مقاله پژوهشی

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و سوم، شماره نه، آذرماه ۱۴۰۰(۱۰۷-۸۹)

تخصیص و مدیریت منابع آب حوضه آبریز سد یامچی با رویکرد تحلیل سناریوها با استفاده از مدل WEAP

اتابک فیضی [1*]

a_feizi@uma.ac.ir

رضا آقاجانی جمایران [2]

تاریخ دریافت: ۹۹/۵/۱ **تاریخ پذیرش: ۹۹/۶/۱۶**

چکیده

زمینه و هدف: به دلیل محدود بودن منابع آب از یک طرف و همچنین افزایش روزافزون نیازهای آبی از طرف دیگر، قابلیت‌های تخصیص منابع آب به شیوه سنتی کاهش یافته و استفاده از راهکارهای نوین تخصیص و مدیریت منابع آب در انتخاب طرح‌ها و همچنین کمک به تصمیم‌گیری صحیح در تخصیص و مدیریت منابع آب، بیش از هر زمان دیگری اهمیت پیدا کرده است. هدف اصلی تحقیق حاضر، مدیریت و برنامه‌ریزی جامع در راستای استفاده بهینه از منابع آب موجود شبکه سد یامچی واقع در استان اردبیل و تأمین تقاضا در بخش‌های شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست با در نظر گرفتن رشد نیاز آنها در آینده می‌باشد.

روش بررسی: به همین منظور ابتدا سد یامچی و مناطق پایین‌دست آن در محیط مدل WEAP شبیه سازی شده و مدل برای شرایط حال حاضر و ده سناریوی مختلف طرح‌های توسعه در آینده اجرا گردیده است. سناریوهای پیشنهاد شده شامل بررسی تاثیر تخصیص نیاز صنعت، افزایش راندمان آبیاری، حذف منبع آب زیرزمینی، تغییر الگوی کشت، کشت تک محصوله و سناریوهای ترکیبی بوده است. ورودی‌های در نظر گرفته شده شامل اطلاعات سد و مخزن یامچی، منبع آب زیرزمینی و همچنین پارامترهای لازم جهت محاسبه گره‌های نیاز شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست در بازه زمانی ۱۳۸۷ تا ۱۳۹۷ بوده است.

یافته‌ها: نتایج به‌دست آمده نشان داد که از بین سناریوهای پیشنهادی برای منطقه مورد مطالعه، سناریوی تغییر همزمان الگوی کشت و افزایش بازدهی آبیاری ۶۵ درصد مناسب‌ترین گزینه از بین سناریوهای مورد بررسی در منطقه مورد مطالعه بوده و اطمینان‌پذیری زمانی و حجمی نیازهای شرب و کشاورزی را به صورت ۱۰۰ درصد برآورد کرده و باعث کاهش ۴۴ درصدی نیازهای شرایط کنونی شده است.

بحث و نتیجه‌گیری: شایان ذکر است درصورتی‌که منبع آب زیرزمینی به هر دلیلی حذف شود، هیچ کدام از راهکارهای تغییر الگوی کشت و افزایش راندمان و غیره نمی‌تواند کمبود ایجاد شده را تامین کند و باید به دنبال تصفیه پساب‌های شهری، کشاورزی و صنعتی و

۱- دانشیار گروه مهندسی عمران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، اردبیل، ایران. *(مسوول مکاتبات)

۲- کارشناسی ارشد مهندسی عمران-گرایش مدیریت ساخت، دانشکده فنی مهندسی، گروه مهندسی عمران، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز، تبریز، ایران.

استفاده مجدد از آنها بود. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد، تصفیه فاضلاب شهری و استفاده مجدد از آن می‌تواند در حـدود ۶۰ درصـد از کمبود حاصل از حذف منبع آب زیرزمینی را تامین کند.

واژه‌های کلیدی: تخصیص و مدیریت منابع آب، آب زیرزمینی، تغییر الگوی کشت، نرم‌افزار WEAP.

J. Env. Sci. Tech., Vol 23, No. 9, December, 2021

Allocation and Management of Water Resources in the Yamchi Dam Basin with Scenario Analysis Approach Using WEAP Model

Atabak Feizi [1]*
a_feizi@uma.ac.ir
Reza Aghajani Jomayran[2]

Admission Date: June 14, 2020 Date Received: October 7, 2019

Abstract

Background and Objective: Due to limited water resources and increasing water needs, the potentials of water resource allocation using the traditional methods are decreased and the use of new allocation strategies and managing water resources in choosing projects and making correct decisions in allocating and managing water resources is more important than ever. The main purpose of the present study is comprehensive management and planning in order to use the existing water resources of Yamchi dam network located in Ardabil province and meet the demand in the drinking, agriculture, industry and environment sectors, taking into account their future needs.

Accordingly, Yamchi dam and its downstream areas are simulated in the WEAP model environment and the model is implemented for current conditions and future development projects in ten different scenarios. The proposed scenarios included examining the impact of allocation, industry needs, increasing irrigation efficiency, removing groundwater resources, changing cropping patterns, single cropping, and combined scenarios. The entries included information on the Yamchi dam and reservoir, groundwater resources, and the parameters needed to calculate the nodes for drinking, agricultural, industrial and environmental needs in the period 2008 to 2018.

Findings: The results showed that among the proposed scenarios for the areas under study, the scenario of simultaneous change of cropping pattern and 65% increase in irrigation efficiency is the most suitable option among the studied scenarios, which meets time and volume reliability of drinking and agricultural needs by 100% and will reduce the needs of the current situation by 44%.

Discussion and Conclusion: It is worth noting that if the groundwater source is eliminated for any reason, none of the solutions of changing the cropping pattern, increasing efficiency, etc. can fulfill the shortage and it is necessary to treat urban, agricultural and industrial wastewaters and reuse one of them. The results show that urban wastewater treatment and reuse can provide about 60 percent of the shortage of groundwater resources.

Keywords: Water Resources Allocation and Management, Groundwater, Cropping Pattern Change, WEAP Software.

1- Associate Professor, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran . *(*Corresponding Author*)
2- M.Sc. of Civil Engineering- Construction Management, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

مقدمه

رشد فزآینده جمعیت در سال‌های گذشته باعث افزایش نیازهای آب در بخش‌های مختلف شرب، صنعت و کشاورزی شده و دیگر راهکارهای تخصیص سنتی منابع آب پاسخگوی این حجم از عرضه و تقاضا نمی‌باشد. به این دلیل به‌کارگیری راهکارهای نوین تخصیص و مدیریت منابع آب جهت اتخاذ تصمیمات درست مدیریتی بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. در بحث مدیریت یکپارچه منابع آب لزوم هماهنگی بین تمامی مسئولان مرتبط با مباحث آبی و به حداقل رساندن اثرات نامناسب بخشی بودن حیطه مسئولیت‌ها و عملکردها دارای اهمیت فراوان می‌باشد. در مناطقی که با کمبود منابع آبی مواجه هستند، استفاده بهینه از منابع آب و جلوگیری از اتلاف آنها در اولویت قرار دارند. در زمینه تخصیص منابع آب تحقیقات مختلفی انجام شده‌اند که برخی از آنها عبارتند از:

سیفی و همکاران در سال ۱۳۸۵ به بررسی مدیریت حوضه آبریز رودخانه کارون با استفاده از مدل WEAP پرداختند. در این تحقیق عوامل موثر بر تخصیص بهینه منابع آب و راندمان مصرف با در نظر گرفتن رشد جمعیت و سناریوهای مختلف مدیریتی مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته شده است (۱). رجایی و همکاران (۱۳۸۷)، در پژوهشی به بررسی منابع آب زیرزمینی دشت‌های استان چهار محال بختیاری با استفاده از نرم‌افزار WEAP اقدام نمودند. نتایج حاصل از تحقیق نشان داد که به‌جز دشت‌های فارسان، شلمزار و گندمان سایر دشت‌های استان در معرض بیلان منفی قرار دارند. همچنین جهت حصول در تعادل آب‌های زیرزمینی باید میزان برداشت از دشت‌های شهرکرد، بروجن، سفیددشت، کیار، فلارد و خانمیرزا به ترتیب ۴۸، ۳۲، ۶۶، ۳۰، ۱۳ و ۱۲ درصد کاهش نماید (۲). کاظم و همکاران (۱۳۸۸) به بررسی اثرات تغییر اقلیم بر روی تخصیص و مدیریت بهینه منابع آب حوضه زنجان‌رود با استفاده از نرم‌افزار WEAP پرداختند. نتیجه به‌دست آمده بیانگر آن بود که حل مشکلات تامین نیازهای آبی در منطقه مورد مطالعه در آینده، وابسته به تعدیل عرضه و تقاضا در شرایط حاضر می‌باشد (۳). صاحب‌دل و اکبرپور (۱۳۹۰) برای ارزیابی کمی-کیفی سناریوهای مدیریت منابع آب در حوضه قره‌سو واقع در استان گلستان از نرم‌افزار WEAP استفاده کردند. نتایج به‌دست آمده نشان‌دهنده این بود که مدیریت منابع آب منطقه مورد مطالعه و تعدیل عرضه و تقاضا به دلیل تامین نیازها از منابع آب سطحی منطقه مورد مطالعه دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای می‌باشد. همچنین در صورت احداث سد شصت کلاته با اولویت‌بندی تامین نیازهای شرب و کشاورزی، بیشتر مشکلات منطقه برطرف خواهد شد (۴). باقری‌هارونی و مرید (۱۳۹۰) به بررسی و ارزیابی قابلیت‌های دو مدل MIKE BASIN و WEAP پرداختند. در این تحقیق برای ارزیابی اطمینان‌پذیری و عملکرد مدل‌های یاد شده از شبیه‌سازی مثال‌های فرضی و همچنین مدل‌سازی قسمتی از رودخانه‌ی تالوار استفاده شده است (۵). پورمحمد و همکاران (۱۳۹۱) در پژوهشی به نحوه تخصیص منابع‌آب حوضه آبریز البرز با استفاده از مدل WEAP پرداختند. نتایج تحقیق نشان داد که میزان قابلیت اطمینان‌پذیری برای تامین نیاز کشاورزی ۳۵ درصد و برای تامین نیاز شرب دو شهر قائم شهر و جویبار ۱۰۰ درصد بوده است (۶). فرهمند و باقری (۱۳۹۱) در تحقیقی به ارزیابی شرایط فعلی منابع و مصارف تالاب مهارلو اقدام نمودند. در این تحقیق وضعیت تالاب از لحاظ کمی-کیفی برای دوره سی ساله آینده بررسی شده و راهکارهای مدیریتی برای تامین نیازهای آبی شرایط فعلی و آینده تالاب مورد نظر ارائه شده است (۷). آقاکرمی و مریدی (۱۳۹۲) در پژوهشی به بررسی سناریوهای تخصیص منابع آب در حوضه آبریز نمک واقع در استان تهران با استفاده از مدل WEAP پرداختند. نتایج به‌دست آمده از تحقیق بیانگر این بود که با اجرای طرح فاضلاب، میزان پساب برگشتی به مصارف کشاورزی ۱۱۷ میلیون‌متر مکعب خواهد بود. همچنین برای تامین بخشی از نیاز شهر تهران، نیاز به انتقال ۳۱۸ میلیون‌متر مکعب از حوضه‌های اطراف به تهران می‌باشد (۸). کرمانشاهی و همکاران (۱۳۹۲)، به تجزیه و تحلیل نیازهای آبی دشت نیشابور با استفاده از نرم‌افزار WEAP پرداختند. در این تحقیق سناریوهای مختلف مدیریتی از قبیل تغییر الگوی کشت، کاهش سطح زیر کشت و ترکیب این دو سناریو پیشنهاد شد و در دوره بیست ساله مورد

ارزیابی قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده بیانگر آن بود که با اجرای این سناریوها، میانگین سالانه نیاز آبیاری ۹ تا ۱۸ درصد کاهش خواهد داشت (۹). دهقان و همکاران (۱۳۹۴) در پژوهشی برای ارزیابی میزان آب در نظر گرفته شده برای نیازهای آبی موجود در حوضه آبریز گرگان‌رود از نرم‌افزار WEAP استفاده کردند و تاثیر سناریوهای پیشنهادی را در بازه زمانی ۲۵ ساله مورد بررسی قرار دادند (۱۰). رفیعی‌دارانی و همکاران در سال ۱۳۹۶ مدل هیدرو-اقتصادی و مدل‌سازی آن را در یکی از دشت‌های کشور برای تحلیل سیاست‌های مدیریت منابع آب معرفی کردند. برای این تحقیق، از آمار و اطلاعات اقلیمی و هواشناسی دشت نیشابور و نیز مصاحبه حضوری و فرم نظرسنجی از کشاورزان استفاده شد. مدل‌سازی هیدرو- اقتصادی از دو قسمت اصلی هیدرولوژیکی و اقتصادی تشکیل شده بود. در بخش هیدرولوژیکی از مدل WEAP و برای بخش اقتصادی از برنامه ریزی مثبت منطقه‌ای (فضایی) استفاده شد. نتایج تحقیق نشان داد که بیشترین تأثیر بر کاهش مصرف آب مربوط به سناریوی سوم است که علت اصلی آن تغییر و کاهش سطح زیر کشت محصولات مختلف بوده است (۱۱). لویت و همکاران (۲۰۱۳) برای بررسی منابع آب و همچنین تخصیص بهینه آن در حوضه اولیفان در آفریقای جنوبی از مدل WEAP استفاده کردند. در تحقیق انجام شده، سناریوهای متعددی برای تخصیص آب در نظر گرفته و به تجزیه و تحلیل حالات مختلف اقدام نمودند (۱۲). آسف و سعده (۲۰۰۸) در پژوهشی به ارزیابی کیفیت آب در حوضه آبریز لیتانی در لبنان اقدام نمودند. برای این منظور از مدل WEAP و قابلیت‌های GIS بهره گرفته شده است. در این تحقیق سناریوهای پیشنهادی از نظر هزینه اجرا و همچنین میزان تخلیه فاضلاب در حوضه مورد مطالعه، بررسی شده و بهترین سناریوها معرفی شده‌اند. نتایج به‌دست آمده حاکی از تاثیر قابل ملاحظه تخلیه فاضلاب بر کیفیت منابع آب سطحی بوده و لزوم اتخاذ واکنش فوری جهت مهار این مشکل و کاهش تاثیر آن بر روی منابع آب شیرین محدود حوضه مورد بررسی بوده است (۱۳). العماری و همکاران (۲۰۰۹) با استفاده از نرم‌افزار WEAP، مدیریت جامع حوضه آبریز امان زرقا در اردن را شبیه‌سازی کردند. در این تحقیق از چهار سناریوی متفاوت برای مدیریت حوضه آبریز استفاده شده و نتایج سناریوها تا سال ۲۰۲۵ مورد مقایسه قرار گرفته است (۱۴). آلفارا و همکاران (۲۰۱۲)، در تحقیقی به بررسی نحوه تامین میزان نیاز آبی ایجاد شده در اثر رشد سریع جمعیت و همچنین توسعه صنعت کشاورزی با استفاده از نرم افزار WEAP در دره اردن پرداختند. در این تحقیق سناریوهای پیشنهادی جهت تامین نیاز آبی ناشی از افزایش تقاضا مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. نتایج به‌دست آمده بیانگر آن بود که در صورتی که مدیریت منابع آب در شرایط کنونی اتفاق نیفتد، تعادل بین عرضه و تقاضا در شهر عمان به صورت قابل توجهی دچار مشکل خواهد شد (۱۵). کوتیر و همکاران (۲۰۱۶)، در پژوهشی به بررسی تخصیص و مدیریت منابع آب حوضه آبریز رودخانه Volta در منطقه غرب آفریقا با به‌کارگیری مدل‌سازی دینامیکی سیستم پرداختند. در این پژوهش به بررسی فرآیندهای بازخورد سیستم و بررسی نحوه تاثیر افزایش جمعیت و توسعه بخش کشاورزی با روش یاد شده پرداخته شده است. نتایج بیانگر کارایی مناسب سیستم دینامیکی در شبیه‌سازی منطقه مورد مطالعه بوده است (۱۶). ناصری و همکاران (۲۰۱۷)، در پژوهشی به ارزیابی و تجزیه و تحلیل مدیریت منابع آب دشت تبریز با استفاده از پویایی سیستم پرداختند. در این تحقیق مدیریت بهینه منابع آب منطقه به دلیل برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه و همچنین محدود بودن منابع آب سطحی در آن دارای اهمیت قابل ملاحظه‌ای بوده است. بدین منظور سناریوهای مختلف مدیریتی برای بررسی عرضه و تقاضا در منطقه در بخش‌های شرب، کشاورزی و صنعت ارائه شده است (۱۷). یوان و همکاران (۲۰۱۸)، در تحقیقی به ارزیابی اختلافات مرزی در مدیریت پایدار منابع آب در رودخانه ژانگه در چین با استفاده از رویکرد پویایی سیستم اقدام نمودند. شبیه سازی انجام شده برای بازه زمانی ۲۰۰۰ تا ۲۰۵۰ صورت گرفته است. در این تحقیق از شبیه‌سازی بر روی شش زیرمجموعه که در آن

اختلاف وجود دارد انجام شده است. نتایج نشان‌دهنده این بود که طرح قبلی تخصیص آب پایین‌دست رودخانه ژانگه باید تغییر کرده و مقادیر بیشتری از منابع آب برای تامین نیازهای شهرهای واقع در منطقه در نظر گرفته شود (۱۸). یانگ و همکاران (۲۰۱۸) به تجزیه و تحلیل کمبود منابع آبی پکن در سطح حوضه آبریز با استفاده از مدل WEAP به منظور مدیریت منابع آبی منطقه مورد مطالعه پرداختند. همچنین بررسی بیشتر مزایای مدل استفاده شده نیز از اهداف دیگر تحقیق بوده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که پکن در سال ۲۰۱۰ با شدیدترین کمبود آب به میزان ۵۶۰/۲۴ میلیون مترمکعب مواجه بوده و حوضه آبریز Yongdinghe بیشترین کمبود را نسبت به حوضه‌های آبریز Jiyunhe،Daqinghe و Beiyunhe با قابلیت اطمینان‌پذیری ۴۵/۸۳ درصد به خود اختصاص داده است (۱۹). کو و همکاران (۲۰۱۸) با استفاده از مدل WEAP به بررسی نیازها و مصارف شهر Xiamen بین سال‌های ۲۰۱۵ تا ۲۰۵۰ پرداختند. این مطالعه از جهت بررسی جداگانه مناطق پنج گانه شهر یاد شده بدون در نظر گرفتن کل شهر بسیار با اهمیت بوده و پتانسیل‌های صرفه جویی در مصرف آب، کمبود آب و گزینه‌های تامین آب آنها مورد بررسی قرار گرفته شده است. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در شهر یاد شده و بعد از سال ۲۰۳۰ بدون منابع آب جدید، کمبود آب وجود خواهد داشت (۲۰). تنا و همکاران (۲۰۱۹)، مطالعه‌ای با هدف تعیین منابع آب موجود با بررسی پارامترهای مهم هیدرولوژیک با استفاده از مدل WEAP بر روی حوضه آبریز رودخانه Chongwe واقع در زامبیا انجام داده و از نتایج به‌دست آمده در مدیریت منابع حوضه مورد مطالعه استفاده شده است (۲۱). تکلو و همکاران (۲۰۲۰)، به شبیه‌سازی هیدرولوژیک حوضه آبریز رودخانه Awash در اتیوپی با استفاده از مدل WEAP پرداختند. مدل ماهانه هیدرولوژیک با استفاده از مدل بارش-رواناب مبتنی بر رطوبت خاک تهیه و همراه با مدل WEAP جهت بررسی کارایی مدل مورد استفاده قرار گرفت. نتایج به‌دست آمده بیانگر دقت مناسب مدل توسعه داده شده بوده است (۲۲).

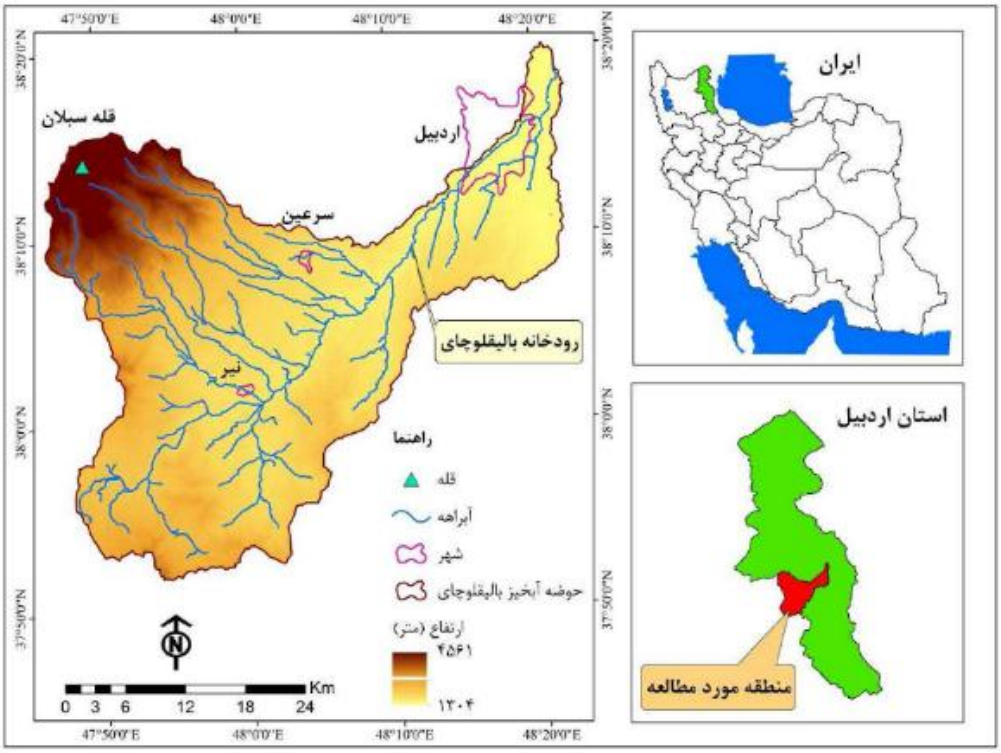
سد یامچی در مرحله مطالعاتی برای تأمین نیاز کشاورزی و آبیاری منطقه طراحی شده بود ولی در مراحل بعدی به دلیل کمبود آب شرب شهر اردبیل و نیز حفظ آبخوان دشت اردبیل، کاربری این سد به کشاورزی، شرب، صنعت و نیاز زیست محیطی تغییر یافته است. تغییر کاربری و افزایش نیازهای آبی مختلف حوضه، باعث ایجاد مشکلاتی در روند بهره‌برداری از مخزن این سد شده است. هدف اصلی تحقیق حاضر، مدیریت و برنامه‌ریزی جامع در راستای استفاده بهینه از منابع آب موجود شبکه سد یامچی واقع در استان اردبیل و تأمین تقاضا در بخش‌های شرب، کشاورزی، صنعت و محیط‌زیست با در نظر گرفتن رشد نیاز آنها در آینده می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد بررسی در این پژوهش، شبکه سد یامچی واقع در استان اردبیل می‌باشد. این منطقه در زون ۳۹ در فاصله مابین مختصاتی UTM به طول جغرافیایی ۲۴۴۱۹۱ و عرض جغرافیایی ۴۲۱۸۱۰۰ و همچنین طول جغرافیایی ۲۵۷۴۴۷ و عرض جغرافیایی ۴۲۵۲۶۷۵ قرار گرفته است. سد یامچی بر روی رودخانه بالخلی چای از سرشاخه‌های اصلی رودخانه قره-سو، قرار گرفته و دارای حجم ذخیره ۸۲ میلیون متر مکعب و حجم مفید ۸۰ میلیون متر مکعب و حجم مرده ۲ میلیون مترمکعب می‌باشد. این سد در سال ۱۳۸۳ مورد بهره‌برداری قرار گرفته شده است. شکل ۱، موقعیت منطقه مورد بررسی را نشان می‌دهد. رقوم کف مخزن در محل سد در تراز ۱۵۰۶ متری قرار گرفته و سرریز آن برای عبور دبی PMF طراحی شده است. میانگین دمای روزانه در منطقه مورد مطالعه ۱۱ درجه سانتی گراد و متوسط تبخیر سالیانه ۷۰ میلی‌متر است. همچنین میزان نزولات جوی سالیانه در حوضه به طور متوسط از ۲۵۰ تا ۴۰۰ میلی متر در نوسان می‌باشد. شکل ۲، موقعیت ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد. همچنین خلاصه ای از اطلاعات اقلیمی ایستگاه های سینوپتیک اردبیل و سرعین نیز در جدول ۱ ارائه شده است.

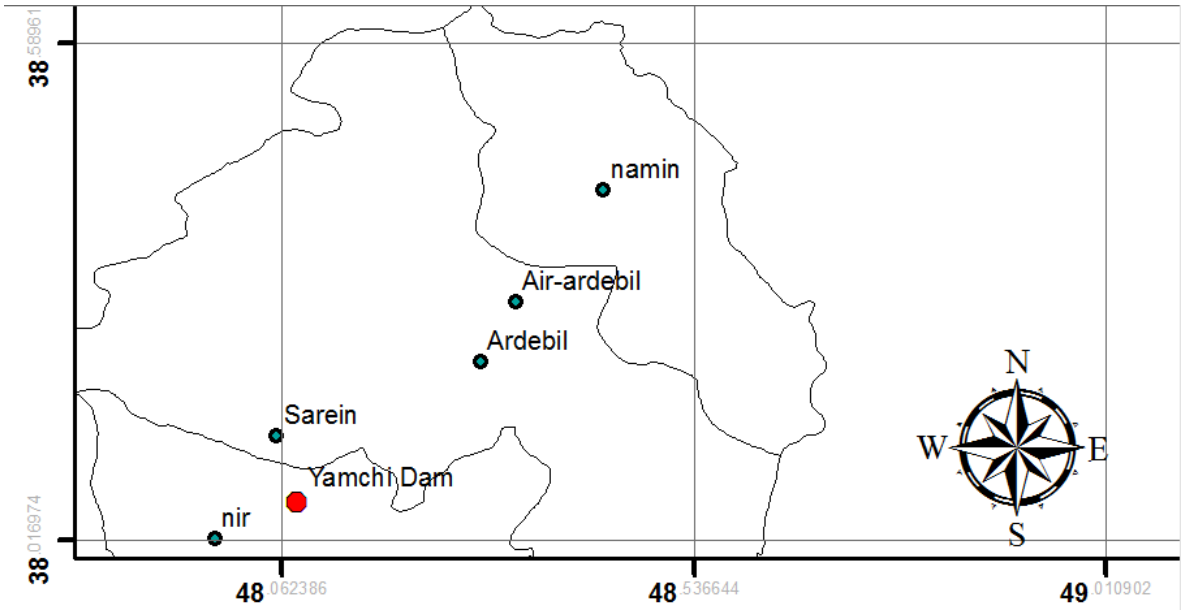
موقعیت خاص جغرافیایی منطقه مطالعاتی سبب شده است که حوضه آبریز بالخلی چای در فصل‌های سرد سال تحت تاثیر

توده‌های هوایی مهاجر از شمال، شمال غرب و غرب قرار گیـرد. در فصل تابستان نیز گاهی سیستم‌های کم فشار باران زا بر ایـن منطقه تاثیر گذاشته و بارندگی‌های تابسـتانه را در ایـن منـاطق باعث می‌گردد. بخش‌های شرق حوضه بصورت محسـوس تحـت تاثیر اقلیم خزری قرار داشته و بر شرایط دمـایی و رطـوبتی آن اثر می‌گذارد و موجب تعدیل آب و هوا در این مناطق مـی‌شـود. ویژگی سردی که ناشی از تاثیر توده‌های سرد شمالی، ارتفـاع و عرض جغرافیایی اسـت، صـفت مشـترک اقلـیم هـای گونـاگون منطقه می‌باشد.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

Figure 1. Geographical location of the area under study



شکل ۲- موقعیت جغرافیایی ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه

Figure 1 .Geographical location of synoptic stations in the study area

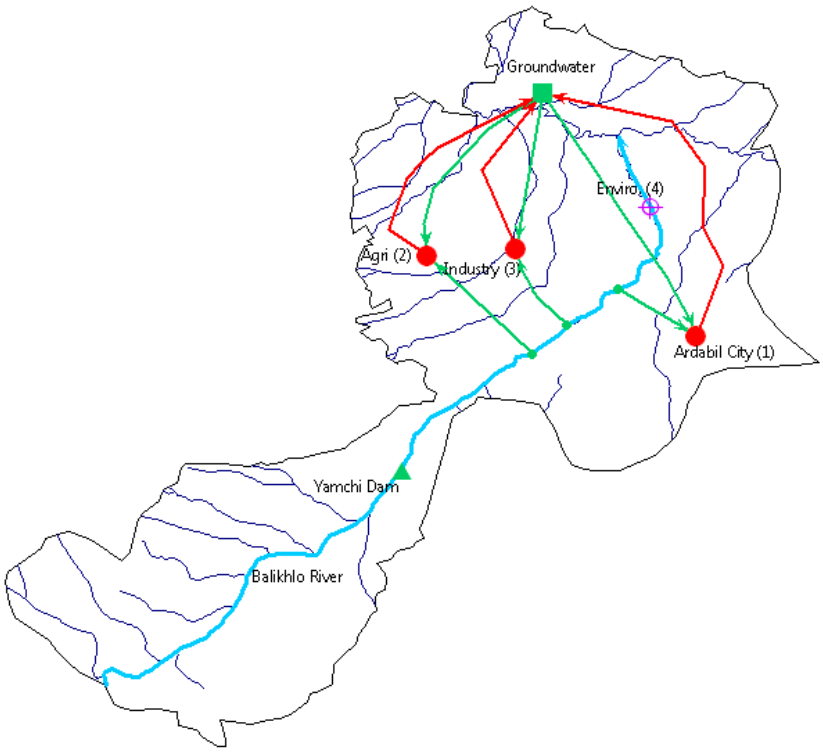
جدول ۱- میانگین ماهانه اطلاعات اقلیمی ایستگاه‌های سینوپتیک منطقه در طی دوره شبیه‌سازی

Table 1 . Average monthly climatic information of synoptic stations in the region during the simulation period

	اردبیل	سرعین	اردبیل	سرعین
ماه	میانگین بارش (میلی متر)		میانگین دمای ماهانه(درجه سانتی گراد)	
ژانویه	۱۶/۴۲	۲۱/۲	-۵/۱	۱
فوریه	۲۸/۱۵	۴۱	-۳/۶۵	صفر
مارس	۲۶/۴	۴۵/۲	۰/۲	۳/۷
آوریل	۳۱/۱۷	۱۳۴/۹	۳	۷/۹
می	۳۷/۶	۵۸	۷/۷۹	۱۲/۹
ژوئن	۱۴/۴	۳۰/۶	۱۰/۴۱	۱۷/۷
جولای	۴/۲	۹/۶	۱۲/۸	۲۱
اوت	۷/۲	۷/۳	۱۲/۱۱	۲۰/۸
سپتامبر	۱۲/۵۸	۱۹/۶	۹/۹۱	۱۸/۲
اکتبر	۳۵/۴۶	۵۳/۳	۶/۲۱	۱۳/۶
نوامبر	۲۲/۶۴	۵۴	۰/۵۴	۷/۲
دسامبر	۱۸/۰۴	۴۲/۵	-۳/۰۵	۲/۶

نحوه مدل سازی در نرم افزار WEAP

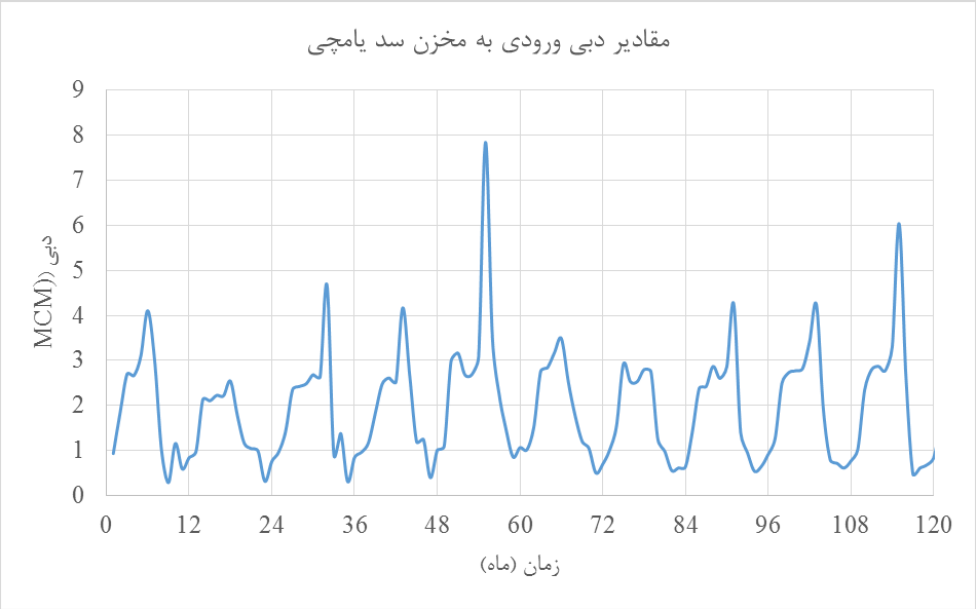
مدل WEAP، یکی از مدل‌های یکپارچه و پیشرفته در مدیریت و تخصیص منابع آب بوده و دارای کاربردهای گسترده‌ای می‌باشد. نرم‌افزار مورد نظر از جنبه تحلیل تمامی بعدهای مدیریت منابع آب و در نظر گرفتن سناریوهای مختلف مدیریتی دارای قابلیت فراوان بوده و مصارف چند منظوره و رقابتی را می‌تواند در یک سیستم منابع آب شبیه‌سازی نماید. مدل WEAP بر اساس معادلات بیلان آب پایه‌ریزی شده و از آن می‌توان در سیستم‌های شهری، کشاورزی، حوضه‌های مستقل و همچنین سیستم‌های رودخانه‌ای مرزی پیچیده استفاده کرد. مدل یاد شده توانایی شبیه‌سازی مسائل مختلف از جمله تحلیل نیاز هر بخش، حفاظت آب، حقابه‌ها و اولویت‌های تخصیص، شبیه‌سازی آبهای سطحی و زیرزمینی را دارا می‌باشد. از مزایای مدل می‌توان به کاربرد آن در سطوح مختلف مقیاس زمانی و مکانی، توانایی ایجاد، مدیریت، ارزیابی و مقایسه سناریوهای مختلف، نحوه تخصیص آب در آن مبتنی بر اولویت‌های تخصیص و همچنین توانایی ایجاد ارتباط پویا بین مدل‌های آبهای زیرزمینی و سطحی اشاره کرد (۲۳). به منظور مدل‌سازی و تخصیص منابع آب موجود در حوضه آبریز سد یامچی و تحلیل سناریوها، سال ۲۰۱۸ به عنوان سال پایه (سناریوی مرجع) در نظر گرفته شد. برای شبیه‌سازی، گره‌های نیاز شهری، کشاورزی، صنعت و همچنین نیاز محیط زیست در پایین‌دست سد یامچی با اولویت نیاز شهری و پس از آن کشاورزی، صنعت و محیط‌زیست در نظر گرفته شده است. دو منبع تامین آب در منطقه مورد مطالعه، سد یامچی و منبع آب زیرزمینی دشت اردبیل می‌باشند. شکل ۳، شماتیک مدل منطقه در نرم‌افزار WEAP را نشان می‌دهد.



شکل ۳- شماتیک کلی از منابع و نیازها در منطقه مورد مطالعه

Figure 3. Schematics of the resources and needs in the area under study

مقادیر دبی ماهانه در دوره زمانی ۱۰ سال، به عنوان دبی ورودی رودخانه بالخلی‌چای به مخزن سد در نظر گرفته شده است. شکل ۴، دبی‌های ورودی به مخزن سد یامچی را نشان می‌دهد.



شکل ۴- دبی‌های ورودی به مخزن سد یامچی

Figure 4. Inputs to the Yamchi Reservoir

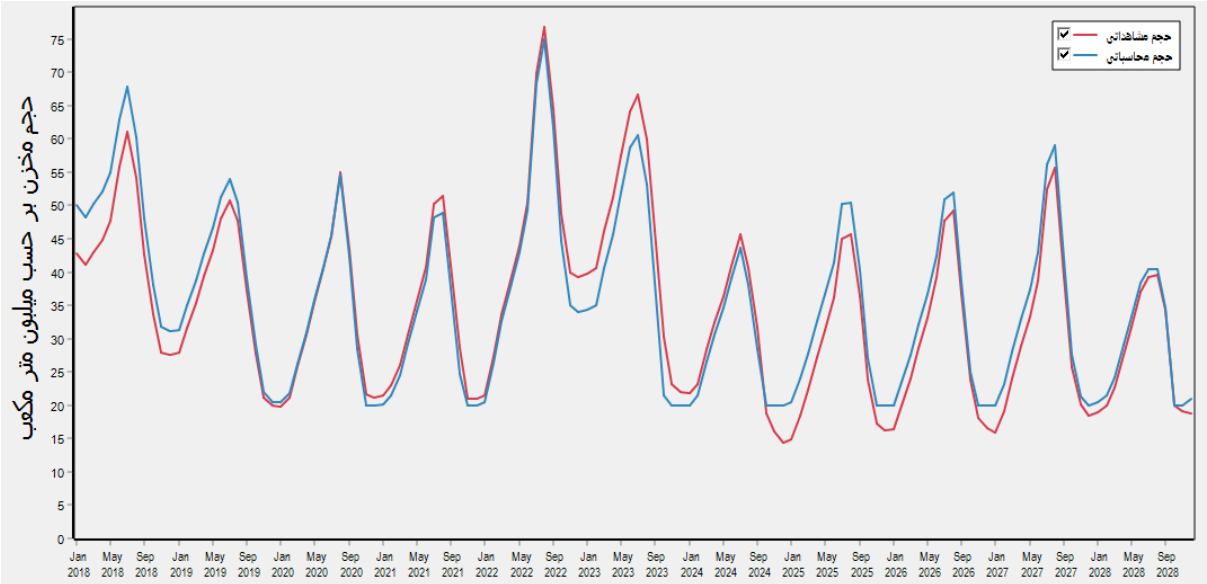
میزان تبخیر از سطح مخزن سد یامچی بر اساس اطلاعات کسب شده از اداره آب منطقه‌ای اردبیل و استفاده از نمودار حجم-سطح- ارتفاع به‌دست آمده و در نرم افزار اعمال شده است. طبق اطلاعات مربوط به سد یامچی، حجم مفید سد ۸۰ و حجم غیرمفید آن ۲ میلیون مترمکعب بوده که به ترتیب به عنوان حجم بیشینه و کمینه در نرم افزار استفاده شده است. سطح زیر کشت منطقه مورد مطالعه ۶۵۰۰ هکتار بوده و محصولات کشاورزی غالب در پایین‌دست سد یامچی، شامل گندم، سیب زمینی، جو، لوبیا و یونجه می‌باشند که به ترتیب ۴۰، ۲۵، ۱۵ ، ۱۰ و ۱۰ درصد اراضی سطح زیر کشت را شامل می‌شوند. میزان جریان ورودی سالانه به منبع آب زیرزمینی منطقه مورد مطالعه ۲۶ میلیون‌متر مکعب و خروجی حداکثر ۲۱ میلیون‌متر مکعب می‌باشد (۲۴). مقدار نرخ رشد جمعیت با توجه به آمار و اطلاعات از سال ۱۳۷۸ تا سرشماری سال ۱۳۹۵ به‌دست آمده است. با توجه به مبحث حفاظت محیط زیست و اکوسیستم‌های آبی کشور برای برآورد نیاز زیست‌محیطی از روش مونتانا طبق جدول ۲ استفاده شده است. در این روش نیاز زیست‌محیطی به صورت درصدی از متوسط آورد سالانه رودخانه تعیین می‌شود. این روش امروزه به عنوان متداول‌ترین روش‌های هیدرولوژیک محاسبه جریان زیست‌محیطی در بیش از ۲۵ کشور دنیا استفاده می‌گردد. در این روش حداقل میزان رهاسازی آب با توجه به شرایط زیستی ماهیان به صورت درصد مشخصی از میانگین سالانه دبی رودخانه یا آبراهه محاسبه می‌شود. در این تحقیق کیفیت حیات ماهی در رودخانه در حوضه مورد نظر قابل قبول در نظر گرفته شده است.

جدول ۲- مقادیر نیاز زیست محیطی ارائه شده در نظام نامه تخصیص منابع آب بر اساس روش مونتانا

Table 2. Environmental requirement values presented in Water Resources Allocation Code based on the Montana Method

کیفیت حیات ماهی در رودخانه	سهم از میانگین سالانه رودخانه (درصد)	
	از نیمه فروردین تا شهریورماه	از مهر تا نیمه فروردین ماه
وضعیت بهینه	۶۰-۱۰۰	۶۰-۱۰۰
بسیار عالی (برجسته)	۶۰	۴۰
عالی	۵۰	۳۰
خوب	۴۰	۲۰
قابل قبول	۳۰	۱۰
ضعیف	۱۰	۱۰
کمبود شدید	۱۰<	۱۰<

در این تحقیق به منظور واسنجی از مقادیر حجم مشاهداتی مخزن یامچی استفاده شده و در نهایت مدل به گونه‌ای واسنجی شده است که تا حد امکان داده‌های شبیه‌سازی شده مخزن سد با داده‌های مشاهداتی حجم مخزن هم‌خوانی داشته باشد. شکل ۵، مقایسه نتایج به‌دست آمده بین حجم مشاهداتی در مخزن سد با حجم محاسباتی به‌دست آمده از نرم‌افزار را نشان می‌دهد. محاسبات نشان می‌دهد که درصد اختلاف بین حجم مشاهداتی در مخزن سد با حجم محاسباتی حدود دو درصد است و بیانگر دقت مناسب نرم‌افزار در برآورد حجم مخزن اندازه گیری شده است.



شکل ۵- مقایسه نتایج ذخیره مخزن با استفاده از داده های مشاهداتی و شبیه سازی شده

Figure 5. Comparison of reservoir storage results using the simulated and observational data

در این تحقیق ده سناریوی مدیریتی به منظور شبیه‌سازی حوضه‌ی مورد مطالعه در نظر گرفته شده است. مدت زمان شبیه‌سازی سناریوهای ذکر شده برای ۱۰ سال آینده منطقه مورد نظر بوده است. جدول ۳، خلاصه ای از سناریوهای اتخاذ شده در این تحقیق را نشان می‌دهد. برای ارزیابی و تجزیه و تحلیل سناریوهای پیشنهاد شده، از اطمینان‌پذیری زمانی و حجمی استفاده شده است. بر اساس مقادیر ذکر شده در نظام نامه تخصیص آب کشور، مقادیر قابل قبول اطمینان‌پذیری برای تامین نیاز شهری ۹۵ درصد، برای نیازهای صنعت و محیط زیست ۹۰ درصد و برای نیاز کشاورزی ۸۰ درصد در نظر گرفته شده است. مقدار اطمینان‌پذیری زمانی و حجمی به ترتیب از روابط (۱) و (۲) استفاده به‌دست می‌آیند:

$$\text{اطمینان پذیری زمانی} = \frac{\text{تعداد هایی‌ماه که نیاز تامین می‌شود}}{\text{کل ماه های نیازهای}} \quad (۱)$$

$$\text{اطمینان پذیری حجمی} = \frac{\text{تامین کل دوره}}{\text{نیاز کل دوره}} \quad (۲)$$

جدول ۳- سناریوهای پیشنهادی در این پژوهش

Table 3. The proposed scenarios in this study

نام سناریو	برنامه‌های مدیریتی در نظر گرفته‌شده برای سناریو
A	تخصیص نیاز صنعت برای ۱۰ سال آینده با در نظر گرفتن شرایط فعلی
B	افزایش راندمان آبیاری به ۶۵ درصد با در نظر گرفتن شرایط فعلی
C	حذف منبع آب زیرزمینی با در نظر گرفتن شرایط فعلی
D	تغییر الگوی کشت
D-1	تغییر الگوی کشت با حذف آب زیرزمینی
D-2	تغییر الگوی کشت همراه با افزایش راندمان ۶۵ درصد
E	تخصیص کشت تک محصوله گندم
F	تخصیص کشت تک محصوله سیب زمینی
G	تخصیص کشت تک محصوله لوبیا
H	تخصیص کشت تک محصوله جو
I	تخصیص کشت تک محصوله یونجه

- سناریو (A): بر اساس گزارش‌های موجود برای منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که در شرایط حاضر (سناریوی مرجع)، برای نیاز صنعت مقداری در نظر گرفته نشده است. ولی بر اساس سند چشم‌انداز ۲۰ ساله منطقه، میزان نیاز صنعت به ده میلیون متر مکعب در سال خواهد رسید. بنابراین در این سناریو و تمامی سناریوهای پیشنهاد شده در این تحقیق این مقدار برای گره صنعت اعمال شده است (۲۵).
- سناریوی (B): با توجه به اینکه در سناریو مرجع (شرایط حاضر) راندمان آبیاری منطقه طبق گزارش‌های موجود حدود ۴۰ درصد می‌باشد، بر اساس این سناریو فرض بر این شده است که راندمان آبیاری در این دوره به ۶۵ درصد ارتقا یابد. بنابراین

بایستی نیاز خالص هر یک از محصولات کشت شده در منطقه پایین‌دست سد که شامل یونجه، گندم، سیب‌زمینی، لوبیا و جو می‌باشد بر اساس این راندمان محاسبه شود. بنابراین در جدول ۴، نیاز آبی هر محصول به ترتیب سال‌ها محاسبه شده و در مدل لحاظ شده است. در این سناریو تغییری در الگوی کشت حاضر در منطقه رخ نداده است.

جدول ۴- نیاز آبی محصولات زراعی در شرایط بهبود راندمان آبیاری (مترمکعب در هکتار)

Table 4.Water requirement of crops under improved irrigation efficiency (cubic meters per hectare)

سال	یونجه	گندم	سیب زمینی	لوبیا	جو
۲۰۱۸	۵۵۴۰	۲۵۶۰	۵۳۶۰	۲۹۰۰	۱۸۶۰
۲۰۱۹-۲۰۲۸	۳۴۰۹	۱۵۷۵	۳۲۹۸	۱۷۸۴	۱۱۴۴

- سناریوی (C): در این سناریو با حذف آب زیرزمینی بایستی کلیه نیازها از طریق سد و منابع آب سطحی تامین شود. به عبارت دیگر ادامه شرایط فعلی ولی بدون منبع آب زیرزمینی مورد بررسی قرار گرفته شده است. در این سناریو نیز تغییری در الگوی حاضر منطقه رخ نداده است.
- سناریوی (D): با توجه به اینکه الگوی کشت غالب در مناطق پایین‌دست سد یامچی، گندم و سیب زمینی می‌باشد، بیشتر آب تخصیص یافته از سد نیز برای کاشت این محصولات صرف می‌شود. با در نظر گرفتن این مطلب و اهمیت الگوی کشت در مصرف آب کشاورزی در این سناریو سطح زیر کشت گندم، سیب زمینی، جو، لوبیا و یونجه به ترتیب ۲۰، ۲۰، ۱۰ ، ۱۰ و ۵ درصد اراضی تغییر یافته و این تغییر الگوی کشت مورد بررسی قرار گرفته شده است.
- سناریوی (D-1): با توجه به نیاز آبی کشاورزی و استفاده زیاد محصولات کشاورزی از آب همچنین سطح پایین تراز آب زیرزمینی در منطقه، سناریو-D 1 با حذف آب زیرزمینی همراه با تغییر الگوی کشت اعمال شده در سناریوی D مورد بررسی قرار گرفته شده است.
- سناریوی (D-2): با استفاده از مدیریت صحیح در آبیاری کشاورزی و همچنین تعیین الگوی مناسب کشاورزی و انتخاب محصولاتی که نیاز آبی کمتری نسبت به دیگر محصولات دارند، این سناریو با در نظر گرفتن همزمان سناریوهای D و B ایجاد شده است.
- سناریوهای E تا I: در این سناریو تخصیص همه‌ی مساحت زیرکشت به یکی از محصولات انجام شده با در نظر گرفتن بقیه عوامل موجود در شرایط فعلی انجام شده است. سناریوی E برای گندم، سناریوی F برای سیب‌زمینی، سناریوی G برای لوبیا، سناریوی H برای جو و در نهایت سناریوی I برای یونجه نام‌گذاری شده است.

بحث و نتایج

جدول ۵، درصد متوسط تامین نیاز شرب شهر اردبیل تحت سناریوهای مختلف را نشان می‌دهد. چنان‌که دیده می‌شود به‌جز سناریوی C و D-1 در بقیه سناریوها مشکلی از لحاظ تامین نیاز شرب منطقه وجود ندارد. طبق جدول ۷، اطمینان‌پذیری زمانی تامین نیاز شرب در تمامی سناریوها بجز سناریوی C و D-1 بصورت کامل و در سناریوهای C و D-1 ، ۲۵ درصد بوده است. هر چند که میزان استفاده از منبع آب زیرزمینی در تامین نیاز شهری به حداقل رسیده ولی به دلیل حذف همان مقدار محدود استفاده از منبع زیرزمینی، درصد تامین نیاز شهری در بیشتر ماه‌ها به زیر ۹۵ درصد رسیده و باعث شده که اطمینان‌پذیری زمانی شرب که طبق نظام نامه

تخصیص در شرایط قابل قبول باید بالای ۹۵ درصد باشد، تامین نشده و مقادیر کمتری را به خود اختصاص داده است. جدول ۶، درصد متوسط تامین نیاز کشاورزی تحت سناریوهای مختلف را نشان می‌دهد. چنان‌که استنباط می‌شود، متناسب با نوع محصولاتی که در منطقه کشت می‌شوند و زمان کاشت آنها، در چهار ماه از سال تنش آبی وجود دارد. این ماه‌ها فروردین، اردیبهشت، مرداد و شهریور می‌باشند. در شرایط فعلی، اطمینان‌پذیری زمانی و حجمی نیاز کشاورزی به ترتیب ۶۷ و ۸۵ می‌باشند. از بین سناریوهای پیشنهادی، بهترین اطمینان‌پذیری زمانی و حجمی مربوط به سناریوی D-2 با مقادیر ۱۰۰ و ۹۶ می‌باشد. این سناریو بر پایه تغییر الگوی کشت همزمان با افزایش راندمان آبیاری پیشنهاد شده است. دراین سناریو ۶۰ درصد اراضی منطقه از روش سنتی غرقابی به تحت فشار تبدیل شده و از راندمان آبیاری ۶۵ درصد استفاده خواهد شد. همچنین در این سناریو به دلیل کاهش نیاز کشاورزی، میزان نفوذ آب در خاک ناشی از آبیاری نیز به طور قابل توجهی کاهش یافته و از زهدار شدن اراضی نیز جلوگیری خواهد شد. از بین سناریوهای کاشت تک محصول در منطقه، سناریوی G که مربوط به کاشت لوبیا بوده است دارای بهترین کارایی می‌باشد و اطمینان‌پذیری زمانی و حجمی ۹۲ و ۹۴ را ایجاد کرده است. از آنجایی‌که در شرایط حاضر تنها ۱۰ درصد از اراضی تحت کشت لوبیا می‌باشد، در صورتی که گزینه مورد قبول کارفرما کشت تک محصوله لوبیا در منطقه باشد، باید زمینه فرهنگی و تشویقی آن نیز آماده گردد. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، سناریوهای C و D-1 به دلیل حذف منبع آب زیرزمینی دارای اطمینان‌پذیری بسیار پایینی می‌باشند. این نشان می‌دهد که وابستگی نیاز کشاورزی به منابع آب زیرزمینی قابل ملاحظه است و با حذف این منبع نیاز کشاورزی دستخوش تغییرات شدیدی خواهد شد و تغییر الگوی کشت و افزایش راندمان نمی‌تواند کمبود حاصل از منبع آب زیرزمینی را جبران نماید. با توجه به نتایج به‌دست آمده مشاهده می‌شود که متوسط نیاز شرب سالانه در تمامی سناریوها، در منطقه ۳۱ میلیون متر مکعب می‌باشد و به دلیل اولویت اول تامین، بیشتر منابع آب به تامین این حجم بالا تخصیص داده شده است. این حجم با در نظر گرفتن میزان مصرف ۱۵۰ لیتر آب برای هر نفر در منطقه به‌دست آمده است. متوسط نیاز کشاورزی نیز در شرایط فعلی ۲۷ میلیون متر مکعب در سال است و در بهترین سناریو (سناریو D-2) به مقدار ۱۴ میلیون متر مکعب در سال می‌رسد. با در نظر گرفتن مجموع نیازهای اولویت‌های اول و دوم تخصیص در منطقه، نیاز صنعت (۱۰ میلیون مترمکعب در سال) و محیط زیست در هیچکدام از سناریوها نمی‌تواند به طور مناسب برآورد شود و نتایج به‌دست آمده نیز حاکی از آن بوده است. در سال‌های گذشته (قبل از سال پایه)، به دلیل این‌که نیاز صنعت وجود نداشت و به صورت نامحدود از منابع زیرزمینی استفاده می‌شد، نیاز محیط زیست تامین می‌شد. ولی در سال‌های اخیر به دلیل تعادل بخشی آبهای زیرزمینی، استفاده از آن محدود شده است و منبع آب سطحی تنها می‌تواند نیازهای شرب و کشاورزی را تامین کند و نیازهای صنعت و محیط زیست به صورت مناسب تامین نمی‌گردد. بنابراین در منطقه مورد مطالعه، در کنار تغییر الگوی کشت و افزایش راندمان آبیاری، الگوی مصرف شهری و استفاده از تکنولوژی روز در صنایع و استفاده از پساب‌های تصفیه شده در آن‌ها باید به صورت جدی مورد مطالعه قرار گیرد و راه‌کارهای اساسی اتخاذ شود.

جدول ۵- درصد متوسط ماهانه تامین نیازهای شرب تحت سناریوهای مختلف در بازه زمانی ده ساله شبیه‌سازی

Table 5. Average percentage of monthly supply of drinking water under different scenarios over a ten-year simulation period

سناریو	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
A	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷
B	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷
C	۹۴	۹۰	۸۴	۸۷	۸۶	۸۷	۹۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۷۸
D	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷
D-1	۹۴	۹۰	۸۴	۸۷	۸۶	۸۷	۹۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۰	۷۸
D-2	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷
E	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷
F	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷
G	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷
H	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷
I	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷
Reference	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷

جدول ۶- درصد متوسط ماهانه تامین نیازهای کشاورزی تحت سناریوهای مختلف در بازه زمانی ده ساله شبیه‌سازی

Table 6 . Average percentage of monthly supply of agricultural needs under different scenarios over a ten-year simulation period

سناریو	مهر	آبان	آذر	دی	بهمن	اسفند	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور
A	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۲	۷۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۹	۶۲
B	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۵	۹۶	۱۰۰	۱۰۰	۸۳	۷۷
C	۳۷	۴۶	۲۰	۱۰۰	۱۰۰	۲۱	۱۷	۵۳	۱۰۰	۱۰۰	۷۲	۱۷
D	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۸۳	۷۹	۱۰۰	۱۰۰	۸۱	۷۲
D-1	۳۷	۴۶	۲۱	۱۰۰	۱۰۰	۳۰	۲۱	۵۳	۱۰۰	۱۰۰	۷۳	۲۱
D-2	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۴	۹۶	۱۰۰	۱۰۰	۸۵	۸۵
E	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۴	۴۶	۶۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۸
F	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷	۱۰۰	۱۰۰	۹۸	۵۴	۲۷
G	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۷	۷۵	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۸
H	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۴	۴۶	۷۱	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۹۸

I	۶۸	۹۹	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۰	۷۸	۱۰۰	۱۰۰	۷۱	۳۱
Reference	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۱۰۰	۶۲	۷۹	۱۰۰	۱۰۰	۷۹	۶۲

جدول ۷- مقادیر اطمینان‌پذیری زمانی و حجمی سناریوها

Table 7. Time and volume reliability values of the scenarios

اطمینان پذیری / سناریو	حجمی زیست‌محیطی	زمانی زیست‌محیطی	حجمی صنعت	زمانی صنعت	حجمی شرب	زمانی شرب	حجمی کشاورزی	زمانی کشاورزی
شرایط فعلی	۷۵	۷۴	--	--	۹۹	۱۰۰	۸۵	۶۷
A	۷۲	۷۴	۷۴	۵۸	۹۹	۱۰۰	۸۵	۶۷
B	۷۳	۷۷	۸۰	۵۸	۹۹	۱۰۰	۹۲	۹۲
C	۶۶	۷۱	۲۶	۱۷	۹۰	۲۵	۶۶	۳۳
D	۷۱	۷۴	۷۸	۶۸	۹۹	۱۰۰	۹۱	۸۳
D-1	۶۵	۷۲	۲۷	۱۷	۹۰	۲۵	۷۴	۳۳
D-2	۷۶	۷۷	۸۵	۶۸	۹۹	۱۰۰	۹۶	۱۰۰
E	۷۴	۷۸	۷۶	۵۰	۹۹	۱۰۰	۷۷	۸۳
F	۶۹	۷۱	۸۱	۷۵	۹۹	۱۰۰	۷۱	۸۳
G	۷۵	۷۸	۹۰	۶۸	۹۹	۱۰۰	۹۴	۹۲
H	۷۵	۷۸	۷۶	۵۰	۹۹	۱۰۰	۷۱	۸۳
I	۶۶	۶۹	۶۲	۵۰	۹۹	۱۰۰	۷۵	۵۸

نتیجه‌گیری

با توجه به محدودیت منابع آب در جهان و به‌خصوص در منطقه مورد مطالعه و همچنین رشد سریع نیازها، نقش مدیریت منابع آب بیش از هر زمان دیگری احساس می‌شود. در این مطالعه با به کارگیری مدل شبیه سازی WEAP ، ارزیابی و مدیریت منابع آب موجود شبکه سد یامچی واقع در استان اردبیل و تأمین تقاضا در بخش‌های شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست با در نظر گرفتن رشد نیاز آنها در آینده انجام شده است. در این تحقیق ده سناریوی مدیریتی پیشنهاد شد و مورد ارزیابی قرار گرفت. از بین سناریوهای پیشنهاد شده، بهترین سناریو مربوط به استفاده از تغییر الگوی کشت و افزایش همزمان با بازده آبیاری بوده است. نتایج تحقیق نشان داد که استفاده از کشت تک محصولی حتی بدون افزایش بازدهی آبیاری می‌تواند در منطقه مورد مطالعه کارایی مناسبی داشته باشد به‌شرطی‌که فرهنگ و شرایط جامعه در آن منطقه پذیرای این امر شود و سیاست‌های تشویقی برای این کار ایجاد گردد. بدین صورت که کشت تک محصوله لوبیا باعث کاهش ۴۳ درصدی نیازهای شرایط حال حاضر خواهد شد. در صورتی که کشت تک محصوله لوبیا با افزایش راندمان آبیاری تا ۶۵ درصد

نیز همزمان باشد، باعث کاهش ۵۴ درصدی نیازهای موجود خواهد شد. درصورتی‌که نتوان در منطقه سیستم کشت تک محصوله را انجام داد، تغییر الگوی کشت پیشنهاد شده به همراه افزایش راندمان آبیاری تا ۶۵ درصد، باعث کاهش ۴۴ درصدی نیازهای شرایط حال حاضر خواهد شد. همچنین نتایج به‌دست آمده بیانگر آن است که درصورتی‌که منبع آب زیرزمینی به هر دلیلی حذف شود، منطقه دچار کمبود شدید خواهد شد و هیچ کدام از راه‌کارهای تغییر الگوی کشت و افزایش راندمان و غیره نمی‌تواند کمبود ایجاد شده را جبران کند و باید به دنبال تصفیه پساب‌های شهری، کشاورزی وصنعتی و استفاده مجدد از آنها بود. نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد، تصفیه فاضلاب شهری و استفاده مجدد از آنها می‌تواند حدود ۶۰ درصد از کمبود حاصل از حذف منبع آب زیرزمینی را تامین کند. بنابراین باید در حال حاضر ارتقای تکنولوژی تصفیه پساب‌ها و استفاده مجدد از آن‌ها در آینده دارای اهمیت قابل توجهی خواهد بود.

References

1. Seifi, Keyvan, Nazarifar, Mohamad Hadi, Momeni, Rezvane, Assessing the allocation and management of water demand scenarios - a Case Study of Karun (Izeh city),The first regional conference of the Karun and Zayandehrood Basins water resource exploitation(opportunities and challenges), 2006,Shahr-e-Kord, Shahr-e-Kord university.(In Persian)
2. Rajaei, Frorozan, Samadi, Hosein, Saeednia, Mehri, Groundwater Resources Assessment of Chaharmahal Bakhtiari Plain Province Using WEAP Model, First International Conference on Water Crisis, 2008, Zabul University, Hamoun International Wetland Research Institute. (In Persian)
3. Kazem, Masoud, Mohammadi, Ssolmaz, Maknoun, Reza, Investigating the Impacts of Climate Change on Water Resources Allocation Using the WFAP Model Case Study of Zanjanrood Basin, First International Conference on Water Resources Management, 2009, Shahrood, Shahrood University of Technology. (In Persian)
4. Sahebdel, Shirin, Akbarpour, Abolfazl, Quantitative-Qualitative Evaluation of Water Allocation Scenarios Using WEAP Model Case Study: Qarah Soo Basin in Golestan Province, 4th Iranian Water Resources Management Conference, 2011, Tehran, Amir Kabir University of Technology. (In Persian)
5. Bagheri Harouni, Mohamad Hosein, Morid, Saeed, Comparison of WEAP and MIKE BASIN models in water resource allocation (Case study: Talvar River). Journal of Water and Soil Conservation Research, 2013, 20 (1): 151-167. (In Persian)
6. Pour Mohammad, Yavar, Shahnazari, Ali, Emadi, Alireza, Tabar Ahmadi, Mirkhalgzia, Water Resources Allocation in Alborz Project Using WEAP Model, 9th International Congress of Civil Engineering, 2012, Isfahan, Isfahan University of Technology. (In Persian)
7. Farahmand, Alireza, Bagheri, Meysam, Determining the Water Requirement of Maharloo Wetland Using WEAP Water Resources Allocation Model, Second Conference on Environmental Planning and Management, 2012, Tehran, Tehran University. (In Persian)
8. Aghakarami, Mohsen, Moridi, Ali, Quantitative Assessment of Water Allocation Scenarios Using WEAP (Case Study: Tehran-Karaj Plain), 5th Iranian Water Resources Management

Conference, 2013, Tehran, Iran Water Resources Science and Engineering Association, Shahid Beheshti University. (In Persian)

9. Kermanshahi, Somayye, Davari, Kamran, Hashminia, Majid, Farid Hosseini, Alireza, Ansari, Hosein, Application of WEAP Model to Evaluate the Effect of Irrigation Water Consumption on Neyshabour Plain Water Resources, Journal of Water and Soil, 2013, 27 (3): 494-505. (In Persian)
10. Dehghan, Zahra, Delbari, Masoume, Mohammad Rezapour, Omonnabi, Resource Allocation Planning under Management Scenarios in Gorganrood Basin, Journal of Water and Soil Science, 2015, 25 (3): 117-132. (In Persian)
11. Rafiei Darani, Hadi, Kohansal, Mohammadreza, Ghorbani, Mohammad, Sabouhi, Mahmoud, Hydro-economic modeling in analyzing water resource management strategies in Neyshabur plain, Journal of Agricultural Economics and Development, 1396, 99: 41-77. (In Persian)
12. Lévite H, Sally H, Cour J. 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 [Internet]. Elsevier BV; 2003 Jan; 28(20-27):779–86.
13. Assaf H, Saadeh M. Assessing water quality management options in the Upper Litani Basin, Lebanon, using an integrated GIS-based decision support system. Environmental Modelling & Software [Internet]. Elsevier BV; 2008 Oct; 23(10-11):1327–37.
14. Al-Omari A, Al-Quraan S, Al-Salihi A, Abdulla F. A Water Management Support System for Amman Zarqa Basin in Jordan. Water Resources Management [Internet]. Springer Science and Business Media LLC; 2009 Mar 6; 23(15):3165–89.
15. Alfarra A, Benedict EK-, Hötzl H, Sader N, Sonneveld B. Modeling Water Supply and Demand for Effective Water Management Allocation in the Jordan Valley. Journal of Agricultural Science and Applications [Internet]. American V-King Scientific Publishing; 2012 Mar 30; 01(01):1–7.
16. Kotir JH, Smith C, Brown G, Marshall N, Johnstone R. A system dynamics simulation model for sustainable water resources management and agricultural development in the Volta River Basin, Ghana. Science of the Total Environment [Internet]. Elsevier BV; 2016 Dec; 573:444–57.
17. Nassery HR, Adinehvand R, Salavitabar A, Barati R. Water Management Using System Dynamics Modeling in Semi-arid Regions. Civil Engineering Journal [Internet]. Ital Publication; 2017 Oct 7;3(9):766–78.
18. Yuan L, He W, Liao Z, Degefu DM, An M, Zhang Z. Simulating Water Resource Disputes of Transboundary River: A Case Study of the Zhanghe River Basin, China. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science [Internet]. IOP Publishing; 2018 Jan; 111:012001.
19. Yang L, Bai X, Zheng Khanna N, Yi S, Hu Y, Deng J, et al. Water evaluation and planning (WEAP) model application for exploring the water deficit at catchment level in Beijing. DESALINATION AND

WATER TREATMENT [Internet]. Desalination Publications; 2018; 118:12–25.

20. Kou L, Li X, Lin J, Kang J. Simulation of Urban Water Resources in Xiamen Based on a WEAP Model. Water [Internet]. MDPI AG; 2018 Jun 5; 10(6):732.
21. Tena TM, Mwaanga P, Nguvulu A. Hydrological Modelling and Water Resources Assessment of Chongwe River Catchment using WEAP Model. Water [Internet]. MDPI AG; 2019 Apr 21; 11(4):839.
22. Teklu S, Soliman AH and El-Zawahry A. Testing the WEAP Hydrologic Model for Awash Basin, Ethiopia "Soil Moisture Module with Watershed Demand Approach."Civil and Environmental Research [Internet]. International Institute for Science, Technology and Education; 2020 Mar.
23. User manual of Water Evaluation and Planning System, 2015
24. Balance Report and Water Cycle of Ardabil Study Area, 2009, Qatre Baran Sahra Consulting Engineers. (In Persian)
25. 20 Year Outlook Report of Ardebil Regional Water Company Management System, 2003. (In Persian)