



Planning and Optimal Allocation of Water Resources in the Agricultural Sector (Case study of Someh Sara City)

A. Sargazi^{1*} and M. Ghavidel²

Abstract

In an economy based on agriculture, which has expanded in many developing and developing countries, the need for comprehensive planning and planning for the use of agricultural inputs is essential in order to maximize economic profit. The demand for agricultural water in Iran is increasing day by day and its supply is limited due to the presence of Iran in the dry and semi-arid belt of the world. For this reason, this vital ingredient in Iran is one of the most important pillars of development, and the development of other sectors depends on sustainable exploitation. The purpose of this research is to determine the optimal allocation of water resources using the fuzzy planning approach and explain the planning axis on the water and land resource decision variable in the city of Some Sara, Gilan province. For this purpose, with the aim of maximizing gross margin and due to system limitations and goals in different scenarios and different values of λ , The results showed that the cropping pattern in the studied area was not efficient and the acreage of bean should be increased compared to rice which should be more limited in the pattern. In addition, rice and beans absorbed the higher water allocations in both models. It is recommended that for optimum use of productions factors and the farmers' income, and since water is a limiting factor in agricultural production compared to land, proper scheduling must be considered.

JEL: C6,C61

Keywords: Optimal Water Allocation, Fuzzy Model, Optimum Cropping Pattern, Someh Sara Monastery.

Received: January 2, 2017

Accepted: February 8, 2017

برنامه‌ریزی و تخصیص بهینه منابع آب در بخش کشاورزی

(مطالعه موردی شهرستان صومعه سرا)

علیرضا سرگزی^{۱*} و مهدیه قویدل^۲

چکیده

در اقتصاد مبتنی بر کشاورزی که در بیشتر کشورهای در حال توسعه و توسعه یافته رایج است، لزوم طرح‌ریزی و برنامه‌ریزی همه جانبه به منظور استفاده از منابع تولید کشاورزی برای دست یافتن به بیشترین بازده اقتصادی ضروری به نظر می‌رسد. تقاضای آب کشاورزی در ایران روز به روز افزایش می‌یابد و عرضه آن به دلیل قرار گرفتن ایران در کمربند خشک و نیمه خشک جهان محدود است. به همین دلیل این ماده حیاتی در ایران یکی از مهمترین ارکان توسعه است که توسعه سایر بخش‌ها در گرو بهره‌برداری پایدار از آن است. هدف از این پژوهش، تخصیص بهینه منابع آب با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی فازی و تبیین محور برنامه‌ریزی در خصوص متغیر تصمیم منابع آب و زمین در شهرستان صومعه‌سرا واقع در استان گیلان می‌باشد. برای این منظور با هدف حداکثر کردن بازده برنامه‌ای و با توجه به محدودیت‌های سیستمی و آرمانی در سناریوهای مختلف و مقادیر مختلف λ ، نتایج نشان داد که الگوی موجود مصرف آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه، بهینه نیست و در تخصیص بهینه زمین، سطح زیر کشت باقلا مازندرانی و لوبیا نسبت به وضعیت موجود بایستی افزایش و برنج کاهش یابد ولی در تخصیص بهینه منابع آب، دو محصول برنج و باقلا در تمامی الگوهای برآوردی، بیشترین تخصیص را نشان دادند. در قیاس این دو الگو، پیشنهاد می‌شود به منظور استفاده بهینه از عوامل تولید و بیشینه نمودن درآمد کشاورزان و با توجه به اینکه آب بیشتر عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی نسبت به زمین است، عامل آب محور تصمیم و برنامه‌ریزی قرار گیرد.

کلمات کلیدی: تخصیص بهینه آب، مدل فازی، الگوی بهینه‌ی کشت،

شهرستان صومعه سرا

تاریخ دریافت مقاله: ۹۵/۱۰/۱۳

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۵/۱۱/۲۰

1- Department of Agricultural Economics, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. Email: Alirezasargazi@uoz.ac.ir
2- PhD Candidate, Department of Agricultural Economics, University of Zabol.

*- Corresponding Author

۱- عضو هیات علمی گروه اقتصاد کشاورزی دانشگاه زابل.
۲- کاندیدای دکتری گروه اقتصاد کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه زابل.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان پاییز ۱۳۹۶ امکانپذیر است.

۱- مقدمه

شود. باید توجه داشت که مسأله‌ی تصمیم‌گیری در دنیای واقعی از دو خاصیت اصلی برخوردار است: نخست این که مسأله با هدفهای متعدد و گاه متضاد مواجه بوده و دوم این که در توصیف پارامترهای تصمیم با عدم قطعیت و ابهام رو به رو است (Arkan and Gungorz, 2007). غیردقیق بودن ارزش بعضی از پارامترها از آنجا ناشی می‌شود که کشاورزان در بخش کشاورزی به دلیل ریسک بالا، اطلاع دقیق و درستی از این پارامترها ندارند، بنابراین در چنین مواردی انتساب سطوح مطلوب قطعی و صریح به هدفهای مسأله سبب ایجاد تصمیمات نامطلوب می‌شود (Biswas and Pal, 2007). برای حل این مشکل از مجموعه‌های فازی که نخستین بار توسط Zadeh (1965) مطرح شد، استفاده می‌شود. برنامه‌ریزی فازی به دلیل این که امکان دخالت داده‌های غیر دقیق و مبهم را در پارامترهای مدل، به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد، نسبت به مدل‌های کلاسیک برنامه‌ریزی ریاضی برای استفاده در مسایل بهینه‌سازی الگوی کشت محصولات زراعی، دارای کاربرد و انعطاف‌پذیری بیشتری بوده و نتایج حاصل قابل اعتمادتر می‌باشد (Biswas and Pal, 2007).

۲- سوابق تحقیق

(Spira et al., 2008) بهینه‌سازی تخصیص آب در شرایط کم آبی با استفاده از روش‌های برنامه‌ریزی غیرخطی، هوش جمعی و الگوریتم ژنتیک مورد بررسی قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که با توجه به محدودیت منابع آب، افزایش نیازهای آبی و وقوع خشکسالی‌های متناوب، صرفه‌جویی در مصرف آب و استفاده کارآمد از آن امری لازم و ضروری است.

(Mortazavi et al., 2009) به مسأله مدیریت منابع آب و توسعه پایدار، در دشت رفسنجان پرداختند و نتایج نشان دادند که میزان اضافه برداشت سالیانه، از ذخیره آب زیرزمینی برداشت می‌شود. اضافه برداشت مزبور که سطح آب زیرزمینی را سالانه بیش از ۸۰ سانتی‌متر پایین می‌برد، عامل اصلی نشست زمین، از بین بردن اراضی مزروعی و خرابی مناطق مسکونی است.

(Bravo and Gonzalez, 2009) با استفاده از مدل تصادفی چندهدفه به برنامه‌ریزی آب مصرفی در بخش کشاورزی پرداختند. در این مطالعه مدل تصمیم‌گیری حمایتی جهت کمک به سازمان آب به منظور تخصیص آب سطحی بین کشاورزان و اجازه مصرف آب زیرزمینی، جهت آبیاری، (بخصوص در مناطق خشک وابسته به

آب به عنوان یکی از اساسی‌ترین عناصر حیات، امروزه با بحرانی جدی روبرو است. رشد جمعیت و افزایش سرانه مصرف از یکسو و توسعه روز افزون فعالیت‌های صنعتی و کشاورزی از سوی دیگر و کاهش نزولات جوی موجب گردیده است تا این منبع حیاتی به طور فزاینده‌ای کاهش پیدا کند (Rouhani et al., 2007) با توجه به اینکه بخش کشاورزی بزرگترین مصرف‌کننده آب می‌باشد، ارائه شیوه‌های جامع مدیریت منابع آب و تدوین سیاست‌های صحیح در این زمینه کاملاً لازم و ضروری به نظر می‌رسد. (Saidan and Firoozabad, 2006). مباحث و مطالعاتی که پیرامون موضوع آب به عنوان یکی از محوری‌ترین اجزای توسعه پایدار صورت پذیرفته، مدیریت ضعیف، ناکارآمد و ناپایدار آب و نه محدودیت‌های واقعی فیزیکی عرضه را، مسئول مسائل یاد شده می‌دانند. به طور کلی بسیاری از مشکلات، توسط مدیریت کارا و پایدار آب آبیاری قابل اداره شدن می‌باشد، که این امر مستلزم حفاظت از منابع آب و افزایش درآمد خالص تولیدکننده می‌باشد. مدیریت ضعیف آبیاری نیز در ایران، منجر به افزایش تقاضا برای این نهاده حیاتی و همچنین هدر رفتن مقادیر قابل ملاحظه‌ای از آن گردیده است (Torkamani et al., 1998).

امروزه تکنیک‌های برنامه‌ریزی ریاضی و به ویژه برنامه‌ریزی خطی در خصوص تخصیص بهینه منابع کمیاب برای حصول حداکثر آرمان‌ها از مهم‌ترین ابزارهای کاربردی علم مدیریت به شمار می‌روند. چارچوب این مدل‌ها غالباً تک هدفه بوده، در حالی که در دنیای واقعی تصمیم‌گیران اغلب با بهینه‌سازی چندین آرمان مواجه می‌باشند و با توجه به نوع سازمان، هدف‌های دیگری مانند حداکثر کردن درآمد نقدی، حداقل نمودن هزینه‌های جاری، حفظ سهم بازار و توسعه اراضی نیز وجود داشته که نمی‌توان آن‌ها را در قالب هدف واحدی خلاصه نمود. این در حالی است که این اهداف می‌توانند در تعارض با یکدیگر باشند. به گونه‌ای که دستیابی به یک هدف متضمن دور شدن از اهداف دیگر خواهد شد. از این رو مسایل مدیریتی بایستی در چارچوب برنامه‌ریزی چند هدفه بررسی گردد که در این گونه موارد روش‌های متعددی جهت تصمیم‌گیری پیشنهاد شده است (Spira et al., 2012).

محققین معتقدند که ۱۰ تا ۵۰ درصد آب مصرفی کشاورزی، ۴۰ تا ۹۰ درصد آب مصرفی صنعت و حدود ۳۰ درصد آب مصرفی شهرها را می‌توان کاهش داد بدون آنکه به اصل هدف لطمه‌ای وارد

همچنین در این تحقیق، به منظور استفاده بهینه از عوامل تولید و بهینه نمودن درآمد کشاورزان با استفاده از بهترین مدل، مقایسه‌ای بین تخصیص بهینه زمین و الگوی بهینه تخصیص آب آبیاری با استفاده از تکنیک‌های مختلف بهینه‌سازی برنامه‌ریزی خطی فازی و آرمانی فازی صورت گرفته و فرض شده است که الگوی موجود مصرف آب آبیاری در منطقه مورد مطالعه، بهینه نیست.

۳- منطقه مورد مطالعه

شهرستان صومعه‌سرا در ۲۵ کیلومتری غرب شهرستان رشت و ۶ کیلومتری شمال غربی شهر فومن قرار دارد. از غرب به شهرستان‌های ماسال، رضوانشهر و تالش و از شمال به تالاب بین‌المللی انزلی محدود می‌شود. شهرستان صومعه‌سرا با مساحت ۷۲۰/۵۶۳ کیلومترمربع حدود ۱۴۵۰۰۰ نفر جمعیت دارد سطح زیرکشت محصولات زراعی شهرستان ۳۱۳۲۶/۱ هکتار و میزان تولیدات این محصولات ۱۵۵۶۳۰/۷ تن بوده که از این مقدار ۲۸۰۰۰ هکتار زمین آبی و ۳۳۲۶/۱ هکتار زمین دیم می‌باشد (جدول ۱). داده‌های مورد نیاز در این تحقیق از طریق مصاحبه حضوری با کارشناسان جهاد کشاورزی استان گیلان، استفاده از آمارنامه‌های منتشر شده سازمان جهاد کشاورزی و مطالعه اسنادی جمع‌آوری گردید.

Table 1- Statistics of the area under cultivation and the agricultural production in Somesara city

جدول ۱- آمار سطح زیر کشت و تولیدات شهرستان صومعه‌سرا

land (ha)	Irrigated land (ha)	Amount of production (ton)	Total Cultivation (ha)
3326.1	28000	155630.7	31326.1

۴- مواد و روش‌ها

در پژوهش حاضر از روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی و خطی ساده فازی و جهت برآورد تخصیص بهینه آب آبیاری و الگوی کشت بهینه در شهرستان صومعه‌سرا استفاده شده است. تجزیه و تحلیل اطلاعات نیز با استفاده از بسته‌ی نرم افزاری Excel-solver انجام گرفته است.

- روش برنامه‌ریزی خطی فازی

گرچه برخی از مسائل بهینه‌سازی را می‌توان با استفاده از برنامه‌ریزی خطی حل نمود، اما، در بسیاری از مسائل علمی به علت وجود عدم

مدیرانه) توسعه یافت. مدل شامل دو هدف در ارتباط با مدیریت مزرعه و حفاظت محیط زیست بود. تصمیم‌گیری به استفاده از آب زیرزمینی یا سطحی در این مدل وابسته به خشک یا مرطوب بودن سال بود. نتایج حاصل، استفاده از آب زیرزمینی بیشتری را در دوره‌های خشک نسبت به مرطوب نشان داد.

(2009) Mohammadi and Boustani به تعیین الگوی بهینه کشت در شهرستان مرودشت با تأکید بر محدودیت آب پرداختند. در این پژوهش سطح زیر کشت ذرت و سبزی بیشتر از مقدار الگوی فعلی بدست آمد، اما از کشت جو کاسته شد. سطح زیر کشت باقلا نیز نزدیک به سطح فعلی آن بود. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش ریسک فاصله‌ی میان الگوی فعلی با الگوهای بهینه افزایش می‌یابد.

(2009) Najafi and Pakdaman به بررسی و تعیین الگوی بهینه کشت با استفاده از رهیافت برنامه‌ریزی چند هدفه قطعی و فازی در دشت نیلاب اصفهان پرداخته که نتایج حاصله نشان داد به ترتیب امکان افزایش ۴۰ و ۵۰ درصدی بازده برنامه‌ای نسبت به برنامه فعلی وجود دارد، همچنین، اجرای این برنامه‌ها به ترتیب موجب افزایش اشتغال و نیروی کار به میزان ۳۱ و ۲۰ درصد می‌شود.

(2010) Zamani et al. الگوی زراعی را در جهت کشاورزی پایدار، با استفاده از برنامه‌ریزی کسری فازی با اهداف چندگانه در شهرستان پیرانشهر مورد بررسی قرار دادند. نتایج حاکی از آن بود که الگوی بهینه کشت با استفاده از برنامه‌ریزی کسری چندهدفه فازی برای دستیابی به پایداری با الگوی فعلی کشت اختلاف زیادی دارد با توجه به یافته‌ها، اهمیت حذف و یا حداقل کردن نهاده قارچکش بیشتر از سایر نهاده‌ها بود.

با مروری بر منابع، اگر چه تاکنون مطالعات زیادی در زمینه تخصیص بهینه و مدل برنامه‌ریزی فازی در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است، ولی در این پژوهش براساس منابع و اطلاعات موجود چنین تحقیقی در منطقه صومعه‌سرا انجام نشده است. در پژوهش حاضر، به منظور تعیین تخصیص بهینه آب آبیاری با اهداف مختلف، با استفاده از مدل آرمانی فازی پرداخته شده است. این ساختار شامل سه آرمان بهینه‌سازی بازده خالص، کمینه‌سازی مصرف آب و کمینه‌سازی مصرف کود می‌باشد. سه نوع الگوی بهینه تخصیص آب با توجه به سناریوهای وزنی متفاوت (با توجه به درجه اهمیت متفاوت برای هر آرمان) برای تابع هدف مورد نظر برآورد شده است.

مسائل خطی یا غیر خطی کلاسیک تبدیل و سپس با استفاده از روش‌های استاندارد موجود آن‌ها را حل می‌کنند.

روش برنامه‌ریزی آرمانی فازی

شکل کلی مسأله برنامه‌ریزی برای تخصیص بهینه آب کشاورزی در مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی به صورت زیر می‌باشد:

$$\begin{aligned}
 & \text{Min} \quad w_i \theta_i^- + \sum_{i=2}^3 w_i \theta_i^+ \\
 & \text{s.t. :} \\
 & \sum_{c=1}^c (MP_c \cdot EP_c - AVC_c) X_c + \theta_1^- u_1^- \geq MP \\
 & \sum_{c=1}^c X_{cs} - \theta_1^+ u_1^+ \leq EX \\
 & \sum_{c=1}^5 p_c X_c - \theta_3^+ U_3^+ \leq P \\
 & \sum_{c=1}^5 f_c X_c - \theta_1^+ U_1^+ \leq F \\
 & \sum_{c=1}^c A_c \cdot X_c \leq L \\
 & \sum_{c=1}^c AVC_c \cdot X_c \leq ETC \\
 & 0 \leq \theta_1^-, \theta_1^+, \theta_2^+, \theta_3^+ \leq 1, \quad \forall S \\
 & X_c \geq 0
 \end{aligned} \tag{۲}$$

که در این رابطه X_c مقدار آب تخصیص داده شده به محصول c (هزار متر مکعب)، EX مقدار آب در دسترس برای کاشت محصولات (هزار متر مکعب)، A_c مقدار زمین مورد نیاز برای هر هزار متر مکعب آب مصرفی برای محصول c (هکتار)، L مساحت کل زمین کشاورزی در دسترس (هکتار)، AVC متوسط هزینه منابع مختلف در هر هزار متر مکعب آب مصرفی برای محصول c (ریال/هزار متر مکعب)، ETC کل سرمایه نقدی در دسترس برای تهیه نهاده‌ها در سال زراعی (ریال)، MP_c قیمت بازاری محصول c در زمان برداشت (ریال)، EP_c عملکرد محصول c در هر هزار مترمکعب آب مصرف شده (کیلوگرم/هزار متر مکعب) و MP ارزش آرمانی محصولات طی دوره برنامه‌ریزی (ریال) می‌باشد.

در یک محیط تصمیم‌گیری فازی، اهداف تصمیم‌گیرنده همیشه به صورت فازی بیان می‌گردد. ولی محدودیت منابع ممکن است به صورت فازی یا قطعی باشد. لازم به ذکر است که برای فازی کردن این مدل‌ها روش‌های زیادی وجود دارد. در این پژوهش

حتمیت در جهان واقعی، نمی‌توان ضرایب و متغیرهای تابع هدف را به صورت اعداد صحیح، قطعی و دقیق در نظر گرفت. یکی از روش‌های حل این مسأله استفاده از برنامه‌ریزی خطی است. عمومی‌ترین شکل یک مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای یک مسأله بیشینه‌سازی را می‌توان به صورت زیر نشان داد.

Table 2- Data related to gross margin and inputs per (ha)

جدول ۲- داده‌های مربوط به بازده ناخالص و نهاده‌های مصرفی (در هکتار)

Name	Product (ton)	Fertilizer (kg)	Water consumed (m ³)
Rice	4.5	320	91000
Bean	3.2	190	87000
Beans	4.1	130	71000
Leafy	1.5	350	8610
Vegetables	0.9	460	447
Melon	0.6	550	5785.4
Watermelon	3.4	550	5685.3
Cucumbers	0.9	30	8542.2

$$\begin{aligned}
 & \text{Max} \quad \sum_{j=1}^n \tilde{C}_j \tilde{X}_j \\
 & \text{subject to}
 \end{aligned} \tag{۱}$$

$$\begin{aligned}
 & \sum_{j=1}^n \tilde{A}_{ij} \tilde{X}_j \leq \tilde{B}_i \\
 & X_j \geq 0
 \end{aligned}$$

به طوری که \tilde{A}_{ij} و \tilde{B}_i و \tilde{C}_j اعداد فازی می‌باشند و \tilde{X}_j ها نیز متغیرهایی هستند که وضعیت آن‌ها به صورت اعداد فازی نشان داده می‌شود. در روابط بالا عملگرهای جمع و ضرب، عملگرهای فازی و علامت " \leq " نشان دهنده رتبه‌بندی اعداد فازی می‌باشد. در تئوری مجموعه‌های فازی مفهوم تابع عضویت از اهمیت زیادی برخوردار است. تابع عضویت مقدار فازی بودن یک مجموعه فازی را مشخص می‌کند و در واقع به تابعی که میزان درجه عضویت المان‌های مختلف را به یک مجموعه نشان می‌دهد، تابع عضویت می‌گویند. معمولاً برای حل مسأله برنامه‌ریزی خطی فازی، ابتدا آن‌ها را به

فعلی کاهش داشته است. همچنین افزایش سطح زیر کشت باقلا مازندران و لوبیا به مقدار ۴۰۷/۹ و ۲۰۷/۶ درصد به ترتیب می‌تواند به دلیل عملکرد بالا و بازار فروش خوب این محصولات باشد.

Table 4 - Model variables
جدول ۴- اطلاعات مربوط به متغیرهای مدل

Variable	Explanation
X_1	Rice
X_2	Bean
X_3	Beans
X_4	Leafy
X_5	Vegetables
X_6	Melon
X_7	Watermelon
λ_1^-	Membership aspirations for net profit goal
λ_1^+	Membership Aspirations for Water goal
λ_2^+	Membership aspirations for Fertilizer Goal

در جدول ۶ سطح آرمانی اهداف، حد نوسان مجاز آن‌ها از نظر تصمیم‌گیرنده و نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی ریاضی ارائه شده است. جدول ۷، درجه عضویت آرمان‌ها و همچنین الگوی بهینه مصرف آب را برای محصولات تحت مطالعه، در سناریوهای مختلف وزنی نشان می‌دهد.

پس از مشخص شدن وزن اهداف، الگویهای برنامه‌ریزی تأمین‌کننده اهداف مختلف اجرا شد. در اولین سناریو، وزن‌ها (اهمیت) به صورت یکسان به هر آرمان‌ها اختصاص داده شده است (۰/۳۳،۳)، ۰/۳۳،۳ و ۰/۳۳،۳ ملاحظه می‌شود درجه عضویت آب و کود یک و نوسان مربوط به آنها صفر می‌باشد. به این معنا که این آرمان‌ها به طور کامل دست یافتنی می‌باشند و هیچ الزامی وجود ندارد تا مقادیری را به عنوان حد تغییرات مجاز (حد نوسان) به آن‌ها اختصاص داد. این سناریو بیشترین مقدار آب تخصیص داده شده به محصول برنج، باقلا، لوبیا و هندوانه اختصاص داده و کمترین تخصیص را سبزیجات برگی به خود اختصاص دادند که در مقایسه با وضعیت موجود در منطقه مشاهده می‌شود که مقدار تخصیص داده شده نسبت به وضعیت حال به محصولات برنج، باقلا مازندران، لوبیا، هندوانه، سبزیجات برگی و خیار کاهش و برای محصولات خربزه و شبدر افزایش داده شده است و این نشان می‌دهد که بهتر است برای پایداری منابع آب آبیاری، آب کمتری به محصولات داد

محدودیت‌های آرمانی بیشینه‌کردن سود، حداقل کردن آب مورد استفاده و کمینه‌کردن کود مصرفی به وسیله توابع عضویت و با کمک تعیین حد نوسان بالا یا پایین فازی بیان شده‌اند.

لازم به ذکر است که سه نوع الگوی تخصیص بهینه با وزن‌های متفاوت (با توجه به درجه اهمیت متفاوت برای هر آرمان) برای تابع هدف مورد نظر برآورد شده است (w_1, w_2 و w_3). وزن‌های متناظر با آرمان‌های فازی هستند. این وزن‌ها به صورت اختیاری در نظر گرفته می‌شوند و به آرمان‌های با درجه اهمیت بالاتر وزن بیشتری داده خواهد شد. نکته حائز اهمیت در اینجا این است که مجموع وزن‌ها باید برابر با یک باشد و به منظور تأمین اهداف مطالعه جاری، قبل از اجرای الگوهای برنامه‌ریزی، لازم بود وزن هر یک از اهداف مورد مطالعه مشخص گردد.

به منظور تأمین اهداف مطالعه جاری، قبل از اجرای الگوهای برنامه‌ریزی، لازم بود وزن هر یک از اهداف مورد مطالعه مشخص گردد. جدول ۳، وزن‌های در نظر گرفته شده برای هر یک از اهداف را نشان می‌دهد.

Table 3- Objectives Weights in the Planning Model
جدول ۳- وزن اهداف در نظر گرفته شده در مدل برنامه‌ریزی

Goals	Weight		
	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Minimizing water	0.33	0.25	0.45
Minimizing fertilizer	0.33	0.25	0.45
Programming model	0.33	0.5	0.1

۵- نتایج و تحلیل

در جدول ۴ اطلاعات مربوط به متغیرهای مدل آورده شده است.

نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی خطی فازی برای محصولات مورد بررسی در جدول ۵ نشان داده شده است. اطلاعات جدول حاکی از آن است که کمترین سطح زیر کشت به سبزیجات برگی و بیشترین سطح زیر کشت به ترتیب به برنج، باقلا مازندران و لوبیا اختصاص یافته و سایر محصولات مورد مطالعه به مقدار کم و نزدیک به مقادیر فعلی پیشنهاد شده‌اند. دلیل کاهش مقدار سطح زیرکشت برنج را می‌توان به دلیل مصرف زیاد آب و بالا بودن هزینه تولید آن دانست که در این مطالعه به مقدار ۴۱٪ نسبت به مقدار

خالص در نظر گرفته شد (0/1، 0/4، 0/5، 0/4، 0/5) بر اساس نتایج جدول 3، درجه عضویت آرمان‌های آب، و کود و درجه عضویت سود خالص 0/54 بدست آمد. در این الگو مقدار آب تخصیص داده شده به برنج، باقلا مازندرانی، لوبیا و هندوانه با توجه به جدول 5، بیشترین مقدار می‌باشد. همچنین به محصول سبزیجات برگی و خیار هیچ آبی اختصاص داده نشده است که این نشان می‌دهد که محصولات خیار و سبزیجات به دلیل اینکه با توجه به شرایط منطقه، سموم و کود بیشتری مصرف می‌کنند، تخصیص آنها کمتر پیشنهاد شده است و به مسائل پایداری منابع آب و زیست‌محیطی در این سناریو توجه شده است.

همانطور که ملاحظه می‌شود در این مطالعه محصول خیار و سبزیجات از تمامی الگوها حذف گردیده است که می‌توان گفت به دلیل نیاز آبی که دارند و عملکرد و سود پایینی که داشته‌اند از مدل حذف شده‌اند. سهم دو محصول برنج و باقلا مازندرانی در تمامی الگوهای برآوردی نشان‌دهنده عملکرد بالای این دو محصول در هر 1000 متر مکعب آب مصرفی با توجه به اهداف مورد نظر مطالعه در می‌باشد. به عبارت دیگر، انتخاب سناریوهای پیشنهادی مشخص می‌کند که در هر وزن و اهمیتی که به آرمان‌ها داده شود این محصولات بیشترین دریافت آب را در شهرستان مورد نظر دارند که این نشان می‌دهد که باید این محصولات در الگوی کشت منطقه باشند و از محصولات عمده و استراتژیک این منطقه هستند.

تا به همان سود مورد نظر دست یافت و در تخصیص آب بهینه‌سازی صورت گیرد.

در سناریو دوم بیشترین وزن‌ها (اهمیت) به سود خالص اختصاص داده شده است که دو برابر وزن آرمان‌های آب و کود می‌باشد. با تغییر وزن‌ها در تابع هدف، نتایج جدید مربوط به درجه عضویت هر آرمان و الگوی کشت بدست آمد که در جدول 5، نشان داده شده است. در سناریو دوم وزن‌ها برابر است با (0/25، 0/25، 0/5 و 0/5) و نتایج مربوط به درجات عضویت و الگوی بهینه مصرف آب تغییر می‌کند. در الگوی دوم، درجات عضویت اهداف دوم، سوم برابر 1 شده، ولی درجه عضویت مربوط به آرمان سود خالص 0/65 بدست آمده است. در الگوی دوم مقدار آب تخصیص داده شده به برنج، باقلا مازندرانی، لوبیا و هندوانه با توجه به جدول 5، به ترتیب برابر 12001/1، 2100/7، 2104/0 و 380 هزار مترمکعب آب می‌باشد که با توجه به بالا بودن بازده برنج در هر هزار متر مکعب آب مصرفی بیشترین سهم از آب را دریافت می‌کند و همچنین به محصولات خربزه، هندوانه، خیار و شدر هیچ آبی اختصاص داده نشده است در صورتی که آرمان سود مورد نظر قرار گرفته است ولی نشان می‌دهد که اگر بخواهیم که سود مورد نظر دو برابر شود مجاز به تخصیص آب بیشتر وجود ندارد.

در الگوی سوم با توجه به مسائل پایداری منابع آب و زیست محیطی، اهمیت آرمان‌های آب و کود، چهار نیم برابر اهمیت آرمان سود

Table 5- Comparing the existing cropping pattern with the modeling results

جدول 5- نتایج حاصل از مقایسه الگوی کشت موجود و الگوی کشت مدل

Name	Rice	Mazandaran Bean	Beans	Vegetables	Melon	Watermelon	Cucumber	Clover
Suggested cultivation	16388.1	3255.7	3114	120	205	380	140	180
Acreage in the region	28000	641	1013	134	200	389	151	177
Changes Percentage	-41.4	407.9	207.4	-10.4	205	-0.2	-7.2	1.6

Information on ideals-Table 6

جدول 6- اطلاعات مربوط به آرمان‌ها

Goal	Limit allowed	Ideal	The present situation
Maximizing Return on Net	3000	89000	65000
Minimizing water	3000	103000	91000
Minimizing fertilizers	900	5000	78000

Table7- The results of fuzzy goal programming model

جدول ۷- نتایج حاصل از حل مدل برنامه‌ریزی آرمانی فازی
Water Optimal allocation

Variable	Current pattern	Pattern 1	Pattern 2	Pattern 3
λ_1^-		0.43	0.65	0.54
λ_1^+		1	1	1
λ_2^+		1	1	1
Rice	28000	12001.1	16388.1	15382.1
Bean	641	21007	3255.7	3025.1
Beans	1013	2104	3114	3114
Leafy	134	0	120	۰
Melon	200	0	205	172
Watermelon	389	380	380	300
Cucumber	151	0	140	0
Clover	177	0	180	93

می‌باشد همچنین در تخصیص بهینه منابع آب به توجه به سناریوهای مختلف، محصولات سبزیجات و خیار از الگو حذف شدند و بیشترین تخصیص آب به محصولات برنج و باقلا با توجه با بازده بالایی که دارند، تعلق گرفت. همچنین در تعیین الگوی بهینه تخصیص آب آبیاری بین محصولات قابل کشت و در نظر گرفتن اهداف بیشینه‌سازی سود، کمینه‌سازی آب و کود، می‌توان ضمن جلوگیری از کاهش درآمد خالص کشاورزی؛ مقدار مصرف آب و کود را کاهش داد که این یافته گامی در جهت حفظ محیط زیست و پایداری تولید است. لذا با توجه به مطالب فوق، فرضیه تحقیق تأیید می‌شود. بر این اساس پیشنهاد می‌شود به منظور استفاده بهینه از عوامل تولید و بیشینه نمودن درآمد کشاورزان، و با توجه به اینکه آب بیشتر عامل محدود کننده تولید محصولات کشاورزی می‌باشد متغیر تصمیم و محور برنامه‌ریزی قرار گیرد تا با استفاده از مدل‌های برنامه‌ریزی و مدیریتی مختلف بتوان در جهت بهبود و تخصیص منابع آب تصمیم‌گیری علمی، اصولی و مدیریتی انجام گیرد.

پی‌نوشت

1-Weights

۶- مراجع

Arkan F, Gungor Z (2007) A two-phase approach for multi objective programming problems with fuzzy coefficients. Information Sciences 177 (23): 5191-5202

۵- خلاصه و جمع بندی

برنامه‌ریزی فازی به دلیل این که امکان دخالت‌دادن داده‌های نادقیق در پارامترهای مدل را به تصمیم‌گیرندگان می‌دهد، نسبت به مدل‌های کلاسیک برنامه‌ریزی ریاضی در مسائل بهینه‌سازی محصولات زراعی مزارع به دلیل وجود ریسک (بازار، آب و هوا، تغییر قیمت و...) بالای این بخش و وجود داده‌های نادقیق (دقیق نبودن آمار و اطلاعات در بخش کشاورزی با توجه به شرایط آب و هوایی و کیفی بودن اطلاعات)، دارای کاربرد و انعطاف‌پذیری بیشتری بوده و نتایج بدست آمده، اعتمادپذیرتر است. در این پژوهش با استفاده از روش برنامه‌ریزی خطی فازی و برنامه‌ریزی آرمانی فازی به ترتیب به تعیین الگوی بهینه کشت و تخصیص بهینه منابع آب در جهت توسعه پایدار منابع محیط زیست و منابع طبیعی در شهرستان صومعه‌سرا پرداخته شد. این ساختار شامل سه هدف بیشینه‌سازی بازده خالص، کمینه‌سازی مصرف آب و کمینه‌سازی مصرف کود بوده است. سه نوع الگوی بهینه تخصیص آب با توجه به سناریوهای وزنی متفاوت (با توجه به درجه اهمیت متفاوت برای هر آرمان) برای تابع هدف مورد نظر برآورد شده است. باید توجه داشت که بطور مثال در سناریوی اول الگوی بهینه تخصیص آب، اهمیت آرمان سوددهی از بقیه بیشتر می‌باشد، اما این بدان معنا نیست که با اجرای این سناریو، کشاورزان منطقه مورد مطالعه به بیشترین سطح سوددهی دست خواهند یافت. بلکه بدین معناست که می‌توانند به نزدیکی سطح سود مورد انتظار خویش دست یابند.

نتایج حاکی از آن بود که الگوی کشت فعلی در منطقه تقریباً بهینه بوده و مستلزم تغییرات در سطح زیر کشت محصولات مورد مطالعه

- province. Journal of Agricultural Economics Research 1(2), 121-139 (In Persian)
- Rouhani S, Peikani Gh, Taghdir B (2007) Determination of optimal crop pattern with an emphasis on sustainable water resources: A case study of sliding spring-Hamadan. Agricultural Research: Water, Soil and Plants in Agriculture 7 (1): 96-85 (In Persian)
- Sabouhi M, Rastgaripour M (2009) Determination of cropping pattern by grey fuzzy programming approach: A case study of Quchan City. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science. 13(48), 405-413 (In Persian)
- Saidan SM, Firooz Abad, A (2006) Choose the most suitable criteria. irrigation system using Adaptive Panning: A Case Study of Hamedan province. Research and Development in Agriculture 4(5):65-78 (In Persian)
- Sarker, RA., Quaddus, MA (2002) Modelling a nationwide crop planning problem using a multiple criteria decision making tool, Computers and Industrial Engineering (42): 541-553
- Spiritua M, Soltani Gh, Asadi H (2012) Determination of the optimum model using fuzzy goal programming model case study of Bardsir area. Eighth Biennial Conference on Iranian Agricultural Economy 17 - 25 (In Persian)
- Zamani O, Sabouhi M, Nader H (2010) Determining Cropping Pattern Corresponding Sustainable Agriculture Using Multi-objective Fuzzy Fractional programming: A case of Piranshahar City. Journal of Agricultural and Sustainable Production 20.2(4): 101-112 (In Persian.)
- Zimmermann H J (1978) Fuzzy programming and linear programming with several objective functions. Fuzzy Sets and Systems 1, 45-55
- Bellmann RE, Zadeh LA (1970) Decision making in a fuzzy environment. Journal of Management Science 17(4): 141-164
- Biswas A, Pal BB (2005) Application of fuzzy goal programming technique to land use planning in agricultural system. The International Journal of Management Science, Omega 33(5): 391-398
- Bravo M, Gonzalez I (2009) Applying Stochastic Goal Programming: A Case Study on water Use Planning. European Journal of Operational Research 196: 1123-1229
- Maqsood I, Uang, GH, Yeomans JS (2005) An interval-parameter fuzzy two-stage stochastic programming for water resources management under uncertainty. Eur Journal of Operational Res (167): 208-225
- Moghadasi M, Marid S, Araghinejad Sh (2008) Optimize the allocation of water in drought conditions using nonlinear programming. Collective intelligence and Genetic Algorithm (Case Study), Iran-Water Resources Research 4, 3 (12): 1- 13 (In Persian)
- Mohammadi H, Boustani F (2009) Application of Multi-objective programming in determining optimal cropping pattern in Marvdasht City with emphasis on water restriction. Journal of Agricultural Economics Research 1(3): 25-46 (In Persian)
- Mortazavi SM, Soleimani K, Ghaffari F (2011) Water Resources Management and Sustainable Development: A Case Study in Rafsanjan Plain. Journal of Water and Wastewater 22(2):126-131 (In Persian)
- Najafi B, Pakdaman M (2009) Application of definite multi-objective and fuzzy mathematical programming in determination of optimal cropping pattern, case study of Nilab Plain in Isfahan