

The effect of increasing water use efficiency on improving the status of groundwater resources using WEAP model in Qazvin Plain

Alireza Ahmadi¹

¹ Graduated M.Sc. Student, Faculty of Environment, University of Tehran, Tehran, Iran

Abstract

Introduction

Water supply and proper management of water resources is one of the serious challenges of water managers and researchers. The optimal management and finding suitable solutions in arid and water scarce areas to satisfy the human needs requires a careful attention to the optimal allocation and prioritization of water consumption among different sectors. Competition over water consumption in different sectors is one of the main causes of conflict and ultimately more exploitation of water resources and the resulting problems. Many regions of the world face significant challenges in freshwater management. Limited water resources allocation, environmental quality, and sustainable water use policies are growing concerns. A comprehensive water resources management approach is essential in different climatic and socio-economic conditions.

Materials and Methods

In this study, the availability and uses of water resources in Qazvin plain were evaluated using WEAP simulation model platform. The components of the hydrological cycle and rainfall-runoff process have been simulated using WEAP model at the watershed scale. Toward this attempt, different management scenarios regarding the reduction in the amount of demand for agricultural, drinking and industrial water have been developed. Also, increasing the water use efficiency and reduction in water losses were proposed. Finally, the effects of management scenarios on water resources were compared over the study area. Also, the results of proposed scenarios have compared with the continuing the current condition as a base case scenario

Results and Discussion

The results of the reference scenario showed that groundwater storage has a declining trend and the largest decrease has been occurred during 2017 and 2018 years. The amount of decreasing water resources was approximately 400 million cubic meters. While, according to the increasing groundwater storage and efficiency improvement scenario, the increase in the amount of available water will be equal to 1500 Million cubic meters increases. Comparing the amount of unmet demand between the two scenarios showed that in the scenario of increasing irrigation efficiency, the amount of water demand in the study area will decrease by about 40 million cubic meters.

Conclusion

The present study showed that through applying appropriate management measures in the region, it will be possible to rehabilitate groundwater resources and the current situation of the water crisis will improve. Otherwise, valuable groundwater resources in the study area will be seriously threatened and irreparable consequences such as degraded groundwater quality, land subsidence, drying or reduced well discharge will occur. Therefore, a balance between exploitation and available water resources in the study area is essential. According to the results, the replacement of modern irrigation systems with traditional irrigation methods in the Qazvin plain will reduce the loss of water resources. In addition, solutions such as artificial aquifer recharge can be considered in the restoration of water resources. Accordingly, conservation of water resources is necessary by implementing practical solutions due to the drought and water shortages in the region. the study of hydrological effects of water resources development plans using modeling approaches should be considered.

Keywords: Agriculture, Groundwater, Qazvin Plain, Scenario, Water shortage.

Article Type: Research Article

*Corresponding Author, E-mail: alirezaahmadi@ut.ac.ir

Citation: Ahmadi, A. (2022). The effect of increasing water use efficiency on improving the status of groundwater resources using WEAP model in Qazvin Plain. *Water and Soil Management and Modeling*, 2(1), 53-62.

DOI: 10.22098/MMWS.2022.9333.1034

DOR: 20.1001.1.27832546.1401.2.1.5.0

Received: 03 August 2021, Accepted: 31 October 2021

Water and Soil Management and Modeling, Year 2022, Vol. 2, No. 1, pp. 53-62

Publisher: University of Mohaghegh Ardabili

© Author(s)





اثر افزایش راندمان کاربری آب بر بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل WEAP در دشت قزوین

علیرضا احمدی^{*۱}

^۱ دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشکده محیط‌زیست، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

تأمین آب و مدیریت صحیح منابع آب، یکی از چالش‌های جدی مدیران و پژوهش‌گران این حوزه است. مسأله مدیریت و تلاش برای یافتن یک راهکار مناسب در حوضه‌های کم آب برای حل مشکل کم آبی، به تخصیص بهینه و اولویت‌بندی مصرف آب بین بخش‌های کشاورزی، شرب و صنعت منطقه بستگی دارد. در این مطالعه با به‌کارگیری مدل شبیه‌سازی WEAP، مصارف و همچنین منابع آب دشت قزوین در یک بازه ۱۰ ساله مورد ارزیابی قرار گرفت. بدین‌منظور سناریوهای مختلفی در زمینه کاهش تقاضای آب کشاورزی، شرب و صنعت، افزایش راندمان کاربری آب و کاهش هدررفت آب مطرح شد و اثرات آن‌ها بر منابع آب این منطقه در مقایسه با سناریوی ادامه روند کنونی (مرجع) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل از سناریوی مرجع نشان داد که ذخیره آب زیرزمینی روند رو به کاهش دارد و بیش‌ترین افت بین سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ با افت تقریبی ۴۰۰ میلیون مترمکعب است، درحالی‌که بر اساس سناریوی افزایش راندمان، روند ذخیره آب زیرزمینی از سال اول تا سال آخر سناریو بالغ بر ۱۵۰۰ میلیون مترمکعب افزایش پیدا می‌کند. مقایسه نیاز تأمین نشده بین دو سناریو نشان داد که در سناریوی افزایش راندمان مقداری بالغ بر ۴۰ میلیون مترمکعب نیاز به آب را در منطقه کاهش می‌دهد. نتایج کمی این پژوهش نشان داد که جایگزینی سامانه‌های نوین آبیاری، مانند آبیاری میکرو در دشت قزوین به‌جای روش‌های سنتی آبیاری، سبب کاهش هدررفت حجم عظیمی از منابع آبی منطقه می‌شود. با این وجود، این تغییر هم نمی‌تواند مشکل آب منطقه را به‌تنهایی حل کند، از این‌رو، به‌علت افت سطح آب زیرزمینی در منطقه می‌توان راهکارهایی از جمله تغذیه مصنوعی آبخوان را مد نظر داشت.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، دشت قزوین، سناریو، کشاورزی، کم‌آبی

نوع مقاله: پژوهشی

*مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: alirezaahmadi@ut.ac.ir

استناد: احمدی، ا. (۱۴۰۱). اثر افزایش راندمان کاربری آب بر بهبود وضعیت منابع آب زیرزمینی با استفاده از مدل WEAP در دشت قزوین. *مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک*، ۲(۱)، ۵۳-۶۲.

DOI: 10.22098/MMWS.2022.9333.1034

DOR: 20.1001.1.27832546.1401.2.1.5.0

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۵/۱۲، تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۸/۰۹

مدل‌سازی و مدیریت آب و خاک، سال ۱۴۰۱، دوره ۲، شماره ۱، صفحه ۵۳ تا ۶۲

© نویسندگان

ناشر: دانشگاه محقق اردبیلی



۱- مقدمه

و کشاورزی حوضه‌های آبخیز زرينه‌رود و سيمينه‌رود را با مدل WEAP ارزیابی کردند. ارزیابی نتایج شبیه‌سازی مدل، عملکرد خوب آن را نشان داد. (Faiz et al., 2018) در مطالعه‌ای از مدل WEAP به بررسی تغییرات جریان و شدت خشک‌سالی در حوضه رودخانه Songhua در شمال چین پرداختند. نتایج نشان داد که مدل WEAP می‌تواند به‌طور مؤثری در این حوضه مورد استفاده قرار گیرد. با توجه به نتایج، نشان داده شد که می‌توان با استفاده از نرم‌افزار WEAP در حوزه تخصیص منابع با توجه به سناریوهای مختلف برنامه‌ریزی قابل قبول و مفیدی داشت. (Khalil et al., 2018) پژوهشی با هدف بررسی قابلیت مدل WEAP در تخمین میزان آب زیرزمینی از رواناب ناشی از بارندگی در حوضه Mae Klong تا بلند انجام داده‌اند. آن‌ها حوضه فوق را به شش زیرحوضه تقسیم نموده و با استفاده از گزینه بارش-رواناب در مدل WEAP رواناب ناشی از بارندگی را در یک دوره ۱۵ ساله شبیه‌سازی کرده و میزان تغذیه آب زیرزمینی را برآورد نموده و قابلیت مدل WEAP در تخمین میزان تغذیه طبیعی آب‌های زیرزمینی را تأیید کرده‌اند. مطالعات گذشته نشان می‌دهد بررسی تأثیرات هیدرولوژیک مدیریت منابع آب در حوضه‌های آبخیز با استفاده از مدل‌سازی مورد توجه محققان بوده است. با توجه به شرایط پیچیده هیدرولوژیک ناشی از دخالت‌های انسانی و وضعیت بحرانی منابع آب در حوزه آبخیز قزوین، پژوهش حاضر با هدف توسعه مدل هیدرولوژیک این حوزه آبخیز و ارتقاء بهره‌وری آب با در نظر گرفتن یکپارچگی آن با استفاده از مدل WEAP برای نخستین بار در این منطقه برنامه‌ریزی شد. با توسعه این مدل، می‌توان سناریوهای مختلفی بر اساس راهکارهای ارتقاء مدیریت آب و شرایط موجود برای منابع آب منطقه برنامه‌ریزی کرد که در این پژوهش به مقایسه ادامه روند کنونی با افزایش راندمان در تمام کاربری‌ها پرداخته شده است.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه دشت قزوین بین طول‌های جغرافیایی $۸^{\circ} ۴۹'$ تا $۴۰^{\circ} ۵۰'$ شرقی و عرض‌های جغرافیایی $۲۰^{\circ} ۳۵'$ تا $۳۰^{\circ} ۳۶'$ شمالی گسترده شده است. وسعت این محدوده بالغ بر ۹۵۰۱ کیلومتر مربع است. کشاورزی نقش مهمی در اقتصاد استان قزوین ایفا می‌کند. این دشت در فلات مرکزی ایران قرار گرفته و دارای اقلیم نیمه‌خشک، تابستان‌های گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد است. این محدوده از جنوب به دشت زرد ساوه، از شرق به اشترارد و هشترگرد، از غرب به قیدار و از شمال به طالقان محدود شده است. نقشه منطقه مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

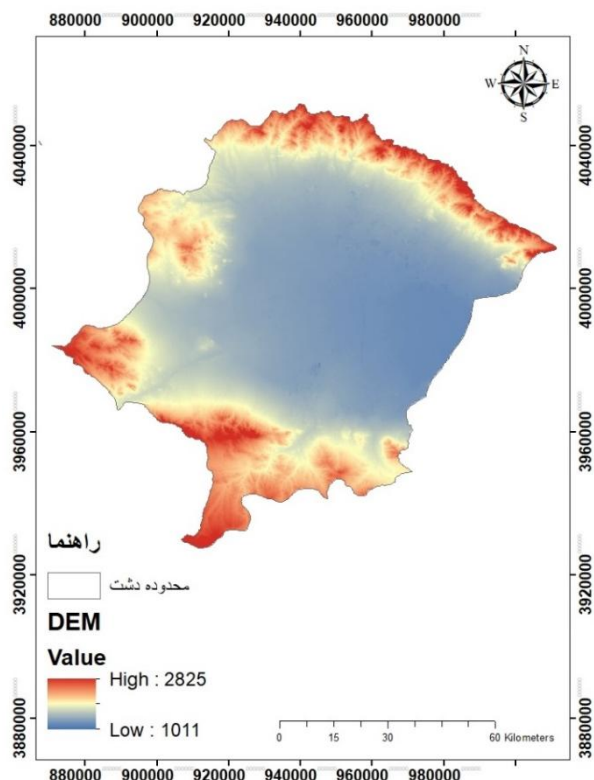
مفهوم توسعه پایدار منابع آب و تأمین نیازهای جمعیت فعلی بدون اثر منفی بر توانایی تأمین نیازهای نسل‌های آینده بوده و برنامه‌ریزی برای آن، مستلزم مدل‌سازی، طراحی و مدیریت سامانه‌های منابع آب است (Loucks et al., 2005). بسیاری از مناطق در جهان با چالش‌های درخور توجهی در مدیریت آب‌های شیرین روبه‌رو هستند. تخصیص منابع محدود آب، کیفیت محیط زیست و سیاست‌های استفاده پایدار از آب، مسائلی هستند که نگرانی در مورد آن‌ها رو به افزایش است. رویکرد مدیریت جامع منابع آب در شرایط مختلف آب و هوایی و اجتماعی- اقتصادی ضروری است (Momblanch et al., 2019). مدیریت صحیح و کارآمد منابع آب نیازمند شناخت آثار هیدرولوژیک توسعه سامانه‌های آبیاری روی منابع آب حوزه‌های آبخیز است. همچنین، فرآیندهای هیدرولوژیک بوم‌سازگان مناطق خشک و نیمه‌خشک، حساسیت بسیار زیادی در برابر تغییرات دارند (Rezayan and Rezayan, 2016; Gharechaei et al., 2016).

آشکارسازی فرآیندهای هیدرولوژیک حوضه‌ها با استفاده از مدل‌های مختلف همواره مورد توجه محققان بوده است. مدل‌سازی هیدرولوژیک برای نشان دادن اثرات اعمال سیاست‌های مدیریتی بر منابع آب موجود، امری کاملاً پیچیده و دشوار است. این موضوع ضمن پیچیدگی مدل‌سازی، منشأ خطا در پیش‌بینی‌ها و عدم قطعیت در برآورد پارامترها می‌شود. مدل‌های شبیه‌سازی زیادی در مدل‌سازی هیدرولوژی حوضه‌ها پیشنهاد شده است. در سال‌های اخیر، مدل WEAP با توجه به قابلیت زیاد و رویکردی یکپارچه برای توسعه منابع آب، در شبیه‌سازی فرآیندهای طبیعی (تبخیر و تعرق، رواناب) و مؤلفه‌های مهندسی کاربرد گسترده‌ای یافته است. این قابلیت‌ها به طراح امکان اعمال دیدگاه جامع‌تر از عوامل مؤثر در مدیریت منابع آب برای استفاده در حال و آینده را می‌دهد (Mohammadpour et al., 2016; Ahmadali et al., 2017).

مدل WEAP، مسائل مربوط به الگوهای مصرف آب، راندمان تجهیزات، استفاده مجدد، هزینه‌ها و تخصیص را همگام با مسائل مربوط به منابع (جریان‌های سطحی، آب‌های زیرزمینی، مخازن و انتقال‌های آب) لحاظ کرده است. همچنین، مدل WEAP آزمایشگاهی برای سنجش راهبردهای متنوع توسعه و مدیریت منابع آب است.

(Momblanch et al., 2019) با استفاده از رویکرد مدل‌سازی WEAP، آثار تغییرات جهانی تغییر اقلیم و سناریوهای توسعه اجتماعی و اقتصادی بر منابع آب هیمالیا در هند را ارزیابی کردند. نتایج پژوهش آن‌ها نشان داد تغییرات اقتصادی و اجتماعی در آینده نسبت به تغییرات آب و هوایی تأثیرات بسیار بیشتری بر منابع آب این منطقه خواهد داشت. (Ahmadaali et al., 2017) سناریوهای مدیریت آب و تأثیر تغییر اقلیم بر پایداری محیط‌زیستی

Ahmadali et al., 2017). با استفاده از سری‌های زمانی اقلیم، مدل WEAP مؤلفه‌های چرخه هیدرولوژیک را با شبیه‌سازی فرآیند بارش-رواناب در سطح حوزه آبخیز محاسبه می‌کند (Esteve et al., 2015).



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه دشت قزوین
Figure 1- Location of the study area of Qazvin Plain

جدول ۱- دمای متوسط و میزان بارندگی در ارتفاعات و دشت قزوین

Table 1- Average temperature and rainfall in the heights and plain of Qazvin

ماه	دما (سانتی‌گراد)		بارش (میلی‌متر)	
	ارتفاعات	دشت	ارتفاعات	دشت
مهر	15.0	16.3	15.4	12.2
آبان	9.0	9.7	33.4	26.5
آذر	3.8	4.1	40.1	31.8
دی	0.8	0.8	35.5	28.1
بهمن	1.5	1.7	37.7	29.9
اسفند	5.3	5.7	47.3	37.5
فروردین	10.9	11.8	49.0	38.8
اردیبهشت	15.3	16.6	45.8	36.3
خرداد	20.2	22	11.7	9.3
تیر	23.5	22.5	3.5	2.8
مرداد	23.5	25.6	2.0	1.6
شهریور	20.5	22.3	2.4	1.9
سالانه	12.4	13.5	323.9	256.6

۲-۲- مشخصات منطقه

به‌منظور محاسبه دمای متوسط ماهانه در ارتفاعات و دشت محدوده مطالعاتی قزوین از توزیع ماهانه دما در ایستگاه بوئین و تاکستان استفاده شد. مقادیر متوسط دمای ماهانه و سالانه در ارتفاعات و دشت محدوده مطالعاتی قزوین در جدول ۱ ارائه شده است.

ایستگاه‌های معرف باران در دشت و ارتفاعات بوئین‌زهره و باغ کوثر انتخاب شد. این ایستگاه‌ها بر اساس تکمیل بودن دوره آماری انتخاب شده‌اند. مقادیر متوسط باران در دشت و ارتفاعات محدوده قزوین به ترتیب ۲۵۶/۶ و ۳۲۳/۹ میلی‌متر محاسبه شده است. همچنین متوسط ماهانه در این محدوده در دشت و ارتفاعات در بازه ۱۰ ساله در جدول ۱ ارائه شده است.

دو رودخانه خرورد و ابهررود قسمت اعظمی از حوزه آبخیز بالادست و داخل محدوده مطالعاتی قزوین را زهکشی کرده و به شوره‌زار قزوین انتقال می‌دهد. از دیگر رودخانه‌های جاری در این محدوده مطالعاتی می‌توان از شترک و کوهین نام برد.

میزان جریان‌های سطحی ورودی از محدوده بالادست ابهر، قیدار و آوج برابر با ۴/۶۱ مترمکعب بر ثانیه معادل ۱۴۵/۵ میلیون مترمکعب در سال است. جریان‌های خروجی از این محدوده توسط رودخانه شور در انتهای دشت قزوین در بالادست به محدوده مطالعاتی اشتهارد تخلیه می‌شود. ورودی‌ها به رودخانه شور از طریق محدوده مطالعاتی هشتگرد برای دوره ۱۵ ساله و ۴۵ ساله مورد نظر به ترتیب ۰/۲۲ و ۰/۳۵ مترمکعب در ثانیه تعیین شده است.

جریان سطحی ورودی به محدوده مطالعاتی در حالت طبیعی از مناطق ابهر، قیدار، آوج و هشتگرد برابر ۱۴۵/۵ میلیون مترمکعب به این محدوده مطالعاتی نیز در منطقه طالقان از سرشاخه‌های سفیدرود به‌طور متوسط سالانه برابر ۲۹۸ میلیون مترمکعب است که به مصرف کشاورزی می‌رسد. جریان زیرزمینی می‌تواند از طریق آبخوان‌های ابرفتی محدوده بالادست یا سازند سخت ارتفاعات وارد محدوده می‌شود. در محدوده مطالعاتی قزوین میزان جریان زیرزمینی ورودی که از دشت ابهر وارد می‌شود، برابر ۳/۹ میلیون مترمکعب در سال است.

۲-۳- روش پژوهش

مدل برنامه‌ریزی و ارزیابی منابع آب (WEAP) بسته‌ای مدل‌سازی بوده که قادر به ارزیابی یکپارچه‌ای از اقلیم، هیدرولوژی، کاربری اراضی، تأسیسات آبیاری و اولویت‌های مدیریت آب حوزه آبخیز 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 (Yates et al., 2005a; Yates et al., 2005b;).

در سناریوی مرجع، به شبیه‌سازی شرایط واقعی با هدف برنامه‌ریزی برای وضعیت موجود و پیش‌بینی برای آینده اقدام شد. این سناریو بر اساس شرایط منطقه از قبیل بارندگی، تبخیر و تعرق، رطوبت و دمای منطقه در سال ۱۳۹۵ وارد مدل شده و بر اساس شرایط موجود در منطقه شبیه‌سازی صورت گرفته است. سال ۱۳۹۵ با توجه به کامل بودن اطلاعات ورودی به مدل از قبیل مصارف کشاورزی، شهری و صنعتی و همین‌طور اطلاعات منطقه‌ای، مانند تبخیر و تعرق، دما، بارندگی و دبی ماهانه به‌عنوان سال پایه در نظر گرفته شده است. در سناریوی مرجع اولویت مصارف با توجه به اولویت‌بندی وزارت نیرو که در آن مصارف شهری و صنعتی در اولویت اول و کشاورزی در اولویت دوم، صورت گرفته است. همچنین، سناریوی افزایش راندمان کاربری آب با فرض افزایش راندمان و کاهش مصرف آب در کشاورزی و افزایش ذخیره آب در مخزن، شبیه‌سازی شد. به بیان دیگر، در این سناریو برای تأمین آب کشاورزی، شرب و صنعت منطقه، با افزایش راندمان و کاهش مصرف، امکان احیای مجدد منابع آب زیرزمینی و سطحی ارزیابی شد. بر اساس مقایسه دو سناریو می‌توان دریافت که کاهش ۲۰ درصد از آب کشاورزی از طریق استفاده از سامانه‌های آبیاری مدرن و کاهش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و همچنین افزایش راندمان در شبکه توزیع چه تأثیری در کوتاه‌مدت بر منابع آب دشت خواهد گذاشت.

۳- نتایج و بحث

میزان ذخیره آب زیرزمینی در دشت قزوین به‌طور سالانه سناریوی مرجع در شکل ۲ نشان داده شده است. با توجه به شکل ۲ مقدار ذخیره آب با توجه به ادامه شرایط موجود از سال ۱۳۹۹ به کم‌تر از ۱۰۰ میلیون مترمکعب می‌رسد و آب زیرزمینی منطقه برای مصارف کشاورزی به‌طور عمده و بعد از آن به شرب و صنعتی به مصرف می‌رسد. بیش‌ترین مقدار ذخیره برای سال ۱۳۹۵ است که بیش از ۱۰۰۰ میلیون مترمکعب است که روند نزولی آن تا سال ۱۴۰۵ ادامه می‌یابد و منطقه با ذخیره‌سازی کم‌تری از آب زیرزمینی روبرو می‌شود و بیش‌تر آب زیرزمینی به مصرف می‌رسد و به عبارتی دیگر میزان ذخیره‌سازی به کم‌تر از ۱۰ درصد می‌رسد که یک دلیل این امر می‌تواند افزایش جمعیت در منطقه باشد. با توجه به میزان مصارف مختلف در منطقه مورد مطالعه، بیش‌ترین آسیب در کاهش حجم ذخیره آب زیرزمینی را مصارف شهری و کشاورزی متحمل خواهند شد که به موجب آن شاهد پدیده مهاجرت از منطقه خواهیم بود. بخش صنعت به‌علت وابستگی کم‌تر به آب نسبت به دیگر کاربری‌ها در منطقه آسیب کم‌تری را متحمل شده است.

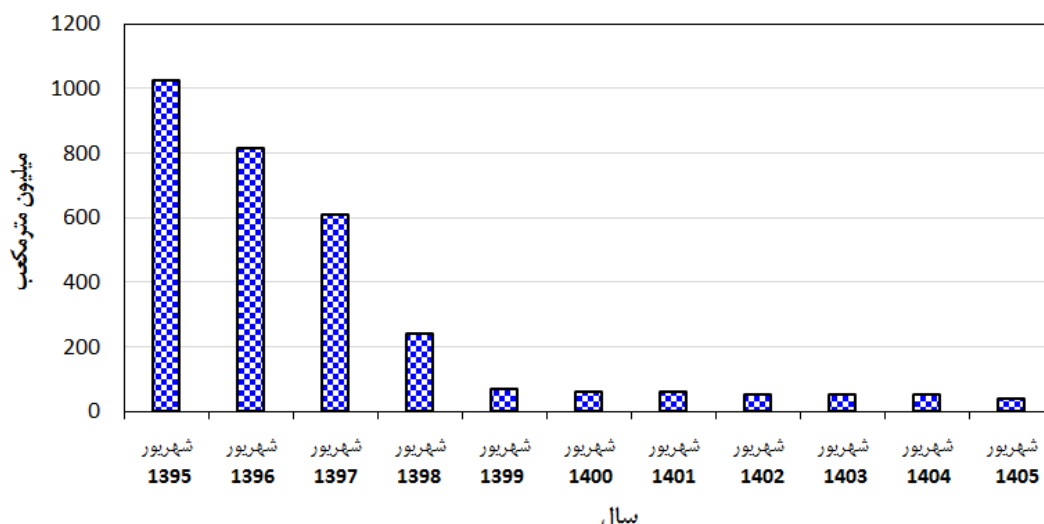
در فرآیند شبیه‌سازی، رفتار هیدرولوژیک حوزه آبخیز توسط مدل WEAP، ابتدا در مرحله نخست، مؤلفه‌های زمانی و مکانی سامانه آبخیز تعریف شده و سپس در مرحله دوم وضعیت فعلی آبخیز بر اساس منابع و مصارف شبیه‌سازی می‌شود. برای واسنجی مدل یا به بیانی دیگر، تعیین پارامترهای بهینه آن از ابزار PEST استفاده می‌شود. PEST ابزار کارآمدی است که از طریق فراهم‌سازی مقایسه مقادیر شبیه‌سازی و مشاهداتی مدل، واسنجی یک یا چند متغیر به‌صورت هم‌زمان را میسر می‌کند. واسنجی مدل با مقایسه دبی شبیه‌سازی شده 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. تبیین و تدوین سناریوها گام سوم بود که مجموعه‌ای از فرضیه‌های مربوط به تأثیرات تغییر سیاست‌ها، هزینه‌ها و شرایط اقلیمی در آینده را در بر گرفت. در نهایت، ارزیابی مدل به‌عنوان گام چهارم در کاربرد مدل بود که در آن گزینه‌ها با توجه به کفایت آب، هزینه‌ها و سودها، سازگاری با اهداف محیط‌زیستی و حساسیت نسبت به عدم قطعیت‌ها در متغیرهای کلیدی مد نظر ارزیابی شد (Najafi-Jilani et al., 2013). مراحل اجرای مدل WEAP در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲- مراحل اجرای مدل WEAP

Table 2 - Steps of implementing the WEAP model

2016	تعیین سال پایه
10	مرحله اول تنظیم پارامترهای عمومی طول دوره شبیه‌سازی تعیین تعداد روزهای ماه
آب سطحی آب‌بندان سد	محل تأمین
آب زیرزمینی	ورود اطلاعات
کشاورزی شرب صنعت	محل تقاضا
	مرحله سوم نوشتن سناریو ایجاد طرح‌های مدیریتی
	مرحله چهارم اجرای برنامه مقایسه نتایج سناریوها نتیجه‌گیری و تحلیل

در پژوهش حاضر نیز سناریوهای با هدف کمی‌سازی تغییرات هیدرولوژی حوزه آبخیز مطالعه شده ناشی از تأثیر تغییر شرایط محیطی و عوامل انسانی بر منابع آب با استفاده از مدل WEAP ارائه شد (Santikayasa et al., 2015). از این‌رو، در پژوهش حاضر دو سناریو تدوین شد که عبارت‌اند: ۱- سناریوی اول (مرجع) بر اساس شرایط اقلیمی منطقه و وضع موجود، ۲- سناریوی دوم (افزایش راندمان کاربری آب)، با تأکید بر سناریوی پایه و افزایش راندمان تا ۲۰ درصد در تمام کاربری‌ها.



شکل ۲- میزان ذخیره آب سالانه دشت قزوین با اعمال سناریوی مرجع
Figure 2- Annual water storage of Qazvin Plain with reference scenario

کاهش هدررفت آب در منطقه می‌شود که باعث افزایش ذخیره‌سازی آب زیرزمینی در منطقه دشت قزوین در غالب سناریوی افزایش راندمان کاربری آب می‌شود.

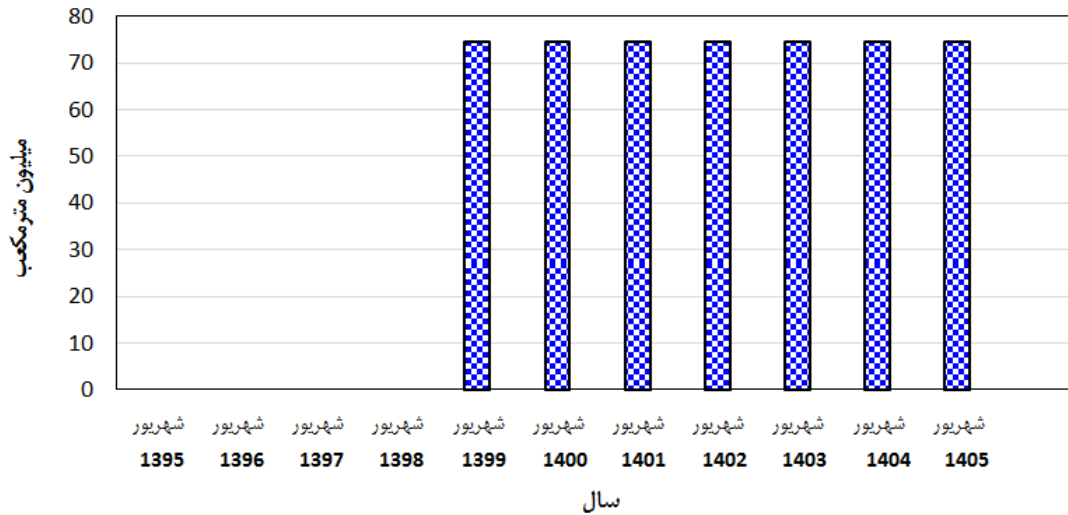
مقدار نیاز تأمین نشده سناریوی افزایش راندمان کاربری آب در شکل ۶ نشان داده شده است که بر اساس آن تقریباً یک روند ثابت دارد. از سال دوم تا سال آخر سناریو تقریباً با ۳۴ تا ۳۶ میلیون مترمکعب کمبود آب مواجه است که در مقایسه با سناریوی مرجع وضعیت مطلوب‌تری را نشان می‌دهد. در همین راستا با توجه به شکل ۵ می‌توان متوجه شد که میزان ذخیره آب زیرزمینی و مقدار آب تأمین نشده در منطقه یک‌دیگر را توجیه کرده است. با توجه به افزایش راندمان در کاربری‌ها و شبکه توزیع، میزان آب تأمین نشده در منطقه با کاهش بیش از ۵۰ درصدی روبرو می‌شود که بیش‌ترین تأثیر را بر کاربری شهری و کشاورزی خواهد گذاشت.

درصد تأمین نیاز سناریو افزایش راندمان کاربری آب در شکل ۷ ارائه شده است. براساس شکل ۷ میزان تأمین نیاز آب منطقه برای کاربری‌های مختلف نسبت به سناریوی مرجع افت زیادی را نشان می‌دهد که به دلیل کاهش مصرف آب در تمام کاربری‌ها است. این کاهش تأمین بیش‌تر تحت تأثیر فعالیت کشاورزی است؛ زیرا که در سناریوی افزایش راندمان کاربری آب با توجه به تغییر اولویت‌بندی صورت گرفته، کاربری کشاورزی همراه با کاربری شهری در اولویت اول و کاربری صنعتی در اولویت دوم قرار گرفته است. بر همین اساس کاهش مصرف آب در کشاورزی کاهش چشم‌گیری را در درصد تأمین آب منطقه نشان می‌دهد.

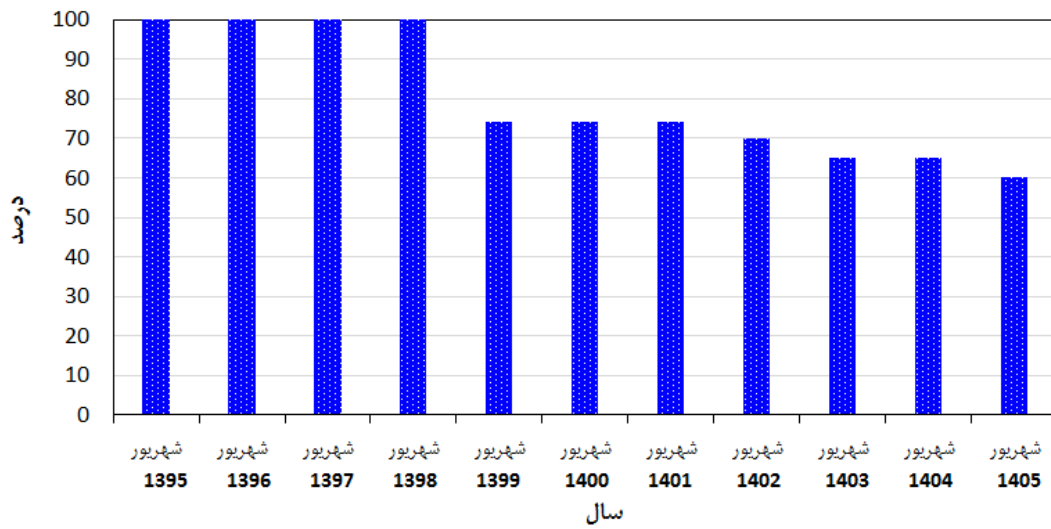
مقدار نیاز آب تأمین نشده در دشت قزوین در شکل ۳ ارائه شده است. طبق توسعه مدل تا سال ۱۳۹۸ تمام نیاز منطقه برطرف شده ولی از سال ۱۳۹۹ تا ۱۴۰۵ با کمبود تقریباً ۷۵ میلیون مترمکعب در تمام کاربری‌های منطقه روبه‌روست که می‌توان بیش‌ترین سهم را به کاربری کشاورزی داد که بیش‌ترین کمبود را دارد؛ زیرا که بیش‌ترین میزان آب منطقه در کاربری کشاورزی مصرف می‌شود. با توجه به افزایش جمعیت (تأثیر کم‌تر) و سطح زیرکشت (تأثیر بیش‌تر) و از همین‌رو افزایش نیاز آبی در منطقه می‌توان دریافت که علت افزایش مقدار آب تأمین نشده از سال ۱۳۹۸ به بعد افزایش پیدا کرده است.

میزان درصد تأمین نیازهای کاربری در منطقه دشت قزوین در شکل ۴ ارائه شده است. بر اساس شکل ۴ کاهش درصد تأمین نیازهای آبی دشت در شش سال آخر سناریو کاهش پیدا خواهد کرد. طبق سناریو، تأمین آب برای صنعت و شرب در اولویت اول قرار داده شده و کشاورزی در اولویت دوم است. با وجود این، بیش‌ترین درصد تأمین مربوط به کاربری کشاورزی و شرب است.

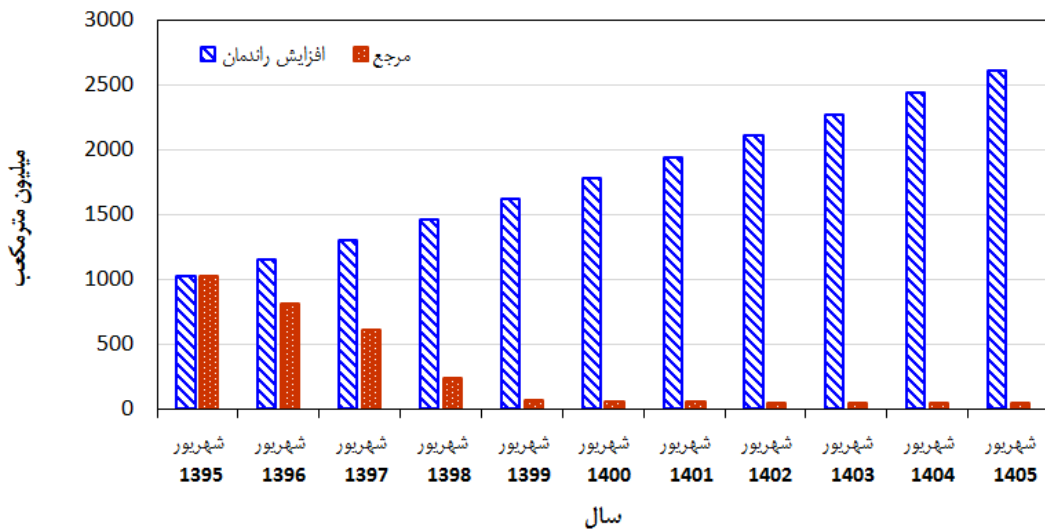
شکل ۵ مقایسه مقدار ذخیره آب زیرزمینی بین سناریوهای افزایش راندمان کاربری آب و مرجع را نشان داده است. در سناریوی افزایش راندمان در کاربری‌های مختلف با توجه به معیارهای تعیین شده در سناریو، ذخیره آب زیرزمینی از سال اول تا سال آخر سناریو در روند صعودی قرار دارد که نشان‌دهنده بهبود وضعیت کمی منطقه از نظر منبع آب زیرزمینی می‌شود که در مقایسه با سناریوی مرجع شرایط مناسبی را برای دشت قزوین نشان می‌دهد. این امر ناشی از کاهش برداشت آب از چاه‌ها و



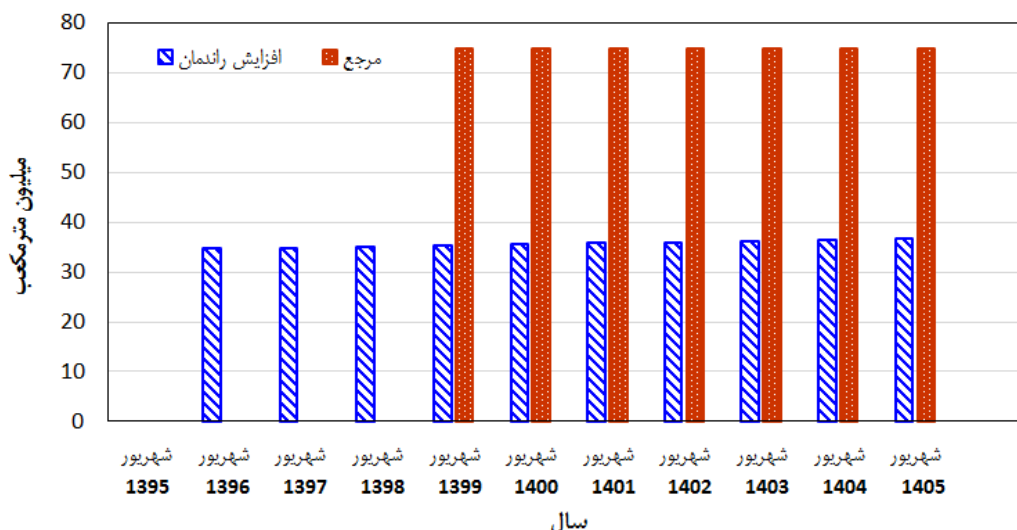
شکل ۳- مقدار نیاز تأمین نشده دشت قزوین طبق سناریوی مرجع
Figure 3- The amount of unmet needs of Qazvin Plain according to the reference scenario



شکل ۴- میزان درصد تأمین نیازهای کاربری دشت قزوین طبق سناریوی مرجع
Figure 4- Percentage of supply needs of Qazvin plain according to the reference scenario

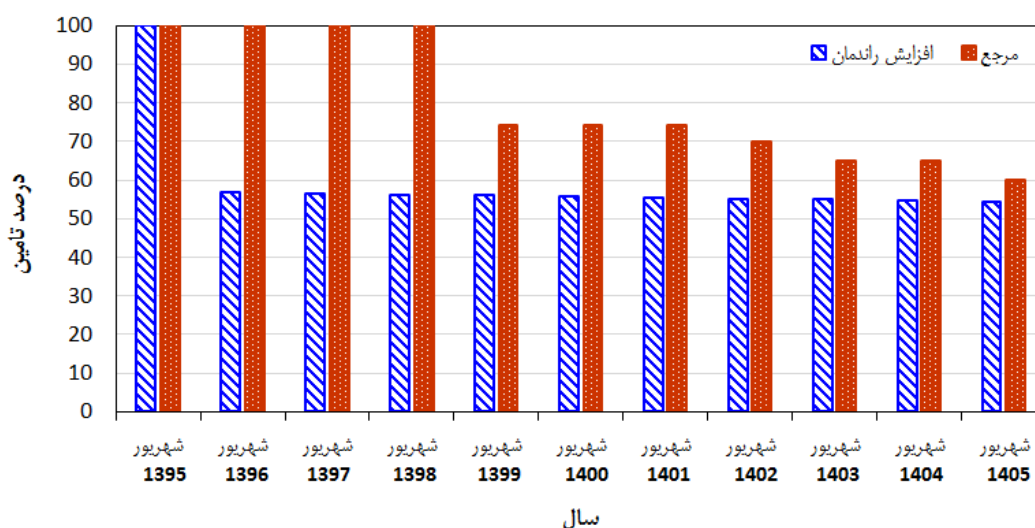


شکل ۵- مقایسه مقدار ذخیره آب زیرزمینی سناریوهای مرجع و افزایش راندمان
Figure 5. Comparison of basement water storage with reference scenarios and efficiency gains



شکل ۶- مقایسه مقدار نیاز تأمین نشده سناریوهای مرجع و افزایش راندمان در دشت قزوین

Figure 6- Comparison of unmet demand of reference scenarios and efficiency increase in Qazvin plain



شکل ۷- مقایسه درصد تأمین نیاز سناریوهای مرجع و افزایش راندمان در منطقه مورد مطالعه

Figure 7- Comparison of the percentage of supply of reference scenarios and the increase of efficiency in the study area

سامانه‌های منابع آب، بر محور تغییرات در سه زیرسیستم از قبیل سامانه‌های آب و هوا، اجتماعی-اقتصادی و مدیریتی حاصل می‌شود. متغیرهای مهم اجتماعی-اقتصادی شامل رشد جمعیت، توسعه اقتصادی، تغییرات فنی و کاربری آب و اراضی است که به‌طور مستقیم بر روند مصرف آب و نیاز آبی در آینده تأثیر می‌گذارند.

هدف از انجام پژوهش حاضر، بهینه‌سازی بهره‌برداری از منابع آبی حوزه آبخیز دشت قزوین طی ۱۰ سال تحت سناریوهای مختلف مدیریتی است. برای رسیدن به شرایط بهینه در مقدار حجم منابع آب، حداقل‌سازی عدم تأمین نیازها و میزان نیاز کاربری‌های مختلف در دشت قزوین بررسی شد. بر این اساس وضعیت منابع آب دشت قزوین در سه بخش کشاورزی، صنعت و شرب با استفاده از مدل WEAP تحت دو سناریوی پایه با اولویت‌بندی وزارت نیرو و سناریوی افزایش راندمان کاربری

نتایج به‌دست آمده از این پژوهش با نتایج مطالعات Gery (2016) مطابقت دارد که در این مطالعات افزایش خشک‌سالی باعث کمبود آب در دسترس در منطقه می‌شود که بیش‌ترین تقاضا برای کاربری کشاورزی است. بر همین اساس نیاز به افزایش راندمان و کاهش هدررفت می‌تواند در بهبود حجم آب منطقه اثر قابل قبولی داشته باشد.

۴- نتیجه‌گیری

منابع آب با تأثیر زیاد بر نحوه زندگی، اشتغال، اقتصاد و دیگر موارد منطقه، بیش‌ترین عامل تأثیرگذار بر برنامه‌ریزی کاربری اراضی یک منطقه دارد. از این‌رو برنامه‌ریزی کاربری اراضی در دشت‌ها با اولویت‌بندی تخصیص منابع آب برای هر کاربری بر اساس شرایط اقتصادی-اجتماعی و اکولوژیکی انجام‌پذیر خواهد بود. تغییر در

صحيح منابع آب با توجه به خشک‌سالی دهه‌های اخیر و کم‌آبی‌های منطقه، بررسی تأثیرات هیدرولوژیک طرح‌های توسعه منابع آب با مدل‌سازی، همواره باید مورد توجه محققان، مدیران و برنامه‌ریزان منابع آب کشور قرار بگیرد.

در جهت حفظ و صیانت از منابع آب حوزه آبخیز مورد مطالعه و مصرف بهینه از منابع آب زیرزمینی موارد زیر مد نظر قرار می‌گیرد:

- ۱- یکی از راهکارهای پیشنهادی افزایش راندمان در بخش توزیع در بخش‌های مختلف مصرف (کشاورزی، شرب و صنعت) با استفاده از ترمیم و به‌روز کردن سیستم توزیع می‌تواند مؤثر واقع شود. که این امر می‌تواند در میان‌مدت اثر قابل توجهی بر میزان حجم منابع آب زیرزمینی در منطقه داشته باشد.

- ۲- جلوگیری از حفر چاه‌های غیرمجاز در منطقه به‌منظور استفاده در کشاورزی

- ۳- نتایج کمی این پژوهش نشان داد که جایگزینی روش‌های نوین آبیاری مانند آبیاری قطره‌ای در سطح دشت قزوین به‌جای روش‌های سنتی آبیاری، سبب کاهش هدررفت حجم عظیمی از منابع آبی منطقه می‌شود. با وجود این، تغییر حاصله هم نمی‌تواند مشکل آب منطقه را به‌تندی حل کند. بنابراین به‌علت افت سطح آب زیرزمینی می‌توان راهکارهای دیگری از جمله تغذیه مصنوعی آبخوان را پیشنهاد داد.

قره‌چایی، ح.، مقدم‌نیا، ع.، ملکیان، آ.، و احمدی، آ. (۱۳۹۴). جداسازی اثرات تغییرپذیری اقلیمی و فعالیت‌های انسانی بر رواناب حوزه آبخیز بختگان. *اكوهیدرولوژی*، ۲(۴)، ۴۴۵-۴۵۴.

رضایان، ا.، و رضایان، ع. (۱۳۹۵). آینده‌پژوهی بحران آب در ایران به‌روش سناریوپردازی. *اكوهیدرولوژی*، ۳(۱)، ۱-۱۷.

نجفی جیلانی، ع.، ذاکری نیری، م.، و حسینی، س. (۱۳۹۲). کاربردهای نرم‌افزار WEAP در برنامه‌ریزی منابع آب. کنفرانس بین‌المللی عمران، معماری و توسعه پایدار شهری، دانشگاه تبریز.

آب در دوره ۱۰ ساله ارزیابی شد. بدین‌منظور سناریوهای مختلفی در زمینه کاهش تقاضای آب کشاورزی، شرب و صنعتی و افزایش راندمان و کاهش هدررفت آب مطرح و اثرات آن‌ها بر منابع آب این منطقه در مقایسه با سناریوی مرجع بررسی شد. نتایج حاصل از سناریوی مرجع نشان داد که ذخیره آب زیرزمینی روند رو به کاهش دارد و بیش‌ترین افت بین سال‌های ۱۳۹۷ و ۱۳۹۸ با افت تقریبی ۴۰۰ میلیون مترمکعب است، درحالی‌که بر اساس سناریوی افزایش راندمان کاربری آب روند ذخیره آب زیرزمینی از سال اول تا سال آخر سناریو بالغ بر ۱۵۰۰ میلیون مترمکعب افزایش پیدا می‌کند. مقایسه نیاز تأمین نشده بین دو سناریو نشان داد که در سناریوی افزایش راندمان کاربری آب مقداری بالغ بر ۴۰ میلیون مترمکعب نیاز به آب را در منطقه کاهش می‌دهد. بنابراین، یافته‌های پژوهش حاضر نشان می‌دهد با اعمال اقدامات مدیریتی مناسب در منطقه، مانند ایجاد سامانه‌های آبیاری مناسب، جلوگیری از هدررفت آب، احیای مجدد منابع آب زیرزمینی و خروج از حالت کنونی امکان‌پذیر خواهد شد. در غیر این صورت، منابع ارزشمند آب زیرزمینی منطقه مطالعاتی به یک تهدید جدی تبدیل شده و تبعات جبران‌ناپذیری از جمله تنزل کیفیت آب زیرزمینی، فرونشست زمین، خشک شدن و یا کاهش آب‌دهی چاه‌ها در بر خواهد داشت. بنابراین، تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی منطقه امری ضروری است. بر این اساس، به‌منظور توسعه منابع آب کشور و ارائه راهکارهای عملی برای مدیریت

منابع

احمدآلی، ج.، بارانی، غ.، قادری، ک.، و حصاری، ب. (۱۳۹۷). ارزیابی سناریوهای مدیریت آب و تأثیر تغییر اقلیم بر پایداری زیست‌محیطی و کشاورزی (مطالعه موردی: حوضه‌های آبریز زربینه‌رود و سیمینه‌رود). *اكوهیدرولوژی*، ۵(۴)، ۱۲۰۳-۱۲۱۷.

محمدپور، ا.، و وفايي نژاد، ع. (۱۳۹۹). ارزیابی خطرپذیری رخداد سیل در حوضه تجن با استفاده از سیستم اطلاعات مکانی. *اكوهیدرولوژی*، ۳(۳)، ۳۴۱-۳۴۷.

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

References

Ahmadaali, J., Barani, G-A., Qaderi, K., & Hessari, B. (2017). Assessment of water management scenarios and the impact of climate change on environmental and agricultural sustainability (Case study: Zarrinehrud and Siminehrud River Basins). *Iranian Journal of Ecohydrology*, 5(4), 1203-1217 (in Persian).

Esteve, P., Varela-Ortega, C., Blanco- Gutiérrez, I., & 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, M.A., Liu, D., Fu, Q., Uzair, M., Khan, M.I., Baig, F., Li, T., & Cui, S. (2018). Stream flow variability and drought severity in the Songhua River Basin. Northeast China, , Northeast China. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, 32(5), 1225-1242.

Gerey, A. (2016). Assess of water allocation scenarios using model weap (Talar River

- catchment). M.Sc. Thesis, Islamic Azad university, Tehran, Iran (in Persian).
- Gharechaei, H., Moghaddam Nia, A., Malekian, A., & Ahmadi, A. (2016). Separation of the effects of climate variability and human activities on runoff of Bakhtegan Basin. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 2(4), 445-454 (in Persian).
- Khalil, A., Rittman, A., Phankamolsil, Y., & Talaluxmana, Y. (2018). Groundwater recharge estimation using WEAP model and empirical relations in the Mae Kalong basin. 7th International Conference on Environmental Engineering, Science and Management at Centre Hotel and Convention Centre, Thailand.
- Loucks, D.P., Van Beek, E., Stedinger, J.R., Dijkman, J.P., & Villars, M.T. (2005). *Water resources systems planning and management: an introduction to methods, models and applications*. Paris, Unesco.
- Momblanch, A., Papadimitriou, L., Jain, S.K., Kulkarni, A., Ojha, C.S., Adeloje, A.J., & Holman, I.P. (2019). Untangling the water-food-energy-environment nexus for global change adaptation in a complex Himalayan water resource system. *Science of the Total Environment*, 655, 35-47.
- Mohammadpour, M., Zeinalzadeh, K., Rezaverdinejad, V., & Hessari, B. (2016). WEAP model calibration and validation in simulating the impact of irrigation systems change on the Ahar-Chai basin hydrological response. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 3(3), 477-490 (in Persian).
- Najafi-Jilani, A., Zakeri-Niri, M., & Hosseini, S.H. (2013). Applications of WEAP software in water resources planning. International Conference on Civil Engineering, Architecture and Sustainable Urban Development, Tabriz, Iran (in Persian).
- Rezayan, A., & Rezayan, A.H. (2016). Future studies of water crisis in Iran based on processing scenario. *Iranian Journal of Ecohydrology*, 3(1), 1-17 (in Persian)
- Santikayasa, I.P., Babel, M.S., & Shrestha, S. (2015). Assessment of the impact of climate change on water availability in the Citarum river basin, Indonesia: The use of statistical downscaling and water planning tools. Pp. 45-64, In: *Managing Water Resources under Climate Uncertainty*, Springer International Publishing.
- Yates, D., Sieber, J., Purkey, D., & 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., & 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.