Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

# Using the WEAP model to evaluate the consumption management of Ayushan dam for different uses

**Ghassem Amini [1], Hamidreza Rabiee Far[2]*, Ghodratollah Mohammadi [2], Seyed Azim Hosseinii [3]**

[1] Ph.D. Student, Department of Civil Engineering, Faculty of Construction, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran
[2] Assistant Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Construction, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran
[3] Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Construction, Islamic Azad University South Tehran Branch, Tehran, Iran

## Extended Abstract

### Introduction

One of the most important challenges of exploiting water resource management systems and specifically surface reservoirs in facing hydrological changes is to consider the occurrence of drought in the way of exploiting water resources. In addition to the changes in discharge compared to the average, another important factor is the continuation of the drought phenomenon. One of the ways to deal with drought is the proper use of water resources in drought conditions. Various models such as WEAP have been developed to exploit water resources. But such a model does not have the ability to model the exploitation of reservoirs in drought conditions. Therefore, developing such a possibility in the WEAP model is very important for water resources engineers. Considering the development of the WEAP model as a tool for flexible, comprehensive, and transparent planning in evaluating the various long-term conditions of the basin, this model has been used to simulate the water resources and develop different scenarios for the exploitation of water resources.

### Materials and Methods

The studied area is located in the southwestern part of Iran, in Lorestan province, and in the range of Zagros slopes, which is called the catchment area of the Chaghlund reservoir dam. The area of this watershed is about 1187.8 square kilometers, which is surrounded by the Chaglundi watershed. Working with the WEAP model is done in several steps including problem definition, time frame, spatial boundaries and system components, and problem settings. The scenarios are made in the existing conditions and by using them, the effect of different assumptions or policies on the availability and consumption of water in the future can be checked. Finally, the scenarios are evaluated according to the amount of water, costs, and benefits, compatibility with environmental goals, and sensitivity to uncertainty in key variables. In the WEAP model, system components (including nodes of water resources and uses, how they are related to each other, and allocation priorities) and the introduction of time characteristics (base year, time period, time steps of calculations, etc.) are defined. In the base year, water needs, capacity, and characteristics of resources, pollution loads, system costs in the current state are entered. By initially running the model in the base year and comparing the results with the available information, this step can be considered a calibration step. To prepare the main framework of the model in the WEAP software, first, the basic maps that include the borders of the studied basin, the routes of the rivers in the basin, the location of dams and diversion dams for water intake and hydrometric stations, all the points of need and available water resources and in general all the tolls which are needed to determine the main framework of the model was prepared in the GIS environment. After this work, the prepared maps were called in the WEAP software environment.

### Results and Discussion

To calibrate the model, the monthly discharge data of the Ayushan dam before the intersection of the Herod river and the observation storage volume of the simulated reservoir were considered as observation values from the Ayushan hydrometric station at the site of the Ayushan dam. In order to ensure the performance of the simulation model, the observed and simulated values of the Mokhren storage volume in Herod River were drawn. A

Water and Soil Management and Modeling

Online ISSN: 2783 - 2546

University of Mohaghegh Ardabili

correlation of 0.57 was obtained between the observed and calculated values of the model, and the maximum values simulated by the model are close to the observed values. Also, at this stage, the storage volume of the Ayushan dam reservoir was simulated in the existing conditions, and it was observed that the correlation between the storage volume of the reservoir dam and the computational storage volume of the model was 0.49, and contrary to the low The degree of simulation correlation is simulated in maximum values with a small time difference and in some places the values are lower than the observed values. Based on the existing conditions, the monthly amounts of agricultural needs were simulated for each network. Based on this diagram and the reliability percentage diagram, it can be seen that the needs are 100 % provided except for the Dolisan range, every month. Reliability or reliability, in fact, means the probability that the system will perform the assigned tasks without failure, this value has been obtained. For this scenario, it can be seen that the amount of water withdrawal for drinking and industry and the irrigation networks downstream of the Ayushan dam is 100%, and the irrigation networks of the two aquifers of Chaglundi and Yesian are 100%, and for Dolisan agriculture is less than 80% was achieved by first providing surface water sources (Herod River) and then underground water. From the results of the first scenario for the environmental needs of the region, it can be seen that in the months of April and May, during the simulation period, for the months of spring, which should be around 60%, around 10% less than the allowed limit is provided, and this is undesirable. In a study conducted in the Lifan Basin in South Africa using the WEAP model to simulate and analyze its allocation scenarios, it was observed that 85% of the water demand was provided under the existing conditions.

**Conclusion**

The results showed that the simulation of water resources exploitation of the study basin using the WEAP model was done with appropriate accuracy and the performance had a good. The results of the evaluation of the scenarios showed that in the scenario of the existing conditions, due to the limitation created by the relevant bodies in allocating water to a limited area of the covered plain, the reliability coefficient for drinking and irrigation and drainage networks is 100% and the environmental needs of the region under these conditions in the months of April and May during the simulation period were provided about 10% less than the allowed limit and this is undesirable for the spring months which should be around 60%. In the reference scenario, despite the population increase in the coming years, due to setting the first priority in the allocation to drinking consumption in the simulation model, the need for drinking and industry will be fully provided. The agricultural needs in the irrigation networks downstream of the studied dam are 100% provided in all months, but the agricultural needs supplied from the Dolisan Plain aquifer in all months were less than 60% of the water needs. The minimum environmental requirement of the lower reaches of Herod River, which is considered for the survival of the region's ecosystem, is less than 50% in the spring months and is significant.

**Keywords:** Allocation scenario, Ayushan Dam, Optimization, Water resources, WEAP

**Article Type:** Research Article

*Corresponding Author, E-mail: rabiefar@yahoo.com

**Citation:** Amini, G.H., Rabiee Far, H.R., Mohammadi, Gh., & Hosseinii, S.A. (2023). Using the WEAP model to evaluate the consumption management of Ayushan dam for different uses. *Water and Soil Management and Modeling*, 3(4), 44-59.
DOI: 10.22098/mmws.2022.11450.1135
DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.4.5.9

Received: 12 September 2022, Received in revised form: 05 November 2022, Accepted: 06 November 2022, Published online: 06 November 2022
*Water and Soil Management and Modeling*, Year 2023, Vol. 3, No. 4, pp. 44-59

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک

شاپا الکترونیکی: ۲۵٤٦-۲۷۸۳

# استفاده از مدل WEAP جهت ارزیابی مدیریت مصرف سد ایوشان برای مصارف مختلف

قاسم امینی[۱]، حمیدرضا ربیعی‌فر[۲*]، قدرت‌الله محمدی[۲]، سید عظیم حسینی[۳]

[۱] دانشجوی دکتری، گروه مدیریت منابع آب، دانشکدهٔ عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۲] استادیار، گروه مدیریت منابع آب، دانشکدهٔ عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران
[۳] دانشیار، گروه مدیریت منابع آب، دانشکدهٔ عمران، واحد تهران جنوب، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

**چکیده**

محدودیت منابع آب از یک‌سو و افزایش تقاضای روزافزون آن از سوی دیگر مسئله تخصیص را بیش از پیش مهم جلوه می‌دهد. تخصیص اغلب موارد شامل بحث‌های چندین گروه با نیازها و وضعیت‌های مختلف اجتماعی، اقتصادی و سیاسی است. لذا بایستی راه‌حل مدیریتی برای گسترهٔ وسیعی از تقاضاها ارائه شود. هدف این تحقیق، ارائهٔ الگویی برای بهینه‌کردن تخصیص و مصارف آب شرب و کشاورزی اراضی بالادست و پایین‌دست دشت چغلوندی در استان لرستان با استفاده از مدل WEAP است. شبیه‌سازی حوزهٔ آبریز برای سه سناریوی شرایط موجود، سناریوی مرجع و توسعهٔ اراضی کشاورزی انجام شد. منظور از سناریوی شرایط موجود، آن‌چه که در وضعیت حال حاضر در دشت موجود است؛ سناریوی مرجع مربوط به افزایش جمعیت برای افق ۱۶ ساله و ثابت ماندن دیگر نیازها اما با اولویت نیاز شرب و صنعت در اول و سایر نیازهای محیط زیستی و کشاورزی در اولویت‌های دوم و سوم و در نهایت سناریوی سوم همان سناریوی مرجع به اضافهٔ توسعهٔ اراضی کشاورزی پایین‌دست سد ایوشان (افزایش سطح اراضی از ۲۵۰۰ به ۵۳۰۰ هکتار) است. از مقایسهٔ سناریوها مشاهده شد که سناریوی مرجع نسبت به سناریوی توسعهٔ اراضی حجم ذخیرهٔ مخزن کم‌تر با شکست مواجه خواهد شد و ضریب اطمینان‌پذیری شبکه‌های آبیاری و زهکشی در شبکه‌های آبیاری و زهکشی چغلوندی، پایین‌دست سد و ویسیان در هر دو سناریوی ۱۰۰ درصد و در شبکهٔ آبیاری و زهکشی دولیسان در سناریوی توسعهٔ اراضی تأمین آب با افزایش سطح زیرکشت کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که نیاز محیط زیستی منطقه در این شرایط در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در طول دورهٔ شبیه‌سازی حدود ۱۰ درصد کم‌تر از حد مجاز تأمین شده و این برای ماه‌های بهار که بایستی حدود ۶۰ درصد باشد، نامطلوب است.

**واژه‌های کلیدی:** بهینه‌سازی، سد ایوشان، سناریوی تخصیص، منابع آب، WEAP

**نوع مقاله:** پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: rabiefar@yahoo.com

**استناد:** امینی، قاسم، ربیعی‌فر، حمیدرضا، محمدی، قدرت‌الله، و حسینی، سیدعظیم (۱۴۰۲). استفاده از مدل WEAP جهت ارزیابی مدیریت مصرف سد ایوشان برای مصارف مختلف. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۳(۴)، ۴۴-۵۹.
DOI: 10.22098/mmws.2022.11450.1135
DOR: 20.1001.1.27832546.1402.3.4.5.9

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۶/۲۱، تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۸/۱۴، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵، تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۰۸/۱۵
*مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، سال۱۴۰۲، دوره ۳، شماره ۴، صفحه ۴۴ تا ۵۹
ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی

© نویسندگان

**۱- مقدمه**

سیاست‌های نامعقول و برنامه‌ریزی نادرست در حوزهٔ آب، مشکل کمبود منابع آب را تشدید کرده که همین عامل مانع اصلی مدیریت پایدار منابع آب بوده است (Yao et al., 2019). در سراسر جهان، کارشناسان حوزهٔ مدیریت منابع آب، سیاست‌های خود را وقف اقدامات لازم برای اطمینان از استفادهٔ سالم و پایدار از منابع آب در دوره‌های طولانی‌مدت کرده‌اند (Chen et al., 2013; Ozerol et al., 2018). یک مشکل رایج در تخصیص منابع آب، طراحی یک مکانیسم پایدار و امکان‌پذیر برای تقسیم آب در شرایط بحرانی کمبود است. وقتی تقاضای آب بیش از ذخایر منابع آب موجود باشد، این کار بسیار چالش‌برانگیز می‌شود (Janjua and Hassan, 2020). تخصیص آب در دو جنبهٔ اصلی تصمیم‌گیری برنامه‌ریزی و مدیریت آب اثر دارد. شبیه‌سازی یک روش اساسی برای تحلیل سیستم منابع آب و ارائهٔ اطلاعات برای تصمیم‌گیری است (Lin et al., 2020). یک رویکرد نسبتاً ساده اما مؤثر در تخصیص آب برای سیاستمداران و برنامه‌ریزان حوزهٔ مدیریت منابع آب این است که با مشکلات شدیدتر و مکرر کمبود آب برخورد کنند (Li et al., 2020). بنابراین آب در حال تبدیل شدن به یک منبع فزآینده در سراسر جهان شده است و پیشنهاد می‌شود که روش‌های سهمیه‌بندی آب باید برای بهبود کارایی آب، به‌ویژه در رویدادهای کمبود چرخه‌ای (خشکسالی)، مورد تجدیدنظر قرار گیرد (Gómez-Limón et al., 2020). مطالعات گسترده‌ای در زمینهٔ مدیریت بهینهٔ منابع آب در بخش آبیاری انجام شده است به تعدادی از آن‌ها در ادامه اشاره خواهد شد. Alfarra et al. (2012) در تحقیقی به بررسی نحوهٔ تأمین میزان نیاز آبی ایجاد شده در اثر رشد سریع جمعیت و هم‌چنین توسعهٔ صنعت کشاورزی با استفاده از نرم‌افزار WEAP در اردن پرداختند. آن‌ها سناریوهای پیشنهادی جهت تأمین نیاز آبی ناشی از افزایش تقاضا را مورد ارزیابی قرار دادند. یافته‌های پژوهش نشان داد که در صورتی‌که مدیریت منابع آب در شرایط کنونی اتفاق نیفتد، تعادل بین عرضه و تقاضا به‌صورت قابل‌توجهی دچار مشکل خواهد شد.

Hamlat et al. (2013) به شبیه‌سازی سناریوهای مدیریت منابع آب در حوزه‌های آبخیز غرب الجزایر با استفاده از مدل WEAP پرداختند. نتایج نشان داد که برای سناریوهای در نظر گرفته شده می‌توان تقاضای داخلی را تأمین کند. با این حال، در صورت توسعهٔ سیستم آبیاری در منطقه، تقاضای کشاورزی را تأمین نمی‌کند. Li et al. (2020) از مدل WEAP برای برآورد راهبرد مدیریت منابع آب در چین استفاده کردند. یافته‌ها نشان داد که فشار بر منابع آبی در آینده افزایش خواهد یافت و چندین پیشنهاد برای کمک به تصمیم‌گیرندگان در برنامه‌ریزی مدیریت آب برای برآورد نیازهای آینده در این منطقه ارائه نمودند. Hamza and Getahun (2022) به ارزیابی منابع آب و پیش‌بینی تقاضای آب با استفاده از مدل WEAP در حوزهٔ آبریز بلس اتیوپی پرداختند. یافته‌های پژوهش فوق نشان می‌دهد که تحلیل عرضه و تقاضای آب این اجازه را می‌دهد تا راهبردهایی برای تخصیص آب و مفاهیم تخصیص برای برنامه‌ریزی فعلی و آینده توسعه یابد.

Moghadam et al. (2022) بهینه‌سازی منابع آب سطحی و زیرزمینی تحت شرایط تغییرات اقلیمی با استفاده از WEAP و مدل IWOA انجام دادند. متغیرهای اقلیمی را با مدل‌های گردش عمومی اتمسفر–اقیانوسی (AOGCM) تحت سناریوهای انتشار A2 و B2 در دورهٔ پایهٔ ۲۰۰۰–۱۹۷۱ و دوره‌های آینده ۲۰۴۰–۲۰۶۹ و ۲۰۹۹–۲۰۷۰ در حوزهٔ آبریز خرم‌آباد شبیه‌سازی نمودند. آن‌ها برای شبیه‌سازی آب‌های سطحی حوزهٔ آبریز از مدل واسنجی شدهٔ IHACRAS و برای شبیه‌سازی سطح آب زیرزمینی از مدل GMS استفاده کردند. نتایج شبیه‌سازی‌ها به‌عنوان ورودی به مدل WEAP داده شد. آن‌ها سناریوهای مورد بررسی را با فرض افزایش تقاضای آب از ۱۰ به ۶۰ درصد در بخش کشاورزی و از ۲۰ تا ۳۰ درصد در بخش شهری و صنعت انجام دادند و تابع هدف را به حداکثر رساندن قابلیت اطمینان تخصیص آب سیستم مدنظر قرار دادند. نتایج نشان داد که دامنهٔ تغییرات اطمینان تخصیص قابلیت اطمینان بهینهٔ آب بین ۳ تا ۱۶ درصد و کم‌ترین افزایش مربوط به دورهٔ پایه برای تقاضای آب بخش کشاورزی و بیش‌ترین افزایش مربوط به افزایش ۵۰ درصدی تقاضای آب تحت سناریوی انتشار B2 به‌دست آوردند.

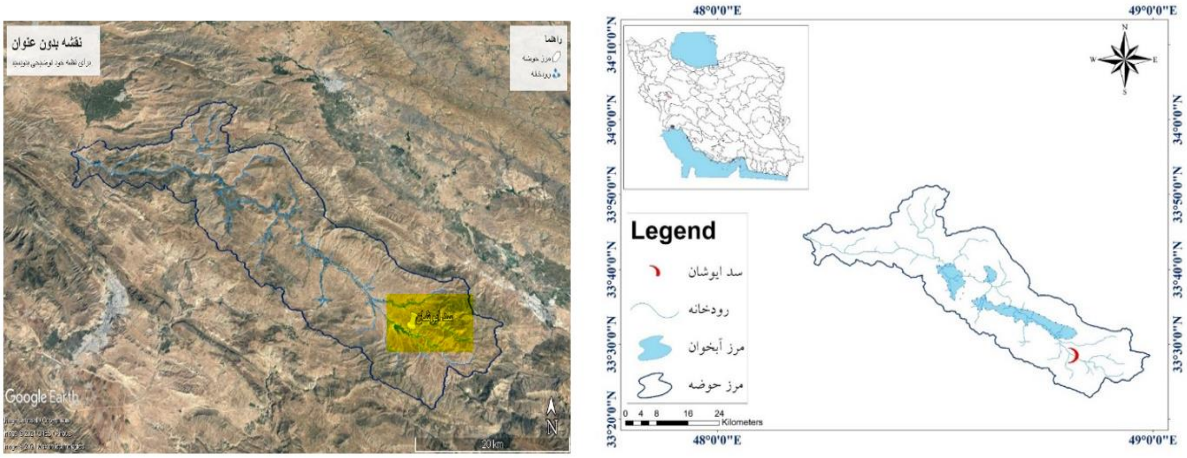
Saedi et al. (2021) تخصیص بهینهٔ آب مخزن زاینده رود در ایران بر اساس پیش‌بینی جریان ورودی در سناریوهای تغییر آب و هوا را مورد ارزیابی قرار دادند. در پژوهش فوق به بررسی تأثیر تغییر اقلیم بر تأمین و در دسترس بودن آب در حوزهٔ آبریز رودخانه زاینده رود پرداخته شد. برای ارزیابی عملکرد آیندهٔ مخزن، یک مدل بهینه‌سازی غیرخطی برای به حداقل رساندن کمبود آب استفاده شد. بالاترین کسری آب سالانه، حدود ۸۴۷ میلیون مترمکعب گزارش شد. Khoshravesh and Nikzad- Tehrani (2019) به ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب دشت تالار با استفاده از مدل‌سازی آب زیرزمینی و سیستم‌های یکپارچهٔ منابع آب پرداختند. Shahvali Kohshori et al. (2018) به بهینه‌سازی مدیریت منابع آب با اعمال سناریوهای مختلف تخصیص در حوزهٔ آبریز دز پرداختند. از مطالعات دیگری که در این حوزهٔ آبریز انجام شده می‌توان به مطالعات (Akbari et al., 2015; Dehghan et al., 2015; Sargolzaii et al., 2018; Mokallaf Sarband et al., 2019; Kashefi nezhad and Hooshmand, 2020) اشاره نمود. بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که از مدل‌ها برای بهینه‌سازی در زمینهٔ مدیریت منابع استفاده بسیاری شده است. با توجه به اهمیت برنامه‌ریزی در بهره‌برداری بهینه از حوزهٔ آبریز و ارزیابی اقتصادی،

در تحقیق حاضر اقدام به شبیه‌سازی با مدل WEAP و مقایسهٔ تطبیقی لازم با اعمال سناریوهای مختلف گردید. هدف این تحقیق، محاسبهٔ بهره‌برداری از سد ایوشان برای مصارف شرب و کشاورزی اراضی بالادست و پایین‌دست دشت چغلوندی است. شبیه‌سازی حوزهٔ آبریز نیز برای سناریوهای شرایط موجود، مرجع و افزایش و توسعهٔ اراضی کشاورزی پایین‌دست سد ایوشان است.

## ۲- مواد و روش‌ها

### ۲-۱- منطقهٔ مورد مطالعه

منطقهٔ مورد مطالعه در قسمت جنوب غرب ایران، در استان لرستان و در محدودهٔ دامنه‌های زاگرس واقع شده است که تحت نام حوزهٔ آبریز سد مخزنی چغلوند از آن نام برده می‌شود. مساحت این حوزهٔ آبریز حدود ۱۱۸۷/۸ کیلومتر مربع بوده که توسط حوزهٔ آبریز چغلوندی احاطه شده است. سد ایوشان در ۵۷ کیلومتری شرق خرم‌آباد روی رودخانهٔ هررود با مختصات جغرافیایی حدود ۴۸ درجهٔ و ۸۱ دقیقهٔ عرض شمالی و ۳۳ درجهٔ و ۴۷ دقیقه طول شرقی قرار دارد. سد از سنگریزه‌های با هستهٔ رسی با ارتفاع ۷۰ متر و حجم ذخیرهٔ ۵۱ میلیون مترمکعب ساخته شده با اهداف تأمین آب کشاورزی ۴۸۰۰ هکتار در زمان توسعهٔ بخش کشاورزی منطقهٔ، تأمین کمبود آب شبکهٔ آبیاری احداث شده در دشت چغلوندی و جلوگیری از سیلاب‌های بهارهٔ رودخانه هررود به اراضی پایین‌دست و روستاهای مجاور. شکل ۱ موقعیت ایستگاه‌ها و حوزهٔ آبریز مورد نظر را نشان می‌دهند.




**شکل ۱- جانمایی منطقهٔ مورد مطالعه**

**Figure 1- Location of the study area**

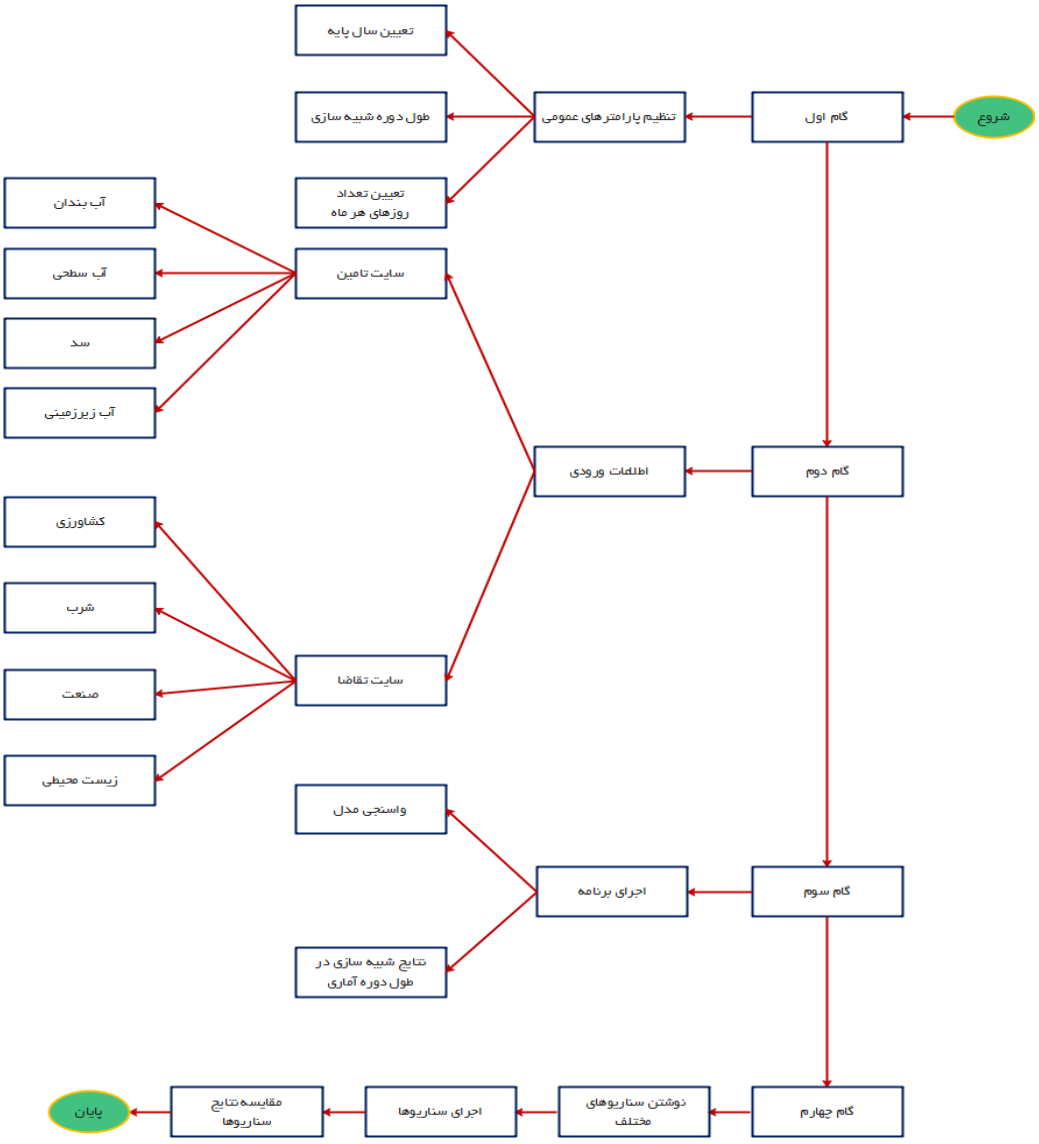
### ۲-۲- بررسی رویکرد و الگوریتم کاربردی برنامه WEAP

کار با مدل WEAP در چندین گام شامل تعریف مسئله، چهارچوب زمانی، مرزهای مکانی و اجزای سیستم و تنظیمات مسئله انجام می‌شود. سناریوها در شرایط موجود ساخته شده و با استفاده از آن‌ها می‌توان اثر فرضیات یا سیاست‌های مختلف را بر میزان دسترسی و مصرف آب در آینده بررسی کرد. نهایتاً سناریوها با توجه به میزان آب، هزینه‌ها و سودها، سازگاری با اهداف محیط زیستی و حساسیت به عدم‌قطعیت در متغیرهای کلیدی ارزیابی می‌شوند (Aghaei, 2014). در مدل WEAP، مؤلفه‌های سیستم (شامل گره‌های منابع و مصارف آب، نحوهٔ ارتباط آن‌ها با یکدیگر و اولویت‌های تخصیص) و معرفی مشخصات زمانی (سال پایه، دورهٔ زمانی، گام‌های زمانی محاسبات و غیره) تعریف می‌شود. در سال پایه نیازهای آبی، ظرفیت و مشخصات منابع، میزان بارهای آلودگی، هزینه‌های سیستم در وضعیت حال حاضر وارد می‌شود. با اجرای اولیهٔ مدل در سال پایه و مقایسهٔ نتایج به‌دست آمده با اطلاعات موجود، می‌توان این مرحله را به‌عنوان گام واسنجی در نظر گرفت. در بخش توسعهٔ سناریوها مجموعه‌ای از فرضیات مربوط به تأثیر هرگونه تغییرات در سیستم (به‌دلیل تغییر سیاست‌ها در آینده و یا شرایط اقلیمی) تعریف می‌شوند. با توجه به معیارهای مورد نظر کاربر در این مرحله سناریوها مورد ارزیابی قرار می‌گیرند. این معیارها می‌توانند اطمینان‌پذیری در تأمین نیاز، حفاظت منابع، سازگاری با اهداف محیط زیستی، تحلیل سود و هزینه و حساسیت نسبت به عدم قطعیت‌ها در متغیرهای کلیدی باشند ( Shahvali Kohshori et al., 2018). شکل ۲ فلوچارت کلی مدل شبیه‌سازی-بهینه‌سازی در تخصیص منابع آب را نشان می‌دهد.

### ۲-۳- مراحل انجام مدل WEAP

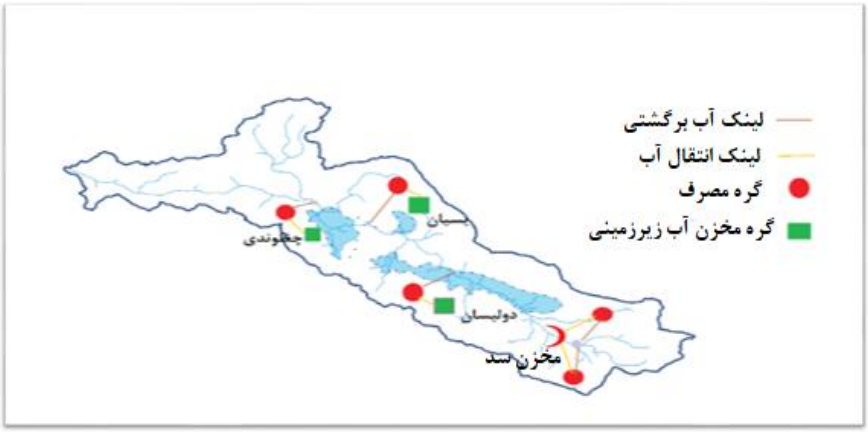
برای تهیهٔ چارچوب اصلی مدل در نرم‌افزار WEAP، ابتدا نقشه‌های اولیه شامل مرزهای حوزهٔ آبریز مورد مطالعه، مسیرهای رودخانه‌های موجود در حوزهٔ آبریز، محل سدها و بندهای انحرافی برای آبگیری و ایستگاه‌های هیدرومتری، تمام نقاط نیاز و منابع آب موجود و به‌طور کلی تمامی عوارضی که برای تعیین چارچوب اصلی مدل مورد نیاز است در محیط GIS تهیه شد. پس از این کار، نقشه‌های تهیه شده در محیط نرم‌افزار WEAP فراخوانی شد.

با استفاده از ابزارهای موجود در نرم‌افزار WEAP مسیر رودخانهٔ اصلی، محل سد ایوشان، منابع آب زیرزمینی، محل نیازهای آب شرب و صنعت، کشاورزی و همهٔ موارد مورد نیاز مشخص شدند. طرح شماتیک مربوط به آن‌ها در محیط نرم‌افزار WEAP در شکل ۳ ارائه شده است.




**شکل ۲- نمای کلی مدل شبیه‌سازی سد ایوشان**

**Figure 2- Overview of the simulation model of Ayushan Dam**




**شکل ۳- طرح شماتیک مدل**

**Figure 3- Schematic design of the model**

**۲-۴- تعریف تقاضای مدل**

تقاضای آب یک محل نیاز (DS) به‌صورت مجموع تقاضاهای شاخه‌های پایهٔ آن (Br) تعریف می‌شود. شاخهٔ پایه، شاخه‌ای است که در آن زیرشاخه‌ای وجود ندارد.

$$AD_{DS} = TAL_{BR} \times WUR_{BR} \quad (۱)$$

که AD تقاضای سالانه، TAL تراز تقاضای کل و WUR نرخ استفاده از آب است. تقاضای ماهانه طبق رابطهٔ ۲ برابر سهم ماهانه از تقاضای سالانهٔ تنظیم شده است.

$$MD_{(DS,m)} = MVF_{(DS,m)} \times ADD_{(DS)} \quad (۲)$$

در این رابطه، MD تقاضای ماهانه، MVF سهم هر ماه از تقاضای سالانه و AAD تقاضای تعدیل شده سالانه است. تقاضای ماهانه، مقدار آب مورد نیاز گره برای استفاده خود در هر ماه را نشان می‌دهد. درحالی‌که میزان مورد نیاز تأمین، مقدار واقعی نیاز درخواست شده از منابع ذخیره است. میزان مورد نیاز تأمین، تقاضا را در نظر گرفته و آن را با میزان استفادهٔ مجدد در داخل گره، راهبردهای مدیریتی برای کاهش تقاضا و اتلاف‌های داخلی، تنظیم می‌کند. رابطهٔ :

$$MSR_{(DS,m)} = \frac{MD_{(DS,m)} \times (1-LR_{DS}) \times (1-DSMS_{(DS)})}{(1-LR_{DS})} \quad (۳)$$

که MSR میزان تأمین مورد نیاز ماهانه، MD تقاضای ماهانه، RR نرخ استفادهٔ مجدد، DSMS ذخیرهٔ ماهانه در سایت تقاضا و LR نرخ تلفات است. تقاضای آب یک محل نیاز (DS) به‌صورت مجموع تقاضاهای شاخه‌های پایهٔ آن (Br) تعریف می‌شود. اگر DS محل تقاضا و Sre تأمین آب باشد خواهیم داشت:

$$I_{DS} = \sum_{Sre} TLO_{Sre\ DS} \quad (۴)$$

که I جریان ورودی و TLD جریان خروجی خط انتقال است. هر محل تقاضا یک نیاز آبی ماهانه دارد. جریان ورودی برابر این نیاز است، مگر آن‌که به دلایل هیدرولوژیک، فیزیکی و یا محدودیت‌های دیگر با کسری آب مواجه شود. معادلهٔ محدودیت زیر اعمال می‌شود، که در آن SR نیاز تأمین آب ماست.

$$I_{DS} \leq SR_{DS} \quad (۵)$$

یعنی از جریان ورودی مصرف شده، دوباره استفاده می‌شود و باقی از گره خارج می‌شود که این روند را می‌توان در رابطه‌های ۶ تا ۸ نشان داد:

$$C_{DS} = I_{DS} \times \quad DSC_{DS} \quad (۶)$$

$$ReO_{DS} = \sum TRO_{DS} \quad (۷)$$

$$RtF_{DS} = I_{DS} - C_{DS} - ReO_{DS} \quad (۸)$$

در این معادلات C میزان مصرف، I جریان ورودی، DSC مصرف محل تقاضا، ReO خروجی آبی است که دوباره مصرف می‌شود، TRO آب خروجی از خط انتقال است که در گره تقاضای دیگر مصرف می‌شود و RtF جریان بازگشتی از محل تقاضا است (Loucks and Van Beek, 2017).

پس از مدل‌بندی منطقهٔ مورد مطالعه، پارامترهای مورد نیاز برای شبیه‌سازی از جمله طول دوره، گام زمانی، سال پایه و واحد پارامترهایی که به مدل معرفی می‌شوند تعیین می‌شود. تعریف اساسی سیستم آبی که در حال حاضر موجود می‌باشد، سال پایه را نشان می‌دهد. سال پایه یک سال شروع را برای تمام سناریوها فرض می‌کند. سال آبی ۱۳۹۲ (۲۰۱۳ میلادی) به‌عنوان سال پایه وارد می‌شود. باید به این نکته توجه داشت که سال پایه به معنای سال میانگین ناست، بلکه بهترین تخمین موجود از سیستم متداول کنونی است و سال پایه شامل اطلاعات مخصوص عرضه و تقاضا برای اولین سال است و کلیهٔ سناریوها از سال پایه نشأت می‌گیرند. به‌دلیل این‌که سال آبی ۱۳۹۲ (از مهر ۱۳۹۲ تا شهریور ۱۳۹۳) برای تمامی پارامترهای مورد نیاز مدل، زمان شروع شبیه‌سازی سال آبی ۱۳۹۲ (مهرماه) تا سال آبی ۱۳۹۹ (شهریورماه)، گام زمانی ماهانه و طول دورهٔ آماری ۸ سال در نظر گرفته شد. از داده‌های دبی ماهانهٔ ثبت شده در ایستگاه‌های هیدرومتری منطقه، اطلاعات مربوط به نقاط نیاز (اعم از نیاز کشاورزی، شرب، صنعت و نیاز محیط زیستی)، اطلاعات ماهانهٔ مربوط به مخازن موجود (اعم از دبی ماهانهٔ ایستگاه‌های هیدرومتری موجود در منطقهٔ مورد مطالعه و چاه‌ها) استفاده گردید. لازم به ذکر است که میزان مصرف در بخش صنعت همراه شرب بوده و در شش ماه اول سال مقدار کم‌تر از ۰/۴ مترمکعب در ثانیه برای صنعت در نظر گرفته شده است. هدف از احداث مخزن سد، ذخیره و تأمین آب مورد نیاز در پایین‌دست سد است. در منطقهٔ مورد مطالعه، از سد ایوشان برای آب‌رسانی به شبکه‌های آبیاری پایاب سد حدود ۴۵۰۰ هکتار استفاده می‌شود که محل برداشت آب شبکه‌های شمال، شمال‌غربی و جنوب‌غربی ویسیان، چغلوندی و دولیسان از رودخانهٔ هرود و آب‌های زیرزمینی آبخوان‌های دشت‌های چغلوندی، ویسیان و دولیسان سیاه گل است. در جدول ۲ مساحت اراضی قابل‌کشت تحت پوشش هر کدام از این شبکه‌ها آورده شده است. این تحقیق شبیه‌سازی با استفاده از مدل WEAP برای تخصیص منابع آب حوزهٔ آبریز چغلوندی برای ارزیابی میزان نیازهای آبی برای مصارف مختلف دشت چغلوندی با سه سناریوی مختلف انجام گرفت. نتایج به‌دست آمده در ادامه ارائه شده است. جهت اجرای مدل شبیه‌سازی از آمار دقیق و مناسب سال‌های آبی ۲۰۱۳ تا ۲۰۲۰ به‌منظور شبیه‌سازی وضع موجود بهره‌برداری از منابع آب در منطقهٔ مورد مطالعه استفاده شد. نرم‌افزار WEAP ابتدا مقادیر جریان، نیاز محیط زیستی و نیازهای کشاورزی را به‌صورت ماهانه در سال‌های مختلف برحسب میلیون مترمکعب دریافت می‌کند.

در این تحقیق پس از محاسبهٔ جریان طبیعی رودخانه میزان حداقل جریان محیط زیستی با استفاده از روش مونتانا که از دسته روش‌های هیدرولوژیک است، محاسبه شد. در شرح این روش که در نشریهٔ شمارهٔ ۵۷۷ وزارت نیرو آمده است، جریان محیط زیستی به‌صورت درصدی از متوسط آورده سالانهٔ طبیعی در یک محل

مشخص تعیین می‌شود که این درصدها به‌صورت جدول ۱ هستند.
در تحقیق حاضر، شرایط عادلانه برای محاسبهٔ جریان محیط زیستی در نظر گرفته شد.

**جدول ۱- حداقل جریان محیط زیستی در طول سال طبق روش مونتانا (تنانت) (Ministry of Energy publication 557)**
**Table 1- Minimum environmental flow throughout the year according to the Montana method (Tennant) (Ministry of Energy publication 557)**

| وضعیت رودخانه | درصدهای پیشنهادی از میانگین آورد سالانهٔ رودخانه | |
|---|---|---|
| | پاییز – زمستان | بهار – تابستان |
| بسیار عالی | 40 | 60 |
| عالی | 30 | 50 |
| خوب | 20 | 40 |
| عادلانه | 10 | 30 |
| ضعیف | 10 | 10 |
| تخریب شدید | 10 > | 10 > |

**جدول ۲- مساحت اراضی قابل‌کشت تحت پوشش هر کدام از شبکه‌ها**
**Table 2- The area of arable land covered by each of the networks**

| شبکه | مساحت (هکتار) |
|---|---|
| شبکهٔ آبیاری و زهکشی چغلوندی | 720 |
| شبکهٔ آبیاری و زهکشی ویسیان | 600 |
| شبکهٔ آبیاری و زهکشی دوسیان | 700 |
| شبکهٔ آبیاری و زهکشی پایاب سد | 4300 |

سناریوهای انجام شده در این پژوهش:

**۱- شرایط حاضر:** بررسی تغییرات میزان عرضه و تقاضا در شرایط کنونی با استفاده از داده‌های واقعی در این سناریو برای بهترین تخمین از دورهٔ مورد مطالعه انجام گرفت.

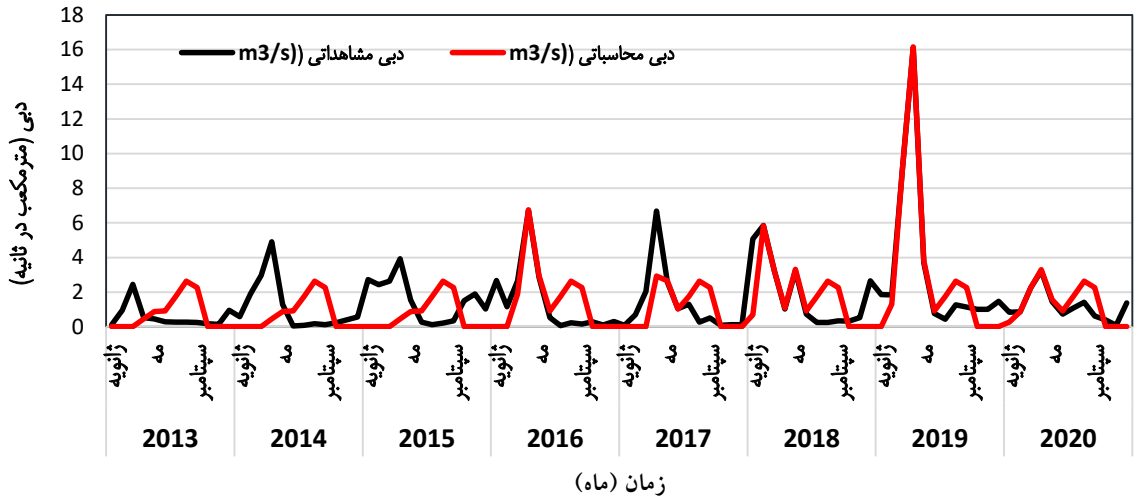
**۲- سناریوی مرجع:** در این سناریو به‌جز شرب تمامی مصارف تغییر نخواهد کرد (افزایش جمعیت و افزایش میزان آب مصرفی)

**۳- سناریوی توسعهٔ اراضی:** در این سناریو فرض بر این گذاشته شد که اراضی بالادست سد ایوشان که حدود ۲۵۰۰ هکتار می‌باشد، کشاورزان حوزهٔ آبریز چغلوندی از آورد (در مسیر جریان رودخانه) رودخانهٔ هرود برای آبیاری اراضی خود از طریق پمپ‌های سیار، سردهنه‌ها و چاه‌های نزدیک رودخانه به‌صورت غیرمجاز استفاده می‌کنند. هم‌چنین در این سناریو با افق برنامه‌ریزی ۱۶ ساله (توسعهٔ کوتاه‌مدت) و شرایط توسعه‌ای توسط سازمان‌های ذی‌ربط مانند شرکت آب منطقه‌ای لرستان و سازمان جهاد کشاورزی استان لرستان در نظر گرفته شده است. بنابراین توسعهٔ اراضی با در نظر گرفتن افزایش ۲۸۰۰ هکتاری در سطح اراضی پایین‌دست سد ایوشان در نظر گرفته شد. در این سناریو رهاسازی مطابق دستورالعمل سناریوی شرایط حاضر برای ۱۶ سال (از سال ۲۰۲۰ تا سال ۲۰۳۶) آیندهٔ شبیه‌سازی‌ها انجام گرفت.

برای صحت‌سنجی و ارزیابی مدل حجم ذخیرهٔ مخزن و آبدهی سد به‌عنوان معیار استفاده شد.

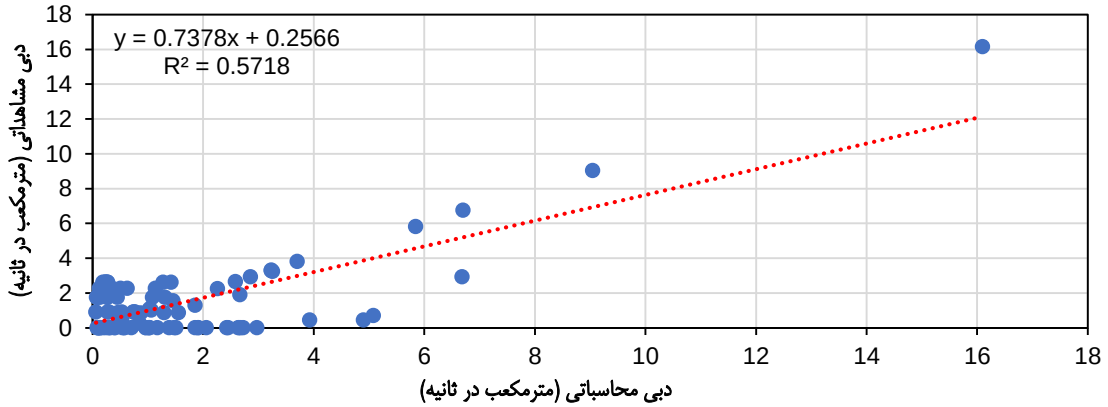
## ۳- نتایج و بحث

برای واسنجی مدل، داده‌های دبی ماهانهٔ سد ایوشان تا قبل از تقاطع رودخانهٔ هرود و حجم ذخیرهٔ مشاهداتی مخزن شبیه‌سازی شده، برای این منظور از ایستگاه هیدرومتری ایوشان در محل سد ایوشان به‌عنوان مقادیر مشاهداتی در نظر گرفته شد. به‌منظور اطمینان از عملکرد مدل شبیه‌سازی، مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در اشکال ۴ و ۵ در رودخانهٔ هرود حجم ذخیرهٔ مخزن ترسیم شد. بین مقادیر مشاهداتی و محاسباتی مدل میزان همبستگی ۰/۵۷ به‌دست آمد و طبق شکل ۴ مقادیر حداکثر شبیه‌سازی شده توسط مدل به مقادیر مشاهداتی نزدیک مشاهده می‌شود. هم‌چنین در این مرحله حجم ذخیرهٔ مخزن سد ایوشان در شرایط موجود شبیه‌سازی شده و مطابق اشکال ۶ و ۷ مشاهده شد که میزان همبستگی بین حجم ذخیرهٔ سد مخزن با حجم ذخیرهٔ محاسباتی مدل ۰/۴۹ بوده و برخلاف کم بودن میزان همبستگی شبیه‌سازی در مقادیر حداکثر با اختلاف‌زمانی کم و درجاهایی مقادیر کم‌تر از مقدار مشاهداتی، شبیه‌سازی شده است. این اختلاف امکان دارد در مصارف بیش‌تر از مقادیر شناسایی شده توسط شرکت آب منطقه‌ای باشد.



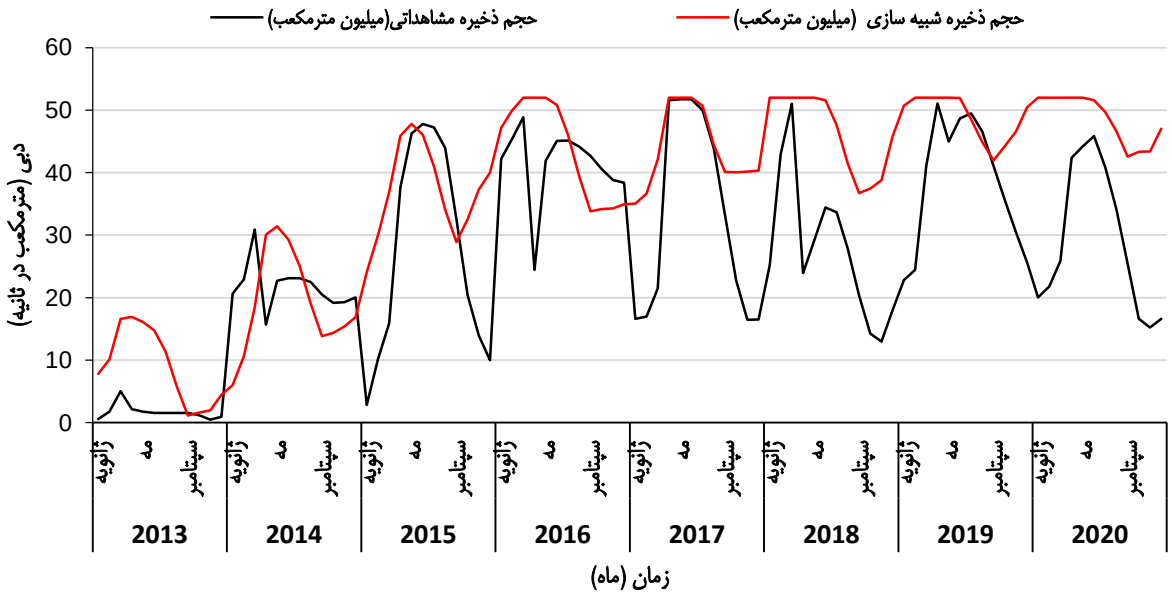

شکل ۴- مقایسهٔ مقادیر دبی مشاهداتی (در ورودی سد) و شبیه‌سازی شده

**Figure 4- Comparison of observed (at the dam entrance) and simulated discharge values**



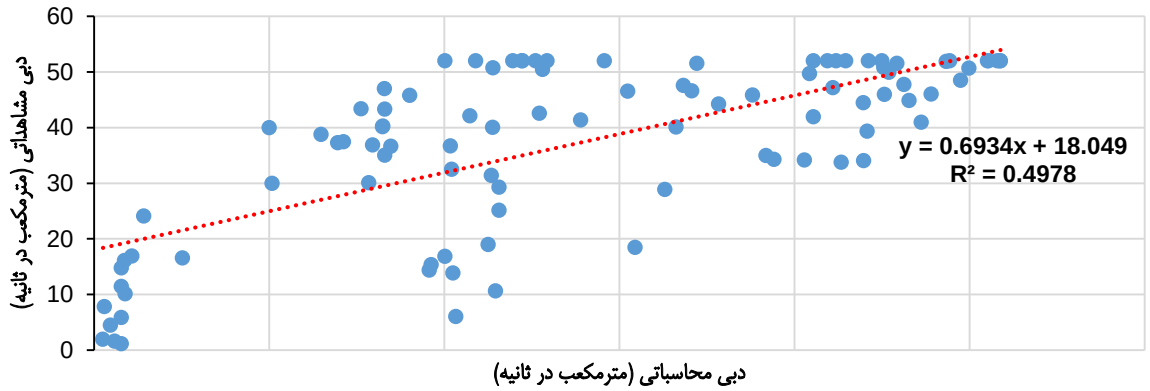

شکل ۵- نمودار پراکندگی مقادیر دبی مشاهداتی و شبیه‌سازی شده در ورودی سد

**Figure 5- Scatter diagram of observed and simulated discharge values**




شکل ۶- مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده حجم مخزن سد ایوشان

**Figure 6- Observed and simulated values of the reservoir volume of Ayushan dam**

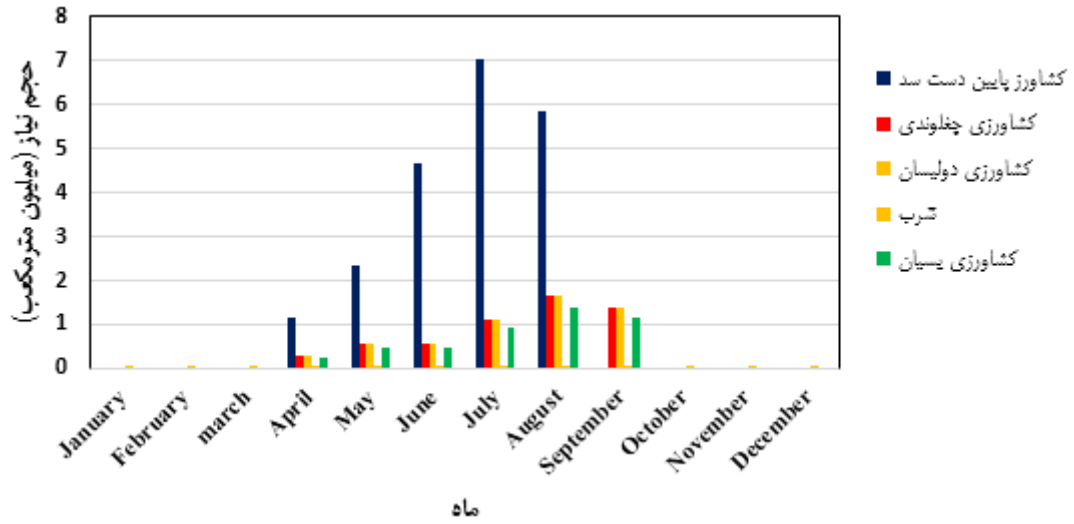



**شکل ۷– نمودار همبستگی مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده حجم مخزن سد ایوشان**

**Figure 7- Scatter plot of the observed and simulated values of the reservoir volume of Ayushan dam**

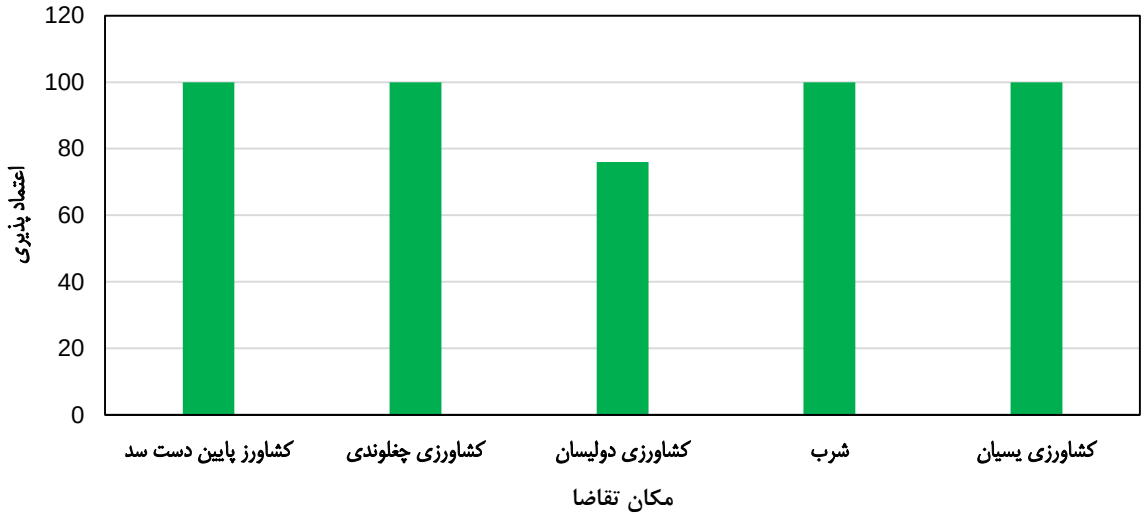
بر اساس شرایط موجود، مقادیر ماهانهٔ نیازهای کشاورزی برای هر شبکه شبیه‌سازی شد (شکل ۸). بر اساس این نمودار و درصد اطمینان-پذیری (شکل ۹) مشاهده می‌شود که نیازها، جز برای محدودهٔ دولیسان در هر ماه ۱۰۰ درصد تأمین‌شده است. قابلیت اطمینان یا اطمینان‌پذیری در حقیقت یعنی احتمال این‌که سیستم بدون وقوع خرابی به وظایف تعیین شده عمل کند، این مقدار به‌دست آمده است. برای این سناریو، مشاهده می‌شود که میزان برداشت آب برای مصرف شرب و صنعت و شبکه‌های آبیاری پایین‌دست سد ایوشان با ۱۰۰ درصد و شبکه‌های آبیاری محدودهٔ دو آبخوان چغلوندی و ویسیان به میزان ۱۰۰ درصد و برای کشاورزی دولیسان کم‌تر از ۸۰ درصد با تقدم تأمین منابع آب سطحی (رودخانه هرود) و سپس آب زیرزمینی حاصل شد. از نتایج سناریوی اول برای نیاز محیط زیستی منطقه، مشاهده می‌شود که در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در طول دورهٔ شبیه‌سازی برای ماه‌های بهار که باید حدود ۶۰ درصد باشد حدود ۱۰ درصد کم‌تر از حد مجاز تأمین شده و این نامطلوب می‌باشد (شکل ۱۰). در مطالعه‌ای که با استفاده از مدل WEAP جهت شبیه‌سازی و تحلیل سناریوهای تخصیص آن در حوزهٔ آبریز لیفان در کشور آفریقای جنوبی انجام شد نتایج نشان داد که در شرایط موجود ۸۵ درصد از میزان تقاضا آب تأمین شد (Levite et al., 2003).

دومین سناریوی بررسی شده، سناریوی مرجع است بدین معنا که ادامهٔ روند کنونی در مصرف شرب در آینده به‌منظور یافتن شرایط آبی مناسب در منطقه انجام شد؛ بنابراین طول دورهٔ شبیه-سازی برای ۱۶ سال آینده، یعنی سال آبی ۲۰۳۶–۲۰۳۵ تا ۲۰۳۷–۲۰۳۶ نظر گرفته شد. همان‌طور که از شکل‌های ۱۱ و ۱۲ مشاهده می‌شود، نیاز شرب و صنعت با افزایش جمعیت در ۱۶ سال آینده در تمامی ماه‌ها به‌صورت کامل تأمین می‌شود. نیازهای کشاورزی در شبکه‌های آبیاری بالادست و پایین‌دست همانند سناریوی اول به‌جز کشاورزی دولیسان تأمین می‌شود.



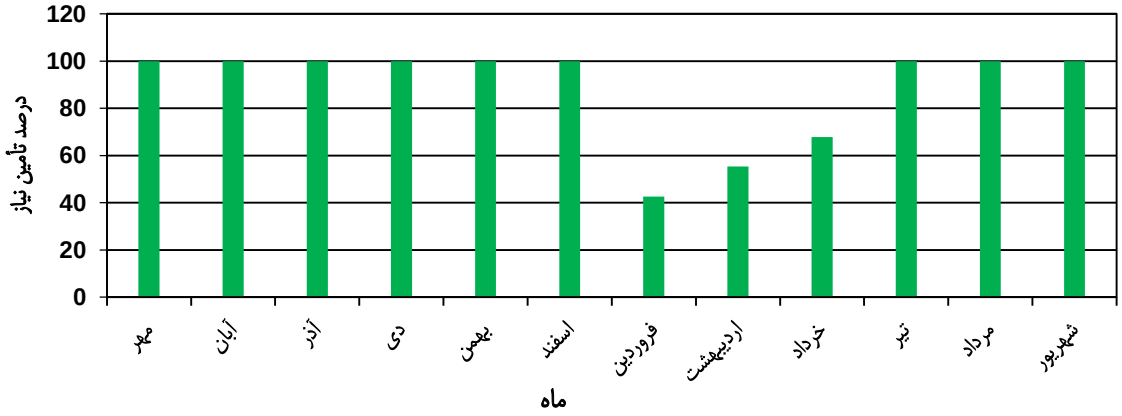

**شکل ۸– حجم تأمین نیازها در شرایط موجود (۲۰۲۰–۲۰۱۳)**

**Figure 8- The amount of meeting needs in the current conditions (2013-2020)**



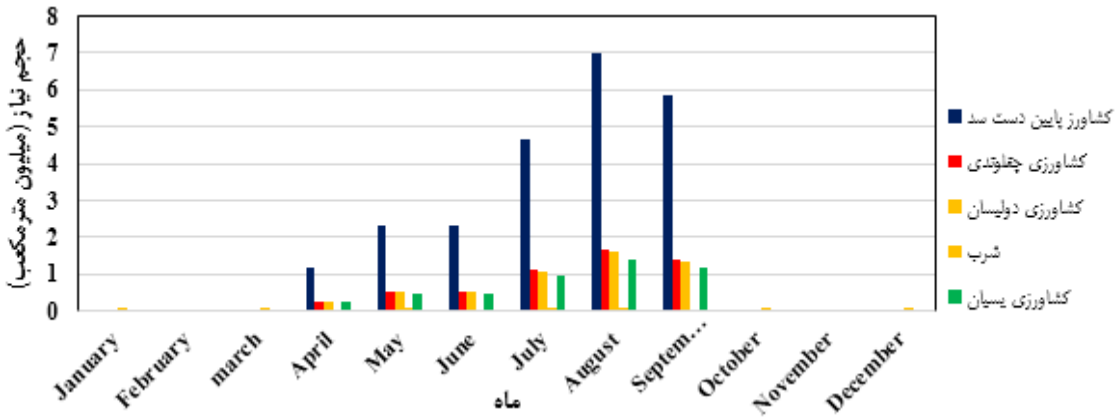

شکل ۹- درصد اطمینان‌پذیری تأمین نیازهای آبی دشت چغلوندی در شرایط موجود

**Figure 9- Reliability percentage of supplying the water needs of Chaglundi plain**



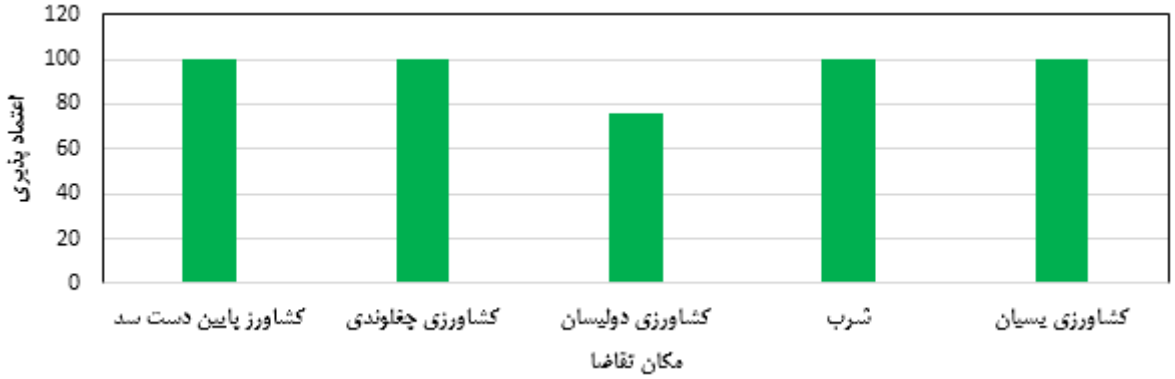

شکل ۱۰- درصد تأمین نیاز محیط زیستی در ماه‌های مختلف در شرایط موجود

**Figure 10- The percentage of providing environmental needs in different months in the existing conditions**




شکل ۱۱- حجم تأمین نیازها در سناریو مرجع (۲۰۲۰-۲۰۳۶)

**Figure 11- The volume of meeting needs in the reference scenario (2020-2036)**



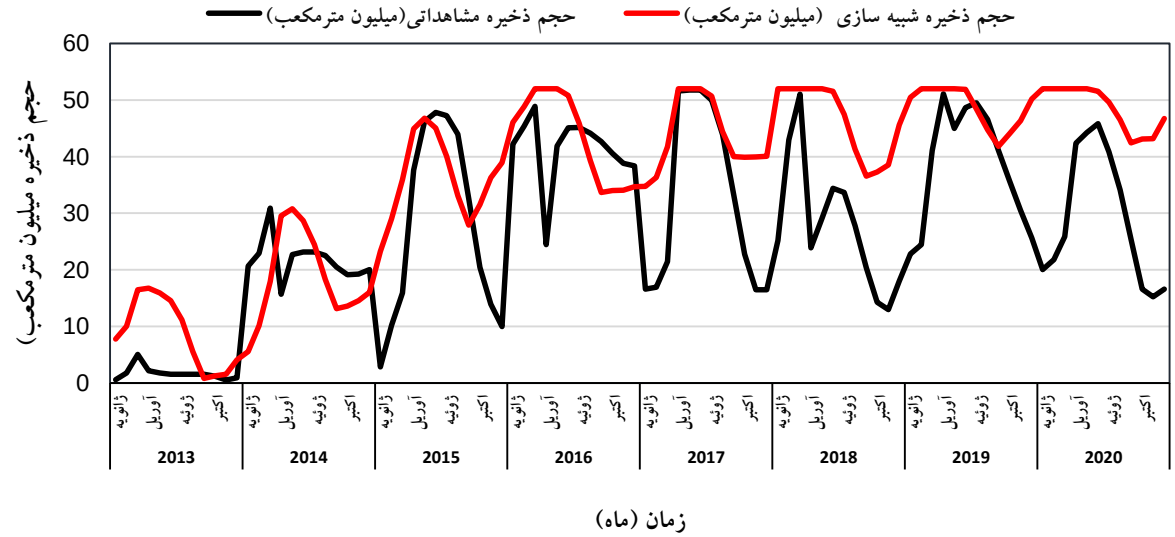

**شکل ۱۲- درصد اطمینان‌پذیری تأمین نیازهای آبی دشت چغلوندی در سناریوی مرجع**

**Figure 12- Reliability percentage of supplying the water needs of Chaglundi plain in the reference scenario**

حجم ذخیرهٔ شبیه‌سازی شده از سناریوهای مورد مطالعه مطابق شکل ۱۳ نشان می‌دهد که در سال‌های ۲۰۱۳ تا ۲۰۱۴ دارای کم-ترین مقدار حجم ذخیره می‌باشد و در برخی از ماه‌ها از تراز حداقل حجم ذخیره مخزن کم‌تر بوده که این امر نشان می‌دهد که سیستم نیاز به تعریف مدل بهینه‌ای دارد که هم‌زمان هم میزان درصد تأمین نیاز در ماه‌های کم‌آب را افزایش دهد و هم میزان تخطی از تراز حداقل بهره‌برداری را کاهش دهد.

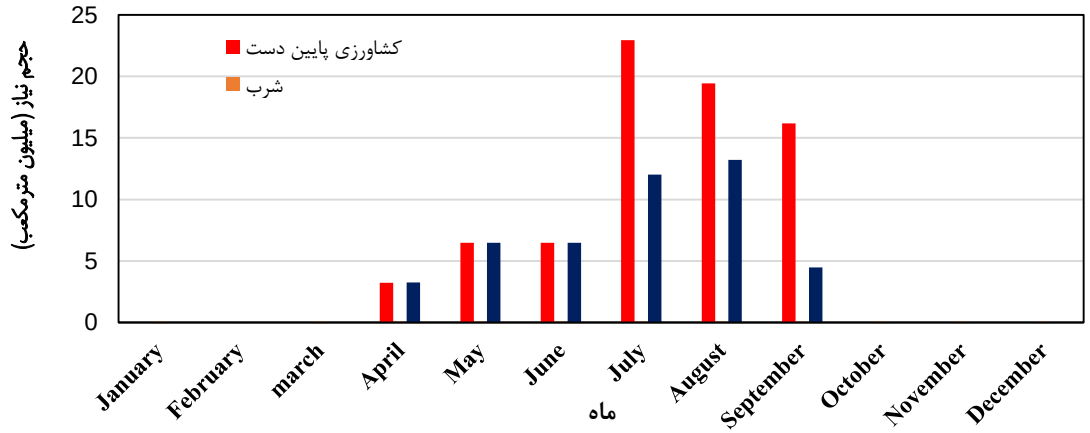
سناریوی سوم به‌منظور توسعهٔ شبکهٔ آبیاری و زهکشی در منطقه تا سطح ۵۳۰۰ هکتاری (افزایش ۱۰۰ درصدی سطح اراضی کشاورزی) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج حجم آب مورد نیاز و میزان آب قابل تأمین توسط مدل برآورد شد (شکل‌های ۱۴ و ۱۵). نتایج نشان داد که میزان آب مورد نیاز در ماه‌های پرمصرف (خرداد تا مرداد) در بخش کشاورزی به‌طور کامل تأمین نمی‌شود و طبق نمودار درصد اطمینان‌پذیری برای مصرف کشاورزی در شبکه‌های آبیاری بیش‌تر از ۸۰ درصد حاصل شد. نتایج مطالعهٔ Kheyrandish et al. (2020) نشان داد که در بررسی سناریوی توسعهٔ اراضی میزان آب مصرفی شبکه‌های آبیاری و زهکشی منطقهٔ بهبهان حدود ۹۰ درصد تأمین شد.

در این سناریو حجم ذخیرهٔ شبیه‌سازی شده همانند سناریوی مرجع مطابق شکل ۱۶ نشان می‌دهد که در سال‌های آماری دارای کم‌ترین حجم ذخیره است و در ماه‌های تیر، مرداد، شهریور و مهر مخزن با شکست کامل مواجه خواهد شد. لذا برای جلوگیری از این شکست از مخزن می‌توان پیشنهاد کرد که نیازهای شبکه‌های بالادست را از منابع آب زیرزمینی تأمین، برای افزایش راندمان آبیاری در مناطقی که دارای الگوی کشت با نیازهای آبی بالا خیلی بالا حذف شود و از محصولات کم آب با توجه به اقلیم منطقه استفاده شود.



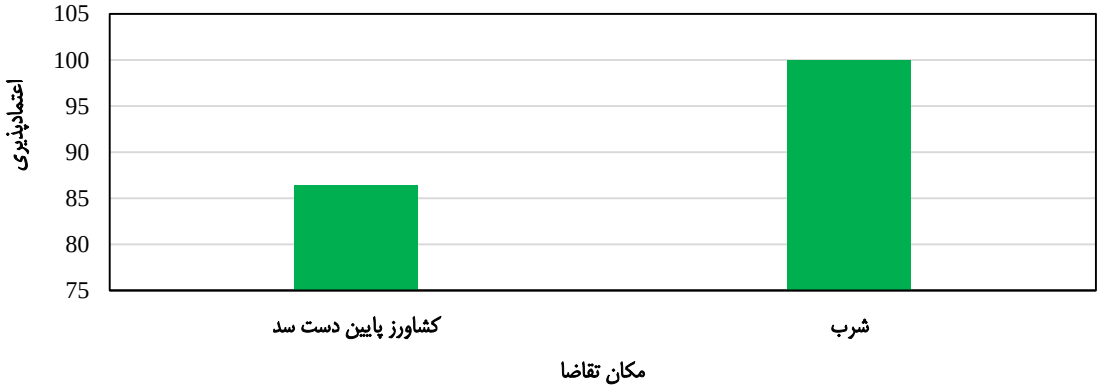

**شکل ۱۳- مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی‌شده حجم مخزن سد ایوشان (سناریوی مرجع)**

**Figure 13- Observed and simulated values of the reservoir volume of Ayushan dam (reference scenario)**



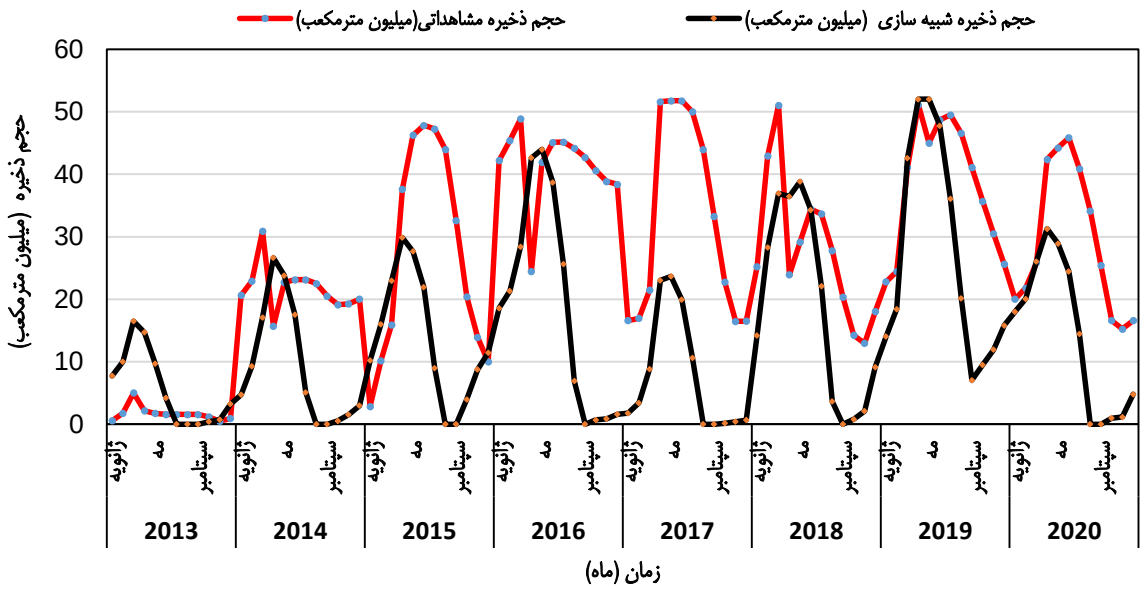

شکل ۱۴- حجم تأمین نیازها در توسعه اراضی (۲۰۳۶-۲۰۲۰)

**Figure 14- Volume of meeting needs in land development (2020-2036)**




شکل ۱۵- درصد اطمینان‌پذیری تأمین نیازهای آبی دشت چغلوندی در شرایط توسعهٔ اراضی

**Figure 15- Reliability percentage of supplying the water needs of Chaglundi plain**




شکل ۱۶- مقادیر مشاهداتی و شبیه‌سازی شده حجم مخزن سد ایوشان (سناریوی توسعهٔ اراضی)

**Figure 16- Observed and simulated values of the volume of the Ayushan dam reservoir (land development scenario)**

## ۴- نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از واسنجی انجام شده برای مدل، در دورهٔ شبیه‌سازی از سال ۱۳۹۲ تا سال ۱۳۹۹ برای سد ایوشان نشان داد که شبیه‌سازی بهره‌برداری از منابع آب حوزهٔ آبریز مورد مطالعه با استفاده از مدل WEAP با دقت مناسبی انجام شده و عملکرد مناسبی داشته است. نتایج ارزیابی سناریوها نشان داد که در سناریوی شرایط موجود، با توجه به محدودیت ایجاد شده توسط ارگان‌های ذی‌ربط در تخصیص آب به وسعت محدودی از دشت تحت پوشش، ضریب اطمینان‌پذیری برای مصرف شرب و شبکه‌های آبیاری و زهکشی ۱۰۰ درصد حاصل شد و نیاز محیط زیستمحیط زیستی منطقه در این شرایط در ماه‌های فروردین و اردیبهشت در طول دورهٔ شبیه‌سازی حدود ۱۰ درصد کم‌تر از حد مجاز تأمین شده و این برای ماه‌های بهار که بایستی حدود ۶۰ درصد باشد نامطلوب می‌باشد. در سناریوی مرجع، با وجود افزایش جمعیت در سال‌های آینده، به‌دلیل تعیین اولویت نخست در تخصیص به مصرف شرب در مدل شبیه‌سازی، نیاز شرب و صنعت به‌طور کامل تأمین می‌شود. نیازهای کشاورزی در شبکه‌های آبیاری پایین‌دست سد مورد مطالعه در همهٔ ماه‌ها ۱۰۰ درصد تأمین می‌شود اما نیاز کشاورزی تأمین شده از آبخوان دشت دولیسان در همهٔ ماه‌ها کم‌تر از ۶۰ درصد نیاز آبی به‌دست آمد. حداقل نیاز زیست محیطی پایین‌دست رودخانهٔ هرود که برای بقای زیست‌بوم منطقه در نظر گرفته شده است در ماه‌های بهار کم‌تر از ۵۰ درصد بوده و قابل توجه است. برای سایر ماه‌ها به‌طور کامل تأمین می‌شود. نتایج سناریوی توسعهٔ اراضی نشان داد در صورتی‌که آب مورد نیاز اراضی بالادست و پایین‌دست از سد ایوشان تأمین شود شبکه‌های آبیاری در ماه‌های که نیاز آبی بالایی دارند تأمین نمی‌شود و مدیران بایستی در زمان خشکسالی و کاهش آب در آبخوان‌های بالادست سد ایوشان با مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب عمل کنند تا کشاورزان متضرر نشوند. هم‌چنین اگر در زمان حاضر در این سد با مشکل توسعهٔ اراضی در پایین‌دست برای برآورد نیاز آبی مشکل دارند باید به چاه‌های مورد بهره‌برداری شده توسط کشاورزان و موتور تلمبه‌هایی که در حاشیهٔ رودخانهٔ هرود در بالادست استفاده می‌شود توجه نمایند و در این خصوص برنامه‌ریزی کنند. در سناریوی توسعهٔ اراضی، حجم ذخیرهٔ ماهانهٔ مخزن حاصل شده در مقایسه با مقادیر به‌دست آمده در سناریوهای مرجع و شرایط حاضر متفاوت بوده و سد با شکست مواجه شده است و مشاهده شد که در سال‌های شبیه‌سازی، روند کاهشی و کم‌تر از حداقل حجم ذخیرهٔ مخزن است. در مطالعهٔ Kheyrandish et al. (2020) نیز در بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی با استفاده از مدل WEAP در دشت بهبهان مشاهده کردند که حجم ذخیرهٔ مخزن در سه سناریوی شرایط موجود، مرجع و توسعهٔ اراضی با شکست مواجه اما در شرایط بهینهٔ عملکرد بهتری داشته است. با توجه به اولویت‌دهی خاص در منطقهٔ مورد مطالعه بیش‌ترین کمبود آب مربوط به مصارف کشاورزی است. در صورت ایجاد هرگونه افزایش راندمان در مصارف کشاورزی، اثر آن مستقیماً در تأمین نیازهای آبی منطقه مشاهده خواهد شد. لذا در چنین شرایطی با توجه به احداث سد ایوشان اصلاح الگوی کشت و افزایش راندمان آبیاری توصیه می‌شود. صرفه‌جویی و یا افزایش راندمان در مصارف شرب باعث میزان تأمین نیاز کشاورزی افزایش یابد و هم‌چنین در منطقهٔ پرورش ماهی و سایر صنایع دیگر باعث توسعه شود. در مطالعهٔ Behboudian et al. (2021) بیان کردند که در مدیریت سیستم‌های منابع آب جهت تأمین تقاضای آب و حجم ذخیرهٔ آب دریاچه سدها سطح زیر کشت محصولاتی که نیاز آبی زیادی را دارند کاهش و از روش‌های کم آبیاری استفاده شود.

## منابع


اکبری، ندا، نیک‌سخن، محمدحسین، و اردستانی، مجتبی (۱۳۹۳). تخصیص بهینهٔ آب با استفاده از تئوری بازی‌های همکارانه مطالعهٔ موردی: حوزهٔ آبریز زاینده‌رود. *محیط‌شناسی*، ۴۰(۴)، ۸۷۵-۸۸۹. doi:10.22059/jes.2014.53004

آقایی، سمیه (۱۳۹۲). مدیریت به هم پیوسته منابع آب دشت مشهد-چناران با استفاده از مدلWEAP. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد.

خوش‌روش، مجتبی، و نیکزاد طهرانی، اسماعیل (۱۳۹۷). ارزیابی سناریوهای مختلف مدیریت منابع آب دشت تالار با استفاده از مدل‌سازی آب زیرزمینی و سیستم‌های یکپارچه منابع آب. *مهندسی آبیاری و آب ایران*، ۳۳(۱)، ۸۹-۱۰۱.

دهقان، زهرا، دلبری، معصومه، و محمدرضاپور، امالبنی (۱۳۹۴). برنامه‌ریزی تخصیص منابع آب تحت سناریوهای مدیریتی در حوضه گرگان‌رود. *دانش آب و خاک*، ۲۵(۳)، ۱۱۷-۱۳۲.

سرگلزایی، علی، محمدرضاپور، امالبنین، و دهقان، زهرا (۱۳۹۶). بررسی بهره‌برداری از مخازن چاه نیمه تحت سناریوهای مدیریتی با استفاده از مدل WEAP. *پژوهش آب ایران*، ۱۱(۱)، ۲۱-۳۲.

شاه ولی کوه شوری، سحر، غضنفری مقدم، محمد صادق، و خانجانی، محمدجواد (۱۳۹۷). بهینه‌سازی مدیریت منابع آب با اعمال سناریوهای مختلف تخصیص (مطالعه موردی: حوضه آبریز دز). *علوم و مهندسی آبیاری*، ۴۱(۱)، ۴۵-۵۵. doi:10.22055/jise.2018.13452

خیراندیش، علی، موسوی، فرهاد، غفوری، حمیدرضا، و فرزین، سعید (۱۳۹۸). بهره‌برداری تلفیقی از منابع آب سطحی و زیرزمینی با استفاده از مدل شبیه‌سازی WEAP (مطالعه موردی: دشت بهبهان، استان خوزستان). *علوم آب و خاک*، ۲۳(۴)، ۱۲۵-۱۳۹. doi:10.47176/jwss.23.4.37382

کاشفی‌نژاد، پیمان، و هوشمند، عبدالرحیم (۱۳۹۹). تخصیص بهینه منابع آبی شبکه آبیاری مارون با هدف بیشینه‌سازی سود اقتصادی. *پژوهش آب ایران*، ۱۴(۱)، ۴۱-۴۹.

مکلف سربند، ابراهیم، عراقی نژاد، شهاب، عطاری، جلال، و ابراهیمی، کیومرث (۱۳۹۸). کاربرد برنامه‌ریزی سازشی و شاخص‌های فازی–مکانی در ارزیابی سناریوهای تخصیص آب (مطالعه موردی: حوضه ارس). *تحقیقات آب و خاک ایران*، ۵۰ (۵)، ۱۲۶۵–۱۲۷۸. doi:10.22059/ijswr.2018.262071.667970

## References

Aghaei, S. (2014). Integrated management of Mashhad-Chenaran plain water resources using WEAP model. M.Sc. Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. [In Persian]

Akbari, N., Niksokhan, M.H., & Ardestani, M. (2015). Optimization of water allocation using cooperative game theory case study: Zayandehrud Basi. *Journal of Environmental Studies*, 40(4), 875-889. doi:10.22059/jes.2014.53004 [In Persian]

Alfarra, A., Kemp-Benedict, E., Hötzl, H., Sader, N., & Sonneveld, B. (2012). Modeling water supply and demand for effective water management allocation in the Jordan Valley. *Journal of Agricultural Science and Applications*, 1(1), 1-7. doi:10.14511/jasa.2012.010101

Behboudian, M., Kerachian, R., Motlaghzadeh, K., & Ashrafi, S. (2021). Evaluating water resources management scenarios considering the hierarchical structure of decision-makers and ecosystem services-based criteria. *Science of The Total Environment*, 751, 141759. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.141759

Chen, C., Huang, G.H., Li, Y.P., & Zhou, Y. (2013). A robust risk analysis method for water resources allocation under uncertainty. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 27(3), 713-723. doi:10.1007/s00477-012-0634-5

Dehghan, Z., Delbari, M., & Mohammadrezapour, O. (2015). Planning water resources allocation under various managerial scenarios in gorganroud basin. *The Journal of Water and Soil Science*, 25(3), 117-132. [In Persian]

Gómez-Limón, J.A., Gutiérrez-Martín, C., & Montilla-López, N.M. (2020). Agricultural water allocation under cyclical scarcity: The role of priority water rights. *Water*, 12(6), 1835. doi:10.3390/w12061835

Hamlat, A., Errih, M., & Guidoum, A. (2013). Simulation of water resources management scenarios in western Algeria watersheds using WEAP model. *Arabian Journal of Geosciences*, 6(7), 2225-2236. doi:10.1007/s12517-012-0539-0

Hamza, A.A., & Getahun, B.A. (2022). Assessment of water resource and forecasting water demand using WEAP model in Beles river, Abbay river basin, Ethiopia. *Sustainable Water Resources Management*, 8(1), 1-14. doi:10.1007/s40899-022-00615-2

Janjua, S., & Hassan, I. (2020). Transboundary water allocation in critical scarcity conditions: a stochastic bankruptcy approach. *Journal of Water Supply: Research and Technology-AQUA*, 69(3), 224-237. doi:10.2166/aqua.2020.014

Kashefi nezhad, P., & Hooshmand, A. (2020). Optimal allocation of water resources of Maroon irrigation network to maximize net benefit. *Iranian Water Research*,14(1), 41-49. [In Persian]

Kheyrandish, A., Mousavi, S.F., Ghafouri, H.R., & Farzin, S. (2020). Conjunctive use of surface and ground water resources by weap simulation model (a case study: Behbahan Plain, Khouzestan Province). *Journal of Hydrology and Soil Science*, 23(4), 125-139. doi:10.47176/jwss.23.4.37382 [In Persian]

Khoshravesh, M., & Nikzad-Tehrani, E. (2019). Evaluation of different scenarios of water resources management in Talar plain using groundwater modeling and integrated water resources systems. *Journal of Irrigation and Water Engineering*, 9(1), 89-101. [In Persian]

Levite, H., Sally, H., & Cour, J. (2003). Testing water demand management scenarios in a water-stressed basin in South Africa: application of the WEAP model. *Physics and Chemistry of the Earth, Parts A/B/C*, 28(20-27), 779-786. doi:10.1016/j.pce.2003.08.025

Li, S., He, Y., Chen, X., & Zheng, Y. (2020). The improved bankruptcy method and its application in regional water resource allocation. *Journal of Hydro-Environment Research*, 28, 48-56. doi:10.1016/j.jher.2018.07.003

Li, X., Zhao, Y., Shi, C., Sha, J., Wang, Z.L., & Wang, Y. (2015). Application of Water Evaluation and Planning (WEAP) model for water resources management strategy estimation in coastal Binhai New Area, China. *Ocean & Coastal Management*, 106, 97-109. doi:10.1016/j.ocecoaman.2015.01.016

Lin, P., You, J., Gan, H., & Jia, L. (2020). Rule-based object-oriented water resource system simulation model for water allocation. *Water Resources Management*, 34(10), 3183-3197. doi:10.1007/s11269-020-02607-3

Loucks, D.P., & Van Beek, E. (2017). Water resource systems planning and management: An introduction to methods, models, and applications. *Springer*, 287-298. doi:10.1007/978-3-319-44234-1_4

Moghadam, S.H., Ashofteh, P., & Loáiciga, H. (2022). Optimal Water Allocation of Surface and Ground Water Resources Under Climate Change with WEAP and IWOA Modeling. *Water Resources Management*, 36, 3181-3205. doi:10.1007/s11269-022-03195-0

Mokallaf Sarband, E., Araghinejad, SH., Attari, J., & Ebrahimi, K. (2019). Application of compromise programming method and fuzzy-spatial indicators for assessment of water allocation scenarios, (Case Study; Aras Basin). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 50(5), 1265-1278. doi:10.22059/ijswr.2018.262071.667970 [In Persian]

Özerol, G., Vinke-de Kruijf, J., Brisbois, M.C., Flores, C.C., Deekshit, P., Girard, C., & Schröter, B. (2018). Comparative studies of water governance. *Ecology and Society*, 23(4).

Saedi, F., Ahmadi, A., & Abbaspour, K.C. (2021). Optimal water allocation of the Zayandeh-Roud reservoir in Iran based on inflow projection under climate change scenarios. *Journal of Water and Climate Change*, 12(5), 2068-2081. doi:10.2166/wcc.2021.219

Sargolzaii, A., Mohammadrezapour, O., & Dehghan, Z. (2018). Checking of water resource allocation using different planning in Chahnime reservoir using WEAP model. *Iranian Water Research*, 11(1), 21-32. [In Persian]

Shahvali Kohshori, S., Ghazanfari Moghadam, M.S., & Khanjani, M.J. (2018). Optimal management of water resources using application of various scenarios of water allocation (case study: Dez basin). *Journal of Irrigation Sciences and Engineering*, 41(1), 45-55. doi:10.22055/jise.2018.13452 [In Persian]

Yao, L., Xu, Z., & Chen, X. (2019). Sustainable water allocation strategies under various climate scenarios: A case study in China. *Journal of Hydrology*, 574, 529-543. doi:10.1016/j.jhydrol.2019.04.055