Research Paper

Determining the agricultural program and shadow price of selected products of Sistan region with emphasis on optimizing water consumption

Ali Sardar Shahraki *[1], Mahdi Safdari[2] ,

[1] *Associate Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[2] Associate Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran

10.22125/IWE.2023.169901

Received:
October 30, 2020
Accepted:
April 19, 2022
Available online:
April 18, 2023

Keywords:
Crop Program, Optimization, Water Consumption, Agricultural Products, Sistan

Abstract

Frequent droughts in the Sistan region have caused a severe crisis in the agricultural sector of this region. Meanwhile, the agricultural sector plays a significant role in the economy of this region. Therefore, determining the crop program and cultivation pattern, taking into account water constraints, is especially necessary to maximize the profits of the agricultural sector in this region. For this purpose, in this study, to determine the crop program, shade price and final value with emphasis on optimizing water consumption in the three main agricultural sectors in Sistan region (Zabol, Zahak and Miangangi) and on five strategic crops (wheat, barley). , Potatoes, onions and tomatoes). The analysis was performed based on 3 scenarios: 1) current cultivation, 2) maximizing profits by considering the water and land requirements, and 3) maximizing profits according to the constraints including land and area consumption constraints. The results showed that due to the application of water and land restrictions (Scenario 2) in the mentioned areas, wheat and barley crops are removed from the cultivation pattern, but other crops increase their area under cultivation and by applying all restrictions (Scenario 3) Barley crop will be removed from the cultivation pattern, but other crops for the mentioned areas will change their cultivated area. Therefore, considering that Sistan region is facing a shortage of water resources, therefore, it is suggested that optimization models and the results of this study can be used as a suitable tool to reduce water consumption and increase production in water resources management community plans.

1. Introduction

Lack of water in some areas will endanger security and economic health. Therefore, water shortage is one of the major problems of most countries in the world, especially countries with a growing population. The only solution to this crisis, due to the limited available water resources, is the optimal use and increasing the productivity of water resources in different sectors, especially the agricultural sector. The agricultural sector is the largest consumer of water in the world. In Iran, out of 93 billion cubic meters of total water consumption, about 83 billion cubic meters are used by the agricultural sector. Due to the lack of water resources, especially in arid and semi-arid areas, the use of this vital resource has been limited.

2. Materials and Methods

The statistics and information needed to perform the calculations and estimate the models are related to the crop year 2018-2019, and the information obtained in this research is from related organizations such as the Agricultural Research and Training Center, the Provincial Agricultural Jihad and in addition to this additional information. Mainly by distributing 320 questionnaires and referring to the farmers in 3 sectors who were selected by random sampling method, information such as the cost of crop cultivation, water cost, price of the product per farm, amount of water used on the products has been collected from the farmers.

3. Results

In scenario 2, the shadow price of the area under crop cultivation is the highest in the Miankongi sector (256,987 hectares). Therefore, by increasing one hectare of cultivated area, the profit increases by 256,987 riyals. For other regions, the expected profit does not change with the increase of the same level, because the shadow price is zero. If the decision makers want to increase the accumulated profit, they should allocate more land for agriculture in Miankongi because the shadow price is high. Therefore, the increase in water availability in these areas with one unit of water will increase by 65.8701 and 42.1561 rials respectively.

4. Discussion and Conclusion

- Due to the lack of resources in the study area and considering that the most water consumption is in the agricultural sector, it is inevitable to change the attitude in the pattern of cultivating agricultural products and allocating water to this sector. And on the other hand, expanding rainfed agriculture is a suitable method for water scarcity. Optimization models can be used as a suitable tool to reduce water consumption and increase production in water resources management community projects.

- It is suggested to use the agricultural program presented in this research in the study area, which mainly focuses on water consumption management and profit maximization.

5. Six important references

1) Ghaffari Moghadam, Z., HashemiTabar, M., Sardar Shahraki, A. 2022, Economic Model for Optimal Allocation of Water Resources with an Emphasis on Risk and Consistency Index in the Sistan Region: The Application of Interval Two-Stage Stochastic Programming Method, Environmental Energy and Economic Research, 6(3): 1-13.
2) Ghaffari Moghadam, Z., Moradi, E., Hashemi Tabar, M., Sardar Shahraki. A. (2022). Optimal Allocation of Water Resources in the Agricultural Sector by Using The Stackelberg-Nash-Cournot Model and emphasis on water market (Case Study: Sistan Plain Pipe Water Transfer Project), Iranian journal of Ecohydrology, 9(1): 273-289.
3) Khairi, M., Safdari, M., Sardar Shahraki, A. (2022). An Integrated Investigation into the Socioeconomic Factors Threatening Crop Marketing: A Comparative Study on Faryab Province of Afghanistan and the Sistan Region of Iran, Environmental Energy and Economic Research, 6(2): 1-20.
4) Kiani Ghalehsard, S,. Shahraki, J., Akbari, A., Sardar Shahraki, A. 2021, Assessment of the impacts of climate change and variability on water resources and use, food security, and economic welfare in Iran, Environment, Development and Sustainability, 23(10): 14666-14682.

5) Sardar Shahraki, A., J Shahraki, SA Hashemi Monfared SA, 2016, Ranking and Level of Development According to the Agricultural Indices, Case Study: Sistan Region, International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD), 6(1): 93-100.
6) Sardar Shahraki, A., J Shahraki, SA Hashemi Monfared SA, 2018, An integrated Fuzzy multi-criteria decision-making method combined with the WEAP model for prioritizing agricultural development, case study: Hirmand Catchment, ECOPERSIA, 6(4): 205-214.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران
سال سیزدهم. شماره پنجاه و یک . بهار ۱۴۰۲

تعیین برنامه زراعی و قیمت سایه ایی محصولات منتخب منطقه سیستان با تأکید بر بهینه سازی مصرف آب

علی سردارشهرکی*[۱]، مهدی صفدری[۲]

مقاله پژوهشی

تاریخ ارسال:۱۳۹۹/۰۸/۰۹
تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۰۱/۳۰

چکیده

خشکسالی های مکرر در منطقه سیستان سبب بروز بحران شدید در بخش کشاورزی این منطقه شده است. این در حالیست که بخش کشاورزی نقش بسزائی در اقتصاد این منطقه دارد. از اینرو تعیین برنامه زراعی و الگوی کشت با در نظر گرفتن محدودیت آب ضرورت ویژه‌ایی برای حداکثر کردن سود بخش کشاورزی در این منطقه دارد. برای این منظور در این پژوهش به تعیین برنامه زراعی، قیمت سایه ایی و ارزش نهایی با تأکید بر بهینه‌سازی مصرف آب در ۳ بخش اصلی کشاورزی در منطقه سیستان (زابل، زهک و میانگنگی) و بر روی پنج محصول استراتژیک زراعی (گندم، جو، سیب‌زمینی، پیاز و گوجه فرنگی) پرداخته شد. تجزیه و تحلیل بر اساس ۳ سناریوی: ۱) کشت فعلی موجود، ۲) حداکثر کردن سود با در نظر گرفتن محدودیت آب مورد نیاز و زمین، ۳) حدکثر سازی سود با توجه به محدودیت‌ها شامل زمین و محدودیت مصرف منطقه انجام گردید. نتایج تحقیق نشان داد که با توجه به اعمال محدودیت آب و زمین (سناریو ۲) در مناطق مذکور، محصول گندم و جو از الگوی کشت حذف می‌شوند، ولی سایر محصولات سطح زیر کشت آنها افزایش یافته و با اعمال تمام محدودیت‌ها (سناریو ۳) محصول جو از الگوی کشت حذف خواهد شد، ولی سایر محصولات برای مناطق مذکور سطح زیرکشت آنها تغییر می یابد. بنابراین با توجه به اینکه منطقه سیستان با کمبود منابع آب روبرو است، لذا پیشنهاد می شود که مدل‌های بهینه‌سازی و نتایج این تحقیق به عنوان ابزاری مناسب به منظور کاهش مصرف آب و افزایش تولید در طرح‌های جامعه مدیریت منابع آب می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: برنامه زراعی، بهینه‌سازی، مصرف آب، محصولات کشاورزی، سیستان

[۱]* دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران(نویسنده مسول)، Email: a.s.shahraki@eco.usb.ac.ir
[۲] دانشیار اقتصاد کشاورزی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران Email: mahdisafdariut@gmail.com

مقدمه

افزایش رشد جمعیت و گسترش شهرنشینی و توسعه طرح‌های کشاورزی و صنعتی تقاضا برای آب در حال افزایش است (سردارشهرکی، ۱۳۹۵، AliAhmadi et al., 2021). لذا به دلیل محدود و ثابت بودن مقدار آب تجدید شونده و رقابت بین مصرف-کنندگان آب شرب، کشاورزی و صنعت از یک سو و رقابت در سطح حوضه‌های آبریز از سوی دیگر، این وضعیت را با چالش‌های جدی روبرو خواهد کرد (سردارشهرکی و همکاران، ۱۳۹۵، Ghaffari Moghadam et al., 2022). کمبود آب[1] در بعضی از مناطق امنیت و سلامت اقتصادی را به مخاطره خواهد افکند. بنابراین کمبود آب یکی از مشکلات عمده اکثر کشورهای جهان، به‌ویژه کشورهای دارای جمعیت روبه رشد، به شمار می‌آید (Ghaffari Moghadam et al., 2022). تنها راه حل این بحران نیز، به علت محدود بودن منابع آب قابل دسترس، استفاده بهینه و افزایش بهره‌وری منابع آب در بخشهای مختلف به‌ویژه بخش کشاورزی است (کرامت‌زاده و همکاران، ۱۳۸۵، Khairi et al., 2022). بخش کشاورزی عمده‌ترین مصرف‌کننده آب در جهان است. در ایران نیز از ۹۳ میلیارد متر مکعب کل آب مصرفی حدود ۸۳ میلیارد متر مکعب مورد استفاده بخش کشاورزی قرار می‌گیرد (Kiani Ghalehsard et al., 2021). با توجه به کمبود منابع آبی بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک استفاده از این منبع حیاتی با محدودیت مواجه شده است (دلشاد و همکاران، ۱۳۹۰). با توجه به محدودیت منابع آب در کشور، لزوم افزایش تولید از طریق افزایش عملکرد به ازای هر واحد آب مصرفی ضرورت دارد و برنامه‌ریزی آبیاری می‌تواند، با تنظیم و تأمین مقدار مناسب آبیاری در مراحل رشد گیاه، سبب افزایش کارایی مصرف آب گردد (شاهین رخسار و رئیسی، ۱۳۹۰). بنابراین توجه به افزایش کارایی مصرف آب به‌ویژه در بخش کشاورزی (بزرگترین مصرف کننده آب) در برنامه های توسعه اقتصادی، اجتماعی و فرهنگی ضروری است (Sardar Shahraki et al., 2016). بهینه‌سازی مصرف آب در این بخش راهکارهای متعدد زیربنایی، مدیریتی و فنی از جمله مدیریت بهینه آبیاری، افزایش راندمان انتقال آب از منبع تا محل مصرف، کاهش تلفات آب در مزارع، یکپارچه‌سازی و تسطیح سایر روش‌های جدید آبیاری و تعیین تعرفه مناسب برای آب و همچنین انتخاب ارقام و الگوی کشت مناسب را در بر میگیرد (منتجبی و وزیری، ۱۳۸۳). با توجه به اینکه هزینه تأمین آب در کشور از لحاظ آب سطحی و منابع زیرزمینی به طور زیادی بالا رفته است، برای بهینه‌سازی مصرف آب باید کارایی مصرف آب[2] (WUE) را به بالاترین میزان ممکن رسانده شود، که این موضوع با لوله‌کشی آب و آبیاری قطره‌ای امکان‌پذیر خواهد بود. از اینرو، با استفاده از تحقیقات و پژوهش-های کشاورزی می‌توان مدیریت آب را در مزارع بررسی و راهکار مورد نیاز را ارائه کرد. امروزه از مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای آنالیز کردن مصرف آب در کشاورزی استفاده می‌شود (Sardar Shahraki et al., 2018).

بررسی منابع نشان می‌دهد مطالعات بسیاری در خصوص مدل‌های برنامه‌ریزی ریاضی برای بهینه‌سازی در زمینه‌های مختلف از جمله مدیریت آب صورت گرفته است. قدمی و همکاران (۱۳۸۵) بهینه‌سازی بهره‌برداری از سیستم‌های چند مخزنی منابع آب با استفاده از الگوریتم ژنتیک را مورد بررسی قرار داده‌اند. در این بررسی یک مدل الگوریتم ژنتیک قطعی جهت بهره‌برداری بهینه از یک سیستم چند مخزنی در شمال خراسان به جهت مصرف کشاورزی تدوین شده است. قادری و همکاران (۱۳۸۵) برای بهره‌برداری بهینه تلفیقی دشت شهریار مدل‌سازی انجام دادند و با استفاده از نتایج مدل زمان و مکان برداشت بهینه از منابع آب-های سطحی و زیرزمینی را مشخص کرده‌اند. کرامت-زاده و همکاران (۱۳۸۵) در مطالعه‌ای برای تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی از تکنیک برنامه‌ریزی

1- *Water Scarcity*

2- *Water Use Efficiency*

خطی استفاده کردند. براساس نتایج این مطالعه، در شرایط اجرای الگوی کشت بهینه در اراضی زیر سد بارزو، شیروان، ارزش اقتصادی آب سد در ماه‌های فروردین، تیر، شهریور و آبان به ترتیب۴۷۰، ۴۷۴ و ۵۹۵ ریال برآورد شد. عباسی و قدمی (۱۳۸۶) در مطالعه‌ای تأثیر بهینه‌سازی الگوی کشت در کاهش مصرف آب و افزایش درآمد در دشت فریمان تربت‌جام را انجام دادند. نتایج آنها نشان داد که تغییرات در الگوی کشت در سال‌های مختلف طرح به گونه‌ای است که با کاهش برداشت از منابع آب زیرزمینی سود خالص افزایش می‌یابد. با تعیین مناسب‌ترین الگوی بهره‌برداری از منابع آب موجود و با استفاده از مدل، بیلان منفی در منطقه تعدیل شده و به تدریج مثبت می‌گردد. اسکندری و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی خود به اثرات شبکه‌های آبیاری بر بهبود مدیریت آبیاری و وضعیت اقتصادی خانوارهای کشاورزان پرداختند، که تحلیل آنها نشان داد که مدیریت در استفاده بهینه از آب در کشاورزی می‌تواند باعث افزایش درآمد خانوارها و کاهش فقر شود. دهقانی‌سانیج و همکاران (۱۳۸۷) به بررسی کارایی مصرف آب بر اساس مزایای نسبی مناطق بر روی دو محصول گندم و ذرت پرداختند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که با توجه به شاخص کارایی مصرف آب، اولویت کشت گندم در مناطقی می‌باشد که با مصر ف آب به میزان ۴۰۰ میلیمتر و کارایی مصرف آب در حدود یک کیلوگرم بر مترمکعب باشد. همچنین اولویت کشت برای ذرت با مصر ف آب به میزان ۶۰۰ میلیمتر و کارایی مصرف آب در حدود ۱/۳ کیلوگرم بر مترمکعب می‌باشد. مطالعات بسیاری نیز در خصوص مدیریت آب در خارج از کشور انجام شده است که ارزیابی جامعی از روشهای مختلف بهینه‌سازی و کاربردهای ان در مسائل مهندسی منابع آب به ویژه مصرف آب در کشاورزی توسط محققانی مانند یانگ و همکاران (Yang & et al, 2006)، هوکسترا و چپاگین (Hoekstra & Chapagain, 2007)، روگرس و همکاران (Rogers & et al, 2002) و ماتوس و همکاران (Mateos& Playan,2006) صورت گرفته است. الوشان (Al. Weshan, 2000) نیز در دره اردن با بررسی مدیریت و بهینه‌سازی استفاده آب آبیاری در منطقه به تعیین ارزش افزوده هر مترمکعب آب پرداخت و اظهار کرد که کمبود آب میتواند از طریق مدیریت منابع آب آبیاری با کمک انتخاب نسبی محصولات الگوی کشت بهینه و قیمت‌گذاری آب کاهش یابد. داپلر و همکاران (Doppler & et al, 2002) در کرانه رود اردن به بررسی تأثیر راهبردهای قیمت آب در تخصیص بهینه آب آبیاری پرداختند. آنها برای رسیدن به اهداف مورد نظر از مدل‌های برنامه‌ریزی خطی استفاده کردند و نتیجه گرفتند که با تعیین قیمت و تخصیص بهینه آب می‌توان درآمد کشاورزان منطقه را افزود و ریسک آنان را کاست. دیما و همکاران (Dima & et al, 2009) بهینه‌سازی مصرف آب در آبیاری در وست بانک فلسطین در پنج منطقه کشاورزی و بر روی محصولات صیفی‌جات انجام دادند. آنها از تکنیک برنامه‌ریزی خطی برای حداکثرسازی سود بر اساس قیود مشخص استفاده کردند. نتایج آنها نشان داد که تغییر الگوی کشت در این منطقه از هدر رفتن آب تا حدود ۴ درصد جلوگیری کرده و تا ۳۸ درصد سود کشاورزان را افزایش می‌دهد. فالکر مارک (Falkenmark , 2007) در مطالعه‌ای به بررسی مدیریت و افزایش کارایی آب پرداخت. وی افزایش راندمان آب از طریق کاهش تلفات آب، استفاده از روش‌های نوین آبیاری و توسعه کشاورزی دیم را مهمترین راهکار در بهینه‌سازی آب می‌دانست. میرزایی و ضیایی (۱۳۹۵) تعیین برنامه زراعی- اقتصادی الگوی کشت در جهت پایداری و حفظ محیط زیست با استفاده از مدل برنامه ریزی آرمانی اولویتی رودبار الموت غربی را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که الگوی فعلی کشت در این منطقه، هم از نظر اقتصادی و هم از نظر زیست محیطی بهینه نیست. بنابراین، محصولات گندم و جو به علت بازده ناخالص کم و محصولات گوجه فرنگی و یونجه به دلیل مصرف بالای کود و سم از الگوی فعلی حذف شدند. بهرامی نسب و همکاران (۱۳۹۴) تعیین الگوی بهینه زراعی شهرستان اسفراین را با مدل فازی مورد مطالعه

قرار دادند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که محصولات زراعی علوفه ایی، لوبیا قرمز و گندم محصولات بهینه و اقتصادی برای کشت در اکثر سناریوها هستند و سود الگوی بهینه با کاهش عدم قطعیت منابع آب افزایش می یابد. آزادگان و همکاران (۱۳۹۲) تعیین برنامه زراعی شهرستان سبزوار با استفاده از برنامه ریزی فازی دو نوا را مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که کشاورزان در سه گروه مزارع کوچک (کمتر از ۶/۵ هکتار)، متوسط (۶/۵ تا ۱۳ هکتار) و بزرگ (بیش از ۱۳ هکتار) با تغییر الگوی کشت موجود می توانند سطح بازده ناخالص خود را افزایش و از منابع در دسترس به صورت کارا استفاده کنند.

کاوند و همکاران (۱۳۹۲) در مطالعه ایی تعیین برنامه زراعی با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی در شهرستان بروجرد را مورد پژوهش قرار دادند. نتایج نشان داد که الگوی کشت فعلی با الگوی کشت با استفاده از برنامه ریزی کسری اختلاف چشمگیری دارد. هم چنین با توجه به یافته ها، سطح زیر کشت گندم، ذرت، یونجه و جو افزایش و سطح زیر کشت چغندرقند و باقلا کاهش یابد. در مجموع با توجه به مطالب گفته شده، کمبود آب یکی از مشکلات عمده اکثر کشورهای جهان، بویژه کشورهای دارای جمعیت روبه رشد، به شمار می‌آید. تنها راه حل این بحران نیز، به علت محدود بودن منابع آب قابل دسترس، استفاده بهینه و افزایش بهره‌وری منابع آب ,و تعیین برنامه زراعی در بخش کشاورزی است. در همین راستا استفاده از مدل-های برنامه‌ریزی خطی می‌تواند به عنوان یک ابزار در بهینه‌سازی و مدیریت آب کمک زیادی کند.

بخش کشاورزی منطقه سیستان از ارزش و اهمیت ویژه-ای برخوردار می‌باشد و زندگی اجتماعی و اقتصادی غالب مردم منطقه به طور مستقیم و غیرمستقیم وابسته به وضعیت تولیدات کشاورزی می‌باشد. عامل اصلی محدود کننده بخش کشاوزی منطقه، آب می‌باشد. چرا که از نظر آب‌های سطحی فقیر بودهو وابستگی کامل به رودخانه هیرمند داشته و میزان برداشت آب‌های زیرزمینی در مناطق مختلف، بیلان منفی را نشان می‌دهد و به لحاظ محدودیت آب، محصولات در این منطقه غالباً با طبیعت خشک سازگاری دارند. بنابراین این موضوع نشان می‌دهد که این منطقه با کمبود آب مواجه است و با توجه به خشکسالی‌های اخیر باید برنامه‌ای برای تأمین آب‌های مورد نیاز انجام شود که با استفاده از تحقیقات و پژوهش‌های کشاورزی می‌توان مدیریت آب را در مزارع بررسی و راهکارهای مورد نیاز را ارائه داد. هدف این مطالعه بهینه‌سازی مصرف آب در آبیاری در منطقه سیستان است که برای این منظور تجزیه وتحلیل در ۳ بخش (زابل، زهک و میانکنگی) و بر روی پنج محصول (گندم، جو، سیب‌زمینی، پیاز وگوجه فرنگی) انجام شده است.

اهداف تحقیق

تعیین برنامه زراعی محصولات منتخب کشاورزی منطقه سیستان با تاکید بر نهاده آب تحت سناریوهای مختلف

تعیین قیمت سایه ایی و ارزش نهایی در مناطق مختلف کشاورزی منطقه سیستان تحت سناریوهای مختلف

جدول(۱): سطح زیر کشت و مقدر تولید محصولات منتخب در منطقه

محصول	سطح زیرکشت	میزان تولید (تن)
گندم	۵۸۰۰۰	۲۵۸۳۳۳
جو	۳۲۶۴۴	۶۸۲۵۵
سیب زمینی	۸۵۸۷	۱۳۱۷۵۸
پیاز	۱۵۶۸	۸۷۸۴۴
گوجه فرنگی	۹۵۸۷	۱۲۵۸۰۰

مأخذ: آمارنامه جهاد کشاورزی استان سیستان و بلوچستان (۱۳۹۹)

مبانی و روش تحقیق

بهینه‌سازی[1] روشی است که به وسیله آن بهترین جواب ممکن برای یک مسئله باتوجه به هدف تعیین شده و قیدهای موجود که همه با توابع و روابط ریاضی مشخص شده‌اند، تعیین می‌شود. مسئله بهینه‌سازی دارای یک تابع هدف و احتمالاً چندین قیود می‌باشد که مجموعاً خصوصیات سیستم مورد نظر را در بر می‌گیرد. روش-های عمده برنامه‌ریزی جهت بهینه‌سازی عبارتند از برنامه‌ریزی خطی، برنامه‌ریزی غیرخطی، برنامه‌ریزی پویا، برنامه‌ریزی اعداد صحیح وبرنامه‌ریزی صفر و یک. با توجه به اینکه در این تحقیق از برنامه ریزی خطی استفاده گردیده است، مبانی نظری برنامه ریزی خطی در ادامه ارائه گردیده است.

برنامه ریزی خطی[2]

برنامه‌ریزی خطی یکی از ساده‌ترین و کاربردترین مدل‌های بهینه‌سازی می‌باشد. برای ساختن یک مدل برنامه‌ریزی خطی به صورت زیر عمل می شود: الف) تشکیل تابع هدف؛ ب) تشکیل مجموعه‌ای از معادلات و نامعادلات (محدودیت‌ها یا قیود)؛ ج) رعایت شرط عدم منفی. یک مسئله برنامه‌ریزی خطی عمومی برای ماکزیمم یا مینیمم کردن یک تابع خطی به صورت زیر نوشته می‌شود:

$$
\begin{aligned}
&Z = f(x) = C_1x_1 + C_2x_2 + \ldots + C_nx_n \\
&S.t: \\
&a_{11}a_1 + a_{12}a_2 + \ldots a_{1n}a_n \leq, =, \geq b_1 \\
&a_{21}a_2 + a_{22}a_2 + \ldots a_{2n}a_n \leq, =, \geq b_2 \\
&\qquad \ldots \\
&a_{m1}a_1 + a_{m2}a_2 + \ldots a_{mn}a_n \leq, =, \geq b_m \\
&x_1 \geq 0 \ldots x_n \geq 0
\end{aligned}
\qquad (۱)
$$

که در آن x_i متغیر تصمیم، a_{ij} و b_i محدودیت هستند. می‌توان مسئله را به فرم ماتریس زیر نوشت:

$$
\begin{aligned}
&Z = CX \\
&S.t: \\
&\quad AX \leq, =, \geq B \\
&\quad X \geq 0
\end{aligned}
\qquad (۲)
$$

که در آن C بردار n بعدی از ضرایب تابع هدف، X بردار n بعدی از متغیرهای تصمیم‌گیری و B بردار m بعدی از ضرایب طرف راست که نشان دهده منابع در دسترس است.

برنامه‌ریزی خطی با بهینه‌کردن (حداکثر یا حداقل کردن) متغیر وابسته‌ای که به صورت خطی با مجموعه-ای از متغیرهای مستقل مرتبط می‌شود و با در نظر گرفتن تعدادی محدودیت خطی تشکیل یافته از متغیرهای مستقل در ارتباط است. متغیرهای مستقل متغیرهایی هستند که مقدارشان توسط تصمیم گیرنده (یا توسط مدل بعد از حل) تعیین شده و مقدار متغیرهای وابسته را که به عنوان ستاده مدل ارائه می-کردند، تعیین می‌کنند. متغیرهای وابسته معمولاً در تابع هدف که اغلب بیانگر مفاهیم اقتصادی مانند سود، هزینه، درآمد، تولید، فروش، مسافت و زمان و ... می باشد، ارائه می‌شود. متغیرهای مستقل در برنامه‌ریزی خطی به عنوان متغیرهایی شناخته شده است که مقدارشان نامشخص است و تصمیم‌گیرنده باید مقدار این متغیرها را بعد از حل به دست آورد (مهدی‌پور و همکاران، ۱۳۸۵).

در این پژوهش که بر اساس مطالعه‌ی دیما و همکاران (Dima & et al, 2009) صورت گرفته، تابع هدف مدل کل سود خالص از آبیاری را با توجه به محدودیت‌های موجودی زمین، موجودی آب و محدودیت مصرف در در ۳ بخش کشاورزی (زابل، زهک و میانکنگی) و بر روی پنج محصول (گندم، جو، سیب‌زمینی، پیاز وگوجه فرنگی) منطقه سیستان ماکزیمم می‌کند. تابع هدف مدل بهینه‌سازی به صورت زیر می‌باشد:

1 - Optimizing

2 - Linear Programming

$$TP=\sum_{j=1}^{j=z}\sum_{i=1}^{i=x}P_{ij}\times A_{ij}\times Y_{ij}-\sum_{j=1}^{j=z}\sum_{i=1}^{i=x}Cc_{ij}\times A_{ij}-\sum_{j=1}^{j=z}\sum_{i=1}^{i=x}Wc_{j}\times A_{ij}\times Wd_{ij} \quad (۳)$$

در رابطه فوق، TP کل سود به دست امده از زراعت محصول، P_{ij} قیمت محصول سر مزرعه برحسب ریال بر کیلوگرم، A_{ij} سطح زیر کشت محصول برحسب هکتار، Y_{ij} عملکرد محصول بر حسب کیلوگرم در هکتار، Cc_{ij} هزینه کشت محصول در منطقه بر حسب ریال در هکتار، Wc_j هزینه اب در منطقه بر حسب ریال و Wd_{ij} مقدار آب مورد استفاده بر روی محصولات بر حسب متر مکعب در هکتار است.

محدودیت ها

۱) محدودیت زمین

$$\sum_{j=1}^{j=z}\sum_{i=1}^{i=x}A_{ij}\le A_{\mathrm{a}} \quad (۴)$$

۲) محدودیت آب

$$\sum_{j=1}^{j=z}\sum_{i=1}^{i=x}Wd_{ij}A_{ij}\times\le W_{\mathrm{a}} \quad (۵)$$

۳) محدودیت مصرف منطقه

$$\sum_{j=1}^{j=z}\sum_{i=1}^{i=x}A_{ij}Y_{ij}\ge TD \quad (۶)$$

۴) محدودیت مثبت

$$\sum_{j=1}^{j=z}\sum_{i=1}^{i=x}A_{ij}\ge 0 \quad (۷)$$

که A_a کل مساحت سطح زیرکشت در مناطق (هکتار)، W_{a} کل اب اختصاص داده شده برای کشت در مناطق مورد بررسی (متر مکعب) و TD کل تقاضای داخلی برای محصولات کشاورزی (تن) می‌باشد. همچنین هزینه کل متغیر از رابطه زیر بدست می‌آید:

$$Coct_{to}=Cc_{ij}+Wc_{j}\times Wd_{ij} \quad (۸)$$

سود نائل شده از هر محصول در هر منطقه از رابطه زیر بدست آمد:

$$Pr_{ij}=P_{ij}\times Y_{ij}-Coct_{to} \quad (۹)$$

آمار و اطلاعات مورد نیاز برای انجام محاسبات و برآورد مدل‌ها مربوط به سال زراعی ۹۹-۱۳۹۸ بوده، که اطلاعات بدست آمده در این تحقیق از سازمان‌های مرتبط مانند مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی، جهاد کشاورزی استان و افزون بر این اطلاعات تکمیلی عمدتاً از طریق توزیع ۳۲۰ پرسشنامه و مراجعه به کشاورزان در ۳ بخش که به روش نمونه‌گیری تصادفی انتخاب شدند، گردآوری شده است که از کشاورزان اطلاعاتی همچون هزینه کشت محصول، هزینه آب، قیمت محصول سر مزرعه، مقدار آب مورد استفاده بر روی محصولات در منطقه پرسیده شده است. در این مطالعه برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار *WINQSB* استفاده شده است.

بحث و نتایج

با توجه به اهداف تحقیق، بعد از جمع‌آوری داده‌ها از سازمان های مربوطه و کشاورزان، محدودیت‌ها و ضرایب مشخص شد و به منظور تعیین سود شرایط بهینه از مدل برنامه ریزی خطی استفاده شد. تجزیه و تحلیل در سه سناریو: ۱- کشت فعلی موجود ۲- حداکثر کردن سود با در نظر گرفتن محدودیت آب مورد نیاز و زمین ۳- حدکثر سازی سود[1] با توجه به محدودیت‌ها شامل زمین و محدودیت مصرف منطقه انجام شده است. نتایج حاصل از مدل با در نظر گرفتن سناریوها به شرح زیر است:

1- Profit Maximization

جدول (۲): نتایج حاصل از مدلسازی تحت سناریوهای مختلف مدیریتی

منطقه	زابل			زهک			میانکنگی		
	سناریو			سناریو			سناریو		
	۱	۲	۳	۱	۲	۳	۱	۲	۳
گندم	۴۸۹۰	۰	۳۲۵۸	۹۲۰۰	۰	۸۶۷۰	۱۲۰۰	۰	۹۸۷۰
جو	۲۲۵۰	۰	۰	۵۹۰۰	۰	۰	۵۶۰۰	۰	۰
سیب زمینی	۱۵۶	۳۱۰	۳۱۰	۶۵۰	۷۷۰	۷۷۰	۳۲۱۰	۳۵۰۰	۳۵۰۰
پیاز	۲۴۰	۳۶۰	۳۷۰	۱۱۰	۲۱۵	۲۴۰	۴۰۰	۷۵۰	۷۵۰
گوجه فرنگی	۳۷۰	۳۸۰	۴۱۰	۶۰	۹۵	۸۵	۲۲	۱۵۰	۱۵۰

ماخذ یافته های تحقیق، (اعداد داخل جدول بر حسب هکتار)

با توجه به نتایج جدول و سناریوها این نتیجه حاصل می شود که با اعمال محدودیت آب و زمین (سناریو ۲) در بخش زابل کاشت گندم و جو مقرون به صرفه نیست و از مدل الگوی کشت حذف می شود، ولی سطح زیر کشت سیب زمینی و گوجه فرنگی و پیاز افزایش یافته است. اما با اعمال همه محدودیت ها (سناریو ۳) محصول جو از الگوی کشت حذف می شود. در بخش زهک با اعمال محدودیت آب و زمین گندم و جو از الگوی کشت حذف می شود و سطح زیر کشت سایر محصولات افزایش یافته است و با اعمال سناریو ۳ سطح زیر کشت گندم کاهش یافته است و محصول جو از مدل حذف می شود و سطح زیر کشت سایر محصولات ثابت می ماند. در بخش میانکنگی با اعمال سناریو ۲ و۳ سطح زیر کشت محصوالات کاهش یافته است.

جدول (۳): تعیین ارزش زراعی و قیمت سایه ایی مناطق مختلف تحت سناریوهای مختلف با محدودیت زمین

محدودیت زمین	سناریوی ۲		سناریوی۳	
	ارزش نهایی (هکتار)	قیمت سایه ای (هکتار/ریال)	ارزش نهایی (هکتار)	قیمت سایه ای (هکتار/ریال)
زابل	۱۲۵۰	۰	۶۰۳۰/۱۵۹	۰
زهک	۱۴۱۰	۰	۹۸۷۴/۲۵۶	۱۷۵۹۸۶
میانکنگی	۵۴۱	۲۵۶۹۸۷	۵۰۶۹	۳۲۴۵۶۸

ماخذ :یافته های تحقیق

جدول (۴): تعیین ارزش زراعی و قیمت سایه ایی مناطق مختلف تحت سناریوهای مختلف با محدودیت آب

محدودیت آب	سناریوی ۲		سناریوی۳	
	ارزش نهایی (مترمعکب)	قیمت سایه ای (مترمعکب/ریال)	ارزش نهایی (مترمعکب)	قیمت سایه ای (مترمعکب/ریال)
زابل	۸۸۱۳۵۵۴۱	۴۲/۱۵۶۱	۱۵۹۳۱۴۹۶۵	۶
زهک	۱۱۲۵۸۷۶۸۹	۴۲/۱۵۶۱	۱۲۳۲۲۸۶۵۴	۷
میانکنگی	۶۳۲۰۸۶۵۶۹	۶۵/۸۷۰۱	۳۲۹۹۳۸۶۶	۰/۱۳۶۹

ماخذ :یافته های تحقیق

در سناریو ۲ قیمت سایه ای سطح زیر کشت محصول در بخش میانکنگی بیشترین مقدار است (۲۵۶۹۸۷ هکتار). بنابراین با افزایش یک هکتار سطح زیر کشت سود به اندازه ۲۵۶۹۸۷ ریال افزایش می یابد. برای سایر مناطق سود مورد انتظار با افزایش سطح یکسان تغییری نمی کند، زیرا قیمت سایه ای صفر

است. اگر تصمیم گیرندگان بخواهند سود جمع شده را افزایش دهند، باید زمین بیشتری را برای کشاورزی در میانکنگی اختصاص دهند زیرا قیمت سایه ای بالایی دارد. از این رو افزایش موجودی آب در این مناطق با یک واحد آب سود به اندازه ۶۵/۸۷۰۱ و۴۲/۱۵۶۱ ریال در مناطق به ترتیب افزایش می یابد. در مناطق زابل و زهک چون قیمت سایه ای صفر هست، لذا افزایش موجودی در این مناطق تصمیم عاقلانه ای نیست. قیمت های سایه ای مرتبط با محدودیت تعادلی آب برای تصمیم گیرندگان مهم هستند زیرا آنها ارزش نهایی آب را فراهم می کنند که وابسته به ارزش مصرف است و از طرفی می تواند مفید در تعیین مناطقی باشد که ارزش آب بالاست و تقاضا آب برای ان مناطق ارزشمند است.

پیشنهادات

- با توجه به کمبود منابع در منطقه مورد مطالعه و نظر به اینکه بیشترین مصرف آب در بخش کشاورزی می باشد تغییر نگرش در الگوی کشت محصولات کشاورزی و تخصیص آب به این بخش اجتناب ناپذیر است. و از طرفی گسترش کشاورزی دیم روش مناسبی برای کمیابی آب است. مدل های بهینه سازی به عنوان ابزاری مناسب به منظور کاهش مصرف اب وافزایش تولید در طرح های جامعه مدیریت منابع آب می تواند مورد استفاده قرار گیرد.
- پیشنهاد می شود در منطقه مورد مطالعه از برنامه زراعی ارائه شده در این پژوهش که تاکید اصلی ان بر مدیریت مصرف آب و حداکثر سازی سود بوده است استفاده گردد.
- با توجه به نتایج به دست آمده میتوان گفت، اگر چه کشاورزان به حداکثر کردن سود و درآمد خود بسیار اهمیت می دهند و به کشت محصولاتی گرایش دارند که بیشترین درآمد را برای آنها داشته باشد، اما با توجه به مسأله کمبود آب در منطقه مورد مطالعه، در برنامه ریزی زراعی بایستی به محصولات آب اندوز بیشتر توجه شود. بنابراین، برنامه ریزان بخش کشاورزی میتوانند با توجه به میزان آب قابل دسترس از طریق تغییر وزنها، الگوی کشت مناسب تهیه کنند.
- از طرف دیگر بهتر است کشاورزان منطقه با توجه به نتایج حاصل از مزارع نمونه مورد بررسی، الگوی کشت خود را، با در نظر گرفتن اهداف خود و با توجه به نتایج حاصل از سناریوهای مختلف، تغییر بدهند.
- بنابراین، هدفمند کردن دخالتهای دولت و عمل به نحوی که هزینه ی چونین سیاست هایی کم تر و منافع اجتماعی آن بیشتر شود، ضروری به نظر میرسد.
- با توجه به اینکه تکنیک برنامه ریزی ریاضی با اهداف کشاورزی پایدار، می تواند یک دیدگاه جدید را برای آنالیز کردن فعالیت های کشاورزی فراهم آورد. کشاورزان معمولاً به دنبال حداکثر سازی بازده برنامه زراعی هستند، در حالی که مسئولان کشاورزی علاوه بر در نظر گرفتن این مسئله، در پی اهداف دیگری از جمله افزایش سطح اشتغال، توسعه پایدار کشاورزی، کاهش مصرف کود و سموم کشاورزی می باشند. لذا پیشنهاد می شود که با استفاده از راهکارهای ترویجی، سیاست تأمین این هدف را به کشاورزان منتقل کرد.

منابع

اسکندری، غلامحسین و همکاران (۱۳۸۸)، تحلیل اثرات شبکه های آبیاری بر بهبود مدیریت آبیاری و وضعیت اقتصادی- اجتماعی خانوار کشاورزی، مجله ابیاری و زهکشی، صص۱۹-۱۷.

آزادگان علیه ,رستگاری پور فاطمه ,صبوحی محمود، ۱۳۹۲، تعیین برنامه زراعی شهرستان سبزوار با استفاده از برنامه ریزی فازی دو نوا، اقتصاد و توسعه کشاورزی (علوم و صنایع کشاورزی) ، ۲۷(۱): ۸-۱۵.

بهرامی نسب م، دوراندیش آ، شاهنوشی ن، کهنسال م.ر، ۱۳۹۴، تعیین الگوی بهینه زراعی شهرستان اسفراین (کاربرد برنامه ریزی فازی با ارزش بازه ایی بر اساس برش های آلفای نامحدود)، تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، ۴۶(۱): ۶۱-۷۳.

دلشاد مجتبی و همکاران (۱۳۹۰)، بهبود کارایی مصرف آب با مدیریت زمان آبیاری (محلول‌دهی) در کشت بدون خاک توت‌فرنگی، نشریه علوم و صنایع کشاورزی، جلد ۲۵، شماره ۱، صص ۱۸-۲۴.

دهقانی سانیج، حسین و همکاران (۱۳۸۷)، بررسی کارایی مصرف آب بر اساس مزایای نسبی مناطق و کم آبیاری، مجله آبیاری و زهکشی، صص۹۱-۷۷.

سازمان جهاد کشاورزی منطقه سیستان، مدیریت امار واطلاعات.

شاهین رخسار، پریس و رئیسی، سامیه (۱۳۹۰)، بهینه کردن مصرف آب سویا در شرایط خشکسالی، نشریه دانش آب و خاک، ۲۱ شماره ۴، صص۶۳-۵۳.

ضیایی، س، میرزای، ک، ۱۳۹۵. تعیین برنامه زراعی- اقتصادی الگوی کشت در جهت پایداری و حفظ محیط زیست با استفاده از مدل برنامه ریزی آرمانی اولویتی (مطالعه موردی: رودبار الموت غربی)، تحقیقات اقتصاد کشاورزی، ۸(۱): ۱۶۱-۱۷۵.

عباسی، علی اکبر، قدمی، مجتبی، (۱۳۸۶)، تأثیر بهینه سازی الگوی کشت در کاهش مصرف آب و افزایش درآمد (مطالعه موردی: دشت فریمان- تربت جام)، مجله آبیاری و زهکشی، صص۲۹-۲۷.

قادری، ک، اسلامی، ح، ر، موسوی، س، ج، (۱۳۸۵)، بهره برداری بهینه تلفیقی از منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی دشت تهران- شهریار، دومین کنفرانس مدیریت منابع آب، اصفهان.

قدمی، س.م، شریفی، م.، ب، قهرمان، ب، (۱۳۸۵)، بهینه‌سازی بهره برداری از سیستم‌های چند مخزنی منابع آب با استفاده از الگریتم ژنتیک، هفتمین سمینار بین المللی مهندسی رودخانه، اهواز.

کاوند حدیث، سرگزی علیرضا ,احمدزاده سیده صدیقه ,صبوحی محمود، ۱۳۹۲، تعیین برنامه زراعی با استفاده از مدل برنامه ریزی ریاضی (مطالعه موردی شهرستان بروجرد)، تحقیق در عملیات در کاربردهای آن (ریاضیات کاربردی)، ۱۰(۱): ۶۶-۵۹.

کرامت‌زاده، علی، چیذری، امیرحسین، میرزایی، احمد (۱۳۸۵)، تعیین ارزش اقتصادی آب کشاورزی با استفاده از مدل الگوی کشت بهینه تلفیق زراعت و باغداری: مطالعه موردی سد بارزو شیروان، اقتصادکشاورزی و توسعه، سال چهاردهم، شماره ۵۴، صص۶۵-۳۵.

مهدی‌پور، اسماعیل، صدرالاشرفی، مهریار، کرباسی، علیرضا، (۱۳۸۵)، مقایسه روش‌های برنامه‌ریزی خطی متعارف، تقریباً بهینه و فازی در تعیین جیره غذایی طیور، علوم کشاورزی، سال دوازدهم، شماره ۳، صص۴۸۶-۴۸۰.

Al. Weshan, R.A. (2000) , Optimal use of irrigation water in the Jordan valley: A case study, *Water Resource Management*,14: 327-338.

AliAhmadi, N., Moradi, E., Hosseni, S.A., Sardar Shahraki, A. (2021), forecasting the best time series model of climatic parameters in Hirmand catchment, Journal of Climate Research, 1400(47): 83-100.

Dima w.nazer. et al.. 2009, Optimizing irrigation Water Use in the West Bank,Palestin ,Jornal Agricultural Water Management.

Doppler, W.; A.Z. Salman; Al – E.K Karablieh and H.P.Wolff (2002) , The impact of water price strategies on the allocation ofirrigation water: The case of the Jordan valley, Agricultural WaterManagement, 55:171-182.

Falkenmark,M., 2007. Shift in thinking to address the 21st century hunger gap, moving focus from blue to green water management. Water Resour. Manage. 21, 3–18.

Ghaffari Moghadam, Z., HashemiTabar, M., Sardar Shahraki, A. 2022, Economic Model for Optimal Allocation of Water Resources with an Emphasis on Risk and Consistency Index in the Sistan Region: The Application of Interval Two-Stage Stochastic Programming Method, Environmental Energy and Economic Research, 6(3): 1-13.

Ghaffari Moghadam, Z., Moradi, E., Hashemi Tabar, M., Sardar Shahraki. A. (2022). Optimal Allocation of Water Resources in the Agricultural Sector by Using The Stackelberg-Nash-Cournot Model and emphasis on water market (Case Study: Sistan Plain Pipe Water Transfer Project), Iranian journal of Ecohydrology, 9(1): 273-289.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., 2007.Water footprint of nations:water use by people as a function of their consumption pattern. Water Resour. Manage. 21, 35–48

Khairi, M., Safdari, M., Sardar Shahraki, A. (2022). An Integrated Investigation into the Socioeconomic Factors Threatening Crop Marketing: A Comparative Study on Faryab Province of Afghanistan and the Sistan Region of Iran, Environmental Energy and Economic Research, 6(2): 1-20.

Kiani Ghalehsard, S,. Shahraki, J., Akbari, A., Sardar Shahraki, A. 2021, Assessment of the impacts of climate change and variability on water resources and use, food security, and economic welfare in Iran, Environment, Development and Sustainability, 23(10): 14666-14682.

Playan, E., Mateos, L., 2006. Modernization and optimization of irrigation systems to increase water productivity. Agric. Water Manage. 80, 100–116.

Rogers, P., Silva, R., Bhatia, R., 2002. Water is an economic good: how to use prices to promote equity, efficiency and sustainability. Water Policy 4, 1–17.

Sardar Shahraki, A., J Shahraki, SA Hashemi Monfared SA, 2016, Ranking and Level of Development According to the Agricultural Indices, Case Study: Sistan Region, International Journal of Agricultural Management and Development (IJAMAD), 6(1): 93-100.Sardar Shahraki, A., J Shahraki, SA Hashemi Monfared SA, 2018, An integrated Fuzzy multi-criteria decision-making method combined with the WEAP model for prioritizing agricultural development, case study: Hirmand Catchment, ECOPERSIA, 6(4): 205-214.

Yang, H., Wang, L., Abbaspour, K., Zehnder, A., 2006. Virtual water and the need for greater attention to rain-fed agriculture. Water Magazine Int. Water Assoc. 21, 14–15.

Determining the Crop Program and Shadow Price of Selected Products in Sistan Region with Emphasis on Optimizing Water Consumption

Ali Sardar Shahraki*[1], Mahdi Safdari[2]

Abstract

Frequent droughts in the Sistan region have caused a severe crisis in the agricultural sector of this region. Meanwhile, the agricultural sector plays a significant role in the economy of this region. Therefore, determining the crop program and cultivation pattern, taking into account water constraints, is especially necessary to maximize the profits of the agricultural sector in this region. For this purpose, in this study, to determine the crop program, shade price and final value with emphasis on optimizing water consumption in the three main agricultural sectors in Sistan region (Zabol, Zahak and Miangangi) and on five strategic crops (wheat, barley). , Potatoes, onions and tomatoes). The analysis was performed based on 3 scenarios: 1) current cultivation, 2) maximizing profits by considering the water and land requirements, and 3) maximizing profits according to the constraints including land and area consumption constraints. The results showed that due to the application of water and land restrictions (Scenario 2) in the mentioned areas, wheat and barley crops are removed from the cultivation pattern, but other crops increase their area under cultivation and by applying all restrictions (Scenario 3) Barley crop will be removed from the cultivation pattern, but other crops for the mentioned areas will change their cultivated area. Therefore, considering that Sistan region is facing a shortage of water resources, therefore, it is suggested that optimization models and the results of this study can be used as a suitable tool to reduce water consumption and increase production in water resources management community plans.

Keywords: Crop Program, Optimization, Water Consumption, Agricultural Products, Sistan

[1]* Associate Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran
[2] Associate Professor of Agricultural Economics, University of Sistan and Baluchestan, Zahedan, Iran