآورد گردد (۵ و ۱۹). نیاز نیروی کار محصولات در طول دوره زراعی (L_i) نیز به تفکیک دوره‌های کاشت، داشت و برداشت و از طریق پرسشنامه مجزای دیگری برآورد گردید. برآورد ماهانه نیاز آبی محصولات منطقه با مراجعه به گزارش «برآورد نیاز آب مورد نیاز گیاهان عمده زراعی و باغی کشور» مؤسسه تحقیقات آب و خاک سازمان تحقیقات کشاورزی (۱۳) و بکارگیری نرم‌افزارهای NETWAT و OPTIWAT (۱) انجام شد. اساس این برآوردها معادله استاندارد پنمن- مانتیث برای محاسبه تبخیر و تعرق مرجع (ET_o) و واقعی (ET_c) محصولات می‌باشد. موجودی منابع آب سطحی براساس رکوردهای روزانه بانک اطلاعات نرم‌افزاری «شرکت میراب زاینده‌رود» محاسبه گردید و برآورد ماهانه آب‌های زیرزمینی منطقه نیز بر اساس اطلاعات و آمار موجود در معاونت بهره‌برداری و معاونت مطالعات سازمان آب منطقه‌ای اصفهان، پس از پردازش‌های طولانی زمین‌آماری در محیط GIS صورت گرفت. مجموعه این داده‌ها (ضرائب فنی و موجودی منابع یا مقادیر سمت راست محدودیت‌ها) در جداول شماره (۱) و (۲) آمده است.

جدول (۱) داده‌های مورد نیاز (ماتریس ضرائب فنی متغیرها)

اهداف و محدودیت‌ها		فعالیت‌ها (محصولات زراعی عمده در منطقه)						
		x_1: گندم	x_2: جو	x_3: برنج	x_4: ذرت دانه‌ای	x_5: ذرت علوفه‌ای	x_6: یونجه	x_7: سیب‌زمینی	x_8: پیاز
سطح زیرکشت (هکتار)		۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱	۱
سود خالص (میلیون‌ریال)		۸/۸۹	۷/۰۱	۲۲/٤۸	۱۱/۰٤	۳۰/۸۱	۹/۸۷	۵۱/۷۷	۱۹/۷٦
اشتغال (نفر-روز)		۲۲/۳۹	۱۹/۳۹	۷۱/۱	۳۲/۳	۳۷/۲۹	۸٤/۲	۱٤۰/۷۵	۱۳۷/۳
مصرف آب ($۱۰۰ m^3$)	مهر	۰	۰	٤/۲۲	۵/۵۱	۱۳/۲۱	۸	۵/٤	٤/۱
		.	.	.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.	.	.
	شهریور	۰	۰	۲۸/۰٦	۱۹/۱	۲۰/۰۱	۱۲/٦	۱۵/۵۸	۰
	کل	٤۸	٤۰/٦	۱۵۱/۹۳	۷۸/۵۸	٦۳/۲٤	۱۰٤/۲	٦۱/۵۲	٦۰/۲
نیروی کار (نفر- روز)	مهر	۱/۵۷	۳/۵۳	۷/۱	٤	۲/۵	۱۳/۰۵	۱۰/۱	٤/۵۲
		.	.	.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.	.	.
		.	.	.	.	.	.	.	.
	شهریور	۰	۰	۱٤	٤	۱۱/۳۳	۱٤/٦	۱۰/۱	۲/۲٦
تناوب زراعی		+۱	+۱	-۱	-۱	-۱	-۱	-۱	+۱
سرمایه (میلیون‌ریال)		٦/۰٦	۵/۵۹	۲۳/۰۲	۱۲/۹٦	۲۱/۰٤	۱٦/۵۳	٤۸/۲۳	۳۵/٤۹

۳. معرفی پارامترهای فازی، توابع عضویت و تدوین مدل فازی تحقیق

همانگونه که در قسمت‌های قبل اشاره شد، بیان فازی اهداف و محدودیت‌ها به‌کمک توابع عضویت مستلزم در نظر گرفتن مقادیری به‌عنوان سطوح آرمانی (برای اهداف) و مقادیر سمت راست (برای محدودیت‌ها) و نیز حدودی بیانگر حد مجاز انحراف از این مقادیر می‌باشد. به‌این‌ترتیب هرکدام از این اهداف و محدودیت‌ها را می‌توان یک آرمان فازیدر نظر گرفت. جدول (۲) این مقادیر را نشان می‌دهد. سمت راست محدودیت‌ها همان موجودی منابع هستند و سطوح آرمانی اهداف حداکثرسازی سطح زیرکشت، سود و اشتغال نیز هرکدام با حل یک مدل LP بدست آمده‌اند. حدود مجاز انحراف از آرمان‌ها هم برابر با درصدی از سطوح آرمانی یا موجودی منابع محاسبه می‌شوند که این میزان را می‌توان با توجه وضعیت آنها در الگوی فعلی، شرایط، موجودی‌ها و نیازهای متفاوت در ماه‌های مختلف و وضعیت جامعه تعیین نمود. این شرایط و اقتضائات رابه‌کمک تحلیل حساسیت (Sensitivity Analysis) مدل‌های LP که برای تعیین مقادیر آرمانی اهداف تدوین و حل می‌شوند نیز می‌توان تا اندازه‌ای تشخیص داد.

جدول (۲) توصیف آرمان‌های فازی(سطوح آرمانی، مقادیر سمت راست و حدود انحراف مجاز مربوط به آنها)

آرمان‌های فازی		سطوح آرمانی (g_k) و مقادیر سمت راست (b_i)	حدود انحراف مجاز از آرمان‌ها (d_i و d_k)	
			پایین	بالا
اهداف	سطح زیرکشت	۱٤۰۰۰	۲۰۰۰	---
	سود خالص	۲۰۵۹٦۸	۱۰۰۰۰	---
	ایجاد اشتغال	۳۹۹٤۵۵	۵۰۰۰۰	---

	تناوب زراعی	۰	۱۰۰	---
	نیاز آبی (مهر)	۵۹۸۲۸	---	۵۰۰۰
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	نیاز آبی (شهریور)	۱۰۲۶۳۷	---	۱۰۰۰۰
	نیاز نیروی‌کار (مهر)	۵۸۰۰۰	---	۳۰۰۰
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	.	.	.	.
	نیاز نیروی‌کار (شهریور)	۵۸۰۰۰	---	٤۰۰۰
	سرمایه	۱۵۰۰۰۰	---	۳۰۰۰۰

مطابق روش محمد (۱۹۹۷) به‌عنوان متدلوژی تحقیق، عکس حدود انحراف مجاز هرکدام از آرمان‌های فازی فوق به‌عنوان وزن آنها (w_{1k} و w_{2i}) در تدوین مدل نهایی خواهند بود.بنابراین توابع عضویت و درنتیجه آرمان‌ها ی فازی اهداف و محدودیت‌های مسأله بصورت زیر خواهند بود.

۳. ۱. آرمان‌های فازی اهداف مسأله

با توجه به مدل (٦)و داده‌های جدول (۱)، آرمان‌های فازی حداکثر سطح زیرکشت، حداکثر سود خالص برای کشاورزان و حداکثر اشتغال کشاورزی عبارت خواهند بود از:

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8 \gtrsim 14000 \quad (۷)$$

$$8.89x_1 + 7.01x_2 + 22.48x_3 + 11.04x_4 + 30.81x_5 + 9.87x_6 + 51.77x_7 + 19.76x_8 \gtrsim 205968 \quad (۸)$$

$$22.39x_1 + 19.39x_2 + 71.1x_3 + 32.3x_4 + 37.29x_5 + 84.2x_6 + 140.75x_7 + 137.3x_8 \gtrsim 399455 \quad (۹)$$

توابع عضویت مربوط به این آرمان‌ها نیز با توجه به رابطه (۳) و پارامترهای جدول (۲) بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\mu_{11} = 1 - 1/2000\ (14000 - x_1 - x_2 - x_3 - x_4 - x_5 - x_6 - x_7 - x_8) \quad (۱۰)$$

$$\mu_{12} = 1 - 1/10000\ (205968 - 8.89x_1 - 7.01x_2 - 22.48x_3 - 11.04x_4 - 30.01x_5 - 9.07x_6 - 51.77x_7 - 19.76x_8) \quad (۱۱)$$

$$\mu_{13} = 1 - 1/50000\ (399455 - 22.39x_1 - 19.39x_2 - 71.1x_3 - 32.3x_4 - 37.29x_5 - 84.2x_6 - 140.75x_7 - 137.3x_8) \quad (۱۲)$$

نهایتاً آرمان‌های عضویت مربوط به هرکدام از این توابع در مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی، با توجه به معادلات (۵)پس از ساده کردن و انجام محاسبات لازم مطابق زیر در مدل نهایی وارد می‌شوند:

$$0.0005\ (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 + x_8) + n_{11} - p_{11} - 7 \quad (۱۳)$$

$$0.0001\ (8.89x_1 + 7.01x_2 + 22.48x_3 + 11.04x_4 + 30.81x_5 + 9.87x_6 + 51.77x_7 + 19.76x_8) + n_{12} - p_{12} = 20.6 \quad (۱٤)$$

$$0.00002\ (22.39x_1 + 19.39x_2 + 71.1x_3 + 32.3x_4 + 37.29x_5 + 84.2x_6 + 140.75x_7 + 137.3x_8) + n_{13} - p_{13} = 8 \quad (۱۵)$$

۳. ۲. آرمان‌های فازیمحدودیت‌های مسأله

به جز دو محدودیت زمین زراعی در هرکدام از فصل‌های بهار و پاییز که بصورت قطعی در نظر گرفته شده‌اند، بقیه محدودیت‌های مربوط به تناوب زراعی، محدودیت‌های ماهانه نیاز نیروی کار و نیاز آبی محصولات و محدودیتسرمایه، همگی بصورت فازی لحاظ شده‌اند. برای مثال بیان فازی محدودیت‌های تناوب زراعی، نیاز نیروی کار و نیاز آبی شهریورماه و سرمایه، بر اساس داده‌های جداول (۱) و (۲)به‌ترتیب عبارتند از:

$$x_1 + x_2 - x_3 - x_4 - x_5 - x_6 - x_7 + x_8 \gtrsim 0 \quad (۱٦)$$

$$14x_3 + 4x_4 + 11.33x_5 + 14.6x_6 + 10.1x_7 + 2.26x_8 \lesssim 58000 \quad (۱۷)$$

$$28.06x_3 + 19.1x_4 + 20.01x_5 + 12.6x_6 + 15.58x_7 \lesssim 102637 \quad (۱۸)$$

$$6.06x_1 + 5.59x_2 + 23.02x_3 + 12.96x_4 + 21.04x_5 + 16.53x_6 + 48.23x_7 + 35.49x_8 \lesssim 150000 \quad (۱۹)$$

معادلات توابع عضویت مربوط به این محدودیت‌ها نیز با توجه به رابطه (٤) و پارامترهای جدول (۲) بصورت زیر تعریف می‌شوند:

$$\mu_{21} = 1 - 1/100\ (0 - x_1 - x_2 + x_3 + x_4 + x_5 + x_6 + x_7 - x_8) \quad (۲۰)$$

$$\mu_{22} = 1 - 1/4000\ (14x_3 + 4x_4 + 11.33x_5 + 14.6x_6 + 10.1x_7 + 2.26x_8 - 58000) \quad (۲۱)$$

$$\mu_{23} = 1 - 1/10000\ (28.06x_3 + 19.1x_4 + 20.01x_5 + 12.6x_6 + 15.58x_7 - 102637) \quad (۲۲)$$

$$\mu_{24} = 1 - 1/30000\ (6.06x_1 + 5.59x_2 + 23.02x_3 + 12.96x_4 + 21.04x_5 + 16.53x_6 + 48.23x_7 + 35.49x_8 - 150000) \quad (۲۳)$$

آرمان‌های عضویت این توابع در مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی نهایی نیز با توجه به معادلات (٦)پس از ساده کردن و انجام محاسبات بصورت زیر وارد می‌شوند:

$$0.01\ (x_1 + x_2 - x_3 - x_4 - x_5 - x_6 - x_7 + x_8) + n_{21} - p_{21} = 0 \quad (۲٤)$$

$$24.2 - 0.00025\ (14x_3 + 4x_4 + 11.33x_5 + 14.6x_6 + 10.1x_7 + 2.26x_8) + n_{22} - p_{22} = 1 \quad (۲۵)$$

$$11.26 - 0.0001\,(8.06x_3 + 19.1x_4 + 20.01x_5 + 12.6x_6 + 15.58x_7) + n_{23} - p_{23} = 1 \quad (۲٦)$$

$$6 - 0.000033\,(6.06x_1 + 5.59x_2 + 23.02x_3 + 12.96x_4 + 21.04x_5 + 16.53x_6 + 48.23x_7 + 35.49x_8) + n_{24} - p_{24} = 1 \quad (۲۷)$$

بـه همـین ترتیـب معادلاتآرمـان‌هـای عضـویت بقیـه محدودیت‌های ماهانه نیاز آبی و نیاز نیروی کار نیز بـا توجه به موجودی‌ها و مقـادیر مجـاز انحـراف از آنهـا (مطابق جدول ۲) بصورت فازی بدست می‌آیند.

٤. نتایج وبحث

با بدست آوردن معادلات آرمـان‌هـای فـازی برای اهداف سه‌گانـه حداکثرسـازی سـطح زیرکشـت، سود خالص یا بازده برنامه‌ای و ایجاد اشتغال در بخش کشاورزی منطقه و نیز محـدودیت‌هـایی در رابطـه بـا تنـاوب زراعـی و فصـلی‌بـودن[1] کشـت محصـولات، نیازهـای ماهانـه آب و نیـروی کـار محصـولات و محدودیت سرمایه، مدل نهـایی برنامـه‌ریـزی آرمـانی فازی تحقیق شامل ۸ متغیر تصمیم، ٥٤ متغیر انحرافـی (مثبت و منفی)، ۲ محدودیت قطعی (محدودیت زمین در هرکدام از فصل‌های زراعی) و ۲۷ آرمان عضـویت فازی (۳ هدف، ۱۲ محدودیت ماهانه نیروی کـار، ۱۰ محدودیت ماهانـه نیـاز آبـی و ۲ محـدودیت تنـاوب زراعی و سرمایه) تـدوین و در محـیط LINDO حـل گردید.همانگونه که قبلاً نیز اشاره شد، مقـادیر آرمـانی اهداف سود و اشتغال با حل مـدل‌هـایLPجداگانـه‌ای برای حداکثرسازی آنها بدست آمدند. بـه‌منظـور درک بهتر نتایج حاصل از مدل آرمانی فازی فـوق و برتـری آن نسبت به راه‌حـل‌هـای قطعـی (غیـر فـازی)، مـدل برنامه‌ریزی آرمانی مسأله مورد مطالعه در حالت قطعی نیز تدوین و حل گردید. در ادامه این قسمت، پـس از معرفی الگوهای کشت مدل‌های مختلـف، ابتـدا نتـایج مدل FGP را با نتایج بهینه‌سازی‌های منفردLPمقایسـه می‌کنیم و سپس نتایج مقایسه‌ای دومدل آرمانی فـازی و قطعـی را آورده و بـه‌عـلاوه هرکـدام را بـا شـرایط موجـود و الگـوی کشـت فعلـی منطقـه نیـز مقایسـه خواهیم کرد تا به‌این‌ترتیب بهینه بودن یا نبودن الگوی فعلی بهره‌بـرداری از منـابع تولیـد زراعـی منطقـه نیـز آزمون گردد.

٤. ۱. زمین و محصول

از مجموع ۱٤٥۰۰ هکتار اراضی زراعی قابل کشت منطقه، در الگوی کشت فعلی ۱٤۱۰۰ هکتـار و در دو الگوی حاصـل از مـدل‌هـای آرمـانی قطعـی و فـازی نیزبه‌ترتیـب ۱۰۸۹۰ و ۱٤۰۰۰ هکتـار در مجمـوع دو فصل زراعی بهار و پاییز زیر کشت می‌رود. این میـزان در بهینه‌سازی‌های منفرد بـرای حداکثرسـازی اهـداف سطح زیرکشـت، سـود و اشـتغال، بـه‌منظـور بدسـت آوردن مقـادیر آرمـانی آنهـا نیـز بـه‌ترتیـب برابـر بـا ۱۰۹۳۱/٥، ۱۰۸٥۲ ۱۰٦٤۱/٥ هکتار بدست آمده است. جـدول شـماره (۳) ترکیـب و سـطوح زیرکشـت محصولات منطقه را در الگوی فعلی، مـدل‌هـای LP و الگوهایحاصل از مدل‌های آرمانی نشان می‌دهد.

1- Seasonality

جدول (۳) ترکیب و سطح زیرکشت محصولات منطقه در مدل‌هایLP و GP (هکتار)

الگو	بهینه‌سازی‌های منفرد (مدل‌های LP)			مدل‌های برنامه‌ریزی آرمانی	
محصول	زمین	سود خالص	اشتغال	قطعی(GP)	فازی(FGP)
گندم	۵۸۷۸/۵	۵۹۱۲	۵۶۱۸	۵۷۵۹	۸۷۰۹
جو	۰	۰	۰	۰	۰
برنج	۳۴۱	۰	۰	۰	۰
ذرت دانه‌ای	۲۱۲	۰	۰	۲۱۰	۰
ذرت علوفه‌ای	۴۰۷۳	۴۱۱۷/۵	۳۸۰۹	۳۹۱۴	۳۷۶۰
یونجه	۴۲۷	۳۸۲/۵	۶۹۰/۵	۵۸۵/۵	۷۴۰
سیب‌زمینی	۰	۴۴۰	۴۵۶	۴۲۲	۷۹۱
پیاز پاییزه	۰	۰	۶۸	۰	۰
جمع	۱۰۹۳۱/۵	۱۰۸۵۲	۱۰۶۴۱/۵	۱۰۸۹۰/۵	۱۴۰۰۰

مطابق نتایج جدول فوق با حل مدل‌های یک‌هدفه و چندهدفه مختلف، بیشترین مقدار سطح زیرکشت از مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی (FGP)و برابر با ۱۴۰۰۰ هکتار بدست می‌آید و در هیچکدام از دیگر مدل‌های LP و GP این مقدار به ۱۱۰۰۰ هکتار هم نمی‌رسد. این در حالی‌ست که در تدوین مدل FGP به‌میزان ۲۰۰۰ هکتار کمتر از مقدار آرمانی ۱۴۰۰۰ هکتار برای هدف سطح زیرکشت، به‌عنوان انحراف مجاز نیز در نظر گرفته شده است.

۴. ۲. مقایسه رهیافتFGP ومدل‌های LPدر دستیابی‌های همزمان و جداگانه به اهداف

همانگونه که ملاحظه شد، در نظر گرفتن محدودیت‌های مسأله بصورت نامنعطف و قطعی باعث می‌شود که میزان موجودی منابع (بخصوص در مورد منابع آب که با در نظر گرفتن راندمان‌های ۳۵ و ۴۰ درصد برای آب‌های سطحی و زیرزمینی محاسبه شده‌اند)، مجموع زمین‌های زیرکشت را در مقایسه با الگوی فعلی و همچنین الگوی مدل FGP محدود سازد.در نتیجه میزان دستیابی به هرکدام از اهداف تعریف شده نیز با توجه به ترکیب محصولات در الگوهای بدست آمده کاهش خواهد یافت. جدول شماره (۴) بر اساس داده‌های جداول شماره (۱) و (۳)، ماتریس بازدهی (Pay-off Matrix) این اهدافو میزان دستیابی جداگانه آنها را در نتیجه بهینه‌سازی‌های منفرد در مقایسه با دستیابی همزمان آنها در نتیجه رهیافت FGP نشان می‌دهد.

جدول (۴) میزان دستیابی به اهداف تحقیق درمدل‌های LP و مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی (FGP)

الگو	بهینه‌سازی‌های LP برای حداکثرسازی اهداف:			رهیافت FGP	٪ افزایش نسبت به LP
هدف	سطح	سود	اشتغال		مربوطه
سطح زیرکشت (هکتار)	۱۰۹۳۱/۵	۱۰۸۵۲	۱۰۶۴۱/۵	۱۴۰۰۰	۲۸/۰۷
سود خالص (میلیون‌ریال)	۱۹۱۹۶۹/۶۵	۲۰۵۹۱۷/۹۳	۱۹۹۰۶۵/۳۵	۲۴۱۵۲۲/۵	۱۷/۲۶
ایجاد اشتغال (نفر – روز)	۳۵۰۵۴۷/۹	۳۸۰۰۴۷/۷۶	۳۹۹۴۸۳/۱۳	۵۰۸۸۴۶/۲	۲۷/۳۸

افزایش ۲۸درصدی سطح زیرکشت در رهیافت FGP (که فقط ۵۰۰ هکتار از کل زمین‌های قابل کشت منطقه کمتر است) نسبت به مدل خطی حداکثرسازی سطح زیرکشت، باعث شده است تا میزان عایدی اقتصادی و ایجاد اشتغال نیز در رهیافت FGPبه‌ترتیب بیشتر از ۱۷ و ۲۷ درصد نسبت به سود و اشتغال حاصل از مدل‌های LP حداکثرسازی منفرد این اهداف، افزایش داشته باشد. این در حالی‌ست که وضعیت زمین، سود و اشتغال ناشی از الگوی GP تفاوت چندانی با الگوهای LP ندارد. بنابراین بنظر می‌رسد محدودیت‌های منابع تولید کشاورزی نقش تعیین‌کننده‌تری نسبت به توابع هدف در ترکیب کشت و میزان اختصاص زمین به هرکدام از محصولات دارند.

٤. ٣. مقایسه ترکیب کشت و دستیابی به اهداف در الگوی فعلی و مدل‌های GP و FGP

در ادامه مقایسه نتایج رهیافت FGP با نتایج بهینه‌سازی‌های منفرد LP، در این قسمت به مقایسه نتایج مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی با مدل برنامه‌ریزی قطعی پرداخته و هر دو را با الگوی کشت فعلی منطقه نیز برای آزمون بهینه بودن یا نبودن آن مقایسه می‌کنیم. جدول شماره (۵) ترکیب و سطوح کشت محصولات در این دو مدل را همراه با میزان افزایش یا کاهش هرکدام نسبت به وضعیت الگوی فعلی نشان می‌دهد.

جدول (۵) سطح زیرکشت محصولات در مدل‌های آرمانی و میزان تغییر هرکدام نسبت به الگوی فعلی

الگو محصول	الگوی فعلی	مدل GP		رهیافت FGP	
		سطح	٪ افزایش (کاهش)	سطح	٪ افزایش (کاهش)
گندم	٦٠٠٠	٥٧٥٩	-٤/٠١	٨٧٠٩	+٤٥/١٥
جو	٩٥٠	٠	-١٠٠	٠	-١٠٠
برنج	٥٠٠	٠	-١٠٠	٠	-١٠٠
ذرت دانه‌ای	٤٠٠	٢١٠	-٤٧/٥	٠	-١٠٠
ذرت علوفه‌ای	٤٠٠٠	٣٩١٤	-٢/١٥	٣٧٦٠	-٦
یونجه	١٢٠٠	٥٨٥/٥	-٥١/٢	٧٤٠	-٣٨/٣٣
سیب‌زمینی	٣٥٠	٤٢٢	+٢٠/٥٧	٧٩١	+١٢٦
پیاز پاییزه	٧٠٠	٠	-١٠٠	٠	-١٠٠
جمع	١٤١٠٠	١٠٨٩٠/٥	-٢٢/٧٦	١٤٠٠٠	-٠/٧

همانگونه که ملاحظه می‌شود، با در نظر گرفتن همزمان اهداف ذکر شده در هر دو الگوی قطعی و فازی مدل‌های آرمانی، جو، برنج و پیاز حذف می‌شوند و در الگوی فازی ذرت دانه‌اینیز حذف می‌شود. جو به نفع گندم حذف شده است بطوریکه سطح زیرکشت گندم از مجموع سطوح زیرکشت گندم و جو در الگوی فعلی بیشتر می‌باشد. این دو محصول کمترین میزان ایجاد درآمد و اشتغال را در منطقه داشته و در عین حال از کمترین میزان مصرف آب منطقه نیز برخوردارند. برنج گرچه سومین محصول پردرآمد منطقه است اما از نظر ایجاد اشتغال در رده‌های میانی قرار دارد و بعلاوه بیشترین میزان مصرف آب را نیز در واحد سطح دارا می‌باشد. وضعیت دو محصول پیاز و سیب‌زمینی در الگوی کشت منطقه نیزطی چند سال گذشته حاکی از رقابت بین آنها در تخصیص زمین می‌باشد و بعبارتی از

منحنی‌های تار عنکبوتی(Cob-Web Curves) پیروی می‌کند. بنابراین در صورتیکه داده‌های هزینه و درآمد چندین سال متوالی این محصولات در دسترس باشد، افزودن محدودیت‌هایی در رابطه با ریسک این محصولات به مدل، به نتایج منطقی‌تری می‌انجامد. سیب‌زمینی و ذرت علوفه‌ای پربازده‌ترین محصولات منطقه بوده و مصرف آب زیادی هم ندارند. بعلاوه سیب‌زمینی بیشترین سهم ایجاد اشتغال زراعی را نیز در منطقه دارد.در مجموع برای حصول نسبی بهینگی در مدل برنامه‌ریزی آرمانی قطعی، بیش از ۳۲۰۰ هکتار از سطح زیرکشت محصولات در مقایسه با وضع موجود کاسته شده است که اگرچه باعث کاهش هزینه‌ها و مصرف آب می‌شود، کاهش میزان دستیابی به اهداف سود و اشتغال را نیز در پی خواهد داشت. اما در مقابل، ترکیب سطح زیرکشت محصولات در مدل آرمانی فازی نسبت به وضع موجود به‌گونه‌ای تغییر کرده است که مجموع آن اختلاف بسیار ناچیزی با آن دارد و با آنکه میزان دستیابی به اهداف سود و اشتغال چندان تغییری نکرده اما در مقایسه با GPبهبود زیادی داشته‌اند. بر اساس داده‌های جدول (۱) و نتایج جدول (۵)، مجموعسطح زیرکشت، سود خالص و میزان نفر- روز اشتغال ایجاد شده از هرکدام از الگوهای بهره‌برداری بهینه مدل‌های آرمانی قطعی و فازی و الگوی فعلی منطقه به شرح جدول شماره (٦) می‌باشد.

جدول (٦) میزان دستیابی به اهداف سه‌گانه تحقیق در الگوی فعلی و مدل‌های آرمانی

الگو هدف	الگوی فعلی	مدل GP		رهیافت FGP		افزایشFGP نسبت‌بهGP
		میزان	٪ افزایش(کاهش)	میزان	٪ افزایش(کاهش)	
سطح زیرکشت (هکتار)	۱٤۱۰۰	۱۰۸۹۰/۵	-۲۲/۷٦	۱٤۰۰۰	-۰/۷	+۲۸/۵
سود خالص (میلیون‌ریال)	۲٤۲٦۹۱	۲۰۱۷۳۲	-۱٦/۸۸	۲٤۱۵۲۲/۵	-۰/٤۸	+۱۹/۷
ایجاد اشتغال (نفر – روز)	۵۹٦۸۰۳	۳۹۰۳۷۵/۷	-۳٤/٦	۵۰۸۸٤٦/۲	-۱٤/۷٤	+۳۰/۳

بطوریکه ملاحظه می‌شود برتری رهیافت FGP بر GP (مشابه مدل‌های LP) کاملاً مشهود است.بهینه نبودن الگوی کشت فعلی نیز در مقایسه با الگوی FGPهنگامی واضح‌تر قابل درک می‌شود که علاوه بر میزان دستیابی به اهداف فوق، میزان مصرف آب و سرمایه را نیز در این دو حالت، چنانچه جدول شماره (۷) نشان می‌دهد، با هم مقایسه نماییم.

جدول (۷) مقایسه میزان مصرف آب و سرمایه در الگوی کشت فعلی و رهیافت FGP

الگو محدودیت	الگویفعلی	رهیافت FGP	٪ کاهش
مصرف آب (۱۰۳m۳)	۸۷٦۵۳۹	۷۸۱۵۸٤/۷	۱۰/۷٤
سرمایه (میلیون‌ریال)	۲۰٤۰۸٤	۱۸۲۲٦۹	۱۰/٦۹

بنابراین ملاحظه می‌شود که با تغییر الگوی کشت منطقه مطابق با نتایج رهیافت FGP، علاوه بر آنکه سطح زیرکشت و بازده برنامه‌ای تغییر چندانی نمی‌کنند و تنها از میزان اشتغال در حدود ۱۵ درصد کاسته می‌شود، میزان مصرف آب و سرمایه نیز هرکدام در حدود ۱۱ درصد کمتر خواهد شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که وضع موجوی بهره‌برداری از منابع آب و خاک منطقه بهینه نمی‌باشد و نتایج فوق مبین بهینگی به‌مراتب بیشترِ الگوی حاصل از رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی فازی (FGP) نسبت به الگوی کشت فعلی منطقه است.به‌علاوه با توجه به داده‌های جدول شماره (۱) بهبود وضعیت بهره‌برداری (پایداری) از منابع آب منطقه را در نتیجه پیروی از الگوی FGP، بصورت ماهانه نیز می‌توان محاسبه نمود.

۵. خلاصه و نتیجه‌گیری

در مقاله حاضر، بهینه‌سازی الگوی کشت و برنامه‌ریزی محصول زارعین منطقه روستایی براآن شمالی در شرق شهر اصفهان در شرایط عدم قطعیت مورد مطالعه قرار گرفت. اهداف اقتصادی- اجتماعی حداکثرسازی سطح زیرکشت، سود خالص و ایجاد اشتغال هرکدام جداگانه و به‌کمک مدل‌های برنامه‌ریزی خطی بهینه گردید و الگوهای کشت نظیر بدست آمد.محدودیت‌های مسئله نیز شامل زمین، فصلی بودن فعالیت‌ها، نیروی کار، آب و سرمایه بوده است. در ادامه برای در نظر گرفتن همزمان هر سه هدف فوق و لحاظ نمودن محدودیت‌های مذکور (که بخصوص در مورد منابع حیاتی و کمیاب آب نقش اساسی در تعیین الگوی کشت و دستیابی به اهداف دارند)، رهیافت چندمعیاره برنامه‌ریزی ریاضی آرمانی در دو حالت قطعی (دقیق) و فازی (نادقیق) مورد استفاده قرار گرفت.عدم قطعیت و بعبارتی نادقیق بودن همواره جزء لاینفکی از برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های زراعی است. در مسئله تحقیق حاضر، هم مقادیر مطلوب و بهینه‌ای که برای اهداف محاسبه شد و هم مقادیر سمت راست محدودیت‌ها که بیانگر میزان موجودی منابع هستند، بصورت منعطف و با قبول اندازه‌های متفاوتی از انحراف و عدول در نظر گرفته شدند و مدل برنامه‌ریزی آرمانی مربوطه بصورت فازی (هم در رابطه با اهداف و هم در رابطه با محدودیت‌ها) تدوین و حل گردید. مقایسه نتایج حاصل از سناریوهای مختلف برنامه‌ریزی‌های خطی یک‌هدفه و چندهدفه (برنامه‌ریزی‌های آرمانی قطعی و فازی) حاکی از برتری قابل ملاحظه رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی فازی بر بهینه‌سازی‌های منفرد برنامه‌ریزی خطی و حتی برنامه‌ریزی آرمانی در حالت قطعی می‌باشد. همچنین مقایسه میزان دستیابی به اهداف و نیز مصرف منابع تولیدی برای این منظور در الگوی کشت فعلی منطقه با رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی فازی نیز برتری آن‌را به وضوح نشان می‌دهد که همچنین دلیلی بر بهینه نبودن وضعیت موجود بهره‌برداری از منابع آب و خاک منطقه نیز می‌باشد.الگوی فعلی کشت منطقه شامل محصولات گندم، جو، برنج، ذرت دانه‌ای و علوفه‌ای،یونجه، سیب‌زمینی و پیاز می‌باشد. تغییر در این الگو در رهیافت برنامه‌ریزی آرمانی شامل حذف محصولاتی نظیر جو، برنج، ذرت دانه‌ای و پیاز، کاهش سطح زیرکشت یونجه و افزایش سطح زیرکشت گندم و سیب‌زمینی بگونه‌ای بوده است که مجموع سطح زیرکشت در این دو الگو تقریباً به یک اندازه است. لازم بذکر است که در چند سال اخیر سازمان آب منطقه‌ای با کشت برنج در منطقه مخالفت می‌کند و مرکز خدمات کشاورزی نیز با توجه به وضعیت منابع آب منطقه، کشت برنج و ذرت دانه‌ای را به کشاورزان

توصیه نمی‌کند. بر اساس اطلاعات هزینه و درآمد و همچنین ضرائب فنی نیاز آبی و نیروی کاری محصولات عمده منطقه، یونجه پس از برنج و چغندرقند بیشترین میزان مصرف آب و همزمان کمترین بازده اقتصادی را نیز پس از گندم و جو در واحد سطح دارا بوده و در مقابل سیب‌زمینی با مصرف آب به مراتب کمتر، پربازده‌ترین محصول منطقه در واحد سطح می‌باشد. همچنین گندم و جو با کمترین میزان مصرف آب، کمترین بازده اقصادی و ایجاد اشتغال را نیز در بین محصولات منطقه داشته‌اند.

٦. منابع

Alizaseh, A. and G. Kamali. 2007. Irrigation water requirements of crops in Iran. Emam Reza University press, Mashhad, Iran.

Amini Fasakhodi, A. 2005. Application of fuzzy logic inference in regional planning and development studies. Knowledge and Development 17: 39-61.

Amini Fasakhodi, A. 2006. Evaluation of decision making units; using group fuzzy preference programming model.University of Isfahan Journal of Humanities 20 (1): 211-230.

Amini Fasakhodi, A., Nouri, S.H. and Hejazi, S.R., 2009.Determining optimal cropping pattern in the east region farming lands of Isfahan, using goal programming approach. Agriculture and Economics 4 (2): 175-197.

Asadpour, H. 2003. Application of crisp and fuzzy linear goal programming model in economical studing f agricultural policies; Case of eastern Mazandaran province.PhD Thesis. Tarbiat Modares university. Tehran, Iran.

Asadpour, H., S. Khalilian and G. Peikani. 2005. Thery and application of fuzzy linear goal programming model in optimization of cropping pattern. Agricultural Economics and Development (Issue of Productivity and Efficuiency): 307-338.

Bellman R.E. and Zadeh L.A. 1970. Decision-making in a fuzzy environment.Management Science 17 (4), B141–B164.

Biswas A. and Pal B.B. 2005. Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system, Omega, 33: 391– 398.

Chanas S. and Kuchta D. 2002. Fuzzy goal programming - one notion, many meanings. Control and Cybernetics 31 (4): 871–890.

Charnes A. and Cooper W.W. 1961. Management Models and Industrial Applications of Linear Programming.Wiley, New York.

Chen L.H. and Tsai F.C. 2001. Fuzzy goal programming with different importance and priorities. European Journal of Operational Research 133: 548–556.

Derijani, A. and M. Koupahi. 2002. Application of crisp and goal programming technique in optimization of agricultural production. In: Proceeding of 3th Iranian Agricultural Economics Conference. Mashhad, Iran.

Farshi, A., M. Shariati, R. Jarollahi, M. Ghaemi, M. Shahabi Far and M. M. Tavallaei. 1997. Estimation of main crops irrigation water requirement in Iran. Agricultural Education Press. Karaj, Iran.

Ghasemi, A. 2003. Planning of irrigated agricultural production in northern Fars province under uncertainty; fuzzy approach.PhD Thesis. Tarbiat Modares university. Tehran, Iran.

Hannan E.L. 1981. On fuzzy goal programming. Decision Sciences 12: 522–531.

Guptaa A.P., Harboeb R. and Tabucanonc M.T. 2000. Fuzzy multiple-criteria decision making for crop area planning in Narmada river basin. Agricultural Systems, 63: 1-18.

Ignizio J.P. 1982. On the rediscovery of fuzzy goal programming. Decision Sciencies 13: 331-336.

Itoh T., Ishii H. and Nanseki T. 2003. A model of crop planning under uncertainty in agricultural management, Int. J. of Production Economics, 81-82: 555-558.

Keramatzadeh, A., A. H. Chizari and A. Mirzaei. 2006. Determination of agricultural water economical value using agriculture and horticulture integration model of optimal cropping pattern; Case of Barzoo Shirvan dam. Agricultural Economics and Development 54: 35-60.

Kim J.S. and Whang K.S. 1998. A tolerance approach to the fuzzy goal programming problems with unbalanced triangular membership function. European Journal of Operational Research 107: 614–624.

Wierzbicki, A.P. (Eds.). Interactive Decision Analysis.Springer. Berlin, 105–112.

Sharma D.K., Ghosh D. and Alade.J.A. 2006.A fuzzy goal programming approach for regional rural development planning, Applied Mathematics and Computation, 176: 141–149.

Tiwari R.N., Dharmar S. and Rao J.R. 1987.Fuzzy goal programming - An additive model. Fuzzy Sets and Systems 24: 27–34.

Wang H.F. and Fu C.C. 1997.A generalization of fuzzy goal programming with preemptive structure. Computers and Operations Research 24 (9): 819–828.

Yaghoobi M.A. and Tamiz M. 2007. A method for solving fuzzy goal programming problems based on MINMAX approach. European Journal of Operational Research 177: 1580–1590.

Yang T., Ignizio J.P. and Kim H.J. 1991. Fuzzy programming with nonlinear membership functions: piecewise linear approximation, Fuzzy Sets and Systems 41: 39–53.

Zimmermann H-J. 1978. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. Fuzzy Sets and Systems 1:45–55.

Mohamed R.H. 1997. The relationship between goal programming and fuzzy programming. Fuzzy Sets and Systems 89(2): 215–222.

Montero Riquelme F.J. and Ramos A.B. 2005. Land and water use management in vine growing by using geographic information systems in Castilla-La Mancha, Spain. Agricultural Water Management, 77: 82–95.

Narasimhan R. 1980. Goal programming in a fuzzy environment. Decision Sciences 11: 325-336.

Narasimban R. 1981. On fuzzy goal programming - some comments. Decision Sciencies 12: 532-538.

Rao S.S., Sundararaju K., Prakash B.G. and Balakrishna C. 1992. Fuzzy goal programming approach for structural optimization,AIAA J. 30 (5): 425-432.

Rubin P.A. and Narasimhan R. 1984. Fuzzy goal programming with nested priorities. Fuzzy Sets and Systems 14 (2): 115–129.

Sahoo B., Lohani A.K. and Sahu R.K. 2006. Fuzzy Multiobjective and Linear Programming Based Management Models for Optimal Land-Water-Crop System Planning. Water Resource Management, 20: 931-948.

Sakawa M. 1984. Interactive fuzzy decision making for multiobjective nonlinear programming problems.in: Grauer, M.,

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

Geography and Environmental Planning Journal
24th Year, Vol. 51, No.3, Autumn 2013
ISSN (Online): 2252-0848
ISSN (Print): 2008-5354
http://uijs.ui.ac.ir/gep

Planning and Optimal Allocation of Agriucltural Production Resources under Uncertainty; Application of Multi-Objective Fuzzy Goal Programming approach

A. Amini
Received: August 21, 2011/ Accepted: April 8, 2012, 25-28 P

Extended Abstract

1- Introduction

Uncertainty is an unavoidable aspect of decisions in agricultural planning. Inclusion of uncertainty in the optimization of crop planning and soil and water resources management has been provided by means of fuzzy mathematical programming approaches. Optimization procedures have been receiving much attention in agricultural economic research over several decades. LP is a single objective optimization technique and most of the farm planning problems are multi-objective in nature. Crop area planning or agricultural planning arenas involve multiple, conflicting and non-commensurable criteria and a satisfying decision is desired. Issues of risk, resources conservation and sustainability, environmental quality and social aspects of farming systems are as important as economic efficiency. It is clearly impossible to develop a single objective that satisfies all interests, all adversities and all political and social viewpoints. These are called multiple-criteria decision problems (MCDM), where the decision maker generally follows a satisfying solution rather than the maximization of objectives. Hence, decisions in the real world are often made on the basis of vague information or uncertain data and are fuzzy rather than precise.

Purpose and scope

This paper attempts to offer a solution to a crop planning problem using GP philosophy in an imprecise context of goals and constraints. Thus, the general objective of the paper is to introduce the technique of fuzzy goal programming (FGP) as a tool for area allocation models considering various socio-economic and environmental conflicting objectives involved in managing agricultural systems. Crop planning and allocation of production resources was performed in a comprehensive and imprecise manner to consider the whole environmental and socio-economic aspects of the farming system of the region. To this aim, the maximization of total area allocated to crops, net return and labor employment were fuzzily considered as problem objectives in order to maintain the population in the system and its durability. Monthly water availabilities were also considered fuzzily as the main problem constraints with regard to the recent drought periods and hence the crucial role of water in the region's cropping pattern determination. Additionally, monthly labor force availability and requirements, seasonality (crop rotation), capital requirement, a lower bound constraints on fodder crops' cultivated area, and seasonal land availabilities are other fuzzy constraints of the problem.

2-Materials and methods

To simultaneously consider these multiple fuzzy objectives and fuzzy constraints (fuzzy

Author(s)

A. Amini(✉)
Assistant Professor of Geography and Rural Planning, Dept. of Geographical Sciences and Planning,
University of Isfahan.
E-mail address: a.amini@geo.ui.ac.ir

goals), the problem of the study has been modeled as a multi-objective fuzzy goal programming procedure. Therefore, the socio-economic aspects of the farming system were considered in terms of maximizing the net return and labor employment opportunities fuzzily to include uncertainty.

The study area consists of two rural districts located in the northern and southern parts of the Zayandeh-Roud river, the most important central river of Iran, with fertile alluvial lands, namely northrn Baraan and southern Baraan. Total arable lands of area are close to 27000 ha, of which about 26000 ha are currently allocated to 9 major crops cultivated in two cropping seasons under irrigation.

The data to formulate the study problem were collected by completing the standard cropping cost-benefit questionnaire, by interviewing the farmers and also experts of the Regional Center of Agricultural Services, and provided finally per unit of area. Monthly preparation of the irrigation water requirements (IWR) data was carried out by considering two major national available data bases in this field. Additional processing operations were then applied to calibrate them for the region, based on the climatological circumstances and crop calendar. Adding together these monthly requirements, the seasonal IWR coefficients were provided to calculate the total water consumption. The monthly water resources availabilities from both groundwater and surface sources were also computed using the records of the regional water organization of the Isfahan and additional detailed geostatistical processing operations in GIS environment.

3-Results and discussion

Quantitative analysis of the results showed the precedence of FGP, based on the simultaneous achievement to the objectives over the others. Expenditure and water consumption of the FGP pattern are also less than the existing pattern, despite the nearly equal cultivated area of them, which indicates non-optimality of existing resources utilization in study area. The crop-mix in the FGP pattern has been changed so that the crops barley, rice, corn and onion have been excluded, area of alfalfa decreased and wheat and potato have also been increased in area.

Under the framework of the proposed model, all the objective functions and different environmental and socio-economic constraints can imprecisely be incorporated and a proper cropping plan can be made without involving any computational difficulty. Applying the multi-objective programming framework, the objectives of area, net return and employment maximization and the constraints of land, water, labor force and capital availability, rotation and a lower bound production are all fuzzily considered to determine an optimal cropping plan in a farming system. The comparison of the goal achievements and productive resources consumption in existing situations with the obtained goals of fuzzy multi-objective programming plan indicated the inoptimality of the current resources allocation and cropping pattern around the region. Changing the study rural region's existing pattern of cropping corresponding to the identified FGP results can help achieve considerable conservation of environmental and financial water and capital resources. Additionally, the income generation of the farming system is also increased as a result while the total area under cultivation remains unchanged. The only negligible drawback is that the employment rate is somewhat decreased. An extension of the investigated and applied fuzzy goal programming approach in agricultural systems planning for optimizing the ratio goal functions relating the outputs to the inputs may be one of the current research problems, which can be dealt with in the fields of fractional programming procedures.

References

Alizaseh, A. and G. Kamali. 2007. Irrigation water requirements of crops in Iran. Emam Reza University press, Mashhad, Iran.

Amini Fasakhodi, A. 2005. Application of fuzzy logic inference in regional planning and development studies. Knowledge and Development 17: 39-61.

Amini Fasakhodi, A. 2006. Evaluation of decision making units; using group fuzzy preference programming model. University of Isfahan Journal of Humanities 20 (1): 211-230.

Amini Fasakhodi, A., Nouri, S.H. and Hejazi, S.R., 2009.Determining optimal cropping pattern in the east region farming lands of Isfahan, using goal programming approach. Agriculture and Economics 4 (2): 175-197.

Asadpour, H. 2003. Application of crisp and fuzzy linear goal programming model in

economical studing f agricultural policies; Case of eastern Mazandaran province.PhD Thesis. Tarbiat Modares university. Tehran, Iran.

Asadpour, H., S. Khalilian and G. Peikani. 2005. Thery and application of fuzzy linear goal programming model in optimization of cropping pattern. Agricultural Economics and Development (Issue of Productivity and Efficuiency): 307-338.

Bellman R.E. and Zadeh L.A. 1970. Decision-making in a fuzzy environment.Management Science 17 (4), B141–B164.

Biswas A. and Pal B.B. 2005. Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system, Omega, 33: 391– 398.

Chanas S. and Kuchta D. 2002. Fuzzy goal programming - one notion, many meanings. Control and Cybernetics 31 (4): 871–890.

Charnes A. and Cooper W.W. 1961. Management Models and Industrial Applications of Linear Programming.Wiley, New York.

Chen L.H. and Tsai F.C. 2001. Fuzzy goal programming with different importance and priorities. European Journal of Operational Research 133: 548–556.

Derijani, A. and M. Koupahi. 2002. Application of crisp and goal programming technique in optimization of agricultural production. In: Proceeding of 3th Iranian Agricultural Economics Conference. Mashhad, Iran.

Farshi, A., M. Shariati, R. Jarollahi, M. Ghaemi, M. Shahabi Far and M. M. Tavallaei. 1997. Estimation of main crops irrigation water requirement in Iran. Agricultural Education Press. Karaj, Iran.

Ghasemi, A. 2003. Planning of irrigated agricultural production in northern Fars province under uncertainty; fuzzy approach.PhD Thesis. Tarbiat Modares university. Tehran, Iran.

Hannan E.L. 1981. On fuzzy goal programming. Decision Sciences 12: 522–531.

Guptaa A.P., Harboeb R. and Tabucanonc M.T. 2000. Fuzzy multiple-criteria decision making for crop area planning in Narmada river basin. Agricultural Systems, 63: 1-18.

Ignizio J.P. 1982. On the rediscovery of fuzzy goal programming. Decision Sciencies 13: 331-336.

Itoh T., Ishii H. and Nanseki T. 2003. A model of crop planning under uncertainty in agricultural management, Int. J. of Production Economics, 81-82: 555-558.

Keramatzadeh, A., A. H. Chizari and A. Mirzaei. 2006. Determination of agricultural water economical value using agriculture and horticulture integration model of optimal cropping pattern; Case of Barzoo Shirvan dam. Agricultural Economics and Development 54: 35-60.

Kim J.S. and Whang K.S. 1998. A tolerance approach to the fuzzy goal programming problems with unbalanced triangular membership function. European Journal of Operational Research 107: 614–624.

Mohamed R.H. 1997. The relationship between goal programming and fuzzy programming. Fuzzy Sets and Systems 89(2): 215–222.

Montero Riquelme F.J. and Ramos A.B. 2005. Land and water use management in vine growing by using geographic information systems in Castilla-La Mancha, Spain. Agricultural Water Management, 77: 82–95.

Narasimhan R. 1980. Goal programming in a fuzzy environment. Decision Sciences 11: 325-336.

Narasimban R. 1981. On fuzzy goal programming - some comments. Decision Sciencies 12: 532-538.

Rao S.S., Sundararaju K., Prakash B.G. and Balakrishna C. 1992. Fuzzy goal programming approach for structural optimization, AIAA J. 30 (5): 425-432.

Rubin P.A. and Narasimhan R. 1984. Fuzzy goal programming with nested priorities. Fuzzy Sets and Systems 14 (2): 115–129.

Sahoo B., Lohani A.K. and Sahu R.K. 2006. Fuzzy Multiobjective and Linear Programming Based Management Models for Optimal Land-Water-Crop System Planning. Water Resource Management, 20: 931-948.

Sakawa M. 1984. Interactive fuzzy decision making for multiobjective nonlinear programming problems.in: Grauer, M., Wierzbicki, A.P. (Eds.). Interactive Decision Analysis.Springer. Berlin, 105–112.

Sharma D.K., Ghosh D. and Alade.J.A. 2006.A fuzzy goal programming approach for regional rural development planning, Applied Mathematics and Computation, 176: 141–149.

Tiwari R.N., Dharmar S. and Rao J.R. 1987.Fuzzy goal programming - An additive model. Fuzzy Sets and Systems 24: 27–34.

Wang H.F. and Fu C.C. 1997.A generalization of fuzzy goal programming with preemptive structure. Computers and Operations Research 24 (9): 819–828.

Yaghoobi M.A. and Tamiz M. 2007. A method for solving fuzzy goal programming problems based on MINMAX approach. European Journal of Operational Research 177: 1580–1590.

Yang T., Ignizio J.P. and Kim H.J. 1991. Fuzzy programming with nonlinear membership functions: piecewise linear approximation, Fuzzy Sets and Systems 41: 39–53.

Zimmermann H-J. 1978. Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. Fuzzy Sets and Systems 1:45–55.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی