Journal of Agricultural Economics Research

Spring 2023. Vol 15. Issue 1

ISSN (Print): 2008-6407 - ISSN (Online): 2423-7248

Research Paper

Application of Hydro-Economic Model in Integrated Water Resources Management of West Jazmourian Basin

Khadijeh Samareh Hashemi[1], Ahmad Ali Kehkha[2*], Hossein Mehrabi Boshrabadi[3], Mostafa Mardani Najafabadi[4], Saman Ziaee[2]

1. Ph.D. Graduate, Department of Agricultural Economics, Zabol University, Zabol, Iran
2. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Zabol University, Zabol. Iran
3. Professor, Department of Agricultural Economics, Shahid Bahonar University Kerman., Iran
4. Associate Professor, Department of Agricultural Economics, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Iran.

Received:202011/27
Accepted:2023/2/27
PP:111-125

Use your device to scan and read the article online

Doi:
10.30495/JAE.2023.26653.2214

Keywords:
Optimal allocation of water resources, environmental benefits, cropping pattern, Jazmourian wetland

Abstract

Introduction: Lack of water and its growing demand has created competition for the use of this valuable substance; therefore, planning should be done on how to allocate it among different economic sectors. The goal of water allocation among different users is to maximize the social benefits of water consumption. The current study seeks to maximize the benefits of water use by providing a hydro-economic structure in the West Jazmourian Basin.

Materials and Methods: To this end, the objective function is to maximize the benefits of water consumption in agriculture, urban and environmental sectors subject to hydrological, agricultural and institutional restrictions.

Findings: The results showed that by changing the pattern of cultivation and irrigation technology, it is possible to increase the benefit in the agricultural sector up to 44; whereas water consumption in this sector is reduced by 11%. In addition, taking into account the environmental sector in the integrated water resources management program and allocating water to Jazmourian wetland, a profit of 56260 million Rials will be obtained.

Conclusion: Based on the results, if the cropping pattern and irrigation strategies suggested by the model are applied, there would be a possibility of increasing profit along with reducing water consumption in the agricultural sector, and the saved water can be used in other competing sectors and create benefits, or it reduces the consumption of ground water, which helps the sustainability of water resources.

Citation: Kehkha, A.A., Samareh Hashemi, Kh., Mehrabi, H., Mardani, M., Ziaee, S.; Application of Hydro-Economic Model in Integrated Water Resources Management of West Jazmourian Basin. Journal of Agricultural Economics Research. 2023;15(1):111-125

*Corresponding author: Ahmad Ali Kehkha
Address: Department of Agricultural Economics, Zabol University, Zabol, Iran
Tell: 09155420058
Email: Ahmadali.keikha@uoz.ac.ir

Extended Abstract

Introduction

The increase in population and the consequent increase in demand for water has led to overuse of the country's water resources. Over-harvesting of groundwater reservoirs in many regions has destroyed these resources. Improper policies such as low price of water and inappropiate cropping pattern have also contributed to the water shortage crisis . Currently, the government allocates water resources between different sectors. According to Article 45 of the Iranian Constitution, Surface water, natural streams, lakes, springs, mineral waters and groundwater resources are in the hands of the government .However, in the Jazmourian Basin, despite the proper conditions and importance of agriculture in this region, a comprehensive analysis of the basin has not been done in response to various policies related to the water sector .Therefore, the aim of this study is to provide a framework for hydrological-economic modeling of water allocation in the West Jazmourian Basin. This framework is then used to estimate the economic benefits of improving water allocation and efficiency .The results of modeling can provide useful information for evaluating different scenarios and help policymakers improve relevant decisions.

Materials and Methods

The water resources used in the Jazmourian basin include surface water and groundwater, and more than 96% of the total harvested water is used in agriculture sector. The study region consists of 7 hydrological units of Soltani, Baft, Rabar, Boznjan, Sarab-e Halil, Jiroft and Rudbar, which are fed by one of the most important rivers of this basin, namely Halilroud River .All the rivers in this basin flow towards the end of the Halilroud River, where the Hamoon Jazmourian Wetland is located .The methodology includes three key components, namely, hydrological information, the economic sector consisting of the benefits of water consumption in all economic sectors, and the environmental benefits of the basin. All components are integrated into one framework with the obiective of maximizing net economic profit in all water consuming sectors of the West Jazmourian Basin .According to the balance between water supply and demand in the basin and the objective of maximizing the benefits of water consumption subject to physical, technical and policy constraints, information such as the region's cropping pattern, water harvesting rate and the benefits of each sector are determined. The model is coded on a one-year timeframe with a monthly timeline and in the modeling language of the General Algebraic Modeling (GAMS).The required information is related to 2015, which includes agricultural, hydrological and institutional data collected by survey method and interviews with users.

Findings

The main crops grown in the study regions include wheat, barley, legumes, watermelon, cucumber, potato, onion, tomato, alfalfa, corn, dates and citrus fruits. The cultivated area of crops such as barley, which have a relatively low yield and profitability, are reduced in the optimal solution, so that this crop is reduced by nearly 50% in all regions. In contrast, crops that are more profitable or have lower water requirement have an increase in region under cultivation. The crops such as alfalfa in all regions have grown more than 200 percent, palm in Jiroft by 70 percent and in Rudbar by 25 percent. With the implementation of the optimal cropping pattern, all regions will be accompanied by a significant increase in profits. The highest increase in profit is related to the Halil and Rabar regions with 55% increase and the lowest profit increase is related to Rudbar region with 41% increase. In general, the implementation of the proposed cropping pattern in the basin will have a profit of 9559240 million Rials, which is 44% more than the benefits in the current situation. Due to the change in the cropping pattern and irrigation technology in the optimal allocation, a significant amount of water consumption in the agricultural sector is reduced. Part of this water saved is allocated to the environmental sector. With the restoration of the wetland and the entry of water into it, a profit of 56260 million Rials will be obtained.

Discussion and Conclusion

In the face of water scarcity, current methods of demand management need to be reviewed. New water allocation planning in the basin often focuses on optimizing the use of available water resources based on economic,

social, and environmental analysis. In the present study, a hydrological-economic optimization model was presented in the West Jazmorian Basin, which aims to maximize the benefits of water consumption in agriculture, urban and environmental sectors under hydrological, economic and institutional constraints. The results showed that the amount of water consumption in the agricultural sector will decrease by 11%, while the profit from water consumption in this sector will increase by more than 40%. Part of the water saved in the agricultural sector will be released to compensate for the environmental waste, which will generate a profit of 56,260 million Rials. However, the change in irrigation technology and cropping pattern is not implemented through notification and order to farmers.In this regard, the necessary awareness and incentives should be provided, including granting facilities to applicants for new irrigation systems, training and increasing farmers' awareness of the use of these systems and supporting producers and companies designing and implementing pressure irrigation.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All subjects fulfill the informed consent.

Funding

There is no funding for this research.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Khadijeh Samareh Hashemi, Hossein Mehrabi, Ahmad Ali Kehkha, Mostafa Mardani Najafabadi and Saman Ziaee; Methodology and data analysis: Khadijeh Samareh Hashemi and Mostafa Mardani Najafabadi; Supervision: Ahmad Ali Kehkha and final writing: Khadijeh Samareh Hashemi.

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

فصلنامه علمی – پژوهشی تحقیقات اقتصاد کشاورزی

بهار ۱۴۰۲.دوره ۱۵. شماره ۱

شاپا چاپی: ۶۴۰۷ -۲۰۰۸ – شاپا الکترونیکی: ۲۴۲۳-۷۲۴۸

مقاله پژوهشی

کاربرد مدل هیدرولوژی – اقتصادی در مدیریت یکپارچه منابع آب حوضه آبریز جازموریان غربی

خدیجه ثمره هاشمی [۱]، احمدعلی کیخا [*۲]،حسین مهرابی بشرآبادی [۳]، مصطفی مردانی نجف‌آبادی [۴]، سامان ضیایی [۲]

۱. دانش‌آموخته دکتری گروه اقتصادکشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲. دانشیار گروه اقتصادکشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳. استاد گروه اقتصادکشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۴. دانشیار گروه اقتصاد کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۹/۷

تاریخ پذیرش:۱۴۰۱/۱۲/۸

شماره صفحات:۱۲۵-۱۱۱

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید

Doi: 10.30495/JAE.2023.26653.2214

واژه‌های کلیدی:

استان کرمان، بخش زیست محیطی، بخش کشاورزی، تخصیص آب، منافع مصرف آب.

چکیده

مقدمه و هدف: کمبود آب و تقاضای رو به رشد برای آن موجب ایجاد رقابت بر سر استفاده از این ماده گرانبها گردیده است؛ لذا بایستی درباره چگونگی تخصیص آن میان بخش‌های مختلف اقتصادی، برنامه‌ریزی صورت گیرد. هدف تخصیص آب میان کاربران مختلف حداکثرسازی فایده‌های اجتماعی ناشی از مصرف آب است. مطالعه‌ی حاضر با ارائه یک ساختار هیدرولوژی–اقتصادی در حوضه آبریز جازموریان غربی در پی حداکثرسازی منافع حاصل از استفاده آب در حوضه‌ی مذکور می‌باشد.

مواد و روش‌ها: برای این منظور، تابع هدف منافع مصرف آب در بخش کشاورزی، شرب و زیست محیطی مشروط به قیود هیدرولوژی، کشاورزی و نهادی را حداکثرسازی می‌نماید.

یافته‌ها: نتایج نشان داد با تغییر در الگوی کشت و تکنولوژی آبیاری، امکان افزایش منفعت در بخش کشاورزی تا ۴۴ درصد منفعت جاری وجود دارد؛ این در حالی است که میزان مصرف آب در این بخش ۱۱ درصد کاهش می‌یابد. علاوه براین با احتساب بخش زیست محیطی در برنامه‌ریزی یکپارچه مدیریت منابع آب و اختصاص آب به تالاب جازموریان نیز منفعتی معادل ۵۶۲۶۰ میلیون ریال حاصل می‌شود.

بحث و نتیجه‌گیری: براساس نتایج در صورت بکارگیری الگوی کشت و استراتژی‌های آبیاری پیشنهادی مدل، امکان افزایش سود در کنار کاهش آب مصرفی در بخش کشاورزی وجود دارد که آب صرفه‌جویی شده می‌تواند در سایر بخش‌های رقیب مورد استفاده قرار گیرد و منافعی ایجاد نماید یا اینکه موجب کاهش مصرف آب‌های زیرزمینی گردد که به پایداری منابع آبی کمک می‌نماید.

* **نویسنده مسئول:** احمدعلی کیخا

نشانی: گروه اقتصادکشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

تلفن: ۰۹۱۵۵۴۲۰۰۵۸

پست الکترونیکی: Ahmadali.keikha@uoz.ac.ir

مقدمه

در دهه‌های اخیر مسئله آب به یک اولویت سیاسی در سطح بین-المللی تبدیل شده است. به گزارش بانک جهانی و سازمان ملل در سال ۲۰۱۸ ، ۳۶ درصد از جمعیت جهان در مناطق کم آب زندگی می‌کنند که این میزان تا سال ۲۰۵۰ به ۴۲ درصد افزایش می‌یابد (۱). بررسی شاخص‌های آب در کشور ما نیز حاکی از ورود کشور به شرایط تنش شدید است. بر اساس شاخص سازمان ملل هرگاه میزان برداشت آب یک کشور بیشتر از ۴۰ درصد کل منابع تجدیدپذیر آن باشد، کشور با بحران شدید آب مواجه است. این شاخص در سال ۲۰۱۱ برای کشور ایران معادل ۷۲/۳ درصد بوده که نشان از بحران شدید آب است (۲). با وجود این شرایط، بخش عرضه و تقاضای آب در کشور دچار چالش‌های اساسی از جمله: افت بارندگی در مقایسه با بلندمدت، توزیع نامتقارن آب در مناطق مختلف کشور در کنار راندمان پایین در بخش کشاورزی، تداوم شرایط خشکسالی در سال‌های اخیر، رشد جمعیت کشور و به دنبال آن فشار به منابع طبیعی بویژه آب‌های زیرزمینی است (۳)؛ به طوری که اضافه برداشت در بسیاری از مناطق، موجب تخریب مخازن زیرزمینی آب و نشست زمین شده است (۴و۵). از سوی دیگر سیاست‌های نادرست همچون قیمت ناچیز آب کشاورزی، الگوی کشت نامناسب، قوانین ناکافی مشخص‌کننده حقوق و امتیازات تملک و برداشت و داد و ستد آب نیز بر مشکلات بخش آب افزوده است. علاوه بر این کاهش کیفیت آب، شوری و آلودگی در حال اضافه شدن بر مشکل کمبود آب و پایداری آن است. بنابراین نیاز اساسی به مدیریت اصولی منابع آب وجود دارد و یکی از اقدامات اساسی در مدیریت آب، تخصیص آب است. در واقع برای مدیریت کارامد و استفاده بهینه آب بایستی به تخصیص بهینه و اولویت‌بندی آن بین بخش‌ها و مصارف مختلف توجه نمود (۶).

در حال حاضر تخصیص منابع آب بین بخش‌های مختلف به صورت دستوری و دولتی صورت می‌گیرد (۷). براساس اصل ۴۵ قانون اساسی، آب‌های جاری در رودها، نهرهای طبیعی، دریاچه‌ها، چشمه‌ها، آب‌های معدنی و منابع آب‌های زیرزمینی از مشترکات و در اختیار حکومت اسلامی می‌باشد. همچنین مطابق با ماده ۲۱ قانون توزیع عادلانه آب، تخصیص و اجازه‌ی بهره‌برداری از منابع عمومی آب برای مصارف شرب، کشاورزی، صنعت و سایر موارد منحصرا با وزارت نیرو است (۸و۹). اما با توجه به وضعیت بحرانی منابع آب در اکثر مناطق، در برنامه‌های توسعه، بر ارزش اقتصادی آب و تخصیص منابع و تشویق افراد در جهت تشکیل بازار آب تاکید شده است (۱۰و۱۱).

حوضه آبریز هلیل‌رود بخشی از حوضه آبریز هامون جازموریان است که با مساحت ۳۲۹۵۵ کیلومتر مربع در جنوب استان کرمان واقع شده و به نام حوضه آبریز غرب جازموریان نیز نامیده می‌شود. نواحی میانی و پایاب آن یکی از مناطق مستعد کشاورزی و با پتانسیل بالا در تولید محصولات خارج فصل است؛ بطوریکه سطح زیر کشت محصولات زراعی بیش از ۱۶۰ هزار هکتار و اراضی باروری محصولات باغی به ۷۷ هزار هکتار بالغ می‌گردد (۱۲). با توجه به اهمیت کشاورزی در این منطقه، بیش از ۹۶٪ از کل آب مصرفی در بخش کشاورزی، ۳/۳٪ در بخش شرب و حدود ۰/۵٪ در بخش صنعت به مصرف می‌رسد (۱۳).

در انتهای رودخانه هلیل، تالاب هامون جازموریان قرار دارد که در مواقع پرآبی زیستگاه مناسبی برای طیف وسیعی از پرندگان و گونه-های با ارزش حفاظتی بالا می‌باشد؛ اما متاسفانه بنابه دلایل متعددی از قبیل بارندگی ناکافی، احداث سد در اراضی بالادست و عدم تأمین آب زیست محیطی در اثر تخصیص بیش از حد آب به بخش کشاورزی، در سال‌های کم آب اخیر تالاب مذکور کاملا خشک شده است.

همانند اغلب مناطق، در این ناحیه نیز تقاضای رو به رشد آب در بخش¬های مختلف اقتصادی بویژه در بخش کشاورزی و کمبود عرضه آن به دلیل خشکسالی و کاهش بارندگی، موجب ایجاد خسارات جبران ناپذیری به منابع آب، اکوسیستم طبیعی رودخانه و تالاب گردیده است. لذا بایستی در مورد نوع و زمان مصرف این نهاده¬ی با ارزش انتخاب¬هایی صورت گیرد و تخصیص آب به گونه¬ای انجام شود که خسارات کلی اقتصادی کاهش یابد. دستیابی به این اهداف نیاز به رویکردی همه جانبه دارد؛ به طوریکه که مرزهای هیدرولوژیکی و حوزه¬های سیاسی و نهادی را در برگیرد و همچنین تأثیرات اقتصادی در تمام بخش¬های مهم را به حساب آورد. مدلسازی یکپارچه هیدرولوژیکی –اقتصادی یکی از روش¬هایی است که برای دستیابی به این هدف بسیار کاربردی می¬باشد.

گرچه روش‌های مختلفی به منظور تخصیص بهینه آب از جمله تئوری بازی‌ها (۶،۱۴،۱۵ و۱۶) مدل‌های برنامه‌ریزی پویا و آرمانی (۱۷،۱۸و۱۹) وجود دارد اما مدل‌های هیدرولوژیکی- اقتصادی با توجه به اینکه جنبه‌های مختلف اقتصادی، مهندسی، محیطی و هیدرولوژیکی را در مقیاس منطقه در نظر می‌گیرند. اخیرا برای تجزیه و تحلیل طیف گسترده‌ای از مسائل مربوط به آب، در حوضه‌های مختلف، در سراسر جهان مورد استفاده قرار گرفته است (۲۰،۲۱،۲۲،۲۳،۲۴،۲۵،۲۶،۲۷،۲۸و۲۹). به عنوان نمونه در ادامه به چند مطالعه اشاره شده است.

جورج و همکاران (۳۰) از مدلسازی یکپارچه هیدرولوژیکی-اقتصادی به منظور مدیریت منابع آب استفاده نموده‌اند. برای ارزیابی نتایج اقتصادی و فیزیکی سیاست‌های تخصیص آب در حوضه رودخانه، مدل شبکه تخصیص (REALM) و مدل اقتصادی هزینه منفعت اجتماعی، ادغام شده‌اند. این چارچوب برای زیرحوضه یک رودخانه در هند به‌کار گرفته شده است. نتایج نشان داد که رقابت برای آب در این زیرحوضه بسیار بالاست و انتقال آب از کشاورزی به مصارف شهری در آینده، محتمل است و ارزش آب استفاده شده در مناطق مختلف کشاورزی بسیار پایین است.

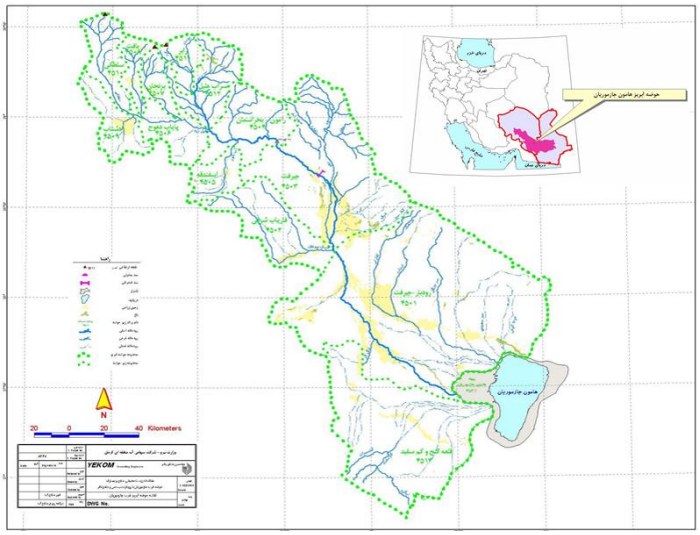
وارلا و همکاران (۲۱) اثر خشکسالی در تخصیص بهینه منابع آب در بخش‌های مختلف اقتصادی را با کمک مدل هیدرولوژیکی- اقتصادی بررسی نموده است و سیاست‌های مختلف تخصیص آب را مورد تجزیه و تحلیل قرار داده است.

از معدود مطالعاتی که در داخل کشور با استفاده از مدل مذکور در زمینه تخصیص و مدیریت منابع آبی انجام گرفته است می‌توان به

مطالعه‌ی نیکویی و زیبایی (۳۱) در حوضه زاینده‌رود اشاره نمود. در این مطالعه از الگوی برنامه‌ریزی اقتصادی-هیدرولوژیکی یکپارچه به منظور مدیریت منابع آب و پاسخگویی به اهداف امنیت غذایی در حوضه آبریز زاینده‌رود استفاده شده است. نتایج نشان داد استفاده از چنین برنامه‌ای موجب بهبود راندمان مصرف آب و ارتقای امنیت غذایی در شرایط کاهش عرضه آب می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر، رفیعی دارانی و همکاران (۳۲) با استفاده از مدل‌سازی هیدرولوژی-اقتصادی به تحلیل استراتژی‌های مدیریت منابع آب در دشت نیشابور پرداخته‌اند. برای این منظور از مدل WEAP در بخش هیدرولوژیکی و از مدل برنامه‌ریزی ریاضی مثبت منطقه‌ای در بخش اقتصادی استفاده و اثر کاهش دسترسی به منابع آب بر الگوی کشت و مصرف آب بررسی شده است. رجبی و همکاران (۳۳) نیز با تلفیق مدل برنامه‌ریزی تخصیص آب توسعه داده شده‌ی MODSIM حوضه با مدل بهینه‌سازی اقتصادی، به محاسبه اولویت تخصیص آب بین شبکه‌های آبیاری پایاب سد زاینده‌رود و بررسی پتانسیل سامانه آبیاری فعلی بهره‌برداری در توزیع آب تخصیص یافته بهینه در داخل سامانه اصلی انتقال و توزیع آب پرداخته‌اند. نتایج حاکی از تغییر محسوس در اولویت‌بندی تخصیص آب و عملکرد متوسط و ضعیف سامانه بهره-برداری است. همچنین میرزایی و زیبایی (۳۴) با استفاده از مدل اقتصادی-هیدرولوژیکی-رفتاری به ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم و راهبردهای تطبیقی بر کشاورزی آبی و حل تضاد بین مصارف و کاربران مختلف منابع آب در حوضه هلیل‌رود پرداخته‌اند. نتایج نشان داد استراتژی‌های تطبیقی تنها منجر به کاهش ۱۴ درصدی مصرف آب می‌شود. با وجود مشابهت منطقه مطالعاتی این مقاله با مطالعه حاضر، لازم به ذکر است در این مطالعه کل حوضه آبریز غرب جازموریان در نظر گرفته شده اما در مطالعه میرزایی و زیبایی تنها دو شبکه آبیاری واقع در حوضه آبریز که فقط در دو واحد هیدرولوژیک حوضه واقع شده‌اند مد نظر قرار گرفته است. بعلاوه این‌که تاکید ایشان بر پیش‌بینی تغییرات کاربری زمین، شبیه‌سازی اثرات اقتصادی هیدرولوژیکی حوضه، ارزیابی استراتژی‌های تطبیقی کشاورزان با تغییر اقلیم و بررسی مسائل رفتاری کشاورزان جهت انطباق با شرایط تغییر اقلیم و حل منازعات مرتبط با آب است اما مطالعه حاضر به بررسی تخصیص بهینه آب در کل حوضه می‌پردازد. لذا علیرغم شرایط و اهمیت کشاورزی در حوضه هامون جازموریان، تاکنون تجزیه و تحلیل جامعی از کل حوضه و کاربرد آن در پاسخ به سیاست‌های مختلف مرتبط با بخش آب انجام نشده است. از اینرو هدف مطالعه حاضر ارائه یک چارچوب مدلسازی هیدرولوژیکی- اقتصادی تخصیص آب در حوضه هامون جازموریان غربی است. سپس از این چارچوب برای تخمین منافع اقتصادی از بهبود در تخصیص و کارایی مصرف آب استفاده شده است. نتایج مدل‌سازی می‌تواند اطلاعات مفیدی برای ارزیابی سناریوهای مختلف در اختیار سیاست‌گذاران قرار داده و به آنان در بهبود تصمیم‌گیری‌های مربوطه کمک نماید.

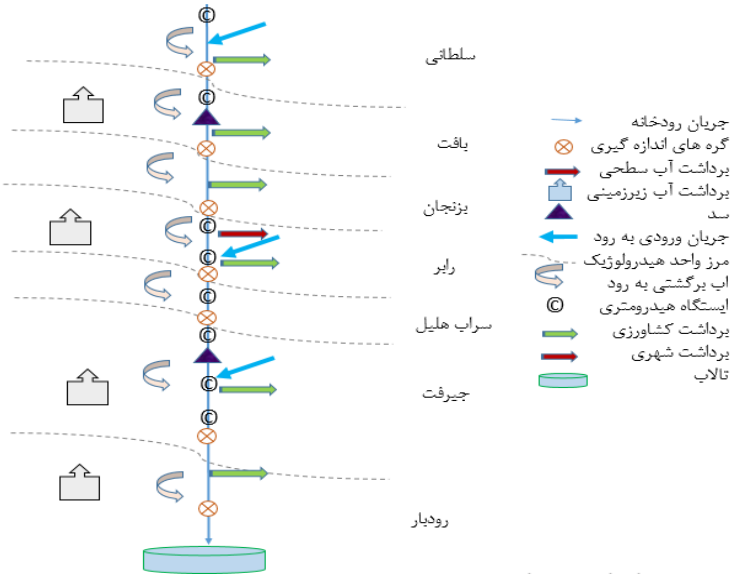
روش تحقیق

مدل‌های هیدرولوژیکی-اقتصادی شبکه‌ای از گره‌ها و لینک‌ها است که گره‌ها نشان‌دهنده واحدهای فیزیکی هستند که جریان سیستم را تحت تاثیر قرار می‌دهند و لینک‌ها، ارتباط بین این گره‌ها را نشان می‌دهد (۳۵). گره‌هایی که می‌توانند در شبکه قرار بگیرند به دو نوع گره‌های عرضه، مانند رودخانه‌ها، مخازن و آبخوان‌ها و گره‌های تقاضا مانند مناطق کشاورزی، خانوارها و اکوسیستم‌های وابسته به آب طبقه‌بندی می‌شوند. این گره‌ها توسط لینک‌ها که می‌توانند رودخانه-ها، کانال‌ها یا خطوط لوله باشند به یکدیگر متصل شده‌اند (۳۶و۳۷). در شکل ۱ و ۲ به ترتیب، موقعیت جغرافیایی و الگوی شماتیک حوضه‌ی مورد مطالعه و مجموعه گره‌ها و لینک‌ها نمایش داده شده است . الگوی شماتیک جریان رودخانه هلیل‌که یکی از مهمترین رودخانه‌های حوضه‌ی آبریز جازموریان است را نشان می‌دهد. در طول جریان رودخانه، جریان‌های میانراهی و برگشتی از مناطق کشاورزی وارد رودخانه می‌شوند. منابع آب مورد بهره‌برداری در حوضه‌شامل آب‌های سطحی و زیرزمینی است که بیش از ۹۶ درصد از کل آب برداشتی در بخش کشاورزی به مصرف می‌رسد (۱۳). محدوده‌های مطالعاتی مورد بررسی متشکل از ۷ واحد هیدرولوژیک سلطانی، بافت، رابر، بزنجان، سراب هلیل، جیرفت و رودبار می‌باشد.



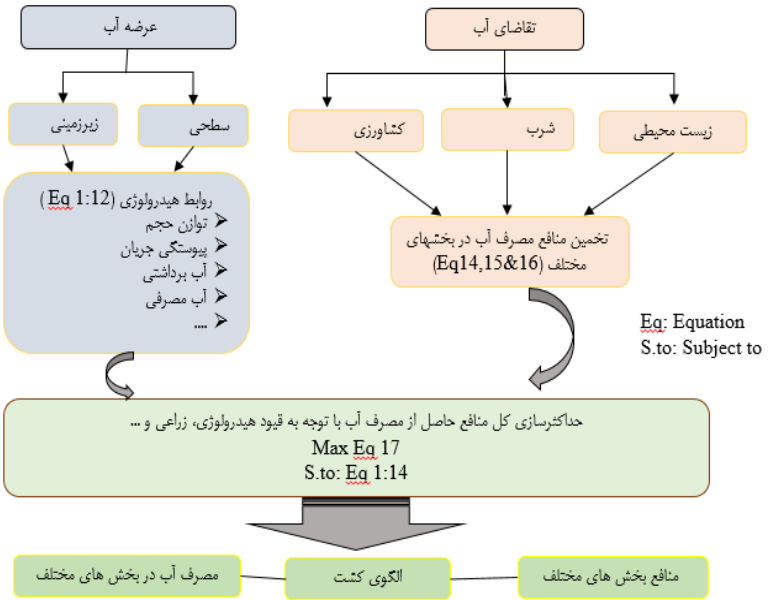
شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز هامون جازموریان غربی

بهره‌برداری از آب‌های سطحی به دو شکل سنتی و مدرن صورت می‌گیرد. نظام بهره‌برداری سنتی شامل انهار سنتی منشعب از رودخانه و در غرب حوضه، شبکه آبخور سد جیرفت شامل شبکه آبیاری مدرن می‌باشد. توزیع آب در این شبکه توسط کارکنان آب منطقه‌ای و یا نظارت آن‌ها صورت گرفته و آب تحویلی در هر دریچه به بهربرداران متناسب با میزان اراضی، الگوی کشت و هیدرومدل طراحی شده در این گونه شبکه‌ها است. در انتهای رودخانه هلیل، تالاب هامون جازموریان قرار دارد که کلیه رودخانه‌ها و مسیل‌ها در این حوضه به سمت آن جریان می‌یابند.



شکل ۲- الگوی شماتیک حوضه آبریز جازموریان غربی

متدولوژی دربرگیرنده سه مولفه کلیدی یعنی، اطلاعات هیدرولوژیکی، بخش اقتصادی متشکل از منافع مصرف آب در تمامی بخش‌های اقتصادی و تابع منافع زیست‌محیطی حوضه است. تمامی اجزا در یک چارچوب با هدف حداکثر سازی سود خالص اقتصادی در تمامی بخش‌های مصرف‌کننده آب حوضه رودخانه هلیل، ادغام می‌شود. با توجه به توازن بین عرضه و تقاضای آب در حوضه و هدف حداکثرسازی منافع حاصل از مصرف آب مشروط به قیود فیزیکی، تکنیکی و سیاستی، اطلاعاتی از جمله الگوی کشت منطقه، میزان برداشت آب و منافع هر یک از بخش‌ها مشخص می‌گردد که برای سیاستگذاری و مدیریت یکپارچه حوضه مفید و ضروری است. شکل ۳ چارچوب مفهومی مدل هیدرولوژیکی-اقتصادی در منطقه مورد مطالعه را نمایش می‌دهد. در ادامه به تشریح هر یک از مولفه‌ها پرداخته شده است.



شکل ۳- فرایند مدلسازی الگوی اقتصادی-هیدرولوژی

۱-بخش هیدرولوژی

جریان آب بین گره‌های رودخانه با استفاده از اصل اساسی هیدرولوژی یعنی توازن حجم آب تعیین می‌شود. در بخش هیدرولوژی از قاعده توازن حجم برای محاسبه جریان‌های ورودی و رودخانه، مخازن و آب برداشتی جهت مصارف مختلف استفاده می‌شود که در ادامه به توضیح آن‌ها پرداخته شده است.

-منابع عرضه آب

جریان کل ورودی به هر واحد هیدرولوژیکی شامل جریان‌های سطحی ورودی و انتقال بین حوضه‌ای آب به واحد مورد نظر می‌باشد که عرضه هیدرولوژیکی را تحت تاثیر قرار می‌دهد. به عبارتی، مجموع جریان ورودی به n امین گره در ماه t برابر کل منابع عرضه است.

$$W_{nt} = supply_{nt}$$

جریان ورودی به هر گره رودخانه در ماه t برابر است با مجموع جریان گره بالادست که شامل: جریان‌های سطحی ورودی به حوضه، گره‌های اندازه‌گیری، برداشت آب سطحی، جریان‌های برگشتی و خروجی‌های مخزن بالادست می‌باشد. این معادله در واقع پیوستگی جریان رودخانه را تضمین می‌کند و با توجه به موقعیت جغرافیایی گره‌های مختلف عرضه و تقاضا، پس از رسم الگوی شماتیک حوضه، نوشته می‌شود.

$$W_{d,t} = \sum_i B_{d,i} W_{i,t} \quad \forall i \ni divert, inflow, res, simple, return$$

بردارهای $B_{d,i}$ میتواند مقادیر صفر، ۱ یا ۱- را اختیار نماید. ارزش صفر برای عدم شرکت منابع بالادست، ۱ برای منابعی که جریان را افزایش و ۱- برای منابعی که جریان را کاهش می‌دهد؛ در نظر گرفته می‌شود.

-برداشت آب

کل آب برداشتی در هر گره کشاورزی و شهری W_a، می‌تواند از دو منبع برداشت سطحی از جریان رودخانه $W_{aDivert}$ یا پمپاژ آب زیرزمینی W_{aPump} تامین شود. در این صورت مجموع کل آب برداشت شده از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$W_{f,t}^a = \sum_{divert} B_{divert}^a W_{f,t}^{divert} + \sum_{pump} B_{pupm}^a W_{f,t}^{pump} \quad \forall f \ni Ag, Ur$$

پارامترهای B_{divert}^a و B_{pump}^a ماتریس‌های واحد هستند که گره های مشخص شده با زیرنویس خود را به یکدیگر وصل می‌کنند.

از طرفی بخشی از آب برداشتی مورد مصرف قرارگرفته (use)، بخشی دیگر به زمین نفوذ کرده ($seepage$) و مابقی به صورت جریان برگشتی ($return$) به رودخانه باز می‌گردد (۳۸، ۳۶و۳۹).

$$W_{f,t}^a = \sum_{use} B_{use} W_{f,t}^{use} + \sum_{seep} B_{seep} W_{f,t}^{seep} + \sum_{ret} B_{ret} W_{f,t}^{ret} \quad \forall f \ni Ag, Ur$$

-جریان برگشتی به رودخانه

کل آب برگشتی به رودخانه به‌صورت رابطه زیر اندازه‌گیری می‌شود:

$$W_{f,t}^{ret} = \gamma_{ret}^a \left[\sum_{divert} B_{divert}^r W_{f,t}^{divert} + \sum_{pump} B_{pupm}^r W_{f,t}^{pump} \right] \quad \forall f \ni Ag, Ur$$

که γ_{ret}^a ضریب جریان برگشتی به رودخانه است.

-آب مصرف شده

در هر گره مصرف، آب مصرفی، نسبتی از کل آب برداشتی است.

$$W_{f,t}^{use} = \gamma_f^{use} \sum_a W_{f,t}^a$$

-نفوذ به آبخوان

$$W_{f,t}^{seep} = \gamma_f^{seep} \left[\sum_{divert} B_{divert}^s W_{f,t}^{divert} + \sum_{pump} B_{pupm}^s W_{f,t}^{pump} \right] \quad \forall f \ni Ag, Ur$$

γ_f^{seep} نسبتی از آب‌های برداشتی است که به آبخوان نفوذ می‌کند.

-توازن منابع ذخیره آب

حجم آب ذخیره سالانه در مخزن وابسته به حجم ذخیره آب سال گذشته $Q_{res,t-1}$، خالص جریان‌های ورودی به مخزن $(W_{in,t}^{res} - W_{out,t}^{res})$ و میزان تبخیر از سطح مخزن $W_{e,t}$ می‌باشد. رابطه زیر ذخیره سالانه مخزن را نشان می‌دهد:

$$Q_{res,t} = Q_{res,t-1} + W_{in,t}^{res} - W_{out,t}^{res} - W_{e,t}$$

همچنین هر مخزن، یک ظرفیت حداکثر دارد که ذخیره سالانه آن نباید از آن تجاوز نماید که به صورت معادله زیر تعریف می‌شود:

$$Q_{res,t} \leq Q_{res,t}^{max}$$

-تبخیر

تبخیر از سطح مخزن به صورت زیر اندازه‌گیری می‌شود:

$$W_{e,t} = \alpha_{e,t} Q_{res,t}$$

که برابر با نرخ تبخیر هر هکتار آب $\alpha_{e,t}$، ضربدر متوسط سطح مخزن $Q_{res,t}$ است.

-ظرفیت انتقال و بهره‌برداری از منابع آب

انتقال آب از طریق کانال‌های اصلی و فرعی آبیاری و لوله‌ها نبایستی از حداکثر ظرفیت انتقال تجاوز نماید.

$$W_{f,t}^{divert} \leq W_{f,t}^{cap} \qquad \forall f \ni Ag, Ur$$

-جریان زیست محیطی

$$Wout_d \geq E_d^{min}$$

رابطه بالا تضمین می‌کند که جریان خروجی آب از گره d رودخانه باید بزرگتر یا مساوی حداقل جریان زیست‌محیطی رودخانه در آن گره باشد.

-محدودیت زمین

مجموع سطح زیر کشت ماهیانه محصولات در هر منطقه نبایستی از میزان زمین در دسترس بیشتر باشد. این محدودیت در قالب معادله ذیل بیان می‌شود:

$$\sum_k \sum_j x_{k,j}^R \leq tarea^R$$

۲- مدل منطقه‌ای بخش اقتصادی

با توجه به اینکه در منطقه مورد مطالعه، صنعت مهمی فعال نیست و میزان مصرف آب در بخش صنعت از آب‌های سطحی صفر و از آب-های زیرزمینی کمتر از یک درصد می‌باشد، مازاد اقتصادی مصرف آب در این بخش در نظر گرفته نشده است. بنابراین مدل منطقه‌ای شامل بخش کشاورزی و شهری می‌باشد. مصرف آب در هر یک از این بخش‌ها منافعی را ایجاد می‌کند. نحوه محاسبه مازاد اقتصادی مصرف آب در بخش‌های مذکور، در ادامه توضیح داده شده است:

مازاد اقتصادی مصرف آب در بخش شرب

منفعت اقتصادی آب مصرف شده در بخش شرب برای مناطق واقع در حوضه رودخانه به صورت رابطه (۱۴) حداکثر می‌شود:

$$Ben_ur_u = \sum_t \alpha_{0ur} + \left((\alpha_{1ur} + \alpha_{2ur} \times W^a_{ur,t}) \times W^a_{ur,t}\right) - \left(\sum_t \vartheta^{pump}_{ur} \times W^{pump}_{ur,t} + \sum_{dUr} \partial^{divert}_{ur} \times W^{divert}_{ur,t}\right)$$

که Ben_ur_u مازاد رفاه اقتصادی ناشی از مصرف آب در منطقه u، $W^a_{ur,t}$ برداشت آب و $W^{pump}_{ur,t}$ و $W^{divert}_{ur,t}$ میزان عرضه آب از طریق پمپاژ و برداشت آب از رودخانه است. $\alpha_{0ur}\alpha_{1ur}$ و α_{2ur} به ترتیب پارامترهای جزء ثابت، خطی و درجه دوم منافع استفاده آب (تابع معکوس تقاضای آب) در هر سایت تقاضای آب شهری می‌باشد. ∂^{divert}_{ur} و ϑ^{pump}_{ur} هزینه‌های عرضه آب از طریق پمپاژ و آب سطحی است.

مازاد اقتصادی مصرف آب در بخش کشاورزی

منافع اقتصادی آب مورد استفاده در این بخش از طریق تخمین تابع درآمد خالص مناطق محاسبه می‌شود.

$$Ben_Ag_R = \sum_j \sum_k x_{kj} . GM_{kj}$$

$$GM_{kj} = P_j \times Y_{kj} - C_{kj} - \left[\begin{matrix} prw^{divert}_{Ag} \times \left(\sum_t W^{divert}_{Ag,t}\right) \\ +prw^{pump}_{Ag} \times \left(\sum_t W^{pump}_{Ag,t}\right) \end{matrix}\right]$$

Ben_Ag_R مازاد اقتصادی مصرف آب در بخش کشاورزی در منطقه R، x_{kj} متغیر تصمیم سطح زیر کشت محصولات، اندیس‌های j و k به ترتیب محصولات و سیستم آبیاری (ثقلیg، قطره ایdr یا بارانیs) ، GM بازده برنامه‌ای هر هکتار محصول، $W^{divert}_{Ag,t}$ آب سطحی برداشت شده برای سایت R در ماه t با استفاده از سه روش آبیاری، prw^{divert}_{Ag} قیمت آب سطحی برداشت شده برای سایت R ، $W^{pump}_{Ag,t}$ میزان آب پمپاژ شده برای سایت R در ماه t با استفاده از سه روش آبیاری، prw^{pump}_{Ag} قیمت آب پمپاژ شده برای سایت R در ماه t، P_j قیمت محصول، Y_{kj} عملکرد محصول با تکنولوژی آبیاری k، C_{kj} هزینه تولید محصول j با تکنولوژی k بجز هزینه آبیاری است.

۳-بخش زیست محیطی

برآورد مزایای تالاب به نحوی که آنها را با مزایای حاصل از استفاده های دیگر قابل مقایسه می‌کند، برای طراحی سیاست‌های مدیریت پایدار آب مفید است (۴۰). منافع اقتصادی زیست محیطی اندازه‌گیری شده به عنوان تمایل به پرداخت برای وجود آب در تالاب جازموریان، در مطالعه میرزایی و زیبایی (۴۱) با استفاده از مدل ارزشگذاری مشروط، مبنای برآورد تابع هدف این بخش قرار گرفته است.

$$Ben_Wet = \sum_t B_{0wet} + B_{1wet} W_{wet,t} + B_{2wet} (W_{wet,t})^2$$

که Ben_Wet منافع زیست محیطی تالاب و $W_{wet,t}$ حجم ذخیره آب در تالاب و ضرایب B جزء عرض از مبدا، خطی و درجه دوم هستند که از مطالعه میرزایی و زیبایی (۴۱) استخراج شده است (۳۸،۳۹و۴۲).

تابع هدف مدل یکپارچه حوضه

هدف مدل یکپارچه حوضه، حداکثرسازی منافع کلی حاصل از مصرف آب در طول یکسال، مشروط به محدودیت‌های هیدرولوژیکی، اقتصادی و نهادی است. لذا تابع هدف کل، سه مولفه توضیح داده شده در فوق را در بر می‌گیرد. این مدل، مجموع مازاد اقتصادی سالانه بخش کشاورزی، شرب و منافع زیست محیطی را با توجه به قیود بیان شده در بخش‌های قبل، حداکثر می‌نماید.

$$max \sum_R Ben_Ag_R + \sum_u Ben_ur_u + Ben_Wet$$

الگوی مورد نظر در افق زمانی یک ساله با گام زمانی ماهانه و در زبان مدلسازی سیستم مدل جبری $(GAMS)$ کدگذاری شده است. اطلاعات مورد نیاز مربوط به سال ۱۳۹۴ می‌باشد که شامل داده‌های کشاورزی، هیدرولوژی و نهادی به شیوه پیمایشی و مصاحبه با بهره-برداران، متخصصین و مسئولین ذی‌ربط و اسنادی از منابع مختلفی از جمله آب منطقه‌ای استان کرمان، دفتر مطالعات پایه آب، جهاد کشاورزی جمع‌آوری شده است.

نتایج و بحث

در بهینه‌سازی کل حوضه، منافع خالص تمامی بخش‌های مصرف-کننده آب تحت محدودیت‌های مختلف فیزیکی و هیدرولوژیکی حداکثر می‌شود. در واقع نتایج این سناریو بهترین راه حل از دیدگاه بهینه اقتصادی است و لزوما با آنچه که در واقعیت به وقوع می‌پیوندد منطبق نیست؛ اما می‌تواند به عنوان یک شاخص و معیار برای مقایسه با سناریوهای جایگزین و نقطه مرجعی برای رسیدن به آن، توسط مسئولین و برنامه‌ریزان مورد استفاده قرار گیرد.

راندمان آبیاری برای تکنولوژی غرقابی، ۴۹٪، قطره ای ۷۹٪ و بارانی ۶۴٪ در نظر گرفته شده است. عمده محصولاتی که در مناطق مورد بررسی کشت می‌شود گندم، جو، حبوبات، هندوانه، خیار، سیب‌زمینی، پیاز، گوجه‌فرنگی، یونجه، ذرت، خرما و مرکبات است که بیش از ۹۰ درصد سطح زیرکشت را به خود اختصاص داده‌اند. نتایج تخصیص بهینه آب بین بخش‌های مختلف مطابق جدول ۱ نشان می‌دهد حجم آب سالیانه اختصاص یافته به بخش کشاورزی ۱۷۱۰، بخش شرب ۳۶۰ و تالاب ۱۲۰ میلیون مترمکعب می‌باشد. مقایسه میزان آب تخصیص یافته به بخش کشاورزی با شرایط پایه (۲۱۶۸ میلیون مترمکعب) حاکی از صرفه‌جویی ۴۵۷ میلیون مترمکعبی آب در بخش

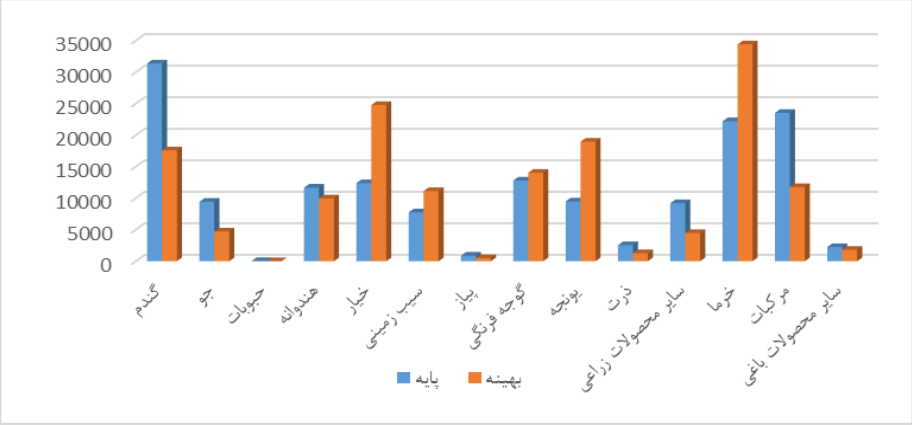
کشاورزی در صورت اصلاح الگوی کشت است. همچنین میزان آب اختصاص یافته به بخش شرب ۳۶۰ و به تالاب جازموریان ۱۲۰ میلیون مترمکعب در سال برآورد شده است. با انجام این تخصیص منافع اقتصادی سالیانه و منفعتی که به ازای مصرف هر مترمکعب آب در بخش‌های مختلف حاصل می‌شود نیز در جدول مذکور آورده شده است. همانگونه که مشخص است، بیشترین منفعت حاصل از مصرف هر مترمکعب آب مربوط به بخش شرب می‌باشد؛ بطوریکه هر مترمکعب آب منفعتی معادل ۱۴۲۱۲ ریال برای مصرف‌کنندگان ایجاد می‌نماید. آب اختصاص یافته به بخش کشاورزی، ۵۵۸۹ ریال و تالاب ۴۶۹ ریال به ازای هر مترمکعب آب منفعت فراهم می‌نماید.

جدول ۱- حجم آب تخصیص یافته و منافع اقتصادی بخش‌های مختلف در مدل بهینه

	کشاورزی	شرب	تالاب
میزان آب تخصیص یافته سالیانه (میلیون مترمکعب)	۱۷۱۰	۳۶۰	۱۲۰
منفعت اقتصادی سالیانه (میلیون ریال)	۹۵۵۹۲۴۰	۵۱۱۶۴۳۰	۵۶۲۶۰
منفعت اقتصادی هر مترمکعب آب (ریال بر مترمکعب)	۵۵۸۹	۱۴۲۱۲	۴۶۹

جدول ۲- سطح زیرکشت ۵ محصول اصلی در شرایط پایه و بهینه (هکتار)

محصولات		سلطانی	بافت	بزنجان	رابر	سراب	جیرفت	رابر	کل منطقه
گندم	پایه	۱۳۹	۱۱۷۹	۱۹۰	۳۷۷	۳۲۴	۹۴۲۷	۱۹۷۳۳	۳۱۳۶۸
	بهینه	۱۸۹	۱۶۰۱	۲۵۸	۵۱۹	۴۴۵	۴۷۱۴	۹۸۶۶	۱۷۵۹۲
جو	پایه	۷۹	۶۶۶	۱۰۷	۲۵۲	۲۱۶	۴۲۸۵	۳۸۱۹	۹۴۲۴
	بهینه	۳۹	۳۳۳	۵۴	۱۲۶	۱۰۸	۲۱۴۳	۱۹۱۰	۴۷۱۲
یونجه	پایه	۹	۷۷	۱۲	۱۱۰	۹۴	۵۹۹۹	۳۱۸۳	۹۴۸۵
	بهینه	۱۸	۱۵۴	۲۵	۲۲۰	۱۸۹	۱۱۹۹۸	۹۳۶۵	۱۸۹۶۹
سیب‌زمینی	پایه				۳۱	۲۷	۵۱۴۲	۲۵۴۶	۷۷۴۷
	بهینه				۱۶	۱۳	۵۹۹۹	۵۰۹۲	۱۱۱۲۱
خرما	پایه						۱۴۵۷۰	۷۶۳۸	۲۲۲۰۸
	بهینه						۲۴۸۵۴	۲۲۲۰۸	۳۴۴۰۲



شکل ٤- سطح زیرکشت محصولات در کل منطقه در شرایط پایه و بهینه (هکتار)

جدول ۳- منافع سالانه مناطق (میلیون ریال در هکتار)

منطقه	پایه	بهینه	درصد تغییرات
بافت	۲۶/۴	۴۰/۲	۵۲
بزنجان	۲۵/۰	۳۸/۰	۵۲
جیرفت	۴۷/۲	۶۸/۶	۴۵
سراب	۳۱/۹	۴۹/۶	۵۵
سلطانی	۲۵/۰	۳۸/۰	۵۲

رودبار	۳۷/۹	۵۳/۶	۴۱
رابر	۳۱/۹	۴۹/۶	۵۵
کل منطقه	۴۲/۷	۶۱/۵	۴۴

جدول ٤- مصرف آب در بخش کشاورزی (مترمکعب در هکتار)

منطقه	جاری	بهینه	درصد تغییرات
سلطانی	۱۱۹۲۰/۵	۹۹۳۳/۸	-۱۶/۷
بافت	۱۲۷۵۶/۴	۹۷۰۱/۵	-۲۳/۹
بزنجان	۱۱۸۶۴/۴	۹۹۲۷/۴	-۱۶/۳
رابر	۱۷۴۹۳/۶	۱۳۶۱۳/۲	-۲۲/۲
سراب	۱۷۵۰۷/۴	۱۳۶۴۹/۹	-۲۲
جیرفت	۱۴۴۸۶/۱	۱۱۳۴۰/۳	-۲۱/۷
رودبار	۱۳۱۳۱/۹	۱۰۴۹۵/۸	-۲۰/۱
کل منطقه	۱۳۹۵۱/۱	۱۱۰۰۵/۴	-۲۱/۱

جدول ٥- حجم آب اختصاص یافته به تالاب (میلیون متر مکعب)

ماه	آب اختصاص یافته	ماه	آب اختصاص یافته
۱	۲۱/۴	۷	۸/۸
۲	۱۹/۴	۸	۶/۷
۳	۱۷/۳	۹	۴/۵
۴	۱۵/۲	۱۰	۲/۴
۵	۱۳/۱	۱۱	۰/۲
۶	۱۱/۰	۱۲	۰

در شکل ۴ سطح زیرکشت بهینه با سطح کشت شده در شرایط پایه در کل حوضه با یکدیگر مقایسه شده است. تخصیص بهینه آب از طریق مدل هیدرولوژی-اقتصادی منجر به کاهش سطح زیرکشت گندم و جو می‌گردد؛ که علت آن عملکرد پایین این محصولات به دلیل شرایط اقلیمی منطقه و در نتیجه سودآوری کمتر این دو محصول نسبت به سایر محصولات می‌باشد. علاوه بر این، حبوبات، هندوانه، پیاز، ذرت و سایر محصولات زراعی نیز با کاهش سطح مواجه هستند. در مقابل محصول یونجه و خیار به دلیل عملکرد و سودآوری بالا با ۱۰۰ درصد افزایش سطح کشت همراه است. سطح زیرکشت سیب‌زمینی و گوجه‌فرنگی نیز افزایشی است. در بین محصولات باغی، امکان افزایش سطح زیرکشت نخیلات تا بیش از ۵۰ درصد سطح پایه امکان‌پذیر است. در حالیکه سطح زیرکشت مرکبات و سایر محصولات باغی کاهش می‌یابد.

با تغییر در الگوی کشت، طبیعتا منافع حاصل از کشت محصولات نیز دستخوش تغییر می‌گردد. جدول ۳ درآمد خالص کشاورزی به ازای هر هکتار در مناطق مختلف در حالت بهینه و شرایط موجود را نشان می‌دهد. همانگونه که مشخص است، با اجرای الگوی تخصیص بهینه، تمامی مناطق با افزایش سود چشمگیری همراه خواهند بود. بیشترین میزان افزایش منفعت مربوط به واحدهای سراب هلیل و رابر با ۵۵ درصد افزایش و کمترین افزایش سود مربوط به واحد رودبار با ۴۱ درصد افزایش می‌باشد. به طور کلی اجرای الگوی کشت پیشنهادی در حوضه، منفعتی معادل ۶۱/۵ میلیون ریال به ازای هر هکتار در بر خواهد داشت که ۴۴ درصد بیش از منافع در شرایط فعلی می‌باشد. اغلب مطالعاتی که در زمینه مدیریت منابع آب و تخصیص بهینه آن انجام گرفته نیز موید این نتیجه هستند. به عنوان نمونه در مطالعه نیکویی و زیبایی (۳۱) نیز ارزش خالص منافع سالانه پس از پیاده-سازی استراتژی بهینه در حوضه آبریز زاینده‌رود بیش از ۱۴/۵ درصد افزایش می‌یابد. همچنین در مطالعه بنی حبیب و همکاران (۴۳) که در مناطقی از تهران و البرز انجام گرفته، سود بخش کشاورزی با بهینه‌سازی تخصیص آب، ۲۸۳ درصد افزایش می‌یابد.

مطابق رابطه تابع سود کشاورزی در الگوی بهینه، تکنولوژی آبیاری محصولات نیز تعیین می‌گردد. براین اساس، تکنولوژی پیشنهادی برای محصول گندم و یونجه، بارانی، محصولات جو، حبوبات، سیب-زمینی، ذرت علوفه‌ای و سایر محصولات زراعی روش آبیاری غرقابی و محصول هندوانه، خربزه، پیاز، گوجه‌فرنگی و محصولات باغی آبیاری به شیوه‌ی قطره‌ای می‌باشد. طبیعتا با تغییر در تکنولوژی آبیاری و الگوی کشت، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی نیز تغییر می‌یابد. نتایج جدول ۴ نشان می‌دهد که با اتخاذ استراتژی بهینه، میزان مصرف آب در تمامی مناطق مورد بررسی کاهش می-یابد. بیشترین میزان کاهش در مصرف آب در واحد هیدرولوژیک بافت با ۲۴ درصد کاهش و کمترین میزان صرفه‌جویی در واحد بزنجان با ۱۶ درصد کاهش اتفاق می‌افتد. در واقع برداشت آب در سایت‌های مختلف به تقاضای نسبی آنها با هدف حداکثرسازی منافع حوضه بستگی دارد. اما به طور کلی میزان مصرف آب در بخش

کشاورزی در کل حوضه ۲۱ درصد کاهش می‌یابد که با توجه به میزان مصرف بالای آب در این بخش، این میزان آب صرفه‌جویی شده، قابل توجه می‌باشد.

در شرایط فعلی، به دلیل تخصیص بیش از حد آب به بخش کشاورزی، آب زیست محیطی تامین نمی‌گردد و بخش زیست محیطی به عنوان یک رقیب مصرف آب با سایر بخش‌ها در نظر گرفته نمی‌شود و تنها در صورت آب مازاد بخش کشاورزی یا آب برگشتی از زمین‌ها به سمت تالاب سرازیر می‌شود. این مساله موجب شده در برخی سال‌ها میزان آب ورودی به تالاب صفر باشد که باعث ایجاد خسارات اقتصادی و زیست محیطی فراوان در منطقه گردیده است. در مدیریت یکپارچه منابع آبی، محیط زیست به عنوان یکی از مصرف‌کنندگان آب، با فواید مستقیم و غیر مستقیم برای انسان و اکوسیستم، بایستی به رسمیت شناخته شود. در الگوی مورد استفاده مطالعه جاری بخش زیست محیطی به عنوان یکی از رقبای مصرف آب در حوضه در نظر گرفته شد. با توجه به تغییر الگوی کشت و تکنولوژی آبیاری در تخصیص بهینه، میزان قابل توجهی از مصرف آب در بخش کشاورزی کاسته می‌شود که بخشی از این حجم آب صرفه‌جویی شده به بخش زیست محیطی اختصاص می‌یابد که منافعی را ایجاد می‌نماید. میزان آب اختصاص یافته ماهانه به بخش زیست محیطی در جدول ۵ درج شده است. با احیای تالاب و ورود آب به آن منفعتی معادل ۵۶۲۶۰ میلیون ریال حاصل می‌شود.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

در شرایط کمبود آب، روش‌های کنونی مدیریت تقاضا نیازمند بازبینی هستند. برنامه‌ریزی‌های جدید تخصیص آب در حوضه آبریز اغلب بر بهینه‌سازی مصارف منابع آب موجود بر اساس تحلیل‌های اقتصادی، اجتماعی و محیط زیستی متمرکز است. در مطالعه حاضر یک مدل بهینه‌سازی هیدرولوژیکی–اقتصادی در حوضه آبریز جازموریان غربی ارائه شد که هدف آن حداکثرسازی منافع مصرف آب در بخش کشاورزی، شرب و زیست‌محیطی با توجه به قیود هیدرولوژی، اقتصادی و نهادی می‌باشد. نتایج نشان داد با بکارگیری این الگو، میزان مصرف آب در بخش کشاورزی ۱۱ درصد کاهش می‌یابد در حالیکه منفعت حاصل از استفاده آب در این بخش بیش از ۴۰ درصد افزایش می‌یابد. بخشی از آب صرفه‌جویی شده در بخش کشاورزی برای جبران حقابه زیست محیطی آزاد می‌شود که موجب منفعتی معادل ۵۶۲۶۰ میلیون ریال می‌گردد. در بخش شرب نیز حجم آب اختصاص یافته طبق الگو، ۵۱۱۶۴۳۰ میلیون ریال سود ایجاد می‌نماید. در واقع نتایج نشان داد که در صورت بکارگیری الگوی کشت و استراتژی‌های آبیاری پیشنهادی مدل، امکان افزایش سود در کنار کاهش آب مصرفی در بخش کشاورزی وجود دارد. با توجه به اینکه بیش از ۹۶٪ منابع آبی در این بخش مصرف می‌شود، میزان آب صرفه‌جویی شده می‌تواند در سایر بخش‌های رقیب مورد استفاده قرار گیرد و منافعی ایجاد نماید یا اینکه موجب کاهش مصرف آب‌های زیرزمینی گردد که به پایداری منابع آبی کمک می‌نماید. اما تغییر تکنولوژی آبیاری و الگوی کشت از طریق ابلاغ و دستور به کشاورزان اجرایی نمی‌شود و بایستی آگاهی و مشوق‌های لازم در این رابطه از جمله اعطای تسهیلات به متقاضیان سیستم‌های آبیاری نوین، آموزش و افزایش آگاهی کشاورزان در زمینه استفاده از این سیستم‌ها و حمایت از تولیدکنندگان و شرکت‌های طراح و مجری آبیاری تحت فشار فراهم گردد.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

در مطالعه حاضر فرم‌های رضایت‌نامه آگاهانه توسط تمامی آزمودنی‌ها تکمیل شد.

حامی مالی

هزینه‌های مطالعه حاضر توسط نویسندگان مقاله تامین شد.

مشارکت نویسندگان

طراحی و ایده پردازی: خدیجه ثمره‌هاشمی، حسین مهرابی، احمدعلی کیخا، مصطفی مردانی نجف‌آبادی، سامان ضیائی؛ روش شناسی و تحلیل داده‌ها: خدیجه ثمره‌هاشمی، مصطفی مردانی نجف‌آبادی؛ نظارت و نگارش نهایی: خدیجه ثمره‌هاشمی.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان مقاله حاضر فاقد هرگونه تعارض منافع بوده است.

References

1. Biswas AK, Tortajada C. Water crisis and water wars: myths and realities. International Journal of Water Resources Development. 2019; 35: 727-731. DOI: 10.1080/07900627.2019.1636502

2. Daneshgar H, Bagheri M, Mardani Najafabadi M, Alijani F, Yavari G. Effects of climate change on hydrological and economic conditions of Bushkan plain farmers. Agricultural Economics Research. 2021; 13(2): 259-280. DOI: 20.1001.1.20086407.1400.13.2.13.4

3. Kalbali E, Ziaee S, Mardani Najafabadi M, Zakerinia M. Approaches to adapting to impacts of climate change in northern Iran: The application of a Hydrogy-Economics model. Journal of Cleaner Production. 2021; 280, 124067. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.124067

4. Mohamadjani A, Yazdanian N. Analysis of the water crisis in the country and its management requirements. Ravand Quarterly. 2014; 21(65):117-144. https://www.cbi.ir/simplelist/12869.aspx

5. Kavand H, Ziaee S, Mardani Najafabadi M. Assessing the Consequences of Internalization of the Side Effects of Water Pollution on the Quantitative and Qualitative Management of Zayandehroud Basin. Journal of Agricultural Economics and Development. 2020; 34(3): 356-341 .DOI: 10.22067/jead2.vi0.86889

6. Zarghami M, Saffari N. Optimal allocation of water to the agricultural sector of Zarrineh Rud basin using Asymmetrical Nash method. Agricultural Economics. 2013; 7(2): 107-125. http://www.iranianjae.ir/article_9270.html?lang=en

7. Mardani Najafabadi M, Ziaee S, Nikouei A, Ahmadpour Borazjani M. Mathematical programming model (MMP) for optimization of regional cropping patterns decisions: A case study. Agricultural Systems. 2019; 173: 218-232. DOI:10.1016/j.agsy.2019.02.006

8. Yousefi A, Hassan-Zade M, Keramat-Zade A. The welfare effect of water market allocation in iranian economy. Iran Water Resources Research. 2014; 10(1): 15-25. http://www.iwrr.ir/article_13414.html?lang=en

9. Mardani M, Ziaei S, Nikouei A. Optimizing the trade of virtual water in regional cropping pattern of the Isfahan province: application of multi-criteria models. Agricultural Economics and Development. 2018; 25(100): 59-88 .DOI: 10.30490/aead.2018.60994

10. Jofreh M, Alizadeh S. The study of market's role in water resource optimal allocation. Journal of Financial Economics (Financial Economics and Development). 2009; 2(8):79-95. DOI: 20.1001.1.25383833.1388.3.8.4.9

11. Shirzadi S, Mardani Najafabadi M, Shahnazari A. Water Consumption and Distribution Management in Tajan Irrigation and Drainage Network with Emphasis on Water Resource Sustainability. Journal of Water Research in Agriculture. 2020; 33(4): 673-689. https://doi.org/10.22092/jwra.2020.121246

12. Ministry of Agriculture Jihad. Agricultural Statistics. 2018. Available at http://www.maj.ir/

13. Ministry of Energy. Report of recognizing grade 2 Hamoon-Jazmourian basin, Iran water resources Management Company. 2016. Regional water Company of Kerman.

14. Dinar A, Nigatu GS. Distributional considerations of international water resources under externality: The case of Ethiopia, Sudan and Egypt on the Blue Nile. Water Resources and Economics. 2013; 2-3: 1–16. https://doi.org/10.1016/j.wre.2013.07.001

15. Mirkarimi Sh, Amirnejad H, Joolaie R. Integration of Core and Uncertainty Bankruptcy Methods for Optimal Allocation of Gorganrod-Gharahso Basin. Agricultural Economics. 2020; 13(4): 104-126. DOI: 10.22034/iaes.2020.118653.1745

16. Philpot SL, Peter A, Johnson K, Hipel W. Analysis of a brownfield management conflict in Canada. Hydrological Research Letters. 2017; 11(3):141- 148. https://doi.org/10.3178/hrl.11.141

17. Kehkha AA, Mosanan Mozafari M. Optimal allocation of well water reservoirs to the agricultural sector Sistan using Stochastic dynamic programming. Agricultural Economics. 2014; 8(1): 47-62. http://www.iranianjae.ir/article_8918.html

18. Ghahraman b, Sepaskhah A. Management of dam reservoirs. Iran Water Resources Research. 2003; 2(1): 1-15. http://www.iwrr.ir/article_15078.html?lang=en

19. Zhao T, Cai X, Yang D. Effect of streamflow forecast uncertainty on real time reservoir operation. Advances in Water resourses. 2011; 34:495-504. DOI:10.1016/j.advwatres.2011.01.004

20. Heidecke C. Heckelei T. The impact of water pricing in an arid river basin in Morocco considering the conjunctive use of ground- and surface water, water quality aspects and climate change. P. 85-89. Paper presented at the Conference of the Global Catchment Initiative (GCI) on the Global Dimensions of Change in River Basins, 6-8 Dec. 2010, Bonn, Germany.

21. Varela-Ortega C, Blanco-Gutiérrez I, Swartz CH, Downing TE. Balancing groundwater conservation and rural livelihoods under water and climate uncertainties: An integrated hydro-economic modeling framework. Global Environmental Change.2011; 21(2): 604-619.

https://dx.doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2010.12.001

22. Luwesi CN, Shisanya CA, Obando JA. Hydro-economic inventory for sustainable livelihood in Kenyan ASALs: The case of Muooni Catchment. J Agir Food Appl Sci. 2013; 1: 46-55.

23. Blanco-Gutiérrez I, Varela-Ortega C, Purkey DR. Integrated assessment of policy interventions for promoting sustainable irrigation in semi-arid environments: A hydro-economic modeling approach. Journal of environmental management. 2013; 128: 144-160. DOI:10.1016/j.jenvman.2013.04.037

24. Hérivaux C, Orban P, Brouyère S. Is it worth protecting groundwater from diffuse pollution with agri-environmental schemes? A hydro-economic modeling approach. Journal of environmental management. 2013; 128: 62-74. DOI:10.1016/j.jenvman.2013.04.058

25. Salman D, Amer SA, Ward F. Protecting food security when facing uncertain climate: Opportunities for Afghan communities. Journal of Hydrology. 2017; 554: 200-215. DOI:10.1016/j.jhydrol.2017.09.015

26. Mirchi A, Watkins DW, Engel V, Sukop Mc, Czajkowski J, Bhat M, Rehage J, Letson D, Takatsuka Y, Weisskoff R. A hydro-economic model of South Florida water resources system. Science of The Total Environment. 2018; 628–629: 1531-1541. DOI:10.1016/j.scitotenv.2018.02.111

27. Kragt M. Hydro-economic modelling in an uncertain world: Integrating costs and benefits of water quality management. Water Resources and Economics. 2013; 4: 1-21. DOI:10.1016/j.wre.2013.11.001

28. Amin A, Iqbal J, Asghar A, Ribbe L. Analysis of Current and Future Water Demands in the Upper Indus Basin under IPCC Climate and Socio-Economic Scenarios Using a Hydro-Economic WEAP Model. Water. 2018; 10(5): 537. https://doi.org/10.3390/w10050537.

29. Borrego-Marín M, Expósito A, Berbel J. A Simplified Hydro-Economic Model of Guadalquivir River Basin for Analysis of Water-Pricing Scenarios. Water. 2020; 12(7): 1879. https://doi.org/10.3390/w12071879.

30. George B, Malano H, Davidson B, Hellegers P, Bharati L, Massuel S. An integrated hydro-economic modelling framework to evaluate water allocation strategies I: Model development. Agricultural water management. 2011; 98(5): 733-746. DOI:10.1016/j.agwat.2010.12.004

31. Nikouei AR, Zibaei M. Water resources management and food security in zayandeh rud basin: an integrated river basin analysis. Journal of economics and agriculture development. 2012; 26(3): 183-196. DOI:10.22067/jead2.v1391i3.17775

32. Rafiei Darani H, Kohansal MR, Ghorbani M, Sabouhi M. Hydro-economic modeling in the analysis of water resources management strategies: neyshabur catchment. Agricultural Economics and Development. 2017; 25(99): 41-77.

33. Rajabi D, Mousavi SF, Roozbahani A. Optimal water allocation among the irrigation districts in zayandehrud basin with economic approach and performance assessment of water distribution within the district (case study: north-rudasht irrigation district). Iran Water Resources Research. 2018; 14 (5):291-303. http://www.iwrr.ir/article_66796.html?lang=en

34. Mirzaei A, Zibaei M. Water conflict management between agriculture and wetland under climate change: application of economic-hydrological-behavioral modelling. Water Resources Management. 2021; 35(1): 1-21. DOI:10.1007/s11269-020-02703-4

35. Salehi Rezaabadi F, Salarpour M, Mardani M, Ziaei S. Economic Impact Assessment of Quantity and Quality Changes in Irrigation Water on Agriculture in Kerman Province. Journal of Agricultural Economics and Development. 2020; 33(4): 395-412 DOI: 10.22067/jead2.v33i4.84119

36. Cai XM, McKinney DC, Lasdon LS. Integrated hydrologic agronomic economic model for river basin management. Water Resources Planning and Management. 2003; 129(1): 4-17. DOI:10.1061/(ASCE)0733-9496(2003)129:1(4)

37. Kahil MT, Dinar A, Albiac J. Modeling water scarcity and droughts for policy adaptation to climate change in arid and semiarid regions. Journal of Hydrology. 2015;

522: 95-109. http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2014.12.042

38. Gürlük S, Ward FA. Integrated basin management: water and food policy options for Turkey. Ecological Economics. 2009; 68(10): 2666-2678. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.05.001

39. Nikouei A, Zibaei M, Ward FA. Incentives to adopt irrigation water saving measures for wetlands preservation: an integrated basin scale analysis. Journal of hydrology. 2012; 464: 216-232. DOI:10.1016/j.jhydrol.2012.07.013

40. Turner K, Van den Bergh J, Söderqvist T, Barendregt A, van der Straaten J, Maltby E, van Ierland E. Ecological-economic analysis of wetlands: scientific integration for management and policy. Ecological Economics. 2000; 35: 7-23.

41. Mirzaei A, Zibaei M. Estimation of economic benefits of Jazmourian wetland rehabilitation and preservation programs. Agricultural Economics Research. 2020; 11(1): 53-80. DOI: 20.1001.1.20086407.1398.11.41.4.9

42. Ward FA, Pulido-Velazquez M. Efficiency, equity, and sustainability in a water quantity–quality optimization model in the Rio Grande basin. Ecological economics. 2008; 66(1): 23-37. https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.08.018

43. Banihabib ME, Zahraei A, Eslamian S. An integrated optimisiation model of reservoir and irrigation system applying uniform deficit irrigation. Journal of hydrology science and technology. 2015; 5(4): 234-256. DOI:10.1504/IJHST.2015.072636