Water and Soil Science, Vol. 34, NO.3, Autumn 2024, pp. 39-50.

DOI: 10.22034/ws.2023.54488.2533 ISSN:2717-3755 https://water-soil.tabrizu.ac.ir/

Research Article

Evaluation of Water Resources Allocation Scenarios of Mahabad Basin under the Influence of Climate Change using WEAP Model

S Alioghli[1], MT Sattari[2*]

Received: September 2, 2023 Accepted: January 9, 2024
Revised: December 10, 2023 Published online: September 22, 2024

1-PhD student, Dept. of Water Sci. Eng., Faculty of Agric., University of Tabriz, Iran

2- Assoc. Prof., Dept. of Water Sci. Eng., Faculty of Agric., University of Tabriz, Iran

*Corresponding Author, Email: mtsattar@tabrizu.ac.ir

Abstract

Background and Objectives

Climate change has led to significant changes in hydrological processes and global access to water. Adopting appropriate water management strategies and understanding the interactions between climate change and water resources will help researchers and policy makers to mitigate the adverse effects of climate change, such as unplanned and over-exploitation of water resources. It is therefore necessary to adopt water supply and demand management policies that take into account the influence of climate change and assess the consequences of different climate scenarios. Given the importance of this issue, this study assessed different climate scenarios in the Mahabad watershed, in northwest of Iran.

Methodology

To study the impact of climate change on the supply and demand side, particularly agriculture and irrigation, models from the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) were extracted under two scenarios: RCP4.5 and RCP8.5. The extracted data were then scaled using the LARS_WG model. The IHACRES model was then used to simulate rainfall and runoff, and its outputs were used as inputs to the WEAP model. The WEAP model was used to simulate the effects of climate change on supply and demand sites under different climate scenarios.

Findings

The effects of climate change on supply and demand sites during the statistical period from 2020 to 2039 were predicted using the IHACRES rainfall-runoff model. It was found that the correlation coefficient and skewness error during the calibration period were 72% and 0.08, respectively. In the validation period, these values were 69% and 0.59, indicating an acceptable efficiency of the model in the region. Finally, the outputs of the IHACRES model were used as inputs for the WEAP model, which showed that the CMIP5 model (MIROC 8.5) had the highest amount of unestimated demand under the RCP 8.5 scenario, with a priority of one unit for drinking water and two units for agriculture. On the other hand, the CMIP5 model (GFDL4.5) showed the highest reliability under the RCP 4.5 scenario, with a volumetric reliability of 72% and a temporal reliability of 42%.

©: The Author(S)
Publisher: University of Tabriz

Conclusion

In general, the CMIP5 model (GFDL4.5) showed higher volumetric and temporal reliability compared to other scenarios and performed better in meeting the demand for agricultural and drinking water sites. Therefore, it is suggested to use this model in future research to estimate precipitation and temperature data and to perform hydrological simulations.

Keywords: Climate change, Integrated water resources management, IHACRES, Mahabad river basin, WEAP,

نشریه دانش آب و خاک / جلد ۳۴ شماره ۳ صفحه‌های ۳۹ تا ۵۰/ سال ۱۴۰۳

مقاله پژوهشی

ارزیابی سناریوهای تخصیص منابع آب حوضه مهاباد تحت تاثیرتغییر اقلیم با استفاده از مدل WEAP

سیمین علی اوغلی[۱]، محمدتقی ستاری[۲*]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۶/۱۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۰/۱۹

تاریخ ویرایش:۱۴۰۲/۰۹/۱۹ تاریخ انتشار انلاین :۱۴۰۳/۰۷/۰۱

۱-دانشجوی دکتری، گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

۲-دانشیار گروه علوم و مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: mtsattar@tabrizu.ac.ir

چکیده

تغییر اقلیم موجب تغییر در فرآیندهای هیدرولوژیکی و دسترسی به آب در سطح جهانی شده است. معرفی راهبردهای مناسب مدیریت آب و درک تعامل بین تغییر اقلیم و منابع آب، به محققان و سیاستگذاران در کاهش اثرات مضر ناشی از تغییر اقلیم همچون بهره‌برداری بی‌رویه و برنامه‌ریزی نشده از منابع آب کمک خواهد کرد. لذا اتخاذ سیاست‌های مدیریت عرضه و تقاضای آب تحت تاثیر تغییر اقلیم و ارزیابی پیامدهای وقوع سناریوهای مختلف اقلیمی ضروری است. با توجه به اهمیت موضوع در این تحقیق سناریوهای مختلف اقلیمی در حوضه آبخیز مهاباد مورد ارزیابی قرار گرفت. به‌منظور بررسی تاثیر تغییر اقلیم بر سایت‌های عرضه و تقاضا (کشاورزی و شرب)، داده‌های مدل‌های گردش عمومی جو تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 استخراج شد. سپس داده‌های مستخرج با استفاده از مدل LARS_WG ریزمقیاس نمایی گردید و در ادامه از مدل IHACRES برای شبیه‌سازی بارش- رواناب استفاده گردید و در نهایت خروجی‌های این مدل به‌عنوان ورودی به مدل WEAP معرفی شدند. سپس تاثیر تغییر اقلیم بر سایت‌های عرضه و تقاضا تحت سناریوهای مختلف اقلیمی با استفاده از مدل WEAP شبیه سازی گردید. در ادامه اثرات تغییر اقلیم در طی دوره آماری ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۹ بر سایت‌های عرضه و تقاضا با استفاده از مدل بارش- رواناب IHACRES پیش‌بینی و مشخص گردید که ضریب همبستگی و خطای اریبی به ترتیب در دوره واسنجی ۷۲ درصد، ۰/۰۸، و در دوره اعتبارسنجی ٦۹ درصد و ۰/۵۹ بود که نشان دهنده کارآیی قابل قبول مدل در منطقه است. در نهایت خروجی‌ها مدل IHACRES به‌عنوان ورودی مدل WEAP معرفی و مشخص شد که با اولویت تخصیص یک برای شرب و دو برای کشاورزی مدلCMIP5 (MIROC 8.5) تحت سناریو RCP 8.5 بیشترین میزان تقاضای برآورد نشده را دارد. از سوی دیگر، مدل CMIP5 (GFDL4.5) تحت سناریو RCP 4.5 با ۷۲ درصد قابلیت اطمینان حجمی و ٤۲ درصد قابلیت اطمینان زمانی، بالاترین قابلیت اطمینان را خواهد داشت. در مجموع، مدل CMIP5 (GFDL4.5) نسبت به سایر سناریوها قابلیت اطمینان حجمی و زمانی بالاتری دارد و در تامین تقاضای سایت‌های کشاورزی و شرب عملکرد بهتری دارد. لذا پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی از این مدل جهت برآورد داده‌های بارش و دما و شبیه‌سازی هیدرولوژیکی استفاده گردد.

واژه‌های کلیدی: تغییر اقلیم، حوضه آبخیز مهاباد، مدل IHACRES ،مدیریت یکپارچه منابع آب، مدل WEAP.

مقدمه

تغییر اقلیم یکی از چالش‌های بزرگ جهانی است که با تاثیرگذاری بر چرخه هیدرولوژیکی باعث افزایش یا کاهش جریان آب رودخانه شده و به تبع آن بر میزان آب قابل دسترس بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت تاثیر می‌گذارد (عسگر و همکاران، ۲۰۱۹). تاکنون نرم‌افزارها و مدل‌های متعددی نیز جهت برآورد تاثیرات تغییر اقلیم و مدیریت یکپارچه منابع آب در سطح حوضه آبخیز توسعه یافته است که از آن جمله می‌توان به سیستم برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب (WEAP[1]) اشاره کرد.

با استفاده از مدل WEAP می‌توان به بررسی، مدیریت و تخصیص سیاست‌های مختلف بهره‌برداری بهینه از منابع آب تحت تاثیر سناریوهای مختلف مدیریتی از جمله بررسی تاثیر پدیده تغییر اقلیم بر میزان آب تخصیصی به سایت‌های مختلف عرضه و تقاضا در یک حوضه آبخیز پرداخت (کشیوا و همکاران، ۲۰۱۸). مطالعات متعددی به منظور بررسی عملکرد WEAP در تخصیص منابع آب بین نیازهای مختلف در داخل و خارج از کشور صورت گرفته است که از آن جمله می‌توان به تحقیق (دلامینی و همکاران ۲۰۲۳) اشاره کرد. آن‌ها در تحقیق خود به ارزیابی اثر تغییر اقلیم بر دسترسی به آب‌های سطحی با استفاده از مدل WEAP در حوضه آبریز رودخانه بوفالو در آفریقای جنوبی پرداختند. نتایج آنها نشان داد که رواناب سطحی تحت تاثیر تغییر اقلیم در خروجی حوضه افزایش خواهد یافت، لذا ضروری است ظرفیت ذخیره آب سطحی در حوضه افزایش یابد. تحقیق دیگری توسط رزی گارسیا و همکاران (۲۰۲۳) به منظور بررسی تعادل هیدرولوژیکی حوضه‌های کوچک تحت تاثیر تغییر اقلیم در مکزیک صورت گرفت. نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که به دلیل افزایش دما و افزایش تبخیر- تعرق، رواناب خروجی از حوضه کاهش قابل توجه خواهد داشت که نتیجه این امر نیز کاهش دسترسی به آب و به خطر افتادن محیط زیست منطقه تحت تاثیر تغییر اقلیم است. کاراهان و اریک (۲۰۲۳) وضعیت تقاضای آب در منطقه نیمه خشک ترکیه و حوضه تهتالی- سفیرحصار[2] را با استفاده از مدل WEAP مدلسازی کردند و به این نتیجه رسیدند که در آینده حوضه مورد مطالعه با کسری تامین منابع آب مواجه خواهد شد.

در ایران نیز می‌توان به تحقیق صالح‌پور و همکاران (۲۰۱۸) اشاره کرد که از ترکیب مدل‌های SWAT و WEAP جهت تخصیص منابع آب حوضه آبخیز حبله‌رود استفاده کردند و به این نتیجه رسیدند که به‌کارگیری همزمان راهبردهای مختلف مدیریت مصرف آب از جمله افزایش راندمان آبیاری، کاهش سرانه مصرف و تغییر الگوی کشت بهتر از حالت استفاده منفرد از هر کدام از سناریوهاست.

فیضی و آقاجانی (۲۰۲۰) به بررسی تخصیص و مدیریت منابع آب حوضه آبخیز سد یامچی با استفاده از مدل WEAP پرداختند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از آن بود که با اعمال سناریوی ترکیبی تغییر الگوی کشت و افزایش بازده آبیاری به میزان ٦٥ درصد می‌توان به اطمینان پذیری ۱۰۰ درصدی تامین نیاز شرب و کشاورزی دست یافت. تارک و همکاران (۲۰۱۷) به بررسی پیامدهای احتمالی تغییر اقلیم در تامین نیازهای اقتصادی و اجتماعی با استفاده از مدل WEAP پرداختند. ایشان در تحقیق خود با درنظرگرفتن اثرات تغییر اقلیم بر منابع آبی حوضه الکبیر واقع در شمال شرقی الجزایر به این نتیجه رسیدند که تا سال ۲۰۵۰ تقاضای آبی حوضه بیشتراز ۱۳٦ میلیون مترمکعب خواهد شد این در حالی است که میزان عرضه آب از ۷۰ میلیون مترمکعب به ٦٦ میلیون مترمکعب کاهش خواهد یافت لذا منطقه دچار تنش آبی خواهد شد.

شفیئیان فرد و همکاران (۲۰۱٤) به منظور تعیین گزینه برتر بهره‌برداری از منابع آب حوضه زرینگل از مدل

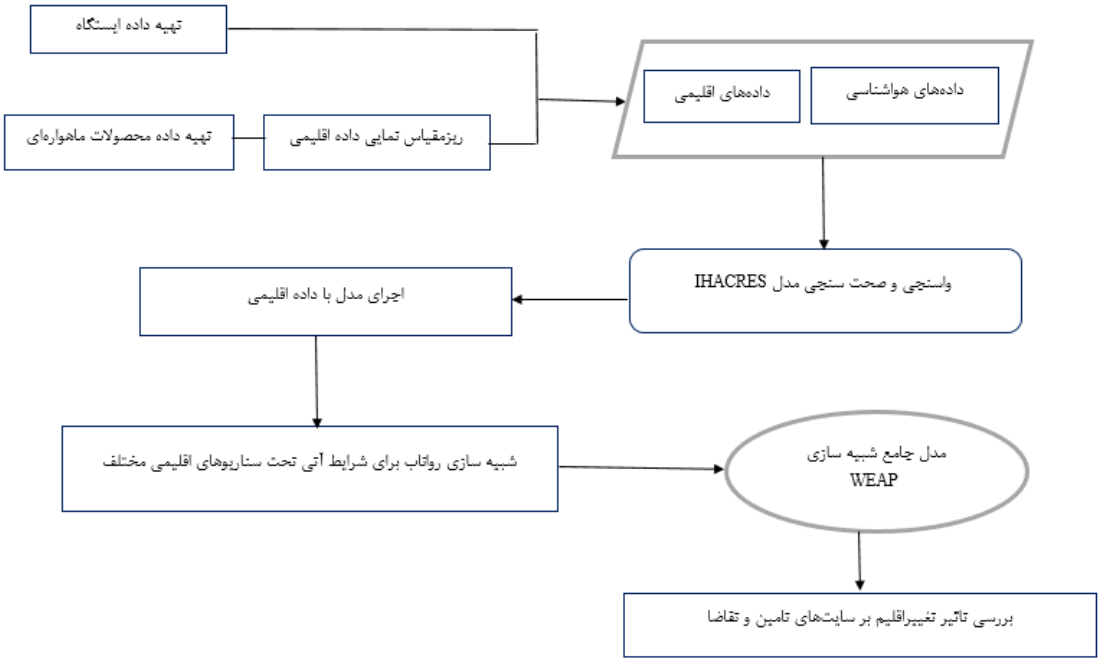
[1] Water Evaluation And Planning System

[2] Tahtali–Seferihisar Basin

WEAP و تصمیم‌گیری چندشاخصه استفاده کردند. آن‌ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که گزینه برتر در بهره‌برداری از منابع آب، توسعه بیشتر کشت تابستانه در حوضه است. پورمحمد و همکاران (۲۰۱۱) اثر لایروبی آب‌بندان‌ها بر تغییرات تخصیص آب در حوضه سد البرز را با استفاده از مدل WEAP بررسی کردند. نتایج تحقیق آن‌ها حاکی از این بود که لایروبی و بهسازی آب‌بندان‌ها باعث کاهش کمبود ذخیره آب در مخزن سد می‌شود. کرمانشاهی و همکاران (۲۰۱۲) به ارزیابی تاثیر مدیریت مصرف آب آبیاری بر منابع آب دشت نیشابور با استفاده از مدل WEAP پرداختند. آن‌ها در تحقیق خود به این نتیجه رسیدند که با اعمال سناریوهای تغییر الگوی کشت، کاهش سطح زیر کشت و ترکیب این دو راهکار می‌تواند نقش بسزایی را در کاهش تقاضای آب کشاورزی از منابع آب منطقه داشته باشد. با توجه به اینکه حوضه مهاباد یکی از مهمترین زیرحوضه‌های دریاچه ارومیه بوده و نقش قابل توجهی در تامین آب محصولات کشاورزی و شرب منطقه داراست، لذا در تحقیق حاضر به بررسی اثر تغییر اقلیم بر میزان تامین ومیزان کمبود آب بخش‌های شرب و کشاورزی با دو مدل GFDL و MIROC و تحت سناریوهای مدیریتی RCP 8.5 و RCP 4.5 در حوضه آبریز مهاباد پرداخته شد.

مواد و روش‌ها

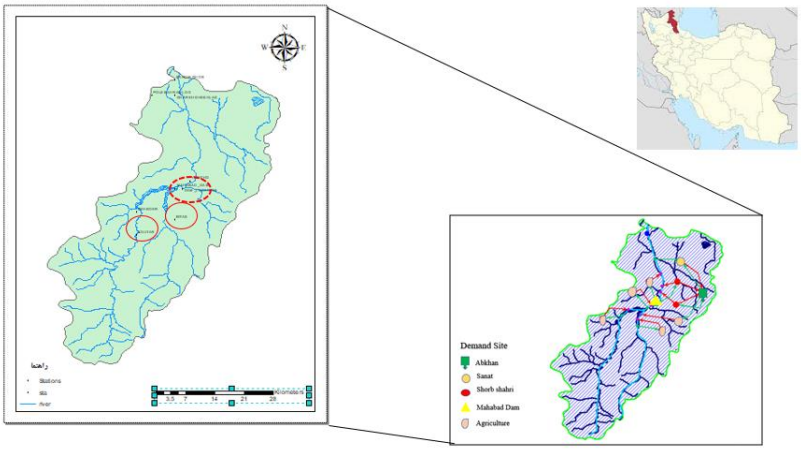
تحقیق حاضر در سه بخش اصلی شامل ریزمقیاس نمایی دادهای اقلیمی دوره آتی، شبیه‌سازی بارش-رواناب با مدل IHACRES و در نهایت اعمال ناریوهای مدیریتی صورت گرفته است در این تحقیق از آمار ایستگاه سینوپتیک بیطاس و کوتر در طی دوره آماری ۲۰۰٤-۲۰۱۹ و در مقیاس ماهانه استفاده شد. مراحل کار تحقیق فوق در شکل ۱ ارائه شده است. در ابتدا با استفاده از مدل LARS-WG داده‌های بارش و دما دو سناریو اقلیمی RCP4.5 و RCP8.5 تحت دو مدلMIROC و GFDL، ریزمقیاس نماییریزمقیاس شد. داده‌های ریز مقیاس شده به عنوان ورودی مدل بارش- رواناب IHACRES معرفی گردید. سپس خروجی‌های این مدل تحت تاثیر تغییر اقلیم به مدل WEAP وارد گردیده و سناریوهای مختلف مدیریتی اعمال شد.



شکل ۱ -رویکرد مورد استفاده در تحقیق حاضر

منطقه مورد مطالعه

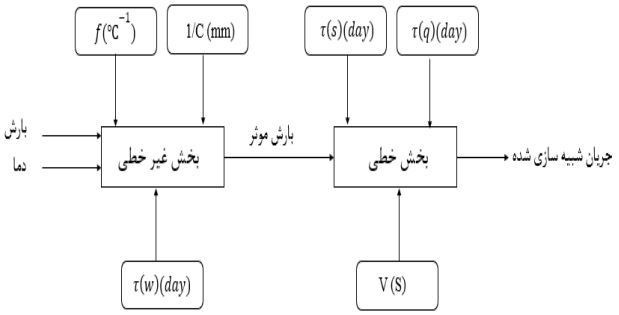
حوضه مهاباد در جنوب دریاچه ارومیه واقع شده و سهم سه درصدی در تامین آب دریاچه ارومیه دارد. این حوضه بین طول‌های شرقی ٤٥ درجه و ٣٥ دقیقه تا ٤٥ درجه و ٤٦ دقیقه و عرض‌های شمالی ٣٦ درجه و ٢٦ دقیقه تا ٣٦ درجه و ٤٦ دقیقه واقع شده است. رودخانه مهاباد از دو شاخه اصلی کوتر و بیطاس تشکیل شده است. شاخه‌های اصلی آن از کوه‌های مام سوار و کانی رش که در ٤٥ کیلومتری جنوب غربی مهاباد واقع شده‌اند، سرچشمه گرفته و به موازات هم و در جهت شمال جریان می‌یابند و وارد دریاچه سد مهاباد گردیده و رودخانه مهاباد را تشکیل می‌دهند. از جمله اهداف سد مهاباد می‌توان به کنترل سیلاب‌ها، تامین نیاز آبی کشاورزی سنتی و شبکه‌های آبیاری اشاره کرد. سطح مخزن سد مهاباد حدود ۱۰/۲ کیلومترمربع در تراز سرریز ۱۳۵۷/٤ متر می‌باشد. میانگین درازمدت دمای سالانه، تبخیر از سطح آزاد، تبخیر از تشت و بارش سالانه به ترتیب ۱۰/۹۵درجه سانتی‌گراد، ۱٤٤۳میلی‌متر، ۱۷۲۱میلی‌متر و ۳۷٤میلی‌متر است. موقعیت حوضه آبریز مهاباد و سد مهاباد در شکل ۲ نشان داده شده است.



شکل ۲ -موقعیت سد مهاباد و سایت‌های تامین و تقاضا مستخرج از مدل WEAP.

شبیه‌سازی بارش- رواناب

مقادیر بارش، دما و تبخیر مستقیما تحت تاثیر تغییر اقلیم قرار می‌گیرند و به تبع آن، تغییر در هر کدام از متغیرهای فوق، بر میزان رواناب و حجم آب در دسترس در حوضه تاثیرگذار خواهد بود. لذا به منظور بررسی میزان تغییرات مقادیر متغییرهای هواشناسی در اثر تغییر اقلیم در طی دوره زمانی آینده و همچنین ارزیابی تاثیرات آن بر میزان آب در دسترس در حوضه آبریز توجه به شبیه‌سازی بارش- رواناب اهمیت ویژه‌ای دارد. بدین جهت برای شبیه‌سازی بارش- رواناب حوضه مدل IHACRES مورد استفاده قرار گرفت. این مدل شامل دو بخش به هم پیوسته خطی و غیرخطی است که جهت تبدیل بارش موثر به رواناب و محاسبات تلفات استفاده شده است. بخش غیرخطی دربردارنده تبدیل بارش به بارش موثر است. بارش موثر از حاصلضرب بارش کل در شاخص رطوبت‌خاک حوضه در هر دوره زمانی به دست می‌آید. در ادامه یک تابع تبدیل خطی یا همان هیدروگراف واحد بارش موثر را به جریان تبدیل می‌کند. روند شبیه‌سازی بارش- رواناب در مدل IHACRES در مقیاس زمانی ماهانه شکل ۳ ارائه شده است. مولفه‌های شامل در این روند عبارتند از 1/C (mm): ظرفیت ذخیره رطوبت حوضه آبخیز، f: فاکتور تعدیل حرارت حوضه، V(s): حجمی از رواناب که در جریان رودخانه مشارکت می‌کند و $\tau(w)$ ثابت زمان خشکیدگی حوضه آبریز.



شکل ۳- روند شبیه سازی بارش- رواناب با مدل IHACRES..

ریزمقیاس نمایی

خروجی مدل‌های گردش کلی جو معمولا بزرگ مقیاس هستند، لذا جهت استفاده از این مدل‌ها باید داده‌های بزرگ مقیاس را به داده‌های منطقه‌ای تبدیل کرد. بدین منظور در تحقیق حاضر از مدل LARS-WG استفاده شد. این مدل شامل مرحله واسنجی، ارزیابی و شبیه‌سازی داده‌های هواشناسی در دوره‌های زمانی آینده می‌باشد.

ارزیابی مدل

به منظور بررسی کارایی مدل ریزمقیاس نمایی در تولید داده‌های سری زمانی آینده از معیارهای ضریب همبستگی(R)، ریشه دوم میانگین مربعات خطا (RMSE) و میانگین مطلق خطا (MAE) با استفاده از روابط ۱، ۲ و ۳ استفاده شد. در این فرمول‌ها، X_{obs} مقادیر مشاهداتی، X_{sim} مقادیر شبیه‌سازی شده و n تعداد کل مشاهدات است. همچنین به منظور ارزیابی میزان تخصیص اب تحت سناریوهای مختلف از شاخص‌های اعتمادپذیری حجمی و زمانی استفاده شد (فرمول ٤ و ٥). در این فرمول‌ها NDe_f تعداد کل شکست‌های رخ داده در طول دوره بهره‌برداری، De_t مقدار نیاز در دوره‌ی t، Re_t مقدار خروجی دوره‌ی t، $\propto_t$ اعتمادپذیری زمانی سیستم، a_v اعتمادپذیری حجمی و α درصد تامین نیاز است.

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{obs} - X_{sim})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(X_{sim} - X_{obs})\text{^}2}} \quad [۱]$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^{n}|X_{obs} - X_{sim}|}{n} \quad [۲]$$

$$\mathrm{RMSE} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n}(X_{obs} - X_{sim})^2}{n}} \quad [۳]$$

$$\propto_t = \left(1 - \frac{NDe_f}{T}\right) \times 100. NDe_f = number\ (\alpha \times De_t > Re_t) \quad [4]$$

$$a_v = \frac{Re_t}{De_t} \times 100 \quad [۵]$$

نتایج و بحث

ارزیابی کارایی مدل ریزمقیاس نماییریزمقیاس نمایی LARS-WGبه منظور تولید داده‌های دما و بارش به منظور بررسی کارایی مدل جهت تولید داده‌های بارش و دما در مقیاس زمانی روزانه برای دوره‌های زمانی آینده (۲۰۳۹-۲۰۲۰) از مدل ریزمقیاس نمایی LARS-WG استفاده شد. بدین منظور از دو مدل GFDL-ESM2M و MIROC-ESM در دو سناریو اقلیمی RCP4.5 و RCP8.5 استفاده شد و دوره پایه این مدل‌ها (۲۰۱۹-۲۰۰٤) با دوره پایه داده‌های مشاهداتی مورد مقایسه قرار گرفت. مقادیر معیارهای آماری ارزیابی کارایی مدل برای بارش و دما تحت دو سناریو اقلیمی با دو مدل در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- ارزیابی کارایی مدل‌های مورد استفاده با داده‌های ایستگاه مشاهداتی.

(مـدل)	RMSE (ریشه دوم میانگین مربعات خطا)		MAE (میانگین مطلق خطا)		R^2 (ضریب تبیین)	
	بارش (میلی متر)	دما (درجه سلسیوس)	بارش (میلی متر)	دما (درجه سلسیوس)	بارش	دما
GFDL-ESM2M RCP.4.5	0.108	0.987	0.027	0.718	0.69	0.68
MIROC-ESM RCP.4.5	0.125	0.855	0.017	0.592	0.58	0.57
GFDL-ESM2M **RCP8.5**	0.111	1.019	0.037	0.630	0.61	0.67
MIROC-ESM RCP 8.5	0.158	1.091	0.042	0.768	0.51	0.54

نتایج جدول ۱ نشان می‌دهد که مدل‌ها در برآورد متغیرهای هواشناسی در دوره تاریخی کارایی لازم را تحت دو سناریو RCP4.5 و RCP8.5 دارند.

ارزیابی کارایی مدل IHACRES جهت شبیه‌سازی بارش- رواناب

به منظور بررسی کارایی مدل IHACRES از دو معیار ضریب همبستگی (R) و خطای اریبی (Bias) در دوره‌های واسنجی و اعتبارسنجی استفاده شد. در مطالعه حاضر و در طی دوره آماری ۲۰۱۹-۲۰۰٤ در حدود ۸۰ درصد از داده‌ها (دوره آماری ۲۰۰۱٦-۲۰۰٤) در مقیاس ماهانه به عنوان دوره واسنجی و در حدود ۲۰ درصد از داده‌ها (دوره آماری ۲۰۱۷-۲۰۱۹) به عنوان دوره اعتبارسنجی در نظر گرفته شد. نتایج حاکی از آن بود که در دوره واسنجی ضریب همبستگی و خطای اریبی به ترتیب ۷۲ درصد و ۰/۰۸ و در دوره صحت سنجی به ترتیب برابر با ٦۹ درصد و ۰/۵۹ برآورد شده است. با استفاده از نتایج به دست آمده می‌توان چنین نتیجه گرفت که مدل عملکرد قابل قبولی را در منطقه از خود نشان داده است.

نتایج مدل WEAP

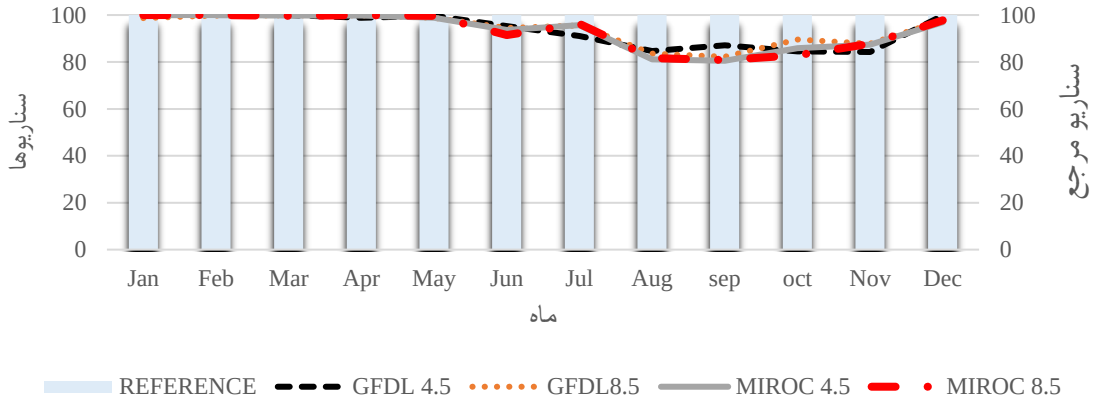
به منظور مدل‌سازی سایت تقاضا (شرب و کشاورزی) و تامین آب (رودخانه مهاباد) با توجه به شرایط تغییر اقلیم و افزایش جمعیت از مدل WEAP که با استفاده از معادله‌های بیلان آب به شبیه‌سازی و بهینه‌سازی اولویت‌های تخصیص می‌پردازد، استفاده شد. همچنین تغییرات آینده سایت‌های عرضه و تقاضا در سطح حوضه آبریز با کمک سناریو مرجع (سناریو پایه) و سناریوهای تغییر اقلیم مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش سال پایه به دلیل در دسترس بودن داده‌ها جهت مدلسازی سال ۲۰۰٤ و سال نهایی برای مدلسازی ۲۰۳۹ در نظر گرفته شد.

تعریف سناریوهای اقلیمی

جهت بررسی وضعیت منابع و مصارف در حوضه مورد مطالعه تحت سناریوهای تغییر اقلیم و نشان دادن وضعیت آینده آب در منطقه، سناریوهای مختلفی تعریف شد. سناریوهای تغییر اقلیم تحت دو مدل و ترکیب سناریو تغییر اقلیم با نرخ رشد جمعیت در حوضه آبریز مورد مطالعه به منظور واکاوی تغییرات منابع و تامین نیازها در تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار گرفت. یعنی در ابتدا تاثیر صرف تغییر اقلیم با در نظرگیری نرخ رشد جمعیت مورد مدلسازی قرار گرفت و درصد تامین و کمبود آب جهت شرب شهری مورد بررسی قرار گرفت در ادامه تاثیر تغییر اقلیم و رشد جمعیت با در نظرگیری عدم توسعه بخش کشاورزی مدلسازی شد. در نهایت نیز با توجه به عملکرد سناریوها شاخص‌های اعتمادپذیری حجمی، اعتمادپذیری زمانی، مقدار کل نیاز تامین نشده برای هر سناریو محاسبه شد.

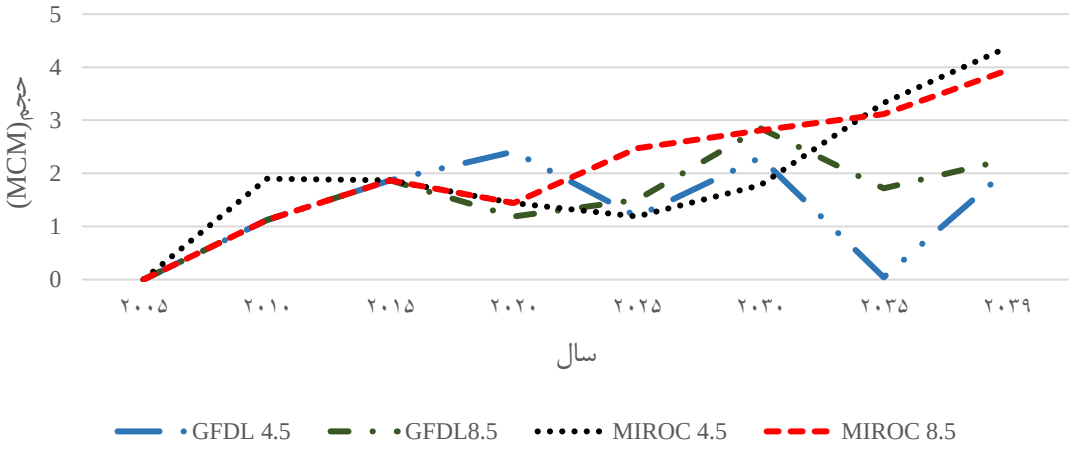
تاثیر تغییر اقلیم بر بخش شرب

استفاده از منابع آب جهت شرب ارتباط مستقیمی با نرخ جمعیت شهری و روستایی دارد. در تحقیق حاضر میزان مصرف آب در بخش شهری با اولویت تامین یک لحاظ شد. از طرفی با توجه به هدف تحقیق حاضر اثرات تغییر اقلیم بر بخش شرب با در نظر داشتن میزان مصرف ثابت جمعیت شهری و روستایی تحت دو سناریو انتشار و با دو مدل مورد بررسی قرار گرفت. مشخص شد که کمترین درصد پوشش مربوط به مدل MIROC و تحت سناریو RCP8.5 با مقدار ۸۰/۵۱ درصد سطح پوشش در ماه سپتامبر است. نمودار سطح پوشش نیاز شرب در شکل ٤ نشان داده شده است. در مدل‌های MIROC 4.5، GFDL 4.5 و GFDL 8.5 به ترتیب در ماه‌های آگوست به میزان ۸۱/٦۳، نوامبر به میزان ۸٤/۲۵ و سپتامبر به میزان ۸۲/۲۲ درصد از نیاز آب شرب برآورد شده است.



شکل ۴ -درصد تامین نیاز آب شرب تحت سناریوهای مختلف اقلیمی در دوره زمانی مشاهداتی ۲۰۱۹-۲۰۰۴ و سناریوهای اقلیمی دوره آتی ۲۰۳۹- ۲۰۲۰.

.

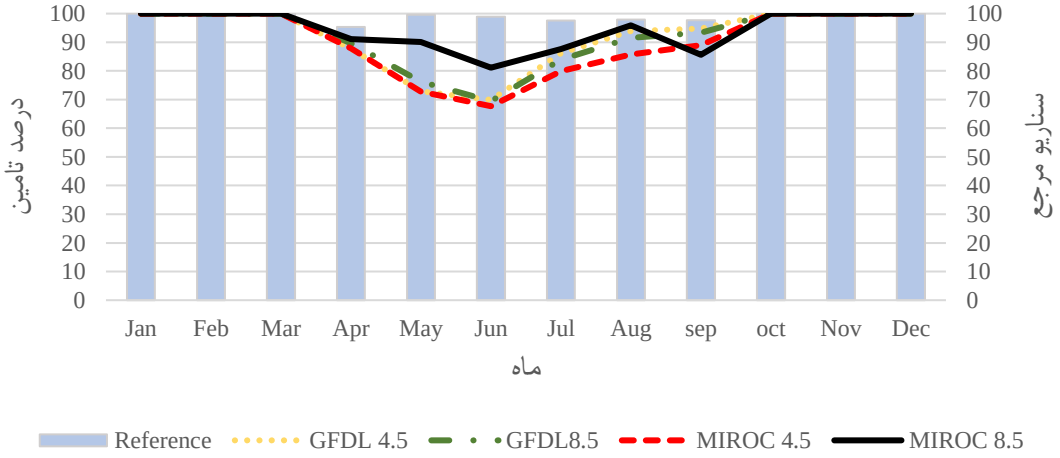


شکل ۵ -کمبود آب شرب تحت تاثیر تغییر اقلیم در سناریوهای مختلف اقلیمی

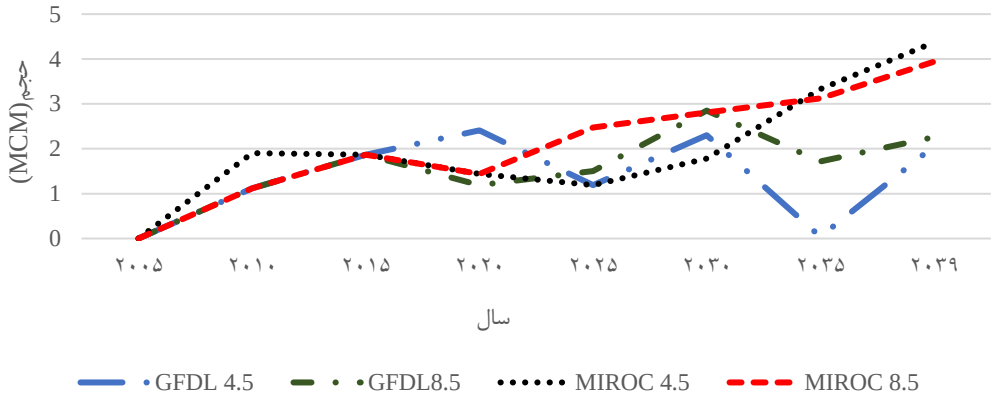
همان طور که از شکل ٥ استباط می‌گردد، بیشترین میزان کمبود آب شرب برابر با ٤/٣٧ میلیون مترمکعب تحت سناریو MIROC 8.5 مربوط به سال ۲۰۳۹ می باشد. با توجه به میزان کمبود آب در بخش شرب لزوم کاهش سرانه مصرف آب شرب در بهبود وضعیت منابع تامین آب و مدیریت کمی آن امری ضروری بنظر می‌رسد.

تاثیر تغییر اقلیم بر بخش کشاورزی

کشاورزی تاثیر به سزایی بر امنیت غذایی و اشتغال در حوضه آبریز دریاچه ارومیه و دشت مهاباد دارد. الگوی کشت غالب زراعی و باغی منطقه شامل گندم، جو، ذرت، یونجه، چغندر قند و سیب است که عملکرد این محصولات (بر حسب متوسط سالانه تن در هکتار) متناسب با سطح تامین آبیاری در سال‌های آبی مختلف برآورد می‌شود. با این حال میزان آب قابل دسترس برای کشاورزی تحت تاثیر عوامل مختلفی از جمله تغییر اقلیم نیز قرار می‌گیرد. در حوضه آبریز مورد مطالعه میانگین ماهانه تامین نیاز آب کشاورزی برای دوره ۲۰۲۰ تا ۲۰۳۹ بر حسب درصد تامین آب تحت سناریوهای مختلف اقلیمی نسبت به سناریو مرجع در شکل ٦ نشان داده شده است.



شکل ۶- میانگین درصد تامین نیاز آب کشاورزی در ماه‌های مختلف سال.



شکل ۷ – کمبود بخش کشاورزی در اثر تغییر اقلیم در سناریوهای مختلف اقلیمی

همان طور که از شکل ٦ مشخص است کمترین درصد تامین نیاز آب کشاورزی مربوط به RCP8.5 و مدل MIROC به میزان ٦٧/٦٩ درصد در ماه ژوئن می‌باشد. از نظر کمبود آب بخش کشاورزی تحت تاثیر سناریوهای مختلف اقلیمی نیز می‌توان چنین بیان کرد که بیشترین میزان کمبود آب کشاورزی به میزان ٣٤/٧ میلیون مترمکعب در مدل MIROC و تحت سناریو RCP8.5 برآورد شده است که این مقدار مربوط به سال ۲۰۳۹ می‌باشد. لذا با توجه به میزان کمبود آب در بخش کشاورزی لزوم اعمال سیاست‌های مدیریتی جهت توسعه پایدار امری مهم تلقی می‌شود.

شاخص‌های ارزیابی سناریوها

سه شاخص اعتمادپذیری حجمی، اعتمادپذیری زمانی و نیاز تامین نشده برای هر کدام از سناریوهای مختلف اقلیمی تحت تاثیر تغییر اقلیم در جدول ۲ ارائه شده است. منظور ازاعتمادپذیری زمانی برابر با تعداد ماه‌هایی که نیاز تامین می‌شود بر کل ماه‌های نیازهاو اعتمادپذیری حجمی برابر با تامین کل دوره بر نیاز کل دوره است. مطابق با جدول ۲ بیشترین نیاز تامین نشده سایت‌های تامین و تقاضا به مدل MIROC تحت سناریو RCP 4.5 اختصاص دارد.

جدول ۲ -مقادیر شاخص های ارزیابی میزان تخصیص آب تحت سناریوهای اقلیمی.

سناریوهای مورد بررسی	اعتمادپذیری زمانی (%)	اعتمادپذیری حجمی (%)	نیاز تامین نشده (میلیون متر مکعب)
GFDL 4.5	0.45	0.72	80.39
MIROC 8.5	0.42	0.64	121.4
GFDL 8.5	0.44	0.70	97.27
MIROC 4.5	0.35	0.59	101.01

نتیجه‌گیری کلی

با بررسی نتایج حاصل مهم‌ترین یافته‌های مطالعه را می‌توان چنین به شرح زیر بیان نمود . با توجه به رخ داد تغییر اقلیم، بارش نسبت به دوره مشاهداتی به میزان ٤/٨ درصد در مدل MIROC و تحت سناریو RCP8.5 کاهش خواهد یافت. در صورت عدم توسعه کشاورزی در منطقه می‌توان به این نتیجه رسید که کمترین درصد تامین نیاز آب کشاورزی مربوط به سناریو RCP8.5 و مدل MIROC به میزان ٦٧/٦٩ درصد در ماه ژوئن خواهد بود. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین میزان کمبود آب شرب برابر با ٤/٣٧ میلیون مترمکعب در مدل MIROC و تحت سناریو RCP8.5 در سال ۲۰۳۹ رخ خواهد داد.

منابع مورد استفاده

Asghar A, Iqbal J, Amin A and Ribbe L, 2019. Integrated hydrological modeling for assessment of water demand and supply under socio-economic and IPCC climate change scenarios using WEAP in Central Indus Basin. Journal of Water Supply: Research and Technology-Aqua 68(2): 136-148.

Dlamini N, Senzanje A and Mabhaudhi T, 2023. Assessing climate change impacts on surface water availability using the WEAP model: A case study of the Buffalo river catchment, South Africa. Journal of Hydrology: Regional Studies 46: 101330.

Feizi A and Aghajani Jomayran R, 2021. Allocation and management of water resources in the Yamchi Dam Basin with scenario analysis approach using WEAP model. Journal of Environmental Science and Technology 23(9): 89-107. (In Persian with English abstract)

Karahan SM and Elçi S, 2023. Assessment of future water demand in a semiarid region of Turkey: a case study of Tahtali–Seferihisar Basin. Sustainable Water Resources Management 9(2): 44.

Kishiwa P, Nobert J, Kongo V and Ndomba P, 2018. Assessment of impacts of climate change on surface water availability using coupled SWAT and WEAP models: case of upper Pangani River Basin, Tanzania. Proceedings of the International Association of Hydrological Sciences 378: 23-27.

Kermanshahi S, Davari K, Hashminiya SM, Faridhosseini A and Ansari H, 2012. Application of WEAP model in evaluating the impact of irrigation water consumption management on water resources of Neishabur plain. Water and Soil 27(3): 495-505 (In Persian with English abstract)

Pourmohamed Y, Shahnazari A, Emadi A, Ziatobar A and Khaleq M, 2005.The effect of dam dredging on water allocation changes in the Alborz dam basin using the WEAP model. Research on Watershed Management 2 (4): 44-56 (In Persian with English abstract)

Ruiz-García VH, Asensio-Grima C, Ramírez-García AG and Monterroso-Rivas AI, 2023. The hydrological balance in micro-watersheds is affected by climate change and land use changes. Applied Sciences 13(4): 2503.

Salehpoor J, Ashrafzadeh A and Moussavi SA, 2018. Water resources allocation management in the Hablehroud Basin using a combination of the SWAT and WEAP models. Iran-Water Resources Research 14(3): 239-253 (In Persian with English abstract)

Shafaianfard D, Kohian Afzal F and Yehkashi MI, 2008. Determining the best options for exploiting water resources using the WEAP model and multi-indicator decision analysis (Case study: Zeringal area). Research on Watershed Management 5 (9): 29-45 (In Persian with English abstract)

Tarek D, Azzedine H, Mouldi S, Salam B and Samia H, 2017. Water resources and their management under impact of climate change and users pressures in Kebir-West River basin (North-Eastern Algeria), using the WEAP model. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences 10(4): 19-26.