مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و پنج، شماره یک، فروردین ماه ۱۴۰۲(۲۱-۱)

تعیین الگوی بهینه کشت محصولات کشاورزی شهرستان جیرفت با رویکرد کاهش آلودگی و میزان مصرف آب

حمید محمدی [*]

hamidmohammadi@uoz.ac.ir

محمد جواد مهدی‌زاده راینی [۲]

وحید دهباشی [۱]

ابوالقاسم باقری [۳]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۵ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۲/۱۸**

چکیده

زمینه و هدف: اصلاح نظام تولید در بخش کشاورزی مستلزم تعریف و پیاده‌سازی الگویی برای کشت محصولات، برمبنای سیاست‌های کلان کشور، ساختار بازار، دانش کشاورزان و پتانسیل‌های منطقه‌ای و اقلیمی در راستای حفظ محیط زیست، کاهش مصرف آب و دستیابی به مزیت‌های اقتصادی پایدار است. هدف از مطالعه حاضر کاربرد مدل برنامه‌ریزی فازی خاکستری با رویکرد زیست محیطی و کاهش مصرف آب در تعیین الگوی بهینه کشت در شهرستان جیرفت می‌باشد.

روش بررسی: تحقیق حاضر از نظر هدف یک تحقیق کاربردی، از نظر روش مطالعه علی و از نظر روش تحقیق و ماهیت و شیوه نگرش پرداختن به مسأله استنباطی است. برنامه‌ریزی خاکستری یکی از روش‌های تحلیل سیستم‌های خاکستری، برای تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم حتمیت است.

یافته‌ها: نتایج نشان داد سطح زیر کشت سیب‌زمینی بین ۵۲۹۲ و ۵۳۲۸/۷ هکتار، در منطقه می‌تواند تغییر کند. سطح زیر کشت پیاز بین ۱۵۴۷ و ۲۳۴۹/۹ قابل‌تغییر است. سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی بین ۵۳۰/۶ و ۹۸۵/۴ هکتار، در منطقه می‌تواند تغییر کند. سطح زیر کشت هندوانه بین ۱۲۹/۵ و ۲۴۰/۵ قابل‌تغییر است. سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای بین ۸۴۰ و ۱۵۶۰ هکتار، در منطقه می‌تواند تغییر کند. سطح زیر کشت یونجه بین ۱۲۰۴/۷ و ۲۲۳۷/۳ قابل‌تغییر است. کشاورزان شهرستان جیرفت با توجه به محدودیت‌های ذکرشده و باهدف حداکثر مقدار سود، ۴۹۱۰/۱ هکتار گندم، ۱۶۴۴/۵ هکتار جو و ۲۰۶۳/۶ هکتار خیار می‌توانند کشت کنند.

۱- استادیار دانشگاه زابل، گروه اقتصاد کشاورزی، زابل، ایران. [*] (مسوول مکاتبات)

۲- دانشجوی دکتری اقتصاد کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران.

۳- استادیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

بحث و نتیجه‌گیری: از آنجا که توسعه خدمات زیربنائی در کاهش محدودیت‌های منابع تأثیر به‌سزائی دارد، توجه به این امر در خصوص استفاده بهینه از منابع برای افزایش سودآوری فعالیت‌های منطقه می‌تواند موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: الگوی بهینه کشت، برنامه‌ریزی ریاضی، محیط زیست، منابع آب، جیرفت.

J. Env. Sci. Tech., Vol 25, No. 1, April, 2023

Determining the optimal cultivation pattern of agricultural products in Jiroft city with the approach of reducing pollution and water consumption

Hamid Mohammadi [1*]
hamidmohammadi@uoz.ac.ir
Mohammad Javad Mehdizadeh Rayeni[2]
Vahid Dehbashi[1]
Abolghasem Bagheri [3]

Admission Date:March 9, 2022 Date Received: August 27, 2021

Abstract

Background and Objective: Improving the production system in the agricultural sector requires defining and implementing a model for crop cultivation, based on the country's macro policies, market structure, farmers' knowledge and regional and climatic potentials to protect the environment, reduce water consumption and achieve The economic benefits are sustainable. The purpose of this study is to apply the gray fuzzy planning model with an environmental approach and reduce water consumption in determining the optimal cultivation pattern in Jiroft.

Material and Methodology: The present research is an applied research in terms of purpose, causal in terms of study method, and in terms of research method and nature and method of approach to inference. Gray planning is one of the methods of analyzing gray systems for decision making under uncertainty.

Findings: The results showed that the area under potato cultivation between 5292 and 5328.7 hectares in the region can change. The area under onion cultivation can be changed between 1547 and 2349.9. The area under tomato cultivation between 530.6 and 985.4 hectares in the region can change. The area under watermelon cultivation can be changed between 129.5 and 240.5. The area under corn cultivation between 840 and 1560 hectares in the region can change. The area under alfalfa cultivation can be changed between 1204.7 and 22237.3. According to the mentioned restrictions and with the aim of maximum profit, the farmers of the region can cultivate 4910.1 hectares of wheat, 1644.5 hectares of barley and 2063.6 hectares of cucumbers.

Discussion and Conclusion: Since the development of infrastructure services has a great impact on reducing resource constraints, paying attention to this issue regarding the optimal use of resources to increase the profitability of regional activities can be effective.

Keywords: Optimal Cultivation Pattern, Mathematical Planning, Environment, Water Resources, Jiroft.

1- Assistant Professor, Zabol University, Department of Agricultural Economics, Zabol, Iran. * (*Corresponding Author*)
2- PhD student in Agricultural Economics, Zabol University, Zabol, Iran.
3- Assistant Professor, Department of Agricultural Economics, Payame Noor University, Tehran, Iran.

مقدمه

کشاورزی از نقطه نظر محیط زیستی بسیار مهم می‌باشد. با توجه به افزایش سریع جمعیت کشور، نیاز به تولید بیشتر محصولات کشاورزی بیش از پیش در جامعه احساس می‌شود. بنابراین، به نظر می‌رسد بهترین راه برای نیل به این مهم، افزایش تولید در واحد سطح باشد. اما، متاسفانه در ایران افزایش تولید همیشه یا با افزایش سطح زیر کشت همراه بوده و یا با مصرف هر چه بیشتر سموم و کودهای شیمیایی که در این میان مورد منفجر به کاهش سطح اراضی جنگلی و مرتعی شده و مورد دوم موجب بروز آلودگی‌های محیط زیستی و شیوع بیماری‌های خطرناک شده است. طوری که، علت عمده آلودگی آب‌های سطحی ناشی از مصرف بیش از حد کود و سموم شیمیایی در حال حاضر، زیان‌های فراوانی را به محیط زیست و سلامت عمومی مردم وارد کرده است. با این حال هر ساله بالغ بر ۴۰۰ میلیون دلار یارانه کود شیمیایی از سوی دولت پرداخت می‌شود تا همچنان مصرف کود شیمیایی در ایران چندین برابر استانداردهای جهانی باشد. این در حالی است که یارانه‌های مربوط به آب، کود و آفت‌کش‌ها استفاده بیش از اندازه را تشویق می‌نماید. شواهد مهمی مبنی بر این که استفاده از سموم و کودهای شیمیایی قادر به ایجاد خطرهای جدی برای محیط و سلامت جامعه می‌باشد، وجود دارد. پیامدهای محیطی مربوط به کود بسیار مهم‌تر از اثرات محیطی استعمال سم می‌باشد. در عین حال، مشکلات عمومی مربوط به سموم شامل آلودگی آب‌های زیرزمینی، مشکلات مربوط به سلامت جامعه، زیان به محصولات و گونه‌هایی که مورد هدف نیستند و همچنین پایداری سموم می‌باشد. وجود آفت‌کش‌ها در آب‌های زیرزمینی برای انسان بسیار خطرناک است و سبب اختلالات ناهنجار در سیستم عصبی، غدد درون‌ریز و سیستم ایمنی بدن می‌شود. ترکیب آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی در آب‌های زیرزمینی سبب ایجاد موارد بسیار خطرناک‌تر در مقایسه با آثار تک تک این مواد می‌شود. آفت‌کش‌ها همچنین از طریق مکانیزم‌های مختلفی مانند ایجاد تغییرات مستقیم در DNA، جهش و آثار سمی روی سیستم ایمنی، سبب ایجاد سرطان می‌شوند (۱).

از سویی محدودیت منابع آب، رشد سریع جمعیت و نیاز به تولید بیشتر، سبب شده است که در بخش کشاورزی، نسبت به سایر بخش‌های مصرف‌کننده آب، تقاضای بیشتری برای مصرف این نهاده وجود داشته باشد. بنابراین، مهم‌ترین چالش بخش کشاورزی در شرایط کنونی چگونگی تولید بیشتر غذا از آب کمتر است. اتکای به منابع آب‌های زیرزمینی سهم اصلی را در تأمین آب دارد. طی دو الی سه دهۀ اخیر بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی به نحوی روزافزون افزایش یافته است. به‌گونه‌ای که برداشت بیش از حد از منابع، منجر به افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی و به وجود آمدن بیلان منفی در بسیاری از نقاط جهان شده است. با توجه به سهم بالای مصرف آب در بخش کشاورزی و محدودیت این منبع حیاتی و وجود خشکسالی‌های متناوب در کشور، صرفه‌جویی در مصرف و استفاده بهینه از آب موجود امری ضروری است. و در این زمینه، انتخاب روش‌های مناسب برای بیشینه کردن محصول تولیدی به ازای مصرف هرچه کمتر آب ضروری است. در این راستا یکی از راه‌های اصلاح الگوی مصرف آب، استفاده از استراتژی کم‌آبیاری می‌باشد. که با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به‌عنوان یک راهکار سودمند در وضعیت محدودیت آب و با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب مصرفی، مطرح شود. کم‌آبیاری یک راهکار بهینه‌سازی است که به‌صورت هدفمند، محصولات را به عمد در شرایط کمبود آب و کاهش عملکرد قرار می‌دهد (۲).

تعیین الگوی بهینه کشت از مسایل مورد توجه در اقتصاد کشاورزی می‌باشد. هدف از تعیین الگوی بهینه، مشخص کردن ترکیبی از محصولات برای کشت در واحدهای زراعی یا منطقه با توجه به ویژگی‌های کشت محصولات مختلف، حجم تقاضا، منابع آب و خاک در دسترس، نیروی انسانی، سرمایه، تجهیزات کشاورزی و موارد مشابه دیگر به منظور حداکثر کردن تولید، سود و یا حفظ محیط زیست می‌باشد (۳). در دهه‌های اخیر، حداکثر کردن رفاه اقتصادی کشاورزان مورد توجه متخصصین بوده است. این امر، موجب غفلت از پیامدهای محیط زیستی استفاده بی‌رویه از نهاده‌های کشاورزی همچون آب و کودهای

شیمیایی شده است (۴). مطالعات بسیاری در زمینه تعیین الگوی بهینه کشت در مناطق مختلف، با روش‌ها و اهداف گوناگون صورت گرفته است. که به چند نمونه از آن‌ها اشاره می‌شود.

فتحی و زیبایی (۱۳۹۹)، مطالعه‌ای تحت عنوان مدیریت بهینه کشت محصولات زراعی دشت فیروزآباد در راستای پایداری منابع آب و خاک با استفاده از الگوی برنامه‌ریزی فازی انجام دادند. نتایج نشان داد که الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی فازی برای سال‌های دارای شرایط نرمال و کم‌آبی ارائه گردید. بگونه‌ای که درجه عضویت هر سه هدف تقریباً به یک میزان ایجاد رضایتمندی را نشان دادند. الگوهای کشت ارائه شده در شرایط کم آبی شامل گندم ۲۵، جو ۴۴، ذرت ۳، چغندر ۴۸ می‌باشد و همین محصولات با سطوح مختلف کم-آبیاری در سال نرمال پیشنهاد شد. نتایج حاکی از آن است که الگوی ارائه شده با میانگین ده ساله دشت فیروزآباد تفاوت آشکاری ندارند و محصولات انتخابی بر اساس سیستم های مختلف آبیاری و تنش آبی انتخاب شدند.

اسعدی و نجفی علمدارلو (۱۳۹۸)، در مطالعه‌ای به ارزیابی اقتصادی الگوی بهینه کشت در راستای کاهش استفاده از منابع آب زیرزمینی دشت دهگلان با استفاده از مدل برنامه‌ریزی ریاضی اثباتی (PMP) پرداختند. نتایج نشان داد که با تدوین الگوی بهینه کشت محصولات زراعی، مقدار صرفه‌جویی آب در سناریوی اول تا سوم به ترتیب به میزان ۲۲/۱، ۳۰/۵ و ۳۵/۵ درصد و سود ناخالص مزرعه به ترتیب ۴/۶، ۹/۳ و ۱۴/۸ درصد کاهش می‌یابد (۲). سردار شهرکی و همکاران (۱۳۹۵)، در مطالعه‌ای به بررسی رویکردهای مدیریتی بهره‌برداری منابع آب منطقه سیستان با استفاده از تحلیل سلسله مراتبی فازی (FAHP) پرداختند. طبق نتایج بر اساس سه رویکرد اقتصادی، اجتماعی و فنی بخش کشاورزی با بیشترین وزن، در اولویت اول قرار گرفت. وزن بخش کشاورزی در رویکردهای مذکور به ترتیب ۰/۸۵۱، ۰/۷۱۰ و ۰/۷۸۹ به دست آمد. در رویکرد زیست محیطی (تالاب هامون) به عنوان گزینه برتر با وزن ۰/۶۰۳ و بخش کشاورزی و شرب به ترتیب با وزن ۰/۳۶۴ و ۰/۰۳۳ در اولویت دوم و سوم قرار گرفتند (۵). هاتف و همکاران (۱۳۹۵)، در مطالعه خود به تعیین الگوی بهینه کشت محصولات عمده زراعی استان خراسان رضوی بر اساس مزیت نسبی تولید پرداختند. نتایج مطالعه نشان داد که محصولات زراعی عدس آبی، لوبیا قرمز آبی و ذرت دانه‌ای آبی به دلیل نداشتن مزیت نسبی از الگوی کشت حذف و محصولات زراعی گندم دیم و آبی، جو آبی، پنبه آبی، جو دیم، نخود دیم، شلتوک، نخود آبی، عدس دیم و آفتاب گردان آبی به دلیل پایین بودن رتبه مزیت نسبی با کم ترین سطح زیر کشت در الگو قرار گرفتند و محصولات زراعی چغندرقند، گوجه فرنگی آبی، هندوانه آبی، سیب زمینی آبی، کلزا آبی، خیار آبی، پیاز آبی و هندوانه دیم دارای افزایش در سطح زیر کشت نسبت به الگوی موجود شده‌اند (۶). محسنی و شهرکی (۱۳۹۴)، کاربرد برنامه‌ریزی فازی خاکستری در تخصیص منابع آب شهرستان یزد را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که برای تخصیص بهینه منابع آب، اولویت با حداکثر کردن سود اقتصادی سیستم (سود بخش‌های کشاورزی، صنعت و شرب) و سپس سود زیست محیطی (مربوط به منافع آبیاری فضای سبز) است. همچنین با کاربرد برنامه‌ریزی فازی خاکستری، درجه خاکستری بودن مربوط به سود خالص سیستم و سود زیست محیطی به ترتیب ۹ درصد و ۴۳ درصد کاهش یافت (۷). محسنی و همکاران (۱۳۹۶)، به تعیین الگوی بهینه کشت با هدف پایداری منابع آب در دشت ارزوئیه: به کمک برنامه‌ریزی کسری فازی پرداختند. نتایج نشان داد که الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی کسری فازی برای دستیابی به پایداری با الگوی کشت فعلی و برنامه‌ریزی خطی اختلاف زیادی دارد. همچنین با وجود کاهش بازده ناخالص کل در مدل برنامه‌ریزی کسری فازی، میزان بازده ناخالص در این نوع برنامه‌ریزی به ازای هر مترمکعب آب ۱۰ درصد افزایش یافته است. این بدان معناست که حداکثرکردن بازده حاصل از کشت محصولات زراعی با رعایت پایداری منابع آب و حداقل کردن مصرف آب به نفع جامعه است (۸). صبوحی و خسروی (۱۳۸۸)، در مطالعه‌ای با استفاده از مدل برنامه‌ریزی آرمانی و با در نظر گرفتن مجموعه-

ای از اهداف اقتصادی و محیط زیستی به بهینه‌سازی الگوی کشت در منطقه زرقان پرداختند. این مدل، به زارعین این امکان را می‌دهد که همزمان با به دست آوردن حداکثر درآمد اقتصادی، ملاحظات محیط زیستی را نیز برای جلوگیری از تخریب منابع در الگوی کشت خود لحاظ کنند. نتایج نشان می-دهد که با در نظر گرفتن ساختار اولویت‌بندی، مدیر واحد کشاورزی می‌تواند الگوی کشت را به طور نسبی بهبود بخشیده و از منابع و نهاده‌ها به نحو مطلوب‌تری استفاده نماید (۴). رضایی و سروری نوبهار (۱۳۹۱) در پژوهش خود به تعیین الگوی بهینه کشت در استان خراسان رضوی با استراتژی محیط زیستی پرداختند. آن‌ها با استفاده از الگوی الگوریتم ژنتیک، استراتژی محیط زیستی را به صورت حداقل کردن مصرف کود در نظر گرفتند و الگوی کشت در این منطقه را با رویکرد محیط زیستی تعیین نمودند (۳). عسگری و همکاران (۱۳۹۱)، در مطالعه خود به مقایسه توانایی رهیافت برنامه‌ریزی امکان در ارائه الگوی بهینه با رهیافت برنامه‌ریزی فازی پرداختند. آن‌ها در تدوین مدل تخصیص بهینه زمین‌های کشاورزی در استان زنجان برای محصولات تحت مطالعه، اهداف سود خالص، آب، کود و نیروی کار، را به صورت فازی وارد مدل کردند. نتایج حاکی از آن است که با ایجاد انعطاف در ضرایب مدل که ناشی از بی‌دقتی در اطلاعات است با نگرش و تفکر فازی، این بی‌دقتی تا حد زیادی برطرف می‌شود و شرایط الگوی کشت به طور نسبی بهبود می‌یابد و از منابع و نهاده‌ها به نحو مطلوب‌تری استفاده می‌شود (۹). ونگ و همکاران (۲۰۰۹)، مدل بهینه-سازی چندهدفه را برای تخصیص آب در بخش‌های کشاورزی، شرب، صنعت و زیست محیطی در حوضه رودخانه هایهه در چین به کار بردند (۱۰). لی و همکاران (۲۰۰۶)، به منظور مدیریت تخصیص آب تحت شرایط عدم اطمینان، با استفاده از مدل برنامه‌ریزی خطی تصادفی بازه‌ای به تخصیص آب در شرایط عدم اطمینان پرداختند. آن‌ها نشان می‌دهند که مدل-های برنامه‌ریزی بازه‌ای دارای سازگاری بیشتری با دنیایی واقعی بوده و می‌توانند برای مسائل مدیریت تخصیص آب به عنوان یک مدل کاربردی مورد استفاده قرار گیرند و علاوه بر این، یک بینش و درک صحیح در مورد مبادله اهداف محیط زیستی و اقتصادی ایجاد می‌کنند (۱۱).

با عنایت به مطالعات فوق، بررسی محققان نشان می‌دهد تاکنون مطالعه‌ای در خصوص کاربرد مدل برنامه‌ریزی فازی خاکستری با رویکرد زیست محیطی و کاهش مصرف آب در تعیین الگوی بهینه کشت شهرستان جیرفت که یکی از قطب-های مهم کشور در زمینه فعالیت‌های کشاورزی محسوب می-شود، انجام نشده است. از طرفی دیگر، در بیشتر مطالعات، محققان کمتر رویکردهای زیست محیطی و پایداری منابع آب را در نظر گرفته‌اند. به این ترتیب ضروری به نظر می‌رسد که رویکرد زیست محیطی و کاهش مصرف آب در تعیین الگوی بهینه کشت در راستای حفظ محیط زیست و حفاظت و پایداری منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت با استفاده از مدل برنامه‌ریزی فازی خاکستری مورد بررسی قرار گیرد.

روش بررسی

برنامه‌ریزی خاکستری یکی از روش‌های تحلیل سیستم‌های خاکستری، برای تصمیم‌گیری تحت شرایط عدم حتمیت است. تئوری برنامه‌ریزی خاکستری توسط دنگ[1](۱۹۸۰) و بعدها توسط هانگ (۱۹۹۶)، برای حل مسایل عدم حتمیت بیان شد. یک عدد که ارزش واقعی آن به طور قطعی نمی‌تواند بیان شود ولی، توسط یک بازه شناخته می‌شود یک عدد خاکستری است. برای مثال اگر $\otimes(a)$ یک عدد خاکستری باشد، آنگاه رابطه $\otimes(a) = [\underline{\otimes}(a), \overline{\otimes}(a)]$ برقرار است. به طوری که $\underline{\otimes}(a)$ حد پایین و $\overline{\otimes}(a)$ حد بالای عدد خاکستری می‌باشد (۱۲).

یک عدد خاکستری به صورت زیر تعریف می‌شود (۱۳).

که در آن x^- و x^+ به عنوان حد بالا و پایین $x^\pm$ تعریف می‌شوند و هنگامی که x^+ و x^- باهم برابرند، این فاصله به عدد قطعی x تبدیل می‌شود. روابط زیر در مورد $x^\pm$ به کار می‌رود (۱۳).

1- Dang

$$\otimes(x)^{\pm} \geq 0 \quad iff \quad \otimes(x)^{-} \geq 0 \;, \otimes(x)^{+} \geq 0$$
$$\otimes(x)^{\pm} \leq 0 \quad iff \quad \otimes(x)^{-} \leq 0 \;, \otimes(x)^{+} \leq 0$$
$$\otimes(x)_1^{\pm} \leq \otimes(x)_2^{\pm} \quad iff \quad \otimes(x)_1^{-} \leq \otimes(x)_2^{-} \;, \otimes(x)_1^{+} \leq \otimes(x)_2^{+}$$
$$\otimes(x)_1^{\pm} \prec \otimes(x)_2^{\pm} \quad iff \quad \otimes(x)_1^{-} \prec \otimes(x)_2^{-} \;, \otimes(x)_1^{+} \prec \otimes(x)_2^{+}$$

برنامه‌ریزی خاکستری به صورت زیر فرمول‌بندی می‌شود (۱۳).

$$Min \otimes(f) = \otimes(C)\otimes(X)$$
$$subject\ to:\ \otimes(A)\otimes(X) \leq \otimes(B)$$
$$\otimes(x_j), \otimes(x_j) \in \otimes(X), \qquad \forall_j = 1, \dots, n$$
$$where$$
$$\otimes(C) = [\otimes(c_1), \otimes(c_2), \dots, \otimes(c_n)],$$
$$\otimes(X)^T = [\otimes(x_1), \otimes(x_2), \dots, \otimes(x_n)],$$
$$\otimes(B)^T = [\otimes(b_1), \otimes(b_2), \dots, \otimes(b_m)],$$
$$\otimes(A) = \{\otimes(a_{ij})\}, \qquad \forall i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n.$$

به ازای بردارهای خاکستری $\otimes(C)$ و $\otimes(B)$ و ماتریس خاکستری $\otimes(A)$، روابط زیر برقرار است.

$$\otimes(c_j) = \left[\underline{\otimes}(c_j), \overline{\otimes}(c_j)\right] \qquad \forall j$$
$$\otimes(b_j) = \left[\underline{\otimes}(b_i), \overline{\otimes}(b_i)\right] \qquad \forall i$$
$$\otimes(a_{ij}) = \left[\underline{\otimes}(a_{ij}), \overline{\otimes}(a_{ij})\right] \qquad \forall i, j$$

زمانی که برخی از پارامترهای موجود در تابع هدف و در محدودیت‌ها اعداد خاکستری هستند،حد بالا و پایین جواب به صورت زیر خواهد بود.

$$\otimes(f^*) = \left[\underline{\otimes}(f^*), \overline{\otimes}(f^*)\right]$$
$$\otimes(X^*) = [\otimes(x_1^*), \otimes(x_2^*), \dots, \otimes(x_n^*)]$$
$$\otimes(x_j^*) = \left[\underline{\otimes}(x^*{}_j), \overline{\otimes}(x^*{}_j)\right], \qquad \forall j$$

برنامه‌ریزی فازی خاکستری به صورت زیر فرمول‌بندی می‌شود

(۱۳)

$$\text{Max} \otimes(\lambda)$$
$$subject\ to$$
$$[\otimes(E)\otimes(X)]_i \leq d_i + \left(1 - \otimes(\lambda)\right)p_i, i = 1 \dots, m+1$$
$$\otimes(x_j) \geq 0, \otimes(x_j) \in \otimes(X), j = 1, \dots, n$$
$$0 \leq \otimes(\lambda) \leq 1$$
$$where$$

$$\otimes(X)^T = [\otimes(x_1), \otimes(x_2), \dots, \otimes(x_n)]$$

$$\otimes(E) = \{\otimes(e_{ij})\}, \qquad \forall i = 1, \dots, m+1, j = 1, \dots, n$$

$$\otimes(e_{ij}) = \begin{cases} \otimes(c_j) & i = 1, \forall j \\ \otimes(a_{ij}) & i = 2,3, \dots, m+1, \forall j \end{cases}$$

$$d_i = \begin{cases} \underline{\otimes}(f) & i = 1 \\ \underline{\otimes}(b_{i-1}) & i = 2,3, \dots, m+1 \end{cases}$$

$$p_i = \begin{cases} \overline{\otimes}(f) - \underline{\otimes}(f) & i = 1 \\ \overline{\otimes}(b_{i-1}) - \underline{\otimes}(b_{i-1}) & i = 2,3, \dots, m+1 \end{cases}$$

که در آن به ازای ماتریس خاکستری $\otimes(E)$، رابطه‌ی زیر برقرار است.

$$\otimes(e_{ij}) = \left[\underline{\otimes}(e_{ij}), \overline{\otimes}(e_{ij})\right], \qquad \forall i, j$$

با توجه به تعاریف ذکرشده، ساختار مدل برنامه‌ریزی فازی خاکستری به صورت زیر است (۱۳)

$$Max \otimes(\lambda)$$
$$subject\ to:$$
$$\otimes(C) \otimes(X) \leq \underline{\otimes}(f) + [1 - \otimes(\lambda)]\left[\overline{\otimes}(f) - \underline{\otimes}(f)\right]$$
$$\otimes(A) \otimes(X) \leq \underline{\otimes}(B) + [1 - \otimes(\lambda)]\left[\overline{\otimes}(B) - \underline{\otimes}(B)\right]$$
$$\otimes(x_{ij}) \geq 0, \otimes(x_j) \in \otimes(X), j = 1, \dots, n$$
$$0 \leq \otimes(\lambda) \leq 1$$
$$where$$
$$\overline{\otimes}(B)^T = [\overline{\otimes}(b_1), \overline{\otimes}(b_1), \dots, \overline{\otimes}(b_n)]$$
$$\underline{\otimes}(B)^T = [\underline{\otimes}(b_1), \underline{\otimes}(b_2), \dots, \underline{\otimes}(b_n)]$$

زمانی که برخی از پارامترهای موجود در تابع هدف و محدودیت‌ها اعداد خاکستری هستند، جواب به صورت زیر خواهد بود (۱۲)

$$\otimes(\lambda^*) = [\underline{\otimes}(\lambda^*), \overline{\otimes}(\lambda^*)],$$
$$\otimes(f^*) = [\underline{\otimes}(f^*), \overline{\otimes}(f^*)],$$
$$\otimes(X^*) = [\otimes(x_1^*), \otimes(x_2^*), \dots, \otimes(x_n^*)],$$
$$\otimes(x_j^*) = [\underline{\otimes} x_j^*, \overline{\otimes}(x_j^*)], \qquad \forall_j$$

برنامه‌ریزی خاکستری با روش ارائه‌شده در زیر، به برنامه‌ریزی سفید(قطعی) تبدیل می‌شود. (۱۳)

$$Max \otimes_m(\lambda)$$
$$subject\ to$$

$$\otimes_m(C)\otimes_m(X)\leq\underline{\otimes}(f)+[1-\otimes_m(\lambda)]\left[\overline{\otimes}(f)-\underline{\otimes}(f)\right]$$
$$\otimes_m(A)\otimes_m(X)\leq\underline{\otimes}(B)+[1-\otimes_m(\lambda)]\left[\overline{\otimes}(B)-\underline{\otimes}(B)\right]$$
$$\otimes_m(x_j)\geq 0,\quad \otimes_m(x_j)\varepsilon\otimes_m(X),\qquad j=1,\dots,n$$
$$0\leq\otimes_m(\lambda)\leq 1$$
where
$$\otimes_m(C)=\{\otimes_m(c_j)\},\qquad \forall j$$
$$\otimes_m(A)=\{\otimes_m(a_{ij})\},\qquad \forall i,j$$

$\otimes_m(a_{ij})$ و $\otimes_m(c_j)$، ارزش قطعی اعداد خاکستری $\otimes(a_{ij})$ و $\otimes(c_j)$ می‌باشد. با حل این مدل،جواب‌های قطعی(سفید)حاصل از حل معادلات بالا که در بازه جواب‌های خاکستری قرار دارند به دست خواهد آمد.در تابع هدف برای n ضریب خاکستری $\left(\otimes(C_j)(j=1,2,\dots,n)\right)$، $\left(\otimes(f)=\otimes(C)\otimes(X)\right)$، اگر K_1 ضریب مثبت و K_2 ضریب منفی وجود داشته باشد $(K_1+K_2=n)$، برای ضرایب مثبت و منفی به ترتیب روابط زیر برقرار است.

$$\otimes(c_j)\geq 0\quad j=1,2,\dots,k1$$
$$\otimes(c_j)\leq 0\quad j=1,2,\dots,k_2$$

روابط زیر برای ارائه‌ی حد بالا و پایین $\otimes(f')$ وجود دارد.

$$\overline{\otimes}(f')=\overline{\otimes}(c_1)\overline{\otimes}(x_1)+\overline{\otimes}(c_2)\overline{\otimes}(x_2)+\dots+\overline{\otimes}(c_{k_1})\overline{\otimes}(x_{k_1})+\underline{\otimes}(c_{k_1+1})\overline{\otimes}(x_{k_1+1})$$
$$+\dots+\underline{\otimes}(c_n)\overline{\otimes}(x_n)$$
$$\underline{\otimes}(f')=\underline{\otimes}(c_1)\underline{\otimes}(x_1)+\underline{\otimes}(c_2)\underline{\otimes}(x_2)+\dots+\underline{\otimes}(c_{k_1})\underline{\otimes}(x_{k_1})+\overline{\otimes}(c_{k_1+1})\underline{\otimes}(x_{k_1+1})$$
$$+\dots+\overline{\otimes}(c_n)\underline{\otimes}(x_n)$$

به منظور به دست آوردن حد بالای $\otimes(f')$ ، محدودیت $\otimes(A)\otimes(X)\leq\otimes(B)$ به صورت زیر ارائه می‌شود.

(۱۳)

$$\underline{\otimes}(a_{i1})\overline{\otimes}(x_1)+\underline{\otimes}(a_{i2})\overline{\otimes}(x_2)+\dots+\underline{\otimes}(a_{ik_1})\overline{\otimes}(x_{k_1})+$$
$$\underline{\otimes}(a_{ik_1+1})\overline{\otimes}(x_{k_1+1})+\dots+\underline{\otimes}(a_{in})\overline{\otimes}(x_n)\leq\underline{\otimes}(b_i)\forall i$$

به طور مشابه برای به دست آوردن حد پایین$\otimes(f')$ ، محدودیت مذکور به صورت زیر درمی‌آید (۱۳)

$$\overline{\otimes}(a_{i1})\underline{\otimes}(x_1)+\overline{\otimes}(a_{i2})\underline{\otimes}(x_2)+\dots+\overline{\otimes}(a_{ik_1})\underline{\otimes}(x_{k_1})+$$
$$\overline{\otimes}(a_{ik_1+1})\underline{\otimes}(x_{k_1+1})+\dots+\overline{\otimes}(a_{in})\underline{\otimes}(x_n)\leq\overline{\otimes}(b_i)\forall i$$

برای عدد قطعی $\otimes_m(x^*)$، روابط زیر برقرار است (۱۳)

$$\overline{\otimes}(x_j)\geq\otimes_m(x_j^*),\qquad j=1,2,\dots,k_1.$$
$$\underline{\otimes}(x_j)\leq\otimes_m(x_j^*)\qquad j=k_1+1,k_1+2,\dots,n.$$
$$\underline{\otimes}(x_j)\leq\otimes_m(x_j^*)\qquad j=1,2,\dots,k_1.$$
$$\overline{\otimes}(x_j)\geq\otimes_m(x_j^*),\qquad j=k_1+1,k_1+2,\dots,n.$$

بنابراین مدل برنامه‌ریزی خاکستری برای حل باید به دو زیر مدل تقسیم شود. زیر مدل اول حد پایین λ را به دست می‌دهد که به صورت زیر ارائه می‌شود (۱۴)

$$Max \ \underline{\otimes}(\lambda)$$

$$subject\ to$$

$$\overline{\otimes}(c_1)\overline{\otimes}(x_1)+\overline{\otimes}(c_2)\overline{\otimes}(x_2)+\ldots+\overline{\otimes}(c_{k_1})\overline{\otimes}(x_{k_1})+\underline{\otimes}(c_{k_1+1})\overline{\otimes}(x_{k_1+1})$$
$$+\ldots+\underline{\otimes}(c_n)\overline{\otimes}(x_n)\leq\underline{\otimes}(f')+[1-\underline{\otimes}(\lambda)][\overline{\otimes}(f)-\underline{\otimes}(f)]$$

$$\underline{\otimes}(a_{i1})\overline{\otimes}(x_1)+\underline{\otimes}(a_{i2})\overline{\otimes}(x_2)+\ldots+\underline{\otimes}(a_{ik_1})\overline{\otimes}(x_{k_1})+\underline{\otimes}(a_{ik_1+1})\overline{\otimes}(x_{k_1+1})$$
$$+\ldots+\underline{\otimes}(a_{in})\overline{\otimes}(x_n)\leq\underline{\otimes}(b_i)+[1-\underline{\otimes}(\lambda)][\overline{\otimes}(b_i)-\underline{\otimes}(b_i)] \qquad \forall i$$

$$\overline{\otimes}(x_j)\geq\otimes_m(x_j^*),\quad j=1,2,\ldots,k_1.$$
$$\underline{\otimes}(x_j)\leq\otimes_m(x_j^*)\quad j=k_1+1,k_1+2,\ldots,n.$$
$$0\leq\otimes(\lambda)\leq 1$$

و حد بالای λ توسط زیر مدل زیر به دست می‌آید (۱۴)

$$Max \ \overline{\otimes}(\lambda)$$

$$subject\ to:$$

$$\underline{\otimes}(c_1)\underline{\otimes}(x_1)+\underline{\otimes}(c_2)\underline{\otimes}(x_2)+\ldots+\underline{\otimes}(c_{k_1})\underline{\otimes}(x_{k_1})+\overline{\otimes}(c_{k_1+1})\underline{\otimes}(x_{k_1+1})$$
$$+\ldots+\overline{\otimes}(c_n)\underline{\otimes}(x_n)\leq\overline{\otimes}(f')+[1-\overline{\otimes}(\lambda)][\overline{\otimes}(f)-\underline{\otimes}(f)]$$

$$\overline{\otimes}(a_{i1})\underline{\otimes}(x_1)+\overline{\otimes}(a_{i2})\underline{\otimes}(x_2)+\ldots+\overline{\otimes}(a_{ik_1})\underline{\otimes}(x_{k_1})+\overline{\otimes}(a_{ik_1+1})\underline{\otimes}(x_{k_1+1})$$
$$+\ldots+\overline{\otimes}(a_{in})\underline{\otimes}(x_n)\leq\overline{\otimes}(b_i)+[1-\overline{\otimes}(\lambda)][\overline{\otimes}(b_i)-\underline{\otimes}(b_i)]\forall i$$

$$\underline{\otimes}(x_j)\leq\otimes_m(x_j^*)\quad j=1,2,\ldots,k_1.$$
$$\overline{\otimes}(x_j)\geq\otimes_m(x_j^*),\quad j=k_1+1,k_1+2,\ldots,n.$$
$$0\leq\otimes(\lambda)\leq 1$$

با در نظر گرفتن جواب‌های به دست آمده از حل دو زیر مـدل بالا،حل برنامه‌ریزی فازی خاکستری به صورت زیر ارائه می‌شود (۱۴)

$$\otimes(\lambda^*)=\left[\underline{\otimes}(\lambda^*),\overline{\otimes}(\lambda^*)\right],$$
$$\otimes(f^*)=\left[\underline{\otimes}(f^*),\overline{\otimes}(f^*)\right],$$
$$\otimes(x_j^*)=\left[\underline{\otimes}(x_j^*),\overline{\otimes}(x_j^*)\right],\qquad \forall j$$
$$k_1+k_2=n\Rightarrow k_2=0\Rightarrow k_1=n$$

که در فرمول ارائه‌شده $\otimes(\lambda^*)$ و $\otimes(f^*)$ و $\otimes(x_j^*)$ اعداد خاکستری هستند.

حد پایین λ عبارت است از:

در این پژوهش ضرایب منفی نداریم و به همین دلیل زیر مدل-های فوق به صورت زیر تغییر می‌یابند.

$$Max \ \underline{\otimes}(\lambda)$$

$$subject\ to$$

$$\overline{\otimes}(c_1)\overline{\otimes}(x_1)+\overline{\otimes}(c_2)\overline{\otimes}(x_2)+\ldots+\overline{\otimes}(c_{k_1})\overline{\otimes}(x_{k_1}) \leq \underline{\otimes}(f')+[1-\underline{\otimes}(\lambda)][\overline{\otimes}(f)-\underline{\otimes}(f)]$$

$$0 \leq \underline{\otimes}(\lambda) \leq 1$$

حد بالای λ عبارت است از:

$$\underline{\otimes}(a_{i1})\overline{\otimes}(x_1)+\underline{\otimes}(a_{i2})\overline{\otimes}(x_2)+\ldots+\underline{\otimes}(a_{ik_1})\overline{\otimes}(x_{k_1})+\underline{\otimes}(a_{ik_1+1})\overline{\otimes}(x_{k_1+1})+\ldots+\underline{\otimes}(a_{in})\overline{\otimes}(x_n) \leq \underline{\otimes}(b_i)+[1-\underline{\otimes}(\lambda)][\overline{\otimes}(b_i)-\underline{\otimes}(b_i)]\forall i$$

$$Max\ \overline{\otimes}(\lambda)$$

$$subject\ to:$$

$$\underline{\otimes}(c_1)\underline{\otimes}(x_1)+\underline{\otimes}(c_2)\underline{\otimes}(x_2)+\ldots+\underline{\otimes}(c_{k_1})\underline{\otimes}(x_{k_1}) \leq \overline{\otimes}(f')+[1-\overline{\otimes}(\lambda)][\overline{\otimes}(f)-\underline{\otimes}(f)]$$

$$\overline{\otimes}(a_{i1})\underline{\otimes}(x_1)+\overline{\otimes}(a_{i2})\underline{\otimes}(x_2)+\ldots+\overline{\otimes}(a_{ik_1})\underline{\otimes}(x_{k_1}) \leq \overline{\otimes}(b_i)+[1-\overline{\otimes}(\lambda)][\overline{\otimes}(b_i)-\underline{\otimes}(b_i)]\forall i$$

$$\underline{\otimes}(x_j) \leq \overline{\otimes}(x_j)$$

$$\underline{\otimes}(x_j) \leq \otimes_m(x_j^*) \quad j=1,2,\ldots,k_1.$$

$$0 \leq \overline{\otimes}(\lambda) \leq 1$$

منطقه مورد مطالعه

شهرستان جیرفت یکی از قطب‌های بسیار مهم کشاورزی در کشور و در جنوب استان کرمان است، به طوری که در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ با ۴۲۶۴۰ هکتار سطح زیر کشت و تولید ۷۷۵۲۹۸ تن محصول زراعی به ترتیب حدود ۲۴ درصد سطح زیر کشت استان، ۴۷ درصد از کل تولید محصولات کشاورزی استان و ۳ درصد از کل تولیدات کشور را به خود اختصاص داده است. بنابراین مطالعه‌ای در زمینه‌ی برنامه‌ریزی هرچه بهتر تولید محصولات در منطقه به نحوی که با عواملی مانند حفظ محیط زیست و پایداری منابع آب و امنیت غذایی منطبق باشد، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین کلیه آمار و اطلاعات لازم از آمارنامه‌های منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی و سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ استخراج شده است.

یافته‌های تحقیق

با توجه به مدل ذکرشده، الگوی کشت منطقه مورد بررسی به صورت زیر ارائه شده است. بازده برنامه‌ای محصولات مختلف در هر هکتار از حاصل‌ضرب عملکرد در قیمت بازاری و کسر هزینه‌های جاری تولید از آن به دست آمد. هدف، حداکثر کردن بازده برنامه‌ای کشاورز در نظر گرفته شده است. حد پایین و بالای بازده برنامه‌ای (تومان)، یعنی مقادیر حداقل و حداکثر بازده برنامه‌ای محصول مورد نظر تعیین شده است. کل زمین‌های زیر کشت منطقه برابر ۴۲۶۴۰ هکتار می‌باشد که بایستی ۲۱۳۲۰ هکتار از آن زیر کشت محصولات قرار گیرد. ضرایب محدودیت سطح زیر کشت فعالیت‌ها، عدد قطعی یک است. قابل‌ذکر است که حداقل کل سطح زیر کشت نباید از کل سطح زیر کشت موجود کمتر باشد (رستگاری‌پور و صبوحی، ۱۳۹۱). حداقل سرمایه قابل دسترس منطقه در سال زراعی مذکور (۱۳۹۷-۱۳۹۶)، برابر با ۷۹۸۴۵۶۲۳۱۵/۲ تومان در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶است که با احتساب اعتبارات سالانه و

اعتبارات اضافی اختصاص داده شده در منطقه، مقدار آن به ۱۳۵۷۸۹۶۲۳۵۱۰ تومان افزایش می‌یابد. حد بالا و حد پایین ضرایب x، برابر با نیاز محصولات به سرمایه می‌باشد. حداقل آب قابل‌دسترس منطقه در سال مذکور، برابر با ۹۷۴۵۲۶۸۲/۱ مترمکعب است که با احتساب بارندگی سالانه و آب اضافی رهاشده در منطقه، مقدار آن به ۱۸۷۲۵۶۳۲۵/۲ مترمکعب افزایش می‌یابد. حد بالا و حد پایین ضرایب x، برابر با نیاز آبی محصولات منطقه با در نظر گرفتن راندمان آبیاری ۴۰ و۶۰ درصد در نظر گرفته شده‌اند (رستگاری‌پور و صبوحی، ۱۳۹۱). به عبارت دیگر ضرایب سمت چپ نیز اعداد خاکستری هستند. حداقل ماشین‌آلات موجود در منطقه با احتساب ۸ ساعت کار در روز برابر با ۱۹۷۴۵۶/۱۵ ساعت و با احتساب ۱۰ ساعت کار در روز برابر با ۳۳۵۴۶۲/۱ ساعت می‌باشد. حد بالا و پایین ضرایب فعالیت‌ها، برابر با کم‌ترین و بیش‌ترین زمان مورد نیاز برای کاشت، داشت و برداشت محصولات منطقه به وسیله ماشین‌آلات بر حسب ساعت لحاظ شده است. حداقل نیروی کار کشاورزی موجود در منطقه برابر با ۱۰۱۷۸۴۶/۳ نفر روز کار می‌باشد که با احتساب سایر نیروی انسانی آماده به کار، تعداد آن‌ها به ۱۵۸۴۵۲۰/۳ نفر روز کار افزایش می‌یابد. حد بالا و پایین ضرایب سمت چپ برابر با کم‌ترین و بیش‌ترین نفر روز کارگری است که برای محصولات مختلف در منطقه مورد مطالعه به مساحت ۴۲۶۴۰ هکتار به کار گرفته‌شده‌اند. حداقل و حداکثر مقدار کود ازته موجود در منطقه برابر با ۴۷۹۲۶۵۰ و ۸۹۴۵۶۸۲/۳ کیلوگرم می‌باشد. ضرایب خاکستری سمت راست نیز، بازه نیاز کودی ازته محصولات منطقه را نشان می‌دهد. حداقل و حداکثر مقدار کود فسفاته موجود در منطقه برابر با ۲۷۸۶۳۲۰ و ۵۴۸۹۶۳۲/۱ کیلوگرم می‌باشد. ضرایب خاکستری سمت راست نیز، بازه نیاز کودی فسفاته محصولات منطقه را نشان می‌دهد. حداقل و حداکثر مقدار کود پتاس موجود در منطقه برابر با ۱۹۴۸۷۹۰و ۴۴۱۲۶۱۳/۲ کیلوگرم می‌باشد. ضرایب خاکستری سمت راست نیز، بازه نیاز کودی پتاس محصولات منطقه را نشان می‌دهد. منظور از حداقل نیاز کودی، حداقل مقداری است که کشاورزان برای محصول خود در نظر می‌گیرند و در آن مقدار، تولید محصول به خوبی صورت می‌گیرد. منظور از حداکثر نیاز کودی، کود مورد نیاز گیاه از نظر علمی می‌باشد.

حداقل و حداکثر مقدار سم علف‌کش موجود در منطقه برابر با ۱۵۸۷۵/۲ و ۲۹۸۴۵/۳ لیتر می‌باشد. ضرایب خاکستری سمت راست نیز، بازه نیاز سم علف‌کش محصولات منطقه را نشان می‌دهد. حداقل و حداکثر مقدار سم قارچ‌کش موجود در منطقه برابر با ۵۸۷۹/۳ و ۱۳۸۱۵/۲ لیتر می‌باشد. ضرایب خاکستری سمت راست نیز، بازه نیاز سم قارچ‌کش محصولات منطقه را نشان می‌دهد. حداقل و حداکثر مقدار سم حشره‌کش موجود در منطقه برابر با ۸۹۲۵/۴ و ۱۵۱۲۶/۱ لیتر می‌باشد. ضرایب خاکستری سمت راست نیز، بازه نیاز سم حشره‌کش محصولات منطقه را نشان می‌دهد. منظور از حداقل نیاز به سم، حداقل مقداری است که کشاورزان برای محصول خود در نظر می‌گیرند و در آن مقدار، تولید محصول به خوبی صورت می‌گیرد . منظور از حداکثر نیاز سم، سم مورد نیاز گیاه از نظر علمی می‌باشد.

برای حل مدل به روش خاکستری ابتدا حد بالای مدل محاسبه می‌شود. بدین منظور برای مقادیر سمت راست محدودیت‌ها و ضرایب فنی از مقادیر حداکثر که در جداول مربوط به داده‌ها آورده شده است استفاده می‌شود. پس از به دست آوردن حد بالای مدل، مقادیر به دست آمده برای متغیرهای تصمیم نیز به صورت محدودیت وارد مدل شده و به جای مقادیر حداکثر سمت راست محدودیت‌ها و ضرایب فنی از مقادیر حداقل که در جداول مربوط به داده‌ها آورده شده است استفاده می‌شود. نتایج حاصل از برنامه‌ریزی خاکستری به صورت زیر است.

جدول ۱- سطح زیر کشت حاصل از خروجی مدل برنامه‌ریزی خاکستری

Table 1. The area under cultivation resulting from solving the gray planning model

	وضعیت موجود	حد پایین حاصل از مدل خاکستری	حد بالای حاصل از حل مدل خاکستری
بازده برنامه‌ای	۱۱۹۹۷۵۵۵۸۳۴۰/۰۰	۹۷۴۵۷۱۴۰۰۰۰	۱۷۶۲۴۵۲۰۰۰۰۰
هزینه‌های جاری	۹۸۷۴۵۲۹۳۶۵۰/۲۰	۷۵۷۵۰۰۹۰۰۰۰	۱۳۵۷۸۹۶۰۰۰۰۰
آب	۱۳۹۵۸۴۷۱۵/۳۰	۶۹۷۸۷۵۹۰	۱۸۴۵۲۰۶۰۰
ماشین‌آلات	۲۵۸۹۶۲/۳۰	۱۹۷۴۵۶/۲	۳۲۱۹۴۹/۲
نیروی کار	۱۳۹۵۴۶۲/۳۰	۱۰۸۳۲۱۹	۱۵۶۲۰۳۲
کود ازته	۶۴۸۰۲۹۴/۳۰	۴۱۰۶۰۷۳	۸۸۷۵۱۴۵
کود فسفاته	۳۹۴۵۱۳۴/۲۰	۲۲۳۰۵۴۶	۵۴۸۹۶۳۲
کود پتاس	۲۸۹۷۳۶۰/۱۰	۱۸۹۶۰۶۰	۴۳۳۵۲۸۲
سم علف‌کش	۲۲۸۱۵/۳۰	۱۴۰۵۸/۴۵	۲۹۸۴۵/۳
سم قارچ‌کش	۸۹۷۴/۹۰	۵۶۴۰/۱۳	۱۳۷۸۵/۷۷
سم حشره‌کش	۱۲۹۸۶/۳۰	۸۰۱۱/۶۹	۱۷۹۴۵/۱

در جدول (۱) سطح زیر کشت حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی خاکستری آورده شده است.

مجموعه جواب حاصل از برنامه‌ریزی خاکستری نشان می‌دهد که سطح زیر کشت گندم، جو ،ذرت‌دانه‌ای و یونجه به ترتیب در بازه‌های [۲۶۴۳,۹,۴۸۹۳,۸۷]، [۱۵۸۳,۴۷,۱۶۴۴,۵]، [۱۲۶۴,۹۸,۱۴۳۶,۳۵]و[۱۲۶۹,۱۹۳۴,۶۴] هکتار قرار دارند. سطح زیر کشت سیب‌زمینی ۴۸۰۵/۳۶، پیاز ۱۵۴۷، گوجه‌فرنگی ۹۸۵/۴، خیار ۳۸۳۲/۴ و هندوانه ۲۴۰/۵ هکتار به دست آمد. مقادیر مطلوب حد بالا و پایین بازده برنامه‌ای به صورت زیر می‌باشد.

[۹۷۴۵۷۱۴۰۰۰۰،۱۷۶۲۴۵۲۰۰۰۰۰]

مقدار مطلوب حد بالای بازده برنامه‌ای ۱۷۶۲۴۵۲۰۰۰۰۰ده ریال و مقدار مطلوب حد پایین بازده برنامه‌ای ۹۷۴۵۷۱۴۰۰۰۰ ده ریال به دست آمد.

در جدول (۲) مقادیر مطلوب محدودیت‌های موجود در مدل آورده شده است که حدود پایین و بالای محدودیت‌های مدل می‌باشند که از حل مدل خاکستری حاصل‌شده‌اند.

درجه خاکستری بودن یک بازه به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Gd[\otimes(f)] = \{[\overline{\otimes}(f) - \underline{\otimes}(f)]/\otimes_m(f)\} \times 100$$

که در آن $\otimes_m(f)$ حد میانی بازه تعریف شده می‌باشد. در این مطالعه درجه خاکستری بودن روش خاکستری ۵۷,۵٪ می‌باشد.

الگوی برنامه‌ریزی فازی خاکستری

برای حل مدل برنامه‌ریزی خاکستری فازی همان طور که در معادلات فوق آورده شده است، ابتدا باید مقادیر حد بالا و حد پایین $\otimes(f')$ را با توجه به محدودیت‌های موجود (در مواد و روش‌ها آورده شده) به دست آوریم تا از آن‌ها در سمت راست محدودیت بازده برنامه‌ای روش خاکستری فازی استفاده کنیم.پس از حل حد بالا و حد پایین $\otimes(f')$ ، مقادیر زیر به دست آمد. حد بالای $\otimes(f')$ برابر با ۱۶۶۷۹۸۱۰۰۰۰۰ ده ریال و حد پایین آن ۹۷۵۱۵۴۴۰۰۰۰ ده ریال می‌باشد.

در این روش برنامه‌ریزی، بازه در نظر گرفته‌شده برای سود سیستم توسط متغیر تصمیم $\otimes(\lambda)$ محدود می‌شود. این متغیر نشان می‌دهد که بازه سود حاصل از مدل خاکستری تا چه حد محدود می‌شود. به عبارت دیگر، به ازای $\lambda = 1$،بازه

به حداکثر مقدار خود و به ازای $\lambda = 0$ بازه به حداقل مقدار خود می‌رسد. نتایج حاصل از برنامه‌ریزی فازی خاکستری به صورت زیر می‌باشد.

$$\lambda^{+}_{-} = [0.0964,1]$$
$$f^{+}_{-} = [166682500000,179475100000]$$

جدول ۲- مقادیر مطلوب محدودیت‌های موجود در مدل

Table 2. Optimal values of the constraints in the model

محصول	حد پایین به دست آمده از مدل	سطح زیر کشت موجود در منطقه	حد بالای به دست آمده از مدل
گندم	۲۶۴۳/۹	۳۷۷۷	۴۸۹۳/۸۷
جو	۱۵۸۳/۴۷	۱۲۶۵	۱۶۴۴/۵
سیب‌زمینی	۴۸۰۵/۳۶	۴۰۹۹	۴۸۰۵/۳۶
پیاز	۱۵۴۷	۲۲۱۰	۱۵۴۷
گوجه‌فرنگی	۹۸۵/۴	۷۵۸	۹۸۵/۴
خیار	۳۸۳۲/۴	۲۹۴۸	۳۸۳۲/۴
هندوانه	۲۴۰/۵	۱۸۵	۲۴۰/۵
ذرت دانه‌ای	۱۲۶۴/۹۸	۱۲۰۰	۱۴۳۶/۳۵
یونجه	۱۲۶۹	۱۷۲۱	۱۹۳۴/۶۴

که در آن λ^{+}_{-} بیانگر حد بالا و حد پایین متغیر تصمیم و f^{+}_{-} بیانگر حد بالا و حد پایین سود سیستم در حالت برنامه‌ریزی فازی خاکستری است. حد بالای متغیر تصمیم یک و حد پایین آن ۰،۰۹۶۴ می‌باشد. حد بالای سود سیستم ۱۷۹۴۷۵۱۰۰۰۰۰ ده ریال و حد پایین آن ۱۶۶۶۸۲۵۰۰۰۰۰ ده ریال می‌باشد. در جدول (۳) سطح زیر کشت حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی فازی خاکستری آورده شده است.

مجموعه جواب حاصل از برنامه‌ریزی خاکستری نشان می‌دهد که سطح زیر کشت سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، هندوانه، ذرت دانه‌ای و یونجه در بازه‌های [۵۳۲۸،۷،۵۲۹۲]، [۲۳۴۹،۹،۱۵۴۷]، [۶ ،۹۸۵،۴،۵۳۰]، [۵ ،۲۴۰،۵،۱۲۹] ، [۱۵۶۰،۸۴۰] و [۲۲۳۷،۳،۱۲۰۴،۷] هکتار قرار دارند. سطح زیر کشت گندم ۴۹۱۰،۱، جو ۱۶۴۴،۵ و خیار ۲۰۶۳،۶ هکتار به دست آمد.

مقادیر مطلوب محدودیت‌های موجود در مدل نیز به صورت زیر می‌باشد. در جدول (۴) مقادیر مطلوب محدودیت‌های موجود در مدل آورده شده است که حدود پایین و بالای محدودیت‌های مدل می‌باشند که از حل مدل فازی خاکستری حاصل‌شده‌اند.

جدول ۳- سطح زیر کشت حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی فازی خاکستری

Table 2. The area under cultivation resulting from solving the gray fuzzy programming model

محصول	حد پایین به دست آمده از مدل	سطح زیر کشت موجود در منطقه	حد بالای به دست آمده از مدل
گندم	۴۹۱۰/۱	۳۷۷۷	۴۹۱۰/۱
جو	۱۶۴۴/۵	۱۲۶۵	۱۶۴۴/۵
سیب‌زمینی	۵۲۹۲	۴۰۹۹	۵۳۲۸/۷
پیاز	۱۵۴۷	۲۲۱۰	۲۳۴۹/۹

گوجه‌فرنگی	۵۳۰/۶	۷۵۸	۹۸۵/۴
خیار	۲۰۶۳/۶	۲۹۴۸	۲۰۶۳/۶
هندوانه	۱۲۹/۵	۱۸۵	۲۴۰/۵
ذرت دانه‌ای	۸۴۰	۱۲۰۰	۱۵۶۰
یونجه	۱۲۰۴/۷	۱۷۲۱	۲۲۳۷/۳

جدول ۴- مقادیر مطلوب محدودیت‌های موجود در مدل فازی خاکستری

Table 4. Optimal values of the constraints in the gray fuzzy model

	وضعیت موجود	حد پایین حاصل از مدل فازی خاکستری	حد بالای حاصل از حل مدل فازی خاکستری
بازده برنامه ای	۱۱۹۹۷۵۵۵۸۳۴/۰۰	۱۶۶۶۸۲۵۰۰۰۰۰	۱۷۹۴۷۵۱۰۰۰۰۰
هزینه های جاری	۹۸۷۴۵۲۹۳۶۵۰/۲۰	۸۰۳۶۷۷۹۵۵۹۶/۶۳	۱۱۷۶۷۱۸۵۳۰۵۲/۰۹
آب	۱۳۹۵۸۴۷۱۵/۳۰	۸۹۹۲۰۶۲۶	۱۵۵۷۲۸۷۱۰
ماشین آلات	۲۵۸۹۶۲/۳۰	۲۳۳۳۸۵/۴۴	۲۷۶۱۸۷/۲۱
نیروی کار	۱۳۹۵۴۶۲/۳۰	۱۲۲۴۴۷۰/۱۶	۱۳۶۱۲۴۸/۶۹
کود ازته	۶۴۸۰۲۹۴/۳۰	۴۵۷۷۴۷۲	۷۸۰۱۳۷۷
کود فسفاته	۳۹۴۵۱۳۴/۲۰	۲۴۴۲۹۳۶/۸	۴۵۹۴۶۶۹/۵
کود پتاس	۲۸۹۷۳۶۰/۱۰	۲۱۳۱۱۰۰/۵	۳۶۴۳۲۰۵/۵
سم علف کش	۲۲۸۱۵/۳۰	۱۵۳۰۳/۹۲	۲۶۹۴۷/۰۲
سم قارچ کش	۸۹۷۴/۹۰	۴۴۴۷/۱۲	۱۱۱۲۸/۸۴
سم حشره کش	۱۲۹۸۶/۳۰	۷۳۷۰/۴۴	۱۵۰۶۲/۱۴

همان‌طور که در بالا گفته شد درجه خاکستری بودن یک بازه

به صورت زیر تعریف می‌شود.

$$Gd[\otimes(f)] = \{[\overline{\otimes}(f) - \underline{\otimes}(f)]/\otimes_m(f)\} \times 100$$

که در آن $\otimes_m(f)$ حد میانی بازه تعریف‌شده می‌باشد. در این مطالعه درجه خاکستری بودن روش فازی خاکستری ٪۷,۳۹ می‌باشد.همان طور که می‌بینید درجه خاکستری بودن مدل فازی خاکستری ٪۵۰,۱۸ از مدل خاکستری کمتر می‌باشد.

نتایج حاصل از برنامه‌ریزی خاکستری و فازی خاکستری

نتایج ارائه‌شده توسط مدل برنامه‌ریزی خاکستری دارای عدم قطعیت بالایی است. زیرا درجه خاکستری بودن آن زیاد می‌باشد. هر چه درجه خاکستری بودن زیادتر باشد، کارایی پاسخ‌های به دست آمده از حل مدل کمتر است. برای کاهش درجه خاکستری بودن، برنامه‌ریزی خطی خاکستری فازی استفاده شد. در این برنامه‌ریزی، بازه در نظر گرفته‌شده برای سود سیستم توسط متغیر تصمیم λ^{+}_{-}، محدود می‌شود. این متغیر نشان می‌دهد که بازه سود حاصل از مدل خاکستری تا چه حد محدود می‌شود. حد بالا و حد پایین متغیر تصمیم بیانگر محدودتر شدن بازه تعریف‌شده برای سود سیستم می‌باشد.

همان طور که درجه خاکستری بودن سود سیستم در حالت خاکستری ٪۵۷,۵۷ و درجه خاکستری بودن سود سیستم روش فازی خاکستری ٪۷,۳۹ می‌باشد. همان طور که ملاحظه می-

گردد با کاربرد برنامه‌ریزی فازی خاکستری درجه خاکستری بودن نتایج ۵۰,۱۸٪ کاهش نشان می‌دهد.

در جدول (۱) مقایسه‌ای بین الگوی کشت موجود در منطقه و الگوی کشت حاصل از حل مدل خاکستری ارائه شده است. همان طور که در جدول ملاحظه می‌شود سطح زیر کشت گندم و یونجه در بازه تعریف شده برای رسیدن به حداکثر سود قرار دارند. در مورد محصولات جو، سیب‌زمینی، گوجه‌فرنگی، خیار، هندوانه و ذرت دانه‌ای سطح زیر کشت موجود در منطقه از حد پایین سطح زیر کشت به دست آمده در مدل کمتر است ولی در مورد پیاز سطح زیر کشت موجود در منطقه از سطح زیر کشت به دست آمده بالاتر است.

در جدول (۳) مقایسه‌ای بین الگوی کشت موجود در منطقه و الگوی کشت حاصل از حل مدل فازی خاکستری ارائه شده است. همان طور که در جدول ملاحظه می‌شود سطح زیر کشت پیاز، گوجه‌فرنگی، هندوانه، ذرت دانه‌ای و یونجه در بازه تعریف‌شده برای رسیدن به حداکثر سود قرار دارند. در مورد محصولات گندم، جو و سیب‌زمینی سطح زیر کشت موجود در منطقه از حد پایین سطح زیر کشت به دست آمده در مدل کمتر است ولی در مورد خیار سطح زیر کشت موجود در منطقه از سطح زیر کشت به دست آمده بالاتر است.

در این مطالعه روشی که برای طراحی الگوی کشت منطقه به کار گرفته شد روش برنامه‌ریزی خاکستری و فازی خاکستری بود. ابتدا اعداد خاکستری و سپس مدل خاکستری و فازی خاکستری معرفی شد. یکی از اشکالات عمده برنامه‌ریزی خاکستری، بالا بودن درجه خاکستری مجموعه جواب حاصل می‌باشد. با کاربرد روش برنامه‌ریزی فازی خاکستری، درجه خاکستری بودن مجموعه جواب کاهش می‌یابد و مجموعه جواب حاصل کاراتر می‌شود و بهبود می‌یابد. به کار بردن روش فازی خاکستری همچنین درجه خاکستری بودن محدودیت‌های ناشی از برنامه‌ریزی فازی خاکستری را کاهش می‌دهد و بر کارایی آن‌ها می‌افزاید. با افزایش کارایی، نتایج قابل‌اعتمادتر و دقیق‌تر می‌شود. نتایج مجموعه جواب حاصل از برنامه‌ریزی خاکستری حاکی از آن است که با محدودیت‌های اعمال‌شده، سطح زیر کشت گندم بین ۲۶۴۳/۹ و ۴۸۹۳/۸۷ هکتار در منطقه می‌تواند تغییر کند (نسبت به وضعیت موجود می‌تواند هم افزایش پیدا کند و هم کاهش). سطح زیر کشت جو بین ۱۵۸۳/۴۷ و ۱۶۴۴/۵ قابل‌تغییر است (نسبت به وضعیت موجود می‌تواند هم افزایش پیدا کند و هم کاهش). کشاورزان منطقه با توجه به محدودیت‌های ذکرشده و باهدف حداکثر مقدار سود، ۴۸۰۵/۳۶ هکتار سیب‌زمینی، ۱۵۴۷ هکتار پیاز، ۹۸۵/۴ هکتار گوجه‌فرنگی، ۳۸۳۲/۴ هکتار خیار و ۲۴۰/۵ هکتار هندوانه می‌توانند کشت کنند. سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای بین ۱۲۶۴/۹۸ و ۱۴۳۶/۳۷ هکتار می‌تواند تغییر کند (نسبت به وضعیت موجود می‌تواند هم افزایش پیدا کند و هم کاهش). سطح زیر کشت یونجه هم بین ۱۲۶۹ و ۱۹۳۴/۶۴ هکتار قابلیت تغییر دارد (نسبت به وضعیت موجود می‌تواند هم افزایش پیدا کند و هم کاهش). با توجه به الگوی کشت خاکستری، سود حاصل برای کشاورزان منطقه در بازه‌ی [۱۷۶۲۴۵۲۰۰۰۰۰،۹۷۴۵۷۱۴۰۰۰۰]، ده ریال می‌باشد. حد بالای سود بیانگر مقدار سودی است که کشاورز با در نظر گرفتن حد بالای نهاده‌های قابل‌دسترس و حد بالای ضرایب فنی به آن دست پیدا می‌کند. حد پایین سود بیانگر مقدار سودی است که کشاورز با در نظر گرفتن حد پایین نهاده‌های قابل‌دسترس و حد پایین ضرایب فنی مدل به آن می‌رسد.

نتایج مجموعه جواب حاصل از برنامه‌ریزی فازی خاکستری نشان‌دهنده آن است که با محدودیت‌های اعمال‌شده، سطح زیر کشت سیب‌زمینی بین ۵۲۹۲ و ۵۳۲۸/۷ هکتار، در منطقه می‌تواند تغییر کند (نسبت به وضعیت موجود می‌تواند هم افزایش پیدا کند و هم کاهش). سطح زیر کشت پیاز بین ۱۵۴۷ و ۲۳۴۹/۹ قابل‌تغییر است (نسبت به وضعیت موجود می‌تواند هم افزایش پیدا کند و هم کاهش). سطح زیر کشت گوجه‌فرنگی بین ۵۳۰/۶ و ۹۸۵/۴ هکتار، در منطقه می‌تواند تغییر کند (نسبت به وضعیت موجود می‌تواند هم افزایش پیدا کند و هم کاهش). سطح زیر کشت هندوانه بین ۱۲۹/۵ و ۲۴۰/۵ قابل‌تغییر است (نسبت به وضعیت موجود می‌تواند هم افزایش پیدا کند و هم کاهش). سطح زیر کشت ذرت دانه‌ای بین ۸۴۰ و ۱۵۶۰ هکتار، در منطقه می‌تواند تغییر کند (نسبت به وضعیت موجود می‌تواند هم افزایش پیدا کند و هم کاهش). سطح زیر

کشت یونجه بین ۱۲۰۴/۷ و ۲۲۳۷/۳ قابل‌تغییر است. کشاورزان منطقه با توجه به محدودیت‌های ذکرشده و باهدف حداکثر مقدار سود، ۴۹۱۰/۱ هکتار گندم، ۱۶۴۴/۵ هکتار جو و ۲۰۶۳/۶ هکتار خیار می‌توانند کشت کنند. با توجه به الگوی کشت فازی خاکستری ، سود حاصل برای کشاورزان منطقه در بازه [۱۷۹۴۷۵۱۰۰۰۰۰ ، ۱۶۶۶۸۲۵۰۰۰۰۰] ده ریال می‌باشد. حد بالای سود بیانگر مقدار سودی است که کشاورز با در نظر گرفتن حد بالای نهاده‌های قابل‌دسترس و حد پایین ضرایب فنی به آن دست پیدا می‌کند. حد پایین سود بیانگر مقدار سودی است که کشاورز با در نظر گرفتن حد پایین نهاده‌های قابل‌دسترس و حد بالای ضرایب فنی مدل به آن می‌رسد.

نتیجه‌گیری

در این مطالعه برنامه‌ریزی خاکستری و فازی خاکستری برای طراحی الگوی کشت شهرستان جیرفت و با درنظر گرفته رویکرد کاهش آلودگی و میزان مصرف آب مورد استفاده قرار گرفت. شهرستان جیرفت یکی از قطب‌های بسیار مهم کشاورزی در کشور و در جنوب استان کرمان است، به طوری که در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ با ۴۲۶۴۰ هکتار سطح زیر کشت و تولید ۷۷۵۲۹۸ تن محصول زراعی به ترتیب حدود ۲۴ درصد سطح زیر کشت استان، ۴۷ درصد از کل تولید محصولات کشاورزی استان و ۳ درصد از کل تولیدات کشور را به خود اختصاص داده است. بنابراین مطالعه‌ای در زمینه‌ی برنامه‌ریزی هرچه بهتر تولید محصولات در منطقه به نحوی که با عواملی مانند حفظ محیط زیست و پایداری منابع آب و امنیت غذایی منطبق باشد، ضروری به نظر می‌رسد. همچنین کلیه آمار و اطلاعات لازم از آمارنامه‌های منتشر شده توسط وزارت جهاد کشاورزی و سازمان جهاد کشاورزی جنوب کرمان در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ استخراج شده است. با توجه به اینکه نبود قطعیت جزء جدایی ناپذیر تصمیم‌گیری در بخش کشاورزی به شمار می‌آید، لذا باید با اتخاذ راهبردهای مناسب تا حد ممکن این نااطمینایی را با الگوی برنامه‌ریزی فازی خاکستری به کارگرفته شده در این تحقیق تعدیل نمود. در این مطالعه ابتدا اعداد خاکستری و سپس مدل خاکستری و فازی خاکستری معرفی شد. یکی از اشکالات عمده برنامه‌ریزی خاکستری، بالا بودن درجه خاکستری مجموعه جواب حاصل می‌باشد. با کاربرد روش فازی خاکستری، درجه خاکستری بودن مجموعه جواب برنامه‌ریزی خطی خاکستری و محدودیت‌های ناشی از برنامه‌ریزی فازی کاهش و در نتیجه مجموعه جواب حاصل بهبود می‌یابد. از سویی کمبود منابع آب سبب برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در بسیاری از نقاط جهان و افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی شده است. باتوجه به وضعیت نامناسب منابع آب زیرزمینی دشت جیرفت و بدلیل گسترش سطح زیرکشت محصولات با نیاز آبی بالا و برداشت‌های بی‌رویه در سال‌های اخیر، ارتفاع سطح آب در سفره‌های این دشت به شدت کاهش یافته و منابع آب زیرزمینی با خطر جدی تخریب مواجه شده است. از طرفی امروزه، توجه به محیط زیست یکی از اولویت‌های مهم در بسیاری از کشورها می‌باشد. از این‌رو، پرداختن به این مساله بسیار ضروری به نظر می‌رسد. آلودگی‌های محیط زیستی که بخش کشاورزی به وجود می‌آورد، بیشتر به علت استفاده زیاد از سموم و کودهای شیمیایی در زیربخش زراعت است. در نتیجه در این مطالعه با به‌کارگیری مدل برنامه‌ریزی فازی خاکستری با رویکرد زیست محیطی و کاهش مصرف آب الگوی بهینه کشت منطقه تعیین گردید.

به طور کلی نتایج حاصل از این پژوهش عبارت‌اند از:

۱) آمار و اطلاعات معمولاً ایراد دارند. مدل فازی یا تفکر فازی این قابلیت را به مدل می‌دهد که از آمار و اطلاعات به همان صورت نادقیق بتوان بهترین بهره‌برداری را نمود. در ساختار مدل فازی خاکستری که در آن تابع هدف و سمت راست محدودیت‌ها فازی بودند، ساختار فازی باعث کاهش درجه خاکستری و افزایش کارایی مدل شد. با توجه به ضرورت کشاورزی پایدار و حفظ و صیانت از منابع طبیعی و محیط زیست و کاهش مصرف آب در بخش کشاورزی، تغییر الگوی کشت بر مبنای حداکثرسازی درآمد با رعایت حداقل کردن میزان استفاده از کودها و سموم شیمیایی و آب مصرفی می‌تواند کمک شایانی در این مورد نماید. روش برنامه‌ریزی فازی

خاکستری این امتیاز را دارد که به طور همزمان این دو معیار را در نظر گرفته و الگوی بهینه را به دست آورد.

۲) اجرای مدل‌های بهینه نشان‌دهنده آن است که استفاده از زمین‌های زراعی موجود می‌تواند به نحو بهتری انجام گیرد. زیرا اجرای مدل‌های بهینه ضمن افزایش سودآوری، مقداری از زمین‌های زراعی را بدون استفاده می‌گذارد که بیانگر آن است که الگوی بهینه کشت می‌تواند سود بیشتری را با مقدار زمین کمتری ارائه دهد. همچنین اجرای مدل بهینه می‌تواند در همان سطح از محدودیت‌های منطقه سطح زیر کشت بیشتری را پیشنهاد نماید. بنابراین چنانچه محدودیت‌های منطقه از جمله آب، کود و سموم شیمیایی کاهش یابد، امکان افزایش سطح زیر کشت و سودآوری وجود خواهد داشت. این نتایج با نتایج مطالعه رستگاری‌پور و صبوحی (۱۳۸۸) و رستگاری‌پور و صبوحی (۱۳۹۱)، فتحی و زیبایی (۱۳۹۶) به نوعی مطابقت دارد (۱۵،۱۶، ۱۷). از آنجا که توسعه خدمات زیربنائی در کاهش محدودیت‌های منابع تأثیر به‌سزائی دارد، توجه به این امر در خصوص استفاده بهینه از منابع برای افزایش سودآوری فعالیت‌های منطقه می‌تواند موثر باشد. لذا در راستای کشاورزی پایدار پیشنهاد می‌شود کود شیمیایی کمتری در منطقه مورد استفاده قرار گیرد و با دوزهای مناسب توسط کودهای بیولوژیک جایگزین شود. بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه‌های اقتصادی و زیست محیطی نیز مثمرثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد.

۳) با توجه به اینکه در مدل فازی خاکستری الگوی بهینه کشت به صورت بازه بهینه برای محصولات مختلف ارائه و پیشنهاد می‌شود فرد تصمیم‌گیرنده می‌تواند با توجه به محدودیت‌های منابع در دسترس ترکیب بهینه کشت را انتخاب نماید و دامنه و قدرت تصمیم‌گیری و انتخاب زارع افزایش می‌یابد.

۴) در شرایطی که داده‌ها با عدم قطعیت مواجه‌اند و به صورت بازه در دسترس می‌باشند مدل فازی خاکستری از کارایی بالایی نسبت به سایر مدل‌های برنامه‌ریزی برخوردار است و قادر می‌باشد تا نتایج قابل اعتمادتری ارائه نماید.

با توجه به الگوی کشت به دست آمده از روش فازی خاکستری این نتیجه حاصل می‌شود که الگوی موجود در منطقه یک الگوی بهینه نیست، زیرا سطح زیر کشت بهینه به دست آمده با استفاده از روش فوق با سطح زیر کشت موجود در منطقه برای محصولات مختلف متفاوت است. در ساختار مدل فازی خاکستری که در آن تابع هدف و سمت راست محدودیت‌ها فازی بودند، ساختار فازی باعث کاهش درجه خاکستری و افزایش کارایی مدل شد. با توجه به نتایج ذکر شده مدل فازی خاکستری پیشنهاد می‌شود برای رسیدن به سود مورد نظر در منطقه، سطح زیر کشت گندم، جو و سیب‌زمینی، پیاز، گوجه، هندوانه، ذرت، یونجه می‌تواند افزایش یابد (زیرا پایین‌تر از حد بالای بازه است) و سطح زیر کشت خیار کاهش یابد (زیرا بالاتر از حد بالای بازه است). این نتایج با نتایج مطالعه رستگاری‌پور و صبوحی (۱۳۸۸) و رستگاری‌پور و صبوحی (۱۳۹۱)، فتحی و زیبایی به نوعی مطابقت دارد (۱۵،۱۶، ۱۷). آن‌ها در مطالعه خود به این نتیجه رسیدند که سطح زیر کشت گندم آبی، جو آبی و یونجه به علت بالاتر بودن از حدل بالای بازه باید کاهش یابد و میزان سطح زیر کشت جو دیم به علت پایین بودن از حد پایین بازه باید افزایش یابد.

۵) متاسفانه در ایران افزایش تولید همیشه یا با افزایش سطح زیر کشت همراه بوده و یا با مصرف هر چه بیشتر سموم و کودهای شیمیایی که در این میان مورد منفجر به کاهش سطح اراضی جنگلی و مرتعی شده و مورد دوم موجب بروز آلودگی-های محیط زیستی و شیوع بیماری‌های خطرناک شده است. طوری که، علت عمده آلودگی آب‌های سطحی ناشی از مصرف بیش از حد کود و سموم شیمیایی در حال حاضر، زیان‌های فراوانی را به محیط زیست و سلامت عمومی مردم وارد کرده است. با این حال هر ساله بالغ بر ۴۰۰ میلیون دلار یارانه کود شیمیایی از سوی دولت پرداخت می‌شود تا همچنان مصرف کود شیمیایی در ایران چندین برابر استانداردهای جهانی باشد. این در حالی است که یارانه‌های مربوط به آب، کود و آفت‌کش-ها استفاده بیش از اندازه را تشویق می‌نماید. شواهد مهمی مبنی بر این که استفاده از سموم و کودهای شیمیایی قادر به ایجاد خطرهای جدی برای محیط و سلامت جامعه می‌باشد،

وجود دارد. پیامدهای محیطی مربوط به کود بسیار مهم‌تر از اثرات محیطی استعمال سم می‌باشد. در عین حال، مشکلات عمومی مربوط به سموم شامل آلودگی آب‌های زیرزمینی، مشکلات مربوط به سلامت جامعه، زیان به محصولات و گونه-هایی که مورد هدف نیستند و همچنین پایداری سموم می‌باشد. وجود آفت‌کش‌ها در آب‌های زیرزمینی برای انسان بسیار خطرناک است و سبب اختلالات ناهنجار در سیستم عصبی، غدد درون‌ریز و سیستم ایمنی بدن می‌شود. ترکیب آفت‌کش‌ها و کودهای شیمیایی در آب‌های زیرزمینی سبب ایجاد موارد بسیار خطرناک‌تر در مقایسه با آثار تک تک این مواد می‌شود. آفت‌کش‌ها همچنین از طریق مکانیزم‌های مختلفی مانند ایجاد تغییرات مستقیم در DNA، جهش و آثار سمی روی سیستم ایمنی، سبب ایجاد سرطان می‌شوند. با توجه به اینکه در مدل فازی خاکستری الگوی بهینه کشت به صورت بازه بهینه برای محصولات مختلف ارائه و پیشنهاد می‌شود فرد تصمیم‌گیرنده می‌تواند ترکیب بهینه استفاده از نهاده‌های مضر را انتخاب نماید و این امر منجر به کاهش آلودگی زیست محیطی می‌شود.

استفاده از روش فازی خاکستری به جای مدل کلاسیک خاکستری در تعیین الگوی بهینه کشت، به ویژه در شرایط وجود عدم قطعیت در داده‌ها و آمارها در تعیین الگوی بهینه کشت به آثار سیاست‌های دولت بر روی محصولات مختلف منطقه به دلیل وجود رابطه تبادلی میان اهداف مختلف توجه شود، مانند آثار ناشی از دخالت دولت در بازار. با توجه به نقش و اهمیت سیستماتیک و منسجم در توسعه بخش کشاورزی، در دسترس بودن یک ابزار مکانیزه تصمیم‌گیری و تصمیم‌سازی، می‌تواند مدیران را در مواقع بحرانی در تصمیم‌گیری یاری نماید. مدل ارائه در این پژوهش دارای خصوصیات بالا بوده و پیشنهاد می‌شود برای تصمیم‌گیری بهتر، مدل‌سازی و برنامه‌ریزی از پایین به بالا اجرا شود و از سطح شهرستان شروع‌شده و تا سطح ملی ادامه یابد.همچنین می‌توان در بخش‌های مختلف اعم از زراعت، باغبانی، جنگل، مرتع، دام، طیور، شیلات و آبزیان در سطح شهرستان‌ها و استان‌های کشور طراحی و سپس در سطح ملی تجمیع شود.

تشکر و قدردانی

نویسندگان مقاله از حمایت مالی حوزه معاونت پژوهش و فن آوری دانشگاه زابل بر اساس پژوهانه با کد GR-6707 تشکر و سپاسگزاری دارند.

Reference

1. Agricultural Jihad Statistics. 2018. Agricultural statistic. Ministry of Agriculture, https://www.maj.ir/Index.aspx?page_=form&lang=1&PageID=11583&tempname=amar&sub=65&methodName=ShowModuleContent#
2. Asadi, M., and Najafi Alamdarlo, H. 2019. Economic evaluation of optimum cultivating pattern for reducing the use of groundwater in Dehgolan plain, Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research, 50: 29-43. (In Persian)
3. Askari, A., Najari, J., Salarpour, M., Sabouhi, M., and Hasanloo, S. 2012. Crop planning with the aim of determining the cropping pattern using fuzzy ideal programming approach. Proceedings of the 8th Biennial Conference of Iranian Agricultural Economics, Shiraz: Faculty of Agriculture, Shiraz University. (In Persian)
4. Fathi, F., and Zibaei, M. 2020. Optimal Crop Pattern Management in Firozabad Plain According to Water and Soil Sustainability by Applying Fuzzy Mathematical Programming, Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30 (3): 331-345.
5. Ghasemi, A., Hasanlo, S., Perouz, R., and Najafi, H. 2016. The Application of Integrating Fuzzy Logic and Matrix

Method in Environmental Impact Assessment (Case study: Golestan Forest Northern Highway). Environmental Researches, 11: 169-172. (In Persian)

6. Hatef, H., Sarvary, A., and Daneshvar Kakhki, M. 2016. Determining Of Crop Optimal Pattern the Main Crops Of Cultivated Of Khorasan Razavi Province Based Of Production Comparative Advantage, 8: 167-192. (In Persian)
7. Huang, G. H., Baetz, B. W., and Patry, G. G. 1993. A grey fuzzy linear programming approach for municipal solid.
8. Li, Y. P. Huang, G. H. and Nie, S. L. 2006. An interval-parameter multi-stage stochastic programming model for water resource management under uncertainty, Advances in Water Resources, 29: 776-789.
9. Maqsood, I., uang, G. H., and Yeomans, J. S. 2005. An interval-parameter fuzzy two-stage stochastic programming for water resources management under uncertainty, Eur. J. Operational Res, 167:208–225.
10. Mohseni, S., and Shahraki J. 2015. Application of Gray Fuzzy Planning in Yazd Water Resources Allocation, Journal of Agricultural Economics Research, 7: 73-90. (In Persian)
11. Mohseni, S., Zare Mehrjerdi, M., and Vaseghi, E. 2017. Determining optimal cultivation pattern in Orzooeye plain considering water resources sustainability using Fuzzy Fractional Programming model, Arid Biome Scientific and Research Journal, 7: 21-28. (In Persian)
12. Rastegaripour, F., and Sabohi, M. 2009. Determination Of Cropping Pattern By Grey Fuzzy Programming Approach: A Case Study Of Quchan City, Journal of sciene and technology of agriculture and natural resource, 13 (48): 405-413.
13. Rastegaripour, F., and Sabohi, M. 2013. Grey Fractional Programming A New Experimental Approach in Sustainable Agriculture, Journal of Agricultural Science and Sustaiable Production, 22 (1): 128-135.
14. Rezaee, Z., and Sarvari Nobahar, A. 2012. Determination of cropping pattern under environmental strategy using genetic algorithm (Mashhad case study). Proceedings of the First National Bayan Conference (Science, Technology and Sustainable Development), Karaj: Campus of Agriculture and Natural Resources, University of Tehran. (In Persian)
15. Sabuhi, M., and Khosravi, M. 2009. Comparing Economical and Environmental Optimum Cropping Pattern in Zarghan Plain of Fars Province, Journal of Crop Ecophysiology, 3: 61-70. (In Persian)
16. Sardar shahraki, A., Shahraki, J., and Hashemi monfared, S. 2016. Investigation of Water Resources Management Approaches of Sistan Region Using Fuzzy Analytic Hierarchy Process (FAHP), Journal Management System, 9: 73-98. (In Persian)
17. Subhankar Karmakar, P.P. 2006. Grey fuzzy optimization model for water quality management of a river system.Elsevier. Ltd:1088-1105. (In Persian)
18. Wang, X., Sun, Y., Song, L., Mei, C., 2009. An Eco-Environmental Water Demand Based Model for Optimizing Water Resources Using Hybrid Genetic Simulated Annealing

Algorithms. Part I. Model development.Journal of Environmental Management. 90. 2628–2635.