2021, Vol.8, No.3, Pages 1 to 10
Journal of Water and Sustainable Development

سال هشتم، شماره ۳، ۱۴۰۰، صفحات ۱ تا ۱۰
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Applied

نوع مقاله: کاربردی

Use of Modeling in the Development of Water Resources and Consumption Scenarios; Case Study: Varamin Plain

A.R. Ahmadi[1], B. Malemohammadi[2*], L. Zebardast[3]

1,2,3- MSc, Associate Professor and Assistant Professor, School of Environment, College of Engineering, University of Tehran, Teharn, Iran.

*(Corresponding Author Email: malekb@ut.ac.ir)

Received: 15-03-2021 Revised: 03-06-2021
Accepted: 20-06-2021 Available Online: 06-12-2021

استفاده از مدل‌سازی در توسعه سناریوهای منابع و مصارف آب؛ مطالعه موردی: محدوده مطالعاتی دشت ورامین

علیرضا احمدی[1]، بهرام ملک محمدی[2*]، لعبت زبردست[3]

۱ ، ۲ و ۳- به‌ترتیب کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار، دانشکده محیط‌زیست، پردیس دانشکده‌های فنی، دانشگاه تهران، ایران.

*(نویسنده مسئول، E.mail: malekb@ut.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۵ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۳/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۳/۳۰ تاریخ انتشار: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵

Abstract

The utilization of water resources models enables correct and sustainable planning in water resources management. The purpose of this study is to optimize the use of water resources in the catchment area of Varamin plain for 10 years under different management scenarios. To achieve optimal conditions in the volume of water resources, the minimization of non-supply needs and the needs of different land use in Varamin plain were studied. Accordingly, the situation of water resources in Varamin plain in three sectors of agriculture, industry, and drinking using WEAP model under two scenarios: a- reference with prioritization of the ministry of energy and b- scenario of reducing inlet volume by changing prioritization in the period 2016-2026 Solar was evaluated. The climate of the region was studied based on the model of the blue year (flow, precipitation, evapotranspiration, temperature) and entered the model. The results showed that according to Scenario A, we will have a 30% shortage of drinking water supply in the region, and this is 37% for the scenario of the reduced input volume. Based on the results, the reference scenario, which in terms of meeting different needs and reliability index of water needs and maximum volume of water not provided during the statistical period, compared to the scenario of the reduced input volume, has a better performance for the Varamin plain, It was considered as the preferred scenario.

Keywords: Water Resources Models, Varamin Plain, Water Resources, Climate, WEAP.

چکیده

بهره‌مندی از مدل‌های منابع آب، امکان برنامه‌ریزی صحیح و پایدار در مدیریت منابع آب را فراهم می‌کند. هدف از انجام پژوهش حاضر، بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع آبی حوضه آبریز دشت ورامین طی ۱۰ سال تحت سناریوهای مختلف مدیریتی است. برای رسیدن به شرایط بهینه در مقدار حجم منابع آب، حداقل سازی عدم تأمین نیازها و میزان نیاز کاربری‌های مختلف در دشت ورامین بررسی شد. براین اساس وضعیت منابع آب دشت ورامین در سه بخش کشاورزی، صنعت و شرب با استفاده از مدل WEAP تحت دو سناریوی الف- مرجع با اولویت‌بندی وزارت نیرو و ب- سناریو کاهش حجم ورودی با تغییر اولویت‌بندی در دوره ۱۳۹۵-۱۴۰۵ شمسی ارزیابی شد. اقلیم منطقه براساس مدل سال آبی (دبی، بارش، تبخیر و تعرق، دما) بررسی و وارد مدل شد. نتایج نشان داد براساس سناریوی الف در تأمین آب شرب ۳۰٪ کمبود آب در منطقه خواهیم داشت و این مورد برای سناریوی کاهش حجم ورودی ۳۷٪ می‌باشد. براساس نتایج، سناریوی مرجع که از نظر تأمین نیازهای مختلف و شاخص اطمینان‌پذیری تأمین نیازهای آبی و حداکثر حجم آب تأمین نشده در طول دوره آماری نسبت به سناریوی کاهش حجم ورودی، عملکرد بهتری را برای محدوده دشت ورامین به همراه داشته است، به‌عنوان سناریوی برگزیده در نظر گرفته شد.

واژه‌های کلیدی: مدل‌های منابع آب، دشت ورامین، منابع آب، اقلیم، WEAP.

HomePage: https://jwsd.um.ac.ir
How to cite this article: Ahmadi A., Malekmohammadi B. and Zebardast L. 2021. Use of Modeling in the Development of Water Resources and Consumption Scenarios; Case Study: Varamin Plain. Journal of Water and Sustainable Development, 8(3): 1-10. doi: 10.22067/jwsd.v8i3.2021.1030

مقدمه

مفهوم توسعه پایدار منابع آب و تأمین نیازهای جمعیت فعلی بدون اثر منفی بر توانایی تأمین نیازهای نسل‌های آینده بوده و برنامه‌ریزی برای آن، مستلزم مدل‌سازی، طراحی و مدیریت سامانه‌های منابع آب است. بسیاری از مناطق جهان با چالش‌های درخور توجهی در مدیریت آب‌های شیرین روبه‌رو هستند. تخصیص منابع محدود آب کیفیت محیط‌زیست و سیاست‌های استفاده پایدار آب، مسائلی هستند که نگرانی در مورد آن‌ها رو به افزایش است. در مدیریت یکپارچه منابع آب برای اینکه فرآیندها و اقدامات به شکل عرضه و تقاضا در نظر گرفته شوند باید هم‌زمان به دو سیستم مجزا که چشم‌انداز مدیریت را شکل می‌دهند، توجه شود. یکی از آن‌ها سیستمی است که به قالب بیوفیزیکی منطقه، تقاضای آب، وجود آب و انتقال آن درون یک حوضه مربوط می‌شود (Loucks و همکاران، ۲۰۰۵).

رویکرد مدیریت جامع منابع آب در شرایط مختلف آب و هوایی و اجتماعی-اقتصادی ضروری است. سیستم مدیریت همواره به دنبال برقراری تعادل میان مصارف انسان و نیازهای آبی محیط‌زیست می‌باشد. بنابراین می‌توان بیان کرد تحلیل یکپارچه طبیعت و سیستم‌های مدیریت‌شده مفیدترین روش برای دستیابی به این هدف می‌باشد. در تمام نقاط ایران برای دهه‌های آینده تغییرات بارش روند کاهشی دارد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۹). مدیریت صحیح و کارآمد منابع آب نیازمند شناخت و بررسی اثرات هیدرولوژیکی توسعه سامانه‌های آبیاری بر کیفیت و کمیت منابع آب حوضه آبریز است. همچنین، فرایندهای هیدرولوژیک مناطق خشک و نیمه‌خشک، حساسیت بسیار زیادی در برابر تغییرات دارند (Momblanch و همکاران، ۲۰۱۹). برنامه‌ریزی و مدیریت جامع منابع آب، یک سیستم مشارکتی با حضور تمام ذی‌نفعان و تصمیم‌گیران است که با در نظر گرفتن کلیه منابع آب اعم از سطحی و زیرزمینی و آب برگشتی از لحاظ کمی، کیفی و تمام مصارف اعم از شرب، صنعت، کشاورزی و محیط‌زیست با هدف توسعه پایدار منابع آب تعریف می‌شود. محدوده دشت ورامین به دلیل موقعیت خاص و شرایط کم آبی موجود یکی از مناطق مهم جهت برنامه‌ریزی و مدیریت جامع منابع آب می‌باشد. تمام خسارت‌هایی که از خشکسالی‌های کشور رخ می‌دهد هنوز براساس معیارهای موجود ایران جزء کشورهای کم آب دنیا قلمداد نمی‌شود.

در زمینه استفاده از مدل WEAP برای مدیریت و برنامه‌ریزی منابع آب در سرتاسر جهان تحقیقاتی صورت گرفته است که در ادامه به آن اشاره شده است.

زینال‌زاده و همکاران (۱۳۹۸) عملکرد مدل WEAP در شبیه‌سازی هیدرولوژیک حوضه آبریز الند را در یک دوره آماری ۱۶ ساله بررسی کردند. نتایج عملکرد خوب مدل WEAP در شبیه‌سازی رفتار هیدرولوژیک اعم از بارش-رواناب، جریان پایه، آب زیرزمینی و سایر اجزای بیلان آبی حوضه آبریز الند را نشان داد. در این پژوهش، نتایج شبیه‌سازی سناریوی تأمین آب شرب منطقه از سد آق‌چای کاهش در افت سطح آب زیرزمینی و افزایش حجم آبخوان به میزان سالیانه ۵/۴ میلیون متر مکعب را نشان داد (زینال‌زاده و همکاران، ۱۳۹۸). Ospina و همکاران (۲۰۰۹) عرضه و تقاضای آب را تحت سناریوهای مختلف تغییرات اقلیم در حوضه سینو کارائیب در کلمبیا مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. تغییرات اقلیم براساس مدل کلی چرخش تغییرات اقلیم تحت سناریوهای A2 بررسی شد و از مدل هیدرولوژیکی WEAP برای شبیه‌سازی سیستم‌های مختلف آب و سیاست‌های مدیریت به‌منظور فراهم کردن ابزار، ضوابط و عناصر تصمیم‌گیری برای ایجاد استراتژی‌های تطبیقی تحت شرایط نامطلوب، استفاده شد و کارایی این مدل را برای مدیریت یکپارچه منابع آب قابل قبول نشان داد (Ospina و همکاران، ۲۰۰۹). Hum و Abdul-Talib (۲۰۱۶) از مدل WEAP برای بررسی منابع و مصارف آب موجود در شهر Selangor در مالزی تا سال ۲۰۵۰ میلادی استفاده کردند. نتایج نشان داد استفاده از آب زیرزمینی به‌عنوان یک منبع جایگزین و اقدامات صرفه‌جویی در مصارف، کمبود آب در منطقه مطالعاتی را تا حد قابل‌قبولی کاهش می‌دهد (Hum و Abdul -Talib، ۲۰۱۶).

Faiz و همکاران (۲۰۱۷) از مدل WEAP به بررسی تغییرات جریان و شدت خشکسالی در حوضه رودخانه Songhua در شمال چین پرداختند. نتایج نشان داد مدل WEAP می‌تواند به‌طور مؤثری در این حوضه استفاده شود. نتایج نشان داد با استفاده از نرم‌افزار WEAP می‌توان در حوزه تخصیص منابع باتوجه‌به سناریوهای مختلف برنامه‌ریزی قابل‌قبول و مفیدی داشت (Faiz و همکاران، ۲۰۱۷). Khalil و همکاران (۲۰۱۸) قابلیت مدل WEAP در تخمین میزان آب زیرزمینی از رواناب ناشی از بارندگی در حوضه Mae Klong تایلند را بررسی کردند. آن‌ها حوضه فوق را به ۶ زیر حوضه تقسیم نموده و با استفاده از گزینه بارش-رواناب در مدل WEAP رواناب ناشی از بارندگی را در یک دوره ۱۵ ساله شبیه‌سازی کردند و میزان تغذیه آب زیرزمینی را برآورد نموده و قابلیت مدل WEAP در تخمین میزان تغذیه طبیعی آب‌های زیرزمینی را تأیید کردند (Khalil و همکاران، ۲۰۱۸).

مطالعات گذشته نشان می‌دهد بررسی تأثیرات هیدرولوژیک مدیریت منابع آب در حوضه‌های آبریز بااستفاده‌از مدل‌سازی مورد توجه محققان بوده است. باتوجه‌به شرایط پیچیده هیدرولوژیک ناشی از دخالت‌های انسانی و وضعیت بحرانی منابع آب در حوضه آبریز ورامین پژوهش حاضر با هدف توسعه مدل منابع آبی این حوضه آبریز با استفاده از مدل WEAP در این منطقه برنامه‌ریزی شد. با توسعه این مدل در منطقه مورد

مطالعه، می‌توان سناریوهای مختلفی براساس راهکارهای ارتقای مدیریت آب و شرایط موجود برای منابع آب منطقه برنامه‌ریزی کرد. در این پژوهش به مقایسه ادامه روند کنونی باتوجه‌به میزان بارش، رطوبت، دما، میزان مصارف کاربری‌های مختلف در منطقه و دیگر پارامترهای اثرگذار باتوجه‌به کاهش حجم ورودی آب در منطقه پرداخته شد. همچنین با در نظر گرفتن منابع آب سطحی و زیرزمینی و مصارف مختلفی از قبیل شرب، صنعت و کشاورزی، شبیه‌سازی حوضه آبریز دشت ورامین توسط مدل WEAP انجام شد و با اعمال سناریوهای مختلف مقایسه تطبیقی شد. در این پژوهش مدل‌سازی و بررسی اثرات مختلف آب و هوایی باتوجه‌به حجم آب در دسترس به کمک سناریوهای مختلف در راستای اصلاح الگوی مصرف و برنامه‌ریزی برای تأمین آب دشت ورامین در سال‌های پیش‌رو می‌باشد.

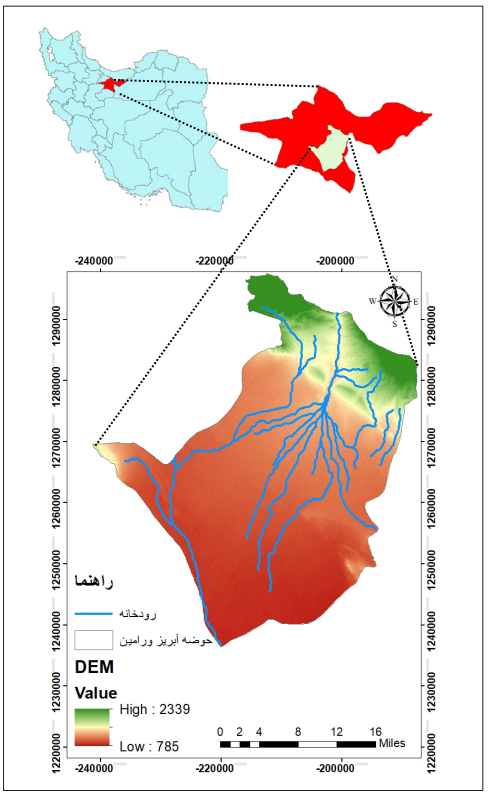
مواد و روش‌ها

• محدوده مورد مطالعه

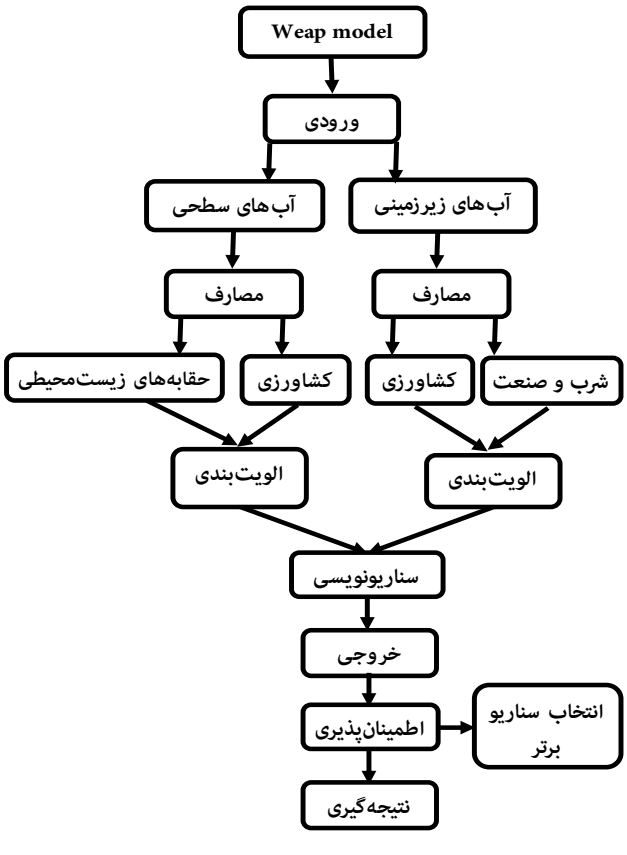
دشت ورامین در ۴۵ کیلومتری جنوبی تهران و بین طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۵۱ درجه ۴۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۰ دقیقه تا ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه و در ارتفاع تقریبی ۱۰۰۰ متر از سطح دریا واقع شده است. مساحت دشت آبرفتی آن حدود ۱۳۸۰۰۰ هکتار است که بیش از ۵۰۰۰۰ هکتار از آن جزء اراضی کشاورزی محسوب می‌شود.

دشت ورامین دارای اقلیم خشک بوده و از ویژگی‌های آن بارندگی کم، گرمای زیاد و دوره خشک طولانی است. نواحی شمالی این منطقه با میانگین دمای سالانه ۱۱ درجه سانتی‌گراد کمترین دمای منطقه و نواحی جنوبی منطقه با میانگین سالانه ۱۸ درجه سانتی‌گراد بیشترین دما را دارند. توزیع فضایی بارش در این منطقه بیانگر آن است که از شمال به جنوب و از غرب به شرق از میزان بارش منطقه کاسته می‌شود. تغییرات بارش ایستگاه ورامین نشان می‌دهد مقدار بارش میانگین سالانه در این منطقه ۱۷۳ میلی‌متر است (وزارت نیرو، ۱۳۹۵). نقشه منطقه مورد مطالعه در شکل (۱) ارائه شده است.

در منطقه مورد مطالعه باتوجه‌به خشکسالی چند سال اخیر و افزایش روند کویری شدن، نیاز ویژه‌ای به برنامه‌ریزی در تخصیص منابع آب در حوزه کیفیت و کمیت آب با توجه به کاربری اراضی و نحوه صحیح استفاده از آن وجود دارد. نمودار مراحل انجام پژوهش در شکل (۲) ارائه شده است. طبق فلوچارت ارائه‌شده ابتدا با بارگذاری داده‌های ورودی و خروجی منابع آب سناریوهای مورد نظر تعیین شده و نتایج شبیه‌سازی سناریوها ارائه شده است. سپس با بررسی نمودارهای کمی و نتایج حاصل از سناریوها، شرایط منطقه برای آینده پیش‌بینی صورت گرفته است.



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز ورامین



شکل ۲- فلوچارت مراحل انجام پژوهش

• منابع آب

بیشترین میزان مصرف آب سطحی در دشت ورامین حدود ۳۳۱/۳۸ میلیون مترمکعب بر سال است. رودخانه‌های جاجرود و رود شور، رودخانه‌هایی هستند که به این دشت وارد می‌شوند. رودخانه جاجرود که اصلی‌ترین منبع آب سطحی این دشت است، از شمال شرق و رود شور از شمال غرب وارد محدوده می‌شوند (شمشکی و انتظام سلطانی، ۱۳۸۴). مجموع ورودی آبخوان آبرفتی تغذیه سالانه دشت ورامین ۳۸۷/۶ میلیون مترمکعب و مجموع خروجی از آبخوان ۴۶۶/۶ میلیون مترمکعب برآورده شده است. بنابراین تغییر سالانه حجم مخزن آبرفتی دشت ۷۹- میلیون مترمکعب است. براساس مصرف آبخوان دشت ورامین افت متوسط سطح آب زیرزمینی طی دوره ۱۸ ساله ۱۳۷۷ تا ۱۳۹۵، ۱/۳۳ متر بر سال است. با توجه به ۹۸۰ کیلومترمربع وسعت و ۶ ٪ ضریب ذخیره آبخوان آبرفتی، کسری سالانه حجم مخزن دشت ورامین ۷۸/۲ میلیون مترمکعب می‌باشد که با بیلان آب زیرزمینی همخوانی دارد. مجموع مصرف آب در دشت ورامین ۸۴۴ میلیون متر مکعب است که ۴۵۹ میلیون متر مکعب از منابع زیرزمینی و ۳۸۵ میلیون متر مکعب از جریان‌های سطحی و چشمه‌ها تأمین می‌شود. از مجموع آب‌های زیرزمینی، ۶۸ میلیون متر مکعب در بخش شرب، ۱۶ میلیون متر مکعب در بخش صنعت و ۷۵۹ میلیون متر مکعب در بخش کشاورزی مصرف می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۹۵).

به‌منظور بررسی کمی منابع آب محدوده دشت ورامین از داده‌های دبی، بارش، تبخیر، ورودی به مخزن، مصرف نیازهای مختلف (شرب،کشاورزی، صنعتی، حقابه محیط‌زیست)، جمعیت و سطح زیر کشت استفاده شده است (وزارت نیرو، ۱۳۹۵).

آبخوان دشت ورامین در شمال غرب با آبخوان دشت تهران و در جنوب غرب با حوضه آبریز کرج مرتبط می‌باشد. رودخانه شور که مرز غربی دشت ورامین محسوب می‌شود، تغذیه‌کننده است. منبع اصلی تأمین‌کننده آب این رودخانه رواناب‌های سطحی و فاضلاب‌های خام تهران و شمیرانات می‌باشد (وزارت نیرو، ۱۳۹۵). تغییرات بارش ایستگاه ورامین نشان می‌دهد ورامین در طول سال بارندگی کمی دارد. به‌طوری‌که در فصل تابستان تقریباً بارشی ندارد و حداکثر بارش آن ۳۵/۲ میلی‌متر در ماه بهمن است. مقدار بارش سالانه در این منطقه معادل ۱۷۳ میلی‌متر است. نتایج حاصل از پارامترهای دمایی نشان می‌دهد منطقه ورامین در دی ماه کمترین دما و در تیرماه بیشترین دما را دارد (شمشکی و انتظام سلطانی، ۱۳۸۴).

مجموع سالانه بارش در حوضه‌های مطالعاتی، در دشت ۱۵۷/۵ میلی‌متر و در ارتفاعات ۱۹۷/۸ میلی‌متر است. توزیع بارش ماهانه در این دشت در بازه ۱۰ ساله بین ۰/۸ میلی‌متر در شهریور ماه و ۲۷/۶ میلی‌متر در اسفند ماه متغیر است. همچنین کمینه بارش در ارتفاعات با ۱ میلی‌متر متعلق به شهریورماه و بیشینه آن با ۳۹/۲ میلی‌متر متعلق به بهمن ماه می‌باشد (وزارت نیرو، ۱۳۹۵).

باتوجه‌به استانداردها و دستورالعمل‌های موجود در کشور (موسسه تحقیقات آب و خاک)، کلیه اراضی از نظر شکل ظاهری و فیزیوگرافی به ۹ تیپ اصلی و ۳ تیپ فرعی تقسیم می‌شوند که عبارت‌اند از: کوه‌ها، تپه‌ها، فلات‌ها و تراس‌های فوقانی، دشت‌های دامنه‌ای، دشت‌های رسوبی رودخانه‌ای، اراضی پست، اراضی دشت سیلابی، واریزه‌های بادبزنی شکل سنگریزه‌دار، آبرفت‌های بادبزنی و سه تیپ فرعی دشت‌های آبرفتی، اراضی مخلوط و اراضی متفرقه (شمشکی و انتظام سلطانی، ۱۳۸۴).

پوشش گیاهی در سطح این دشت شامل مراتع، زراعت آب و باغی و زراعت دیم می‌باشد. مراتع با گسترش حدود ۲۴٪ بعد از زراعت آبی و باغی قرار می‌گیرد. درصد گسترش زراعت دیم در این پهنه بسیار محدود و حدود ۰/۰۷٪ از مساحت دشت را به خود اختصاص داده است. در جدول (۲) نوع پوشش گیاهی، درصد تاج و گسترش آن در سطح دشت ورامین ارائه شده است.

• رویکرد مدل WEAP

مدل برنامه‌ریزی و ارزیابی منابع آب (WEAP) نوعی بسته مدل‌سازی بوده که قادر به ارزیابی یکپارچه‌ای از اقلیم، هیدرولوژی، کاربری اراضی، تأسیسات آبیاری و اولویت‌های مدیریت آب حوضه آبریز است. در مدل WEAP، تأمین تمامی محدودیت‌ها به‌طور متناوب برای هر گام زمانی و با توجه به اولویت عرضه و تقاضا تعریف می‌شود. مدل WEAP در هر گام زمانی معادله تعادل جرمی آب را برای هر گره و شاخه محاسبه می‌کند (احمدآلی و همکاران، ۱۳۹۷؛ Yates و همکاران، ۲۰۰۵b؛ Yates و همکاران، ۲۰۰۵a). با استفاده از سری‌های زمانی اقلیم، مدل WEAP مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژیک را با شبیه‌سازی فرایند بارش-رواناب در سطح حوضه آبریز محاسبه می‌کند (Esteve و همکاران، ۲۰۱۵). در فرایند شبیه‌سازی، رفتار هیدرولوژیک حوضه آبریز توسط مدل WEAP، ابتدا در مرحله نخست، مؤلفه‌های زمانی و مکانی سامانه آبی تعریف شده و در مرحله‌ی دوم وضعیت فعلی آبی براساس منابع و مصارف شبیه‌سازی می‌شود. برای واسنجی مدل یا تعیین پارامترهای بهینه آن، از ابزار PEST استفاده می‌شود. PEST ابزار کارآمدی است که از طریق فراهم‌سازی مقایسه مقادیر شبیه‌سازی و مشاهداتی مدل، واسنجی یک یا چند متغیر را به‌صورت هم‌زمان میسر می‌کند. واسنجی مدل با مقایسه دبی شبیه‌سازی‌شده سالیانه با دبی مشاهداتی در ایستگاه هیدرومتری منتخب در منطقه انجام شد. پس از واسنجی، بدون تغییر در متغیرهای ثابت و پارامترهای واسنجی

شده، نتایج مدل با داده‌های مشاهده شده ایستگاه منتخب در حوضه برای دوره شبیه‌سازی مقایسه و اعتبارسنجی شد. در گام سوم سناریوها تبیین و تدوین شد، این گام مجموعه‌ای از فرضیه‌های مربوط به تأثیرات تغییر سیاست‌ها، هزینه‌ها و شرایط اقلیمی در آینده را در برگرفت. در گام چهارم ارزیابی کاربرد مدل انجام شد که در آن گزینه‌ها باتوجه به‌کفایت آب، هزینه‌ها و سودها، سازگاری با اهداف محیط‌زیستی و حساسیت نسبت به عدم قطعیت‌ها در متغیرهای کلیدی مدنظر ارزیابی شد (Esteve و همکاران، ۲۰۱۵). مراحل اجرای مدل WEAP در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- مراحل اجرای مدل WEAP

شماره مرحله	عنوان	مشخصات	ورودی
مرحله اول	تنظیم پارامترهای عمومی	تعیین سال پایه طول دوره شبیه‌سازی تعیین تعداد روزهای ماه	۱۳۹۵ ۱۰
مرحله دوم	ورود اطلاعات	سایت تأمین	آب سطحی آب‌بندان سد آب زیرزمینی
		سایت تقاضا	کشاورزی شرب صنعت
مرحله سوم	نوشتن سناریو	ایجاد طرح‌های مدیریتی	
مرحله چهارم	اجرای برنامه	مقایسه نتایج سناریوها	نتیجه‌گیری و تحلیل

• توسعه سناریوها

در این مرحله مجموعه‌ای از فرضیات مربوط به تأثیر هرگونه تغییرات در سیستم (به دلیل تغییر سیاست‌ها در آینده و یا شرایط اقلیمی) تعریف شد. WEAP شامل سناریوهای تحلیلی می‌باشد. این سناریوها مشخصات اقتصادی-اجتماعی سیستم در آینده، در طول زمان و در شرایط مشخص از سیاست‌گذاری را تعریف می‌کنند.

سناریوها می‌توانند نیازهای آبی، قیمت و حتی عوامل محیطی را ارزیابی کنند. همه سناریوها از یک سال پایه شروع می‌شوند و می‌توانند طیف وسیعی از موضوعات را شامل شوند، به‌طوری‌که به‌وسیله آن‌ها پاسخ بسیاری از سوال‌ها با مفهوم "What-if" را می‌توان دریافت کرد. در نوشتن سناریوها فرضیات ثابتی وجود دارند که برای تمام سناریوها صادق می‌باشند. از این فرضیات می‌توان برای تمام سناریوها استفاده کرد. در این صورت اطلاعات منطقه در سال پایه و یا در قسمت فرضیات کلیدی مدل وارد می‌شوند که این روش تنها جهت سهولت کار است، زیرا در این حالت دیگر لازم نیست تمام اطلاعات را تک‌تک برای همه سناریوها وارد کرد (Levite و همکاران، ۲۰۰۳).

در مدل‌های شبیه‌سازی مانند WEAP که قابلیت سناریوپذیری دارند، می‌توان شرایط ایجاد شده تحت سیاست‌های مختلف بهره‌برداری را در قالب سناریوهایی ارزیابی کرد. بنابراین در تحقیق حاضر منابع آب و میزان مصرف برای ۱۰ سال تحت ۲ سناریوی مختلف ارزیابی شد و نتایج حاصل از آن برای محدوده دشت ورامین تفسیر شد.

• سناریو مرجع

سناریو مرجع بیانگر ادامه شرایط کنونی بدون تغییر اساسی در سیاست‌های مدیریتی در آینده می‌باشد. در این سناریو سال ۱۳۹۵ به‌عنوان سال پایه تعریف شده و شبیه‌سازی برای افق ۱۰ ساله تا سال ۱۴۰۵ انجام شد. در سناریوی مرجع فرض شد تمامی نیازها ثابت است. ترتیب اولویت تخصیص منابع آب مورد تایید وزارت نیرو به‌ترتیب شرب و صنعت، کشاورزی و محیط‌زیست بیان شده است. در این سناریو فرض‌های ذیل برقرار است:

۱- تقاضای کشاورزی و راندمان آن مانند شرایط کنونی و بدون تغییر در نظر گرفته شده است. ۲- تقاضای آب شرب برای شهر و جمعیت منطقه ثابت در نظر گرفته شده است. ۳- تقاضای صنعتی و محیط‌زیستی مانند شرایط کنونی برای سال ۱۴۰۵ در نظر گرفته شده است.

• سناریو کاهش حجم ورودی

باتوجه‌به اینکه ایران جز کشورهای خشک جهان با نزولات جوی کم می‌باشد، بیشتر مناطق کشور با چالش تأمین آب شیرین مواجه هستند. همچنین در سال‌های اخیر کشور با خشکسالی‌ها و افزایش جمعیت مواجه شده است. در سناریو کاهش حجم ورودی آب با توجه به روند افزایش دما و کاهش میزان بارندگی فرض شد، طی سال‌های آینده منطقه با اقلیم خشک روبه‌رو شود. در طول دوره پیش‌بینی آب و هوای منطقه براساس مدل سال آبی (دبی، بارش، تبخیر و تعرق، دما) بررسی و وارد مدل شد.در این روش سال‌های آبی به انواع خشک، نیمه‌خشک، معمولی، مرطوب و خیلی مرطوب تقسیمبندی می‌شوند و برای هرکدام در مدل ضریبی تعریف می‌شود که نشان‌دهنده میزان خشکی آن سال می‌باشد. باتوجه‌به تعریف سال‌ها از نظر خشکی میزان دبی ورودی برای سال‌های آینده با نسبتی از دبی ورودی سال پایه محاسبه شده است. این سناریو بر مبنای سناریوی مرجع تعریف شد. به‌طوری‌که فرض بر این است که در آینده روند منطقه رو به کم آبی می‌باشد و میزان حقابه محیط‌زیستی افزایش پیدا می‌کند. لذا در این پژوهش نیازهای شرب، کشاورزی و محیط‌زیست در اولویت اول و نیاز صنعتی در اولویت بعدی در نظر گرفته‌شد.

در سناریو مرجع، به شبیه‌سازی شرایط واقعی باهدف برنامه‌ریزی برای وضعیت موجود و پیش‌بینی برای آینده اقدام شد. این سناریو براساس شرایط منطقه از قبیل بارندگی، تبخیر و تعرق، رطوبت و دما منطقه در سال ۱۳۹۵ وارد مدل شد و براساس شرایط موجود در منطقه شبیه‌سازی صورت گرفت. همچنین، سناریو کاهش حجم ورودی آب در منطقه و افزایش نیاز آب شبیه‌سازی شد. به‌بیان‌دیگر، در این سناریو برای تأمین آب کشاورزی، شرب و صنعت منطقه، با افزایش نیاز و کاهش حجم ورودی، منابع آب زیرزمینی و سطحی ارزیابی شدند.

• شاخص اطمینان‌پذیری

سیستم‌های مخازن ذخیره در تأمین آب در طی دوره‌های خشکسالی، به مدت چندین ماه یا سال دچار شکست می‌شوند. بهره‌برداری بدون شکست سیستم ذخیره معمولاً به‌وسیله شاخص قابلیت اعتماد ارزیابی می‌شود. Hashimotoو همکارن (۱۹۸۲) شاخص قابلیت اعتماد را به‌صورت ذیل بیان کردند:

نتیجه حالت یک سیستم به‌صورت متغیرهای تصادفی در زمان t در دو مجموعه می‌باشد. یکی از مجموعه‌ها شامل همه نتایج رضایت‌بخش و مجموعه دوم شامل همه نتایج غیرقابل‌قبول می‌باشد. عملکرد سیستم در هر زمان t یکی از دو مجموعه به‌حساب می‌آید (Hashimoto و همکاران، ۱۹۸۲). قابلیت اعتماد یا اطمینان‌پذیری یک سیستم به‌صورت فرکانس یا احتمال برای سیستم که در حالت نرمال باشد تعریف شد. قابلیت اعتماد عبارت است از بخشی از زمان که مخزن قادر به تأمین تقاضا باشد (رابطه ۱) بر این اساس در رابطه (۱) Rf بیانگر قابلیت اعتماد بر پایه زمان، f تعداد کل دوره‌های بازگشت، T تعداد کل دوره زمانی ثبت‌شده می‌باشد. برای محاسبه شاخص اطمینان‌پذیری، آستانه تعیین شکست سیستم در زمینه تأمین آب برای گره‌های نیاز کشاورزی ۶۰ درصد و برای گره‌های نیاز شرب و صنعت ۹۰ درصد در نظر گرفته شده است (محمدی و همکارن، ۱۳۸۹).

$$Rf = (1 - f/T) \quad (1)$$

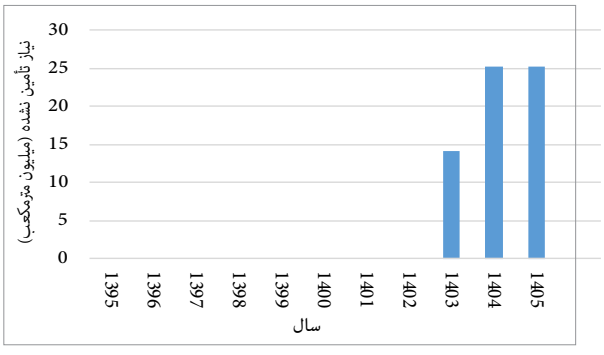
یافته‌ها و بحث

• بررسی سناریوها

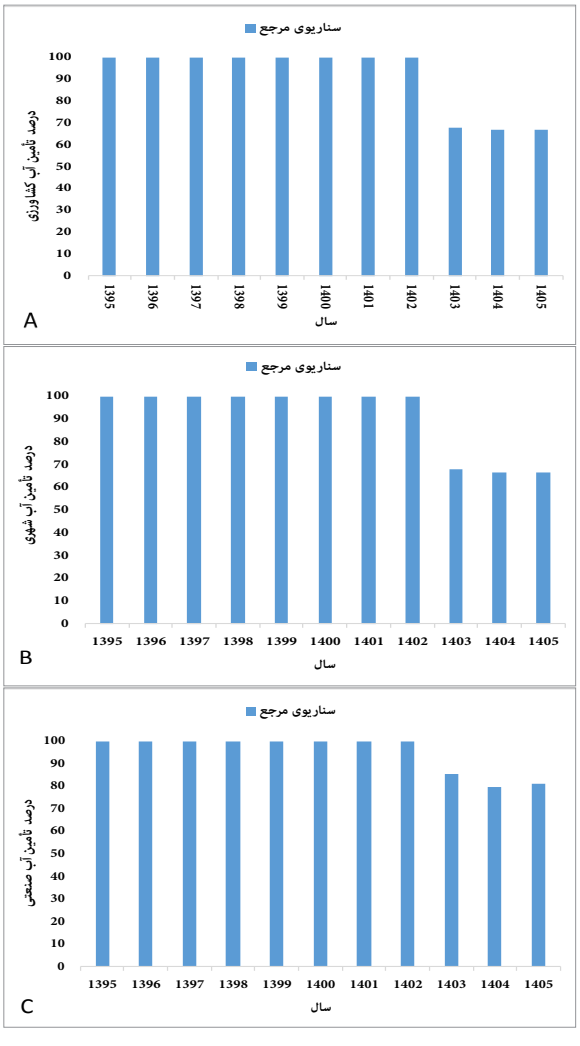
سناریو اول: سناریو مرجع

براساس این سناریو همانطور که در شکل (۳) مشاهده می‌شود میزان آب موجود در محدوده دشت ورامین تا سال ۱۴۰۲ تمام نیازهای منطقه را برطرف می‌کند اما در سه سال آخر سناریو با عدم تأمین آب به میزان حداکثر ۲۵ میلیون مترمکعب مواجه می‌شود. در منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز ورامین بیشترین مصرف آب مربوط به کاربری کشاورزی و شرب می‌باشد به همین دلیل بیشترین اثر منفی عدم تأمین آب در منطقه بر این دو کاربری خواهد بود. کاربری صنعت در منطقه ورامین در مقایسه با کشاورزی و شرب، آب کمتری را به خود اختصاص می دهد به همین علت اثر منفی کمبود آب کمتر متوجه کاربری صنعت در منطقه خواهد شد.

در شکل (۴) مشاهده می‌شود، در سال‌های پایانی سناریو میزان تأمین آب بخش کشاورزی ۶۷٪، شرب ۷۰٪ و صنعتی ۸۵٪ حاصل شد که نشان‌دهنده روند ناپایدار وضعیت آب در منطقه می‌باشد. در منطقه ورامین به علت کشاورزی با سیستم سنتی و راندمان پایین شبکه توزیع آب بیشترین خسارت را کاربری‌های کشاورزی و شهر خواهند داشت با افزایش جمعیت و سطح زیر کشت با کمبود آب بیشتری روبه‌رو می‌شوند و برای جبران این کمبود نیاز به تغذیه مصنوعی و یا انتقال آب احساس می‌شود.



شکل ۳- مقدار آب تأمین نشده در سناریوی مرجع

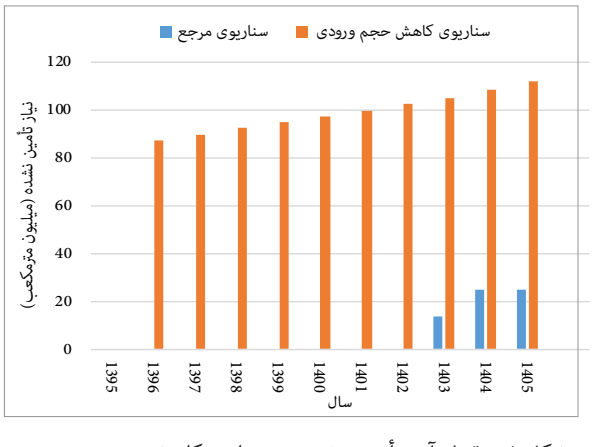


شکل ۴ - مقدار درصد تأمین آب منطقه در سناریوی مرجع A) کشاورزی B) شهری C) صنعتی

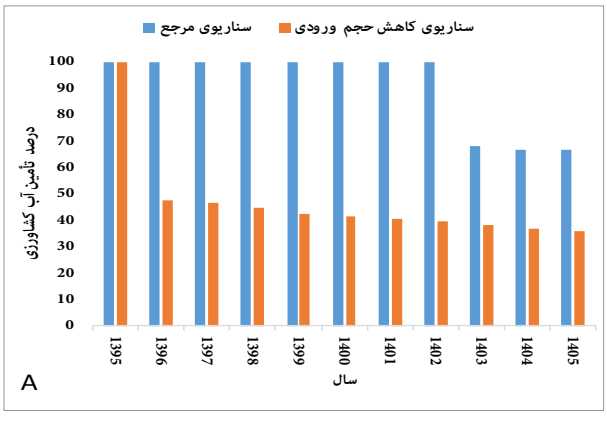
سناریو دوم: کاهش حجم ورودی

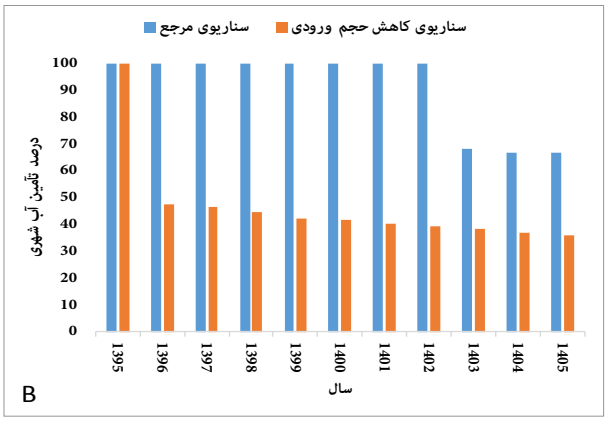
در این سناریو تمام تقاضا و کاربری‌ها ثابت در نظر گرفته شده است. با توجه به روند کاهش حجم ورودی آب در نظر گرفته شده در منطقه با توجه به دبی و بارش سال‌های گذشته که منجر به کاهش آب ورودی به منطقه شده است، در سناریو کاهش حجم ورودی برای بازه زمانی ۱۰ ساله از ۱۳۹۵ به‌عنوان سال پایه تا سال ۱۴۰۵ به‌عنوان آخرین سال سناریو، لحاظ شده است. در طول دوره پیش‌بینی آب و هوای منطقه براساس مدل سال آبی (دبی، بارش، تبخیر و تعرق، دما) بررسی و وارد مدل شد و مقدار حقابه محیط‌زیستی برای رودخانه ۵ مترمکعب بر ثانیه تعیین شد. با توجه به شکل (۵) میزان حجم آب تأمین‌نشده در سناریو کاهش حجم ورودی به بیش از ۲۷۰ میلیون مترمکعب می‌شود که اختلاف آن با سناریو مرجع مشاهده می‌شود. در ادامه این روند در محدوده مطالعاتی خساراتی از جمله نشست زمین و بحران آب باتوجه‌به کمبود بارش و عدم تأمین نیاز آب و تأثیر آن بر شرایط اقتصادی، اجتماعی را به همراه خواهد داشت. در این سناریو باتوجه‌به تغییر اولویت وزارت نیرو و اولویت بندی اول به کاربری‌های کشاورزی و شرب و اولویت دوم به کاربری صنعتی ناپایداری بیشتر در عدم تأمین آب منطقه به وجود خواهد آمد. لازم به ذکر است، بیشترین عدم تأمین آب در منطقه مربوط به کاربری کشاورزی می‌باشد.

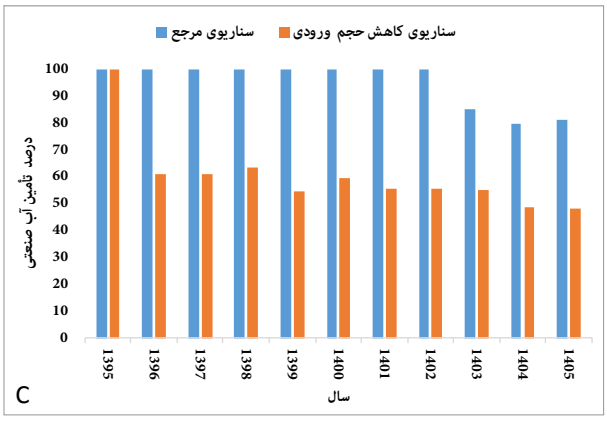
درصد تأمین آب برای سناریو کاهش حجم ورودی در شکل (۶) ارائه شده است، در شکل مشاهده می‌شود، در صورتی‌که کمبود بارش در منطقه و نبود برنامه‌ریزی و مدیریت مناسب در بهره‌برداری و استفاده بهینه از آب‌های سطحی، زیرزمینی و کاهش هدر رفت آب ادامه یابد، محدوده دشت ورامین با بحران شدیدی روبه‌رو خواهد شد. باتوجه‌به افزایش جمعیت و سطح زیر کشت نیاز است شبکه توزیع آب در منطقه مورد مطالعه، بیشتر به‌روزرسانی شود. باتوجه‌به قرار گرفتن کاربری کشاورزی در اولویت اول، درصد تأمین آب کشاورزی در مقایسه با سناریوی مرجع به شدت کاهش پیدا کرده و باعث ناپایداری خواهد شد. مصارف کشاورزی و شرب در منطقه مورد مطالعه کمترین میزان درصد تأمین را دارند.



شکل ۵- مقدار آب تأمین نشده در سناریو کاهش حجم ورودی و سناریوی مرجع



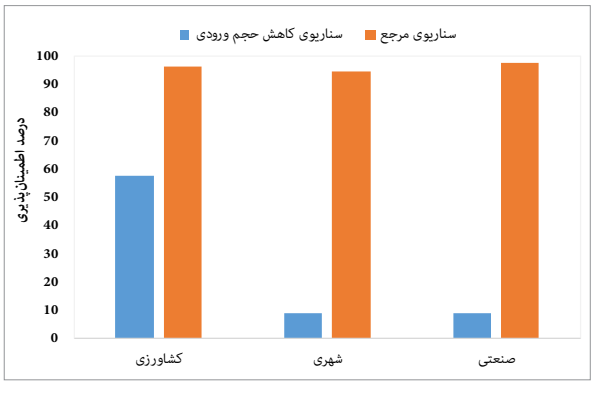




شکل ۶- مقدار درصد تأمین آب صنعت در سناریو کاهش حجم ورودی و سناریوی مرجع A) کشاورزی B) شهری C) صنعتی

• شاخص اطمینان‌پذیری

میزان اطمینان‌پذیری برای تمام سناریوها انجام شد و میزان شاخص اطمینان‌پذیری برای سناریو مرجع با بالاترین درصد شاخص و سناریو کاهش حجم ورودی با کمترین میزان درصد شاخص ارائه شده است (شکل ۷). با توجه به آستانه شکست در کاربری کشاورزی که ۶۰٪ در نظر گرفته شد، برای سناریوی مرجع بیش از ۹۰٪ و برای سناریوی کاهش حجم ورودی به کمتر از ۶۰٪ می‌رسد که نشان‌دهنده عدم اطمینان و ناپایداری سناریوی کاهش حجم ورودی برای کاربری کشاورزی می‌باشد. در سناریوی مرجع میزان اطمینان‌پذیری کاربری‌های شرب و صنعت از آستانه تعیین شکست سیستم تعیین شده بیشتر می‌باشد که نشان‌دهنده اطمینان‌پذیری سیستم و سناریوی تعیین‌شده می‌باشد.



شکل ۷- مقدار شاخص اطمینان‌پذیری برای سناریوها

طبق نتایج ارائه‌شده در جدول (۲) باتوجه‌به اطمینان‌پذیری سناریوی مرجع در مقابل سناریوی کاهش حجم ورودی، می‌توان سناریوی مرجع را به‌عنوان سناریوی برگزیده در نظر گرفت و مدیریت منابع آب را در جهت کاهش خسارات کم‌آبی و مقدار حجم آب در دسترس منطقه دشت ورامین را با توجه به شرایط منطقه و با کمک مدل WEAP انجام داد.

جدول ۲- مقایسه مقدار اطمینان‌پذیری سناریو مرجع و کاهش حجم ورودی منابع آب

	شهر	کشاورزی	صنعتی
مرجع	۹۵	۹۶	۹۸
کاهش حجم ورودی	۹	۵۸	۹

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق با نتایج مطالعه گری (۱۳۹۵) مطابقت دارد که در آن مطالعه بیشترین تقاضا برای کاربری کشاورزی بوده افزایش خشکسالی باعث کمبود آب در دسترس در منطقه شده بود. در این مطالعه اطمینان‌پذیری سناریوی کاهش حجم ورودی منابع آب کمتر از سناریوی مرجع می‌باشد.

نتیجه‌گیری

کاهش نزولات جوی در بسیاری از مناطق کشور بحران‌های مختلفی از جمله کمبود محصولات زراعی، از بین رفتن مراتع، شور شدن آب‌ها و خاك‌ها و کاهش شدید حجم مخازن سطحی و زیرزمینی را به دنبال داشته است. هدف از انجام پژوهش حاضر، بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع آبی حوضه آبریز دشت ورامین طی ۱۰ سال تحت سناریوهای مختلف مدیریتی است. برای رسیدن به شرایط بهینه در مقدار حجم منابع آب، حداقل سازی عدم تأمین نیازها و میزان نیاز کاربری‌های مختلف در دشت ورامین بررسی شد. بر این اساس وضعیت منابع آب دشت ورامین در سه بخش کشاورزی، صنعت و شرب با استفاده از مدل WEAP تحت دو سناریو مرجع با اولویت‌بندی وزارت نیرو و سناریو کاهش حجم ورودی با تغییر اولویت‌بندی در دوره ۱۳۹۵-۱۴۰۵ شمسی ارزیابی شد. اقلیم منطقه براساس مدل سال آبی (دبی، بارش، تبخیر و تعرق، دما) بررسی و وارد مدل شد. نتایج نشان می‌دهد منطقه دشت ورامین طبق سناریو مرجع با کمبود ۳۸ میلیون متر مکعب براساس سناریو کاهش حجم ورودی منابع آب با کمبود ۲۷۰ میلیون متر مکعب روبه‌رو خواهد شد. بیشترین نیاز تأمین آب در افق ۱۰ ساله مربوط به کاربری کشاورزی محدوده دشت ورامین می‌باشد و همچنین سناریو مرجع به‌عنوان سناریو برگزیده از نظر میزان تأمین آب، شاخص اطمینان‌پذیری و حداکثر حجم آب تأمین نشده در نظر گرفته شده است.

منابع

احمدآلی، ج.، بارانی، غ.، قادری، ک. و حصاری، ب. ۱۳۹۷. ارزیابی سناریوهای مدیریت آب و تأثیر تغییر اقلیم بر پایداری زیست‌محیطی و کشاورزی (مطالعه‌ی موردی: حوضه‌های آبریز زرینه رود و سیمینه رود). مجله اکوهیدرولوژی، ۵(۴): ۱۲۰۳-۱۲۱۷.

زینال‌زاده، ک.، اشرفی، م.، بشارت، س. و یاسی، م. ۱۳۹۸. عملکرد مدل WEAP در شبیه سازی هیدرولوژیک حوضه آبخیز الند. مجله اکوهیدرولوژی، ۶(۲): ۳۴۱ -۳۵۲.

شمشکی، ا. و انتظام سلطانی، ا. ۱۳۸۴. مکانیسم و علل ایجاد شکاف‌های زمین در معین آباد-منطقه ورامین. چهارمین کنفرانس زمین شناسی مهندسی و محیط‌زیست ایران. تهران.

علیزاده، ا.، سیاری، ن. و حسامی‌کرمانی، م. ۱۳۸۹. بررسی پتانسیل اثرات تغییرات اقلیمی بر منابع آب و مصارف آب کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه آبریز رودخانه کشف‌رود). نشریه آب و خاک، ۲۴(۴): ۸۱۵-۸۳۵.

گری، ع. ۱۳۹۵. ارزیابی سناریوهای تخصیص آب حوضه آبریز رودخانه تالار با استفاده از مدل WEAP. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکزی.

محمدی بهزاد، ح.، رحمانی، ر.، کلانتری، ن. و چیت سازان، م. ۱۳۸۹. بررسی فرآیندهای اثرگذار بر کیفیت آب زیرزمینی دشت گتوند عقیلی،نخستین کنفرانس پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران، کرمانشاه.

وزارت نیرو. ۱۳۹۵. شرکت مادر تخصصی منابع آب ایران. گزارش بیلان آبی محدوده مطالعاتی دشت ورامین.

Esteve P., Varela-Ortega C., Blanco- Gutiérrez I. and Downing T.E. 2015. A hydroeconomic model for the assessment of climate change impacts and adaptation in irrigated agriculture. Ecological Economics, 120: 49-58.

Faiz MA. Liu D. Fu Q. Uzair M. Khan MI. Baig F. Li T. and Cui S. 2018. Stream flow variability and drought severity in the Songhua River Basin. Northeast China. Stochastic Environmental Research and Risk Assessment, 32: 1225–1242

Hashimoto T., Stedinger J.R. and Loucks D.P. 1982. "Reliability. Resiliency. And vulnerability criteria for water resource system performance evaluation." Water Resources Research, 18(1): 14-20.

Hum NNMF. and Abdul-Talib S. 2016. Modeling optimal water allocation by managing the demands in Selangor. In: Proc. of International Symposium on Flood Research and Management (ISFRAM 2015). 5–6 Oct.

Khalil A., Rittman A., Phankamolsil Y. and Talaluxmana Y. 2018. Groundwater recharge estimation using WEAP model and empirical relations in the Mae Kalong basin. Thailand, Conference 7th International Conference on Environmental Engineering, Science and Management at Centre Hotel and Convention Centre. Thailand.

Levite H., Sally H. and 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, 28: 779-786

Loucks D.P., Beek E.V., Stedinger J.R., Dijkman J.P.M. and Villars M.T. 2005. Water Resources System Planning and Management: An Introduction to Methods. Models and Applications. 1st Ed. UNESCO. Springer.

Momblanch A., Papadimitriou L., Jain S.K., Kulkarni A., Ojha C.S., Adeloye A.J. and Holman I.P. 2019. Untangling the water-foodenergy-environment nexus for global change adaptation in a complex Himalayan water resource system. Science of the Total Environment, 655: 35-47.

Ospina J.E., Gay C. and Conde A.C. 2009. Analysis of the water supply demand relationship in the Sinú-Caribe basin. Colombia. Under different climate change scenarios. Atmósfera, 22(4): 399-412

Yates D., Sieber J., Purkey D. and Huber-Lee A. 2005a. WEAP21: A Demand-, Priority-, and preference-driven water planning model. Part 1: Model characteristics. Water International, 30(4): 487-500.

Yates D., Purkey D., Sieber J., Huber-Lee A. and Galbraith H. 2005b. WEAP21: A Demand-, Priority-, and preference-driven water planning model. Part 2: Aiding freshwater ecosystem service evaluation. Water International, 30(4): 501-512.