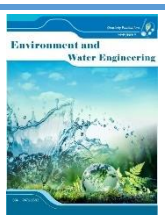
Environ. Water Eng., 2022, 8(4), 983-991 DOI: 10.22034/jewe.2022.322299.1704

EWE

Environment and Water Engineering

Homepage: www.jewe.ir



ISSN: 2476-3683

Short Paper

Simulation and Optimization of Water Consumption in Hirmand Watershed in order to Integrate Water Resources Management

Farhad Faghihi*

[1]Assist. Professor, Department of Surveying Engineering, Technical and Vocational University (TVU), Tehran, Iran

Article information

Received: December 30, 2021
Revised: January 26, 2022
Accepted: February 05, 2022

Keywords:
Goal Programming
Hirmand Watershed
Water Use
WEAP Model

*Corresponding author**:**
f-fghihi@tvu.ac.ir

Abstract

In recent years, due to water shortages in the Hirmand watershed, integrated management of water resources in this area is essential. In this research, the aim is to simulate and optimize water consumption in order to integrate water resources management. For this purpose, the WEAP model was used for simulation and the goal programming model was used to optimize water use. The simulation results showed that in the reference scenario, the Hirmand watershed is facing a water shortage of 586.69×10^6 m^3 per year. The goals of economic sustainability and ecological sustainability of water use are not met and only the goals of social sustainability of water use are met. After optimization, water consumption was allocated to an activity that achieved the goal of economic sustainability of water use. On average, the economic efficiency of water use in the Hirmand watershed area increased by 99.58%., optimization led to a reduction of water consumption by 382.82×10^6 m^3/year and achieving the goal of ecological sustainability of integrated water resources management in the Hirmand watershed area. Thus, the water supply in the environment and agriculture increased to 93.60 and 89.03% respectively.

© Authors, Published by **Environment and Water Engineering** journal. This is an open-access article distributed under the CC BY (license http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Introduction

Integrated water resources management is an approach that promotes the coordinated development and management of water, soil, and related resources in order to maximize economic and social well-being in a fair way, without compromising the sustainability of vital ecosystems. Integrated water resources management has three major goals: economic sustainability, ecological sustainability, and social sustainability. For the goal of economic sustainability, water should be used where it is most economically feasible. In order to complete ecological sustainability, water resources must be managed in a way that does not endanger the environment. In order to achieve social sustainability, water must be made available to the public. Integrated management of water resources should be done at the watershed level to prevent inequalities, failure to meet environmental and agricultural demands, and inefficient economic consequences. Optimization tells us what to do and what is the best decision. However, optimization techniques are based on many assumptions and limitations. Therefore, the results of the pre-implementation optimization technique should be evaluated and improved using experimental simulation models.

Simulation models: What happens if a particular plan or operational policy is implemented in one or more specific locations? Answers. Optimization models determine optimal decisions among a set of possible decisions, and simulation models can provide accurate estimates of the many hydrological, economic, environmental, and social impacts that may result from those decisions over time. However, it seems unlikely that a suitable solution can be obtained only by simulation or optimization techniques. Therefore, the use of a combination of simulation and optimization techniques is essential. The goal of this research is to simulate and optimize water resources in the Hirmand watershed under three objectives: achieving economic sustainability, achieving ecological sustainability, and achieving social sustainability of water resources. In this study, for innovation, goal programming to achieve simultaneous economic, ecological and social goals of integrated water resources management and the WEAP model was used to simulate the effects of optimization in the watershed.

Material and Methods

Hirmand watershed is located in the north of Sistan and Baluchestan province. This area is dependent on the Hirmand transboundary River. There are three agricultural sectors, seven drinking water sectors (six urban and one rural) and the environmental sector. The area of agricultural lands is 154 thousand hectares and the predominant cultivation of the region is wheat and barley products. In this research, in the first step, using the WEAP model, the current situation of water supply and demand in the Hirmand watershed was simulated. The WEAP model simulates natural hydrological processes to assess water availability in the watershed and simulates the impact of human activities on current and future water systems. Technically, WEAP provides a comprehensive, flexible, and user-friendly framework for policy planning and analysis that can be used for complex water systems. The steps of applying the WEAP model are as follows: first, the time, place, and components of the system are configured and specified. The required information is then entered into the model for the current situation and the years under study. Different scenarios for the future state of water supply and demand were designed to plan and manage water resources and consumption based on policies, technology development, and other factors that affect demand, production, and hydrology. Finally, the scenarios are analyzed according to the costs, results, and effects. This study uses a goal programming technique to optimize water consumption in order to integrate water resources management. Goal programming is a multi-criteria decision-making technique. Its overall goal is to optimize multiple goals while minimizing the deviation of each goal.

Results

First, the simulation results of the WEAP model were validated by observational data. Observation of simulation results and observational information in the Hirmand watershed indicate good performance of the model in the simulation of the Hirmand watershed. In the current situation, the total water demand in the Hirmand basin is 1400×10^6 m^3/ year, of which 35.21% is not met. 75.18% of water consumption in the Hirmand watershed is related to agriculture, 19.44% is environmental and%38.5 is related to drinking. Optimization of water use in the Hirmand watershed led to the goal of economic sustainability. After optimization, economic efficiency in Sistan's agricultural sector has increased by 139.46%, drainage by 106.80%, and median by 52.50%. This indicates that scarce water resources are allocated to the activity with the highest economic efficiency. Therefore, the goal of economic sustainability of integrated water resources management has been achieved. Optimal scenario simulation showed that water shortage in the environment and agriculture was reduced by 78.12 and 87.54%, respectively. One of the main reasons for the water shortage in the Hirmand watershed is the lack of optimal agricultural patterns, which was partially eliminated by optimizing the water shortage. In addition to optimizing the cropping pattern, there is a need to save water consumption in the drinking sector. Social sustainability is one of the three goals of integrated water resources management. To this end, water must be available to meet the basic needs of the general public. The drinking section in the Hirmand watershed consists of six urban sections and one rural section. Total water demand in the drinking sector was met. One of the main reasons is that the drinking sector is the first priority in allocating water in this area. In the current situation, Hirmand Basin is facing a water shortage. Most of the water needs of the environmental and agricultural sectors are not

met in this region. Failure to meet environmental, water and agricultural water needs has jeopardized ecological and economic sustainability in the Hirmand watershed. Optimizing water consumption reduced water shortages in the environmental and agricultural sectors and increased the economic efficiency of water use. Due to the drinking sector's first priority for water allocation, social sustainability was provided in this area. In general, there is a need to reform the management policies and allocation of water resources between different economic, social, and ecological sectors in the Hirmand watershed to achieve integrated water resources management.

Conclusions

The purpose of this study was to integrate the management of water resources in the Hirmand watershed. The most important research results are as follows:

1. In the current situation, the Hirmand watershed is facing a water shortage. A major part of the water needs of the environmental sector and the agricultural sector is not provided in this region.

.

2. Failure to meet environmental and agricultural water needs has endangered ecological and economic stability in the Hirmand watershed.

3. Optimizing water consumption reduced the water shortage in the environmental and agricultural sectors and increased the economic efficiency of water use. Due to the drinking sector's first priority for water allocation, social stability was ensured in this watershed.

4. In general, there is a need to modify the management policies and allocation of water resources between different economic, social, and ecological sectors in the Hirmand watershed to achieve integrated management of water resources.

Data Availability

The data used in this research are presented in the paper.

Conflicts of interest

The author of this paper declared no conflict of interest regarding the authorship or publication of this article.

دوره ۸، شماره ۴، صفحات: ۹۸۳-۹۹۱
DOI: 10.22034/jewe.2022.322299.1704

محیط‌زیست و مهندسی آب

Homepage: www.jewe.ir

ISSN: 2476-3683

مقاله کوتاه

شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مصرف آب در حوزه آبخیز هیرمند به‌منظور مدیریت یکپارچه منابع آب

فرهاد فقیهی[1*]

[1]استادیار، گروه مهندسی نقشه‌برداری، دانشگاه فنی و حرفه‌ای، تهران، ایران

چکیده

در سال‌های اخیر در پی کمبود آب در حوزه آبخیز هیرمند، مدیریت یکپارچه منابع آب در این منطقه ضروری است. در این پژوهش هدف شبیه‌سازی و بهینه‌سازی مصرف آب به‌منظور مدیریت یکپارچه منابع آب است. بدین منظور از مدل WEAP برای شبیه‌سازی و از مدل برنامه‌ریزی آرمانی برای بهینه‌سازی مصرف آب استفاده شد. نتایج شبیه‌سازی نشان داد در سناریو مرجع حوزه آبخیز هیرمند با کمبود آب ۵۸۶/۶۹×۱۰^{۶}m^{3} در سال مواجه است. اهداف پایداری اقتصادی و پایداری بوم‌شناسی استفاده از آب تأمین نمی‌شود و تنها هدف پایداری اجتماعی استفاده از آب تأمین شد. پس از بهینه‌سازی، مصرف آب به فعالیتی اختصاص یافت که باعث رسیدن به هدف پایداری اقتصادی استفاده از آب شد. به‌طور متوسط بازده اقتصادی استفاده از آب در حوزه آبخیز هیرمند نیز ۹۹/۵۸٪ افزایش یافت. همچنین بهینه‌سازی منجر به کاهش مصرف آب به‌اندازه ۳۸۲/۸۲×۱۰^{۶}m^{3} در سال و دستیابی به هدف پایداری بوم-شناسی مدیریت یکپارچه منابع آب در حوزه آبخیز هیرمند شد. به‌طوری‌که تأمین آب در بخش محیط‌زیست و کشاورزی به‌ترتیب ۹۳/۶۰ و ۸۹/۰۳٪ افزایش یافت.

اطلاعات مقاله

تاریخ دریافت: [۱۴۰۰/۱۰/۰۹]

تاریخ بازنگری: [۱۴۰۰/۱۱/۰۶]

تاریخ پذیرش: [۱۴۰۰/۱۱/۱۶]

واژه‌های کلیدی:

برنامه‌ریزی آرمانی

حوزه هیرمند

مدل WEAP

مصرف آب

***نویسنده مسئول:**

f-faghihi@tvu.ac.ir

۱- مقدمه

مدیریت یکپارچه منابع آب فرآیندی است که توسعه و مدیریت هماهنگ آب، خاک و منابع وابسته را به‌منظور حداکثر کردن رفاه اقتصادی و اجتماعی به شیوه‌ای عادلانه، بدون لطمه دیدن پایداری بوم‌سازگان حیاتی ترویج می‌کند (Bozorg Haddad et al. 2020). مدیریت یکپارچه منابع آب سه هدف اصلی پایداری اقتصادی، پایداری بوم‌شناسی و پایداری اجتماعی را مدنظر دارد. در هدف پایداری اقتصادی، آب باید درجایی استفاده شود که بیشترین بازدهی اقتصادی را داشته باشد. در هدف پایداری بوم‌شناسی منابع آب باید به نحوی مدیریت شوند که محیط‌زیست به خطر نیفتد. در هدف پایداری اجتماعی آب باید در دسترس عموم مردم قرار گیرد. مدیریت یکپارچه منابع آب باید در سطح حوزه آبخیز انجام گیرد تا از بروز نابرابری‌ها و تأمین نشدن نیازهای محیط‌زیستی و کشاورزی و بهینه نبودن برآیندهای اقتصادی

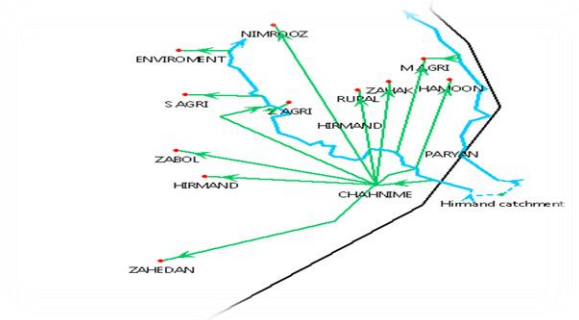
جلوگیری شود (Bozorg Haddad et al. 2020). فن بهینه‌سازی به ما می‌گوید که چه‌کاری باید انجام دهیم و بهترین تصمیم چیست؟ اما فن‌های بهینه‌سازی براساس بسیاری از فرضیات و محدودیت‌ها هستند. بنابراین نتایج فن بهینه‌سازی قبل از اجرا، باید با استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی آزمایش، ارزیابی و بهبود یابند. مدل‌های شبیه‌سازی به سؤال اگر یک طرح خاص یا یک سیاست عملیاتی در یک یا چند مکان خاص اجرا شود چه اتفاقی می‌افتد؟ پاسخ می‌دهد (Hekmatnia et al. 2021). مدل‌های بهینه‌سازی تصمیمات بهینه را در بین مجموعه‌ای از تصمیمات امکان‌پذیر تعیین می‌کنند و مدل‌های شبیه‌سازی می‌توانند برآورد دقیقی از تأثیرات هیدرولوژیکی، اقتصادی، محیط‌زیستی و اجتماعی متعددی که ممکن است ناشی از آن تصمیمات در طول زمان مشاهده شود ارائه دهند. بااین‌حال، بعید به‌نظر می‌رسد که راه‌حل مناسب تنها با فن‌های شبیه‌سازی یا بهینه‌سازی به دست آید. بنابراین استفاده ترکیبی از فن‌های شبیه‌سازی و بهینه‌سازی ضروری است (Zhou et al. 2021).

تاکنون پژوهش‌های متعددی در خصوص مدیریت یکپارچه منابع آب در سطح حوزه آبخیز انجام شده است. Aein and Alizadeh (2018) به شبیه‌سازی و بهینه‌سازی منابع آب در حوزه آبخیز رودخانه حله پرداختند که نتایج نشان داد مدیریت یکپارچه منابع آب باعث کاهش ۳۵٪ تقاضای آب و افزایش ۱۸٪ بازده اقتصادی شد. Bozorg Haddad et al. (2020) به شبیه‌سازی و بهینه‌سازی منابع آب در حوزه آبخیز پرداختند. نتایج نشان داد برای دستیابی به پایداری بوم‌شناسی و پایداری اجتماعی در حوزه آبخیز ارومیه بهینه‌سازی الگوی کشت در بخش کشاورزی با رویکرد پایداری اقتصادی ضروری است. Salimi Masteali et al. (2020) به مدیریت آب در سد هرسین پرداختند. نتایج نشان داد برنامه‌ریزی صحیح زراعی می‌تواند تا حد قابل‌توجهی مقدار کمبود آب در بخش کشاورزی را کاهش می‌دهد و منجر به پایداری بوم‌شناسی در منطقه شود. Shahraki et al. (2019) در پژوهش در حوزه آبخیز هیرمند نشان داد بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف‌کننده آب است و سرمایه‌گذاری در تجهیزات پیشرفته آبیاری تأثیر بسزایی در کاهش کمبود آب در حوزه آبخیز هیرمند دارد. Hekmatnia et al. (2021) به مدیریت منابع آب حوزه آبخیز هیرمند با رویکرد آب مجازی پرداختند. نتایج نشان داد رویکرد آب مجازی پایداری بوم‌شناسی و پایداری اجتماعی را در حوزه آبخیز هیرمند تقویت می‌کند. بررسی منابع نشان داد رویکرد شبیه‌سازی و بهینه‌سازی در مدیریت یکپارچه منابع آب در حوزه‌های آبخیز توسط مدل‌های متعددی صورت گرفته و ضروری است. هدف این تحقیق شبیه‌سازی و بهینه‌سازی منابع آب در حوزه آبخیز هیرمند تحت سه هدف دستیابی به پایداری اقتصادی، دستیابی پایداری اکولوژیکی و دستیابی به پایداری اجتماعی منابع آب است. در این تحقیق برای نوآوری از برنامه‌ریزی آرمانی برای دستیابی هم‌زمان به اهداف اقتصادی، ا بوم‌شناسی و اجتماعی مدیریت یکپارچه منابع آب و مدل از WEAP برای شبیه‌سازی اثرات بهینه‌سازی در حوزه آبخیز استفاده شد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مطالعاتی

حوزه آبخیز هیرمند در شمال استان سیستان و بلوچستان قرار دارد. این منطقه وابسته به رودخانه فرامرزی هیرمند می‌باشد. در این منطقه، سه بخش کشاورزی، هفت بخش آب آشامیدنی (شش بخش شهری و یک روستایی) و بخش محیط‌زیست وجود دارد. مساحت اراضی کشاورزی ۱۵۴ هزار هکتار و کشت غالب منطقه محصولات گندم و جو می‌باشد. میانگین بارندگی ۵۰ mm در سال، میانگین رطوبت ۳۵٪ است و براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن[1] دارای اقلیم خشک می‌باشد. در شکل (۱) شماتیک حوزه آبخیز هیرمند که در نرم‌افزار WEAP ترسیم‌شده، ارائه شده است (Hekmatnia et al. 2021).



شکل ۱- تصویر شماتیک حوزه آبخیز هیرمند

Fig. 1 Schematic image of Hirmand catchment

۲-۲- روش پژوهش

در این پژوهش در گام نخست با استفاده از مدل WEAP به شبیه‌سازی وضعیت فعلی عرضه و تقاضای آب در حوزه آبخیز

[1]De Martonne

هیرمند پرداخته شد. مدل WEAP به شبیه‌سازی فرآیندهای هیدرولوژیکی طبیعی برای ارزیابی در دسترس بودن آب در حوزه آبخیز و شبیه‌سازی تأثیر فعالیت‌های انسانی بر سامانه‌های منابع آب در حال و آینده می‌پردازد. ازنظر فنی، WEAP یک چارچوب جامع، انعطاف‌پذیر و کاربرپسند برای برنامه‌ریزی و تجزیه‌وتحلیل سیاست را فراهم می‌کند که برای سیستم پیچیده آب قابل‌استفاده است. مراحل کاربرد مدل WEAP به این صورت است که ابتدا چارچوب زمانی، مکانی و اجزای سیستم پیکربندی و مشخص می‌شود. سپس اطلاعات موردنیاز را برای وضعیت فعلی و سال‌های موردبررسی وارد مدل می‌شود. سناریوهای مختلف در مورد وضعیت آینده عرضه و تقاضای آب برای برنامه‌ریزی و مدیریت منابع و مصارف آب براساس سیاست‌ها، توسعه فناوری و سایر عواملی که بر تقاضا، تولید و هیدرولوژی تأثیر می‌گذارند طراحی شدند. درنهایت سناریوها با توجه به هزینه‌ها، نتایج و اثرات آن مورد تحلیل قرار می‌گیرد (Hekmatnia et al. 2021).

در این پژوهش با استفاده از فن برنامه‌ریزی آرمانی به بهینه‌سازی مصرف آب در راستای مدیریت یکپارچه منابع آب پرداخته شد. برنامه‌ریزی آرمانی یک فن تصمیم‌گیری چندمعیاره است. هدف کلی آن بهینه‌سازی چندین هدفه و درعین‌حال به حداقل رساندن انحراف هر یک از اهداف موردنظر است. برنامه‌ریزی آرمانی، به‌ویژه برنامه‌ریزی آرمانی اولویت‌دار (برنامه‌ریزی آرمانی با وزن‌های غیر ارشمیدسی)، به یکی از محبوب‌ترین روش‌ها برای برنامه‌ریزی ریاضی چندهدفه تبدیل شده است. در برنامه‌ریزی آرمانی اولویت‌دار یک اولویت به متغیرهای انحرافی مرتبط با اهداف اختصاص داده شد. تابع هدف مدل برنامه‌ریزی آرمانی اولویت‌دار می تواند به‌صورت رابطه‌های (۱) الی (۳) ارائه شود (Sedghamiz et al. 2021).

$$\text{Min} \sum_{i=1}^{n} \rho_i = (\delta_i^- + \delta_i^+) \quad (۱)$$

$$\sum_{j=1}^{m} (\alpha_{ij} x_j + \delta_i^- + \delta_i^+) = \tau_i \quad (۲)$$

$$x_j, \delta_i^-, \delta_i^+ \geq 0, \forall i,j; i = 1,2,\dots,n, j = 1,2,\dots,m \quad (۳)$$

که، n تعداد محدودیت‌های آرمانی را نشان می‌دهد. τ_i نشان‌دهنده سطح اولویت هدف i، x_j نشان‌دهنده بردار m متغیرهای تصمیم، α_{ij} نشان‌دهنده ضرایب متغیرهای تصمیم‌گیری و δ_i^- و δ_i^+ متغیرهای انحرافی هستند که نشان‌دهنده دستیابی کمتر یا بیشتر از هدف i ام می‌باشند. محدودیت‌های سامانه‌ای این تحقیق شامل محدودیت سطح زیر کشت و محدودیت تأمین آب می‌باشد. محدودیت تأمین آب از طریق نتایج مدل WEAP به دست می‌آید. محدودیت آرمانی این پژوهش پایداری اقتصادی آب (اختصاص آب به محصولی با بیش‌ترین بازده اقتصادی) و پایداری بوم‌شناسی (تأمین حداکثری آب به بخش کشاورزی و محیط‌زیست) می‌باشد.

۳-۲- داده‌ها و اطلاعات آماری

در این پژوهش اطلاعات اقلیمی مورداستفاده شامل حداقل و حداکثر دمای هوا، بارندگی ماهانه، درصد رطوبت نسبی، تبخیر و سرعت باد می‌باشد که از سازمان هواشناسی شهرستان زابل استخراج گردید (Anonymous 2020). اطلاعات مربوط به سطح زیر کشت، نیاز آبی، عملکرد و هزینه تولید محصولات کشاورزی از سازمان جهاد کشاورزی شهرستان زابل استخراج شد (Anonymous 2019). اطلاعات مربوط به ورودی رودخانه هیرمند، ورودی رودخانه پریان، ورودی مخازن، تبخیر از سطح مخزن نیز از سازمان آب منطقه‌ای استان سیستان و بلوچستان استخراج گردید (Anonymous 2021). در این پژوهش دوره زمانی مدل‌سازی از ۱۳۶۷-۱۳۹۹ و دوره شبیه‌سازی از ۱۳۹۹ الی ۱۴۲۰ می‌باشد. کد نویسی و بهینه‌سازی مدل برنامه‌ریزی آرمانی در محیط نرم‌افزار GAMS صورت گرفت.

۳- یافته‌ها و بحث

۳-۱- وضعیت فعلی

در ابتدا نتایج شبیه‌سازی مدل WEAP توسط داده‌های مشاهداتی اعتبارسنجی شد. مشاهده نتایج شبیه‌سازی و اطلاعات مشاهداتی در حوزه آبخیز هیرمند بیانگر عملکرد خوب مدل در شبیه‌سازی حوزه آبخیز هیرمند است. در وضعیت فعلی کل تقاضای آب در حوزه هیرمند $۱۴۰۰\times۱۰^۶ m^3$ در سال است که ۳۵/۲۱٪ آن تأمین نمی‌شود. ۷۵/۱۸٪ از مصرف آب در حوزه آبخیز هیرمند مربوط به بخش کشاورزی، ۱۹/۴۴٪ بخش محیط‌زیست و ۵/۳۸٪ مربوط به بخش شرب است. تمام نیاز آبی در بخش شرب به‌دلیل این‌که اولویت اول تقاضا است تأمین شد. میزان کمبود آب در بخش محیط‌زیست $۱۷۹/۶۸۰\times۱۰^۶ m^3$

(۵۰٪/۱۲) و در بخش کشاورزی m^3 ۱۰^۶×۳۲۰/۰۵۸ (۳۱٪/۶۳) در سال است. شبیه‌سازی وضعیت فعلی حوزه آبخیز هیرمند نشان می‌دهد هدف پایداری بوم‌شناسی در این منطقه برآورد نمی‌شود (جدول ۱). از علت‌های اصلی عدم تأمین هدف پایداری بوم‌شناسی در حوزه آبخیز هیرمند می‌توان به عدم رعایت پروتکل بین کشور ایران و افغانستان در خصوص حقابه رودخانه هیرمند اشاره کرد. پژوهش‌های سایر محققین نیز تطبیق‌کننده نتایج این پژوهش است. Hekmatnia et al. (2021) و Sardar Shahraki et al. (2019) در پژوهش‌های مختلفی نشان دادند حوزه آبخیز هیرمند با کمبود آب مواجه هست و بخش عمده‌ای از نیاز آبی بخش محیط‌زیست و بخش کشاورزی تأمین نمی‌شود.

جدول ۱- عرضه و تقاضای آب در وضعیت فعلی (Mm^3)

Table 1 Water supply and demand in the current situation (Mm^3)

	Water demand	Unmet demand	Delivered demand
Agriculture sector	1011.29	320.058	691.232
Environment sector	358.500	178.82	179.68
Drinking Sector	49.38	0	49.38

۳-۲- بهینه‌سازی آرمانی

۳-۲-۱- پایداری اقتصادی

نتایج حاصل از بهینه‌سازی مصرف آب در جدول (۲) ارائه شده است. بهینه‌سازی مصرف آب در حوزه آبخیز هیرمند منجر به تأمین هدف پایداری اقتصادی شد. در وضعیت فعلی بازده اقتصادی بخش‌های کشاورزی سیستان، زهک و میانکنگی به ترتیب ۶۳۶۵/۵۰۶، ۶۳۹۰/۶۴۹ و ۳۴۹۹/۸۹۵ میلیارد ریال می‌باشد. پس از بهینه‌سازی، بازده اقتصادی در بخش کشاورزی سیستان ۱۳۹/۴۶، زهک ۱۰۶/۸۰ و میانکنگی ۵۲/۵۰٪ رشد داشته است. این نشان می‌دهد منابع آب کمیاب به فعالیتی با بیش‌ترین بازده اقتصادی اختصاص داده شده است. بنابراین هدف پایداری اقتصادی مدیریت یکپارچه منابع آب تأمین شده است. نتایج سایر پژوهشگران نیز نشان داد بهینه‌سازی، بازده اقتصادی و سود خالص را افزایش می‌دهد. Falsafian and Panahi (2021) نشان دادند بهینه‌سازی برنامه زراعی در دشت شبستر باعث رشد ۴۴٪/۳ بازده اقتصادی شده است. Sedghamiz et al. (2021) نشان دادند با بهینه‌سازی بازده اقتصادی منطقه مینودشت و آزادشهر را به‌ترتیب ۱۴۷۹۱ و ۳۱۹۴۹ میلیارد ریال افزایش می‌یابد.

جدول ۲- بازده اقتصادی در وضعیت فعلی و وضعیت بهینه (میلیارد ریال)

Table 2- Economic return in the current situation and the optimal situation (Billion rials)

	Current situation	Optimal situation	Rate of change
Sistan	6365.506	15243.131	+%139.46
Zahak	6390.649	13215.996	+%106.80
Miankangi	3499.895	5337.447	+%52.50

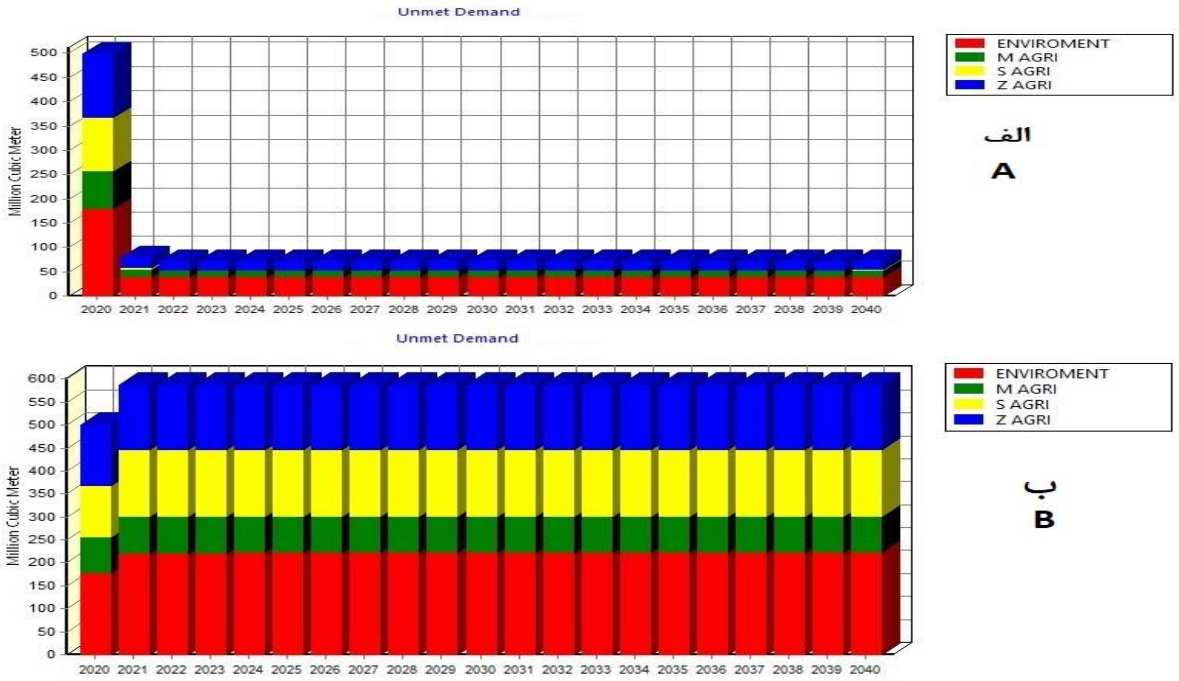
۳-۲-۲- پایداری بوم‌شناسی

نتایج شبیه‌سازی سناریو بهینه تا افق زمانی ۲۰ yr در شکل (۳) ارائه شده است. شبیه‌سازی سناریو بهینه نشان داد کمبود آب در بخش محیط‌زیست و کشاورزی به‌ترتیب ۷۸/۱۲ و ۸۷/۵۴٪ کاهش یافته است. در وضعیت فعلی از m^3 ۱۰^۶×۳۵۸/۵۰۰ تقاضای آب در بخش محیط‌زیست، m^3 ۱۰^۶×۱۷۸/۸ تأمین شد. در وضعیت بهینه میزان تأمین آب در بخش محیط‌زیست به m^3 ۱۰^۶×۳۱۹/۱۹ در سال افزایش یافته و تا سال ۲۰۴۰ ادامه دارد. در بخش کشاورزی کمبود آب از m^3 ۱۰^۶×۳۲۰/۱ در وضعیت فعلی به m^3 ۱۰^۶×۳۹/۸۶ در وضعیت بهینه رسیده است. از دلایل اصلی کمبود آب در حوزه آبخیز هیرمند بهینه نبودن الگوی زراعی می‌باشد که با بهینه‌سازی کمبود آب تا حدودی برطرف گردید. در کنار بهینه‌سازی الگوی زراعی نیاز به صرفه‌جویی در مصرف آب در بخش شرب وجود دارد. Sedghamiz et al. (2021) نشان داد بهینه‌سازی الگوی زراعی کمبود آب در منطقه را کاهش داده و تا ۵ سال آینده تمام نیاز آبی محصولات کشاورزی را تأمین می‌کند که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت دارد.

۳-۲-۳- پایداری اجتماعی

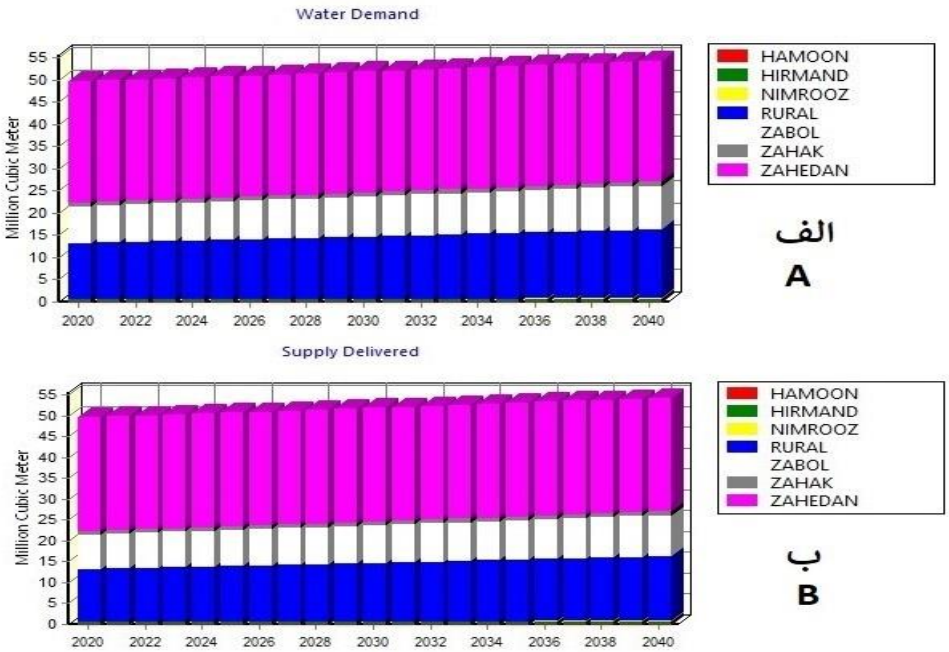
پایداری اجتماعی یکی از اهداف سه‌گانه مدیریت یکپارچه منابع آب است. در این هدف آب باید برای رفع نیازهای اساسی عموم جامعه در دسترس باشد. در شکل (۴) وضعیت مقدار آب تقاضا شده و مقدار آب تأمین شده توسط بخش شرب در حوزه آبخیز هیرمند ارائه شده است. بخش شرب در حوزه آبخیز هیرمند از شش بخش شهری و یک بخش روستایی تشکیل شده است. تقاضای آب در هامون، هیرمند، نیمروز، بخش روستایی، زابل، زهک و زاهدان به‌ترتیب ۰/۳۵، ۰/۳۸، ۰/۱۵، ۱۲/۵۹، ۸/۳۴، ۰/۷۷ و m^3 ۱۰^۶×۲۷ می‌باشد. کل تقاضای آب در بخش شرب تأمین شد. یکی از دلایل

اصلی این است که بخش شرب اولویت اول تخصیص آب در این منطقه می‌باشد.



شکل ۳- شبیه‌سازی سناریو بهینه در بخش کشاورزی و محیط‌زیست: الف- وضعیت بهینه، و ب- وضعیت فعلی

Fig. 3 Simulation of optimal scenario in agriculture and environment sector: a) optimium, and b) current situations



شکل ۴ شبیه‌سازی سناریو بهینه در بخش شرب: الف- تقاضای آب، و ب- تأمین آب

Fig. 4 Simulation of optimal scenario drinking sector: a) water demand, and b) water supply

۴- نتیجه‌گیری

هدف این پژوهش مدیریت یکپارچه منابع آب در حوزه آبخیز هیرمند می‌باشد. مهم‌ترین نتایج پژوهش به‌شرح زیر می‌باشد:

۱- در وضعیت فعلی حوزه هیرمند با کمبود آب مواجه است. بخش عمده‌ای از نیاز آبی بخش محیط‌زیستی و بخش کشاورزی در این منطقه تأمین نمی‌شود.

۲- عدم تأمین نیاز آبی محیط‌زیستی و کشاورزی، پایداری بوم‌شناسی و پایداری اقتصادی در حوزه آبخیز هیرمند را به خطر انداخته است.

۳- بهینه‌سازی مصرف آب موجب کاهش کمبود آب در بخش محیط‌زیستی و بخش کشاورزی شد و بازده اقتصادی استفاده از آب را افزایش داد. با توجه به اولویت اول بودن بخش شرب جهت تخصیص آب پایداری اجتماعی در این منطقه تأمین شد.

۴- به‌طورکلی نیاز به اصلاح سیاست‌های مدیریت و تخصیص منابع آب بین بخش‌های مختلف اقتصادی، اجتماعی و بوم-شناسی در حوزه آبخیز هیرمند جهت دستیابی به مدیریت یکپارچه منابع آب وجود دارد.

دسترسی به داده‌ها

داده‌های تولید و استفاده‌شده در این پژوهش در متن مقاله ارائه شده است.

تضاد منافع نویسندگان

نویسنده این مقاله اعلام می‌دارند که، هیچ‌گونه تضاد منافعی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

References

Aein, R. and Alizadeh, H. (2018). Hydro-economic simulation-optimization model for optimal design of water resources development projects and policies in Helleh River Basin. Iran Water Resour. Res., 14(3), 184-197. [In Persian].

Anonymous, (2019). Jihad Agricultural Organization of Sistan and Baluchestan Province. Available at: http://www.sbaj.ir

Anonymous, (2020). General Department of Meteorology of Sistan and Baluchestan. Available at: http://www.sbmeteo.ir

Anonymous, (2021). Sistan and Baluchestan regional water company. Available at: http://www.sbrw.ir

Bozorg-Haddad, O., Dehghan, P., Zareie, S. and Loáiciga, H. A. (2020). System dynamics applied to water management in lakes. Irrig. Drain., 69(4), 956-966.

Falsafian, A. and Panahi, A. (2021). Optimization of the crop cultivation in the Shabestar plain underwater constraint. J. Water Soil Resour. Conserv., 10(4), 35-48 [In Persian].

Hekmatnia, M., Safdari, M., Hosseini, S. and Sardar Shahraki, A. (2021). Agricultural water use management of Sistan region under virtual water approach using WEAP model. Environ. Water En., 7(3), 465-476. [In Persian].

Salimi Masteali, F., Hafezparast, M. and Sargordi, F. (2020). Simulation and optimization of dam operation under changing cultivation pattern scenario (Case study: Harsin Dam). Iran. J. Soil Water Res., 51(1), 1-12. [In Persian].

Sedghamiz, A., Nikoo, M., and Heidarpour, M. (2021). Developing an optimization model for conjunctive use of water resources and cultivation area allocation by game theory application. Water Resour. Eng., 14(50), 1-16 [In Persian].

Shahraki, A. S., Shahraki, J. and Monfared, S. A. H. (2019). An integrated water resources management considering agricultural demands and the assessment of different scenarios in Hirmand Catchment, Iran. Water Resour., 46(2), 308-317.

Zhou, X., Wang, F., Huang, K., Zhang, H., Yu, J. and Han, A. Y. (2021). System dynamics-multiple objective optimization model for water resource management: A case study in Jiaxing City, China. Water, 13(5), 671.

How to cite this paper:
Faghihi, F. (2022). Simulation and optimization of water consumption in hirmand catchment in order to integrate water resources management. Environ. Water Eng., 8(4), 983–991. DOI: 10.22034/jewe.2022.322299.1704