تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال پانزدهم، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۸
Volume 15, No. 4, Winter 2020 (IR-WRR)
۲۴۲-۲۵۸

ارزیابی سناریوهای تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب در راستای مدیریت یکپارچه منابع آب سطحی و زیرزمینی با استفاده از مدل WEAP (مطالعه موردی: دشت ورامین)

بیدا دهقانی[۱]، مریم فراهانی[۲*] و بابک امین‌نژاد[۳]

چکیده

محدودیت نسبی منابع آب و افت بیش از حد منابع آب زیرزمینی در دشتهای کشور توجه به مدیریت یکپارچه منابع آب را ضروری کرده است. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی سناریوی تغذیه مصنوعی و پخش سیلاب جهت مدیریت یکپارچه منابع آب حوضه دشت ورامین و با استفاده از مدل WEAP انجام گرفت. داده‌های مورد نیاز نظیر دبی رودخانه‌های شور و جاجرود، حجم مخازن لتیان و ماملو، میزان بارندگی، تبخیر، جمعیت، نرخ رشد جمعیت، میزان تقاضای آبی در بخش شرب، کشاورزی و صنعت در سال پایه آبی (۲۰۱۷-۲۰۱۶) وارد نرم‌افزار گردید. سپس سناریوهای مرجع و تغذیه مصنوعی تدوین شده و در یک دوره ۲۰ ساله مقایسه شدند. نتایج نشان داد در صورتی که وضعیت کنونی ادامه یابد در ۲۰ سال آینده قادر به تأمین ۱۶/۲ و ۲۷/۴ درصد از نیازهای آبی بخشهای کشاورزی و صنعت در منطقه دشت ورامین نخواهیم بود. در حالی که اگر سالیانه ۳۳ میلیون مترمکعب از هرز آبهای سطحی منطقه بصورت پخش سیلاب به آبخوان منطقه تزریق گردد، علاوه بر آن که در بخش کشاورزی و صنعت به ترتیب ۹/۲ و ۱۷/۹درصد کاهش در عدم تأمین تقاضا نسبت به سناریو مرجع رخ خواهد داد، بلکه حتی در صورتی که میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی با روند کنونی تداوم یابد، ذخیره استاتیک آبخوان از میانگین ۳۵۱ میلیون مترمکعب به ۳۸۸ میلیون مترمکعب رسیده و سبب جبران افت منابع آب زیرزمینی منطقه به میزان روزانه ۱/۲۱ سانتی‌متر به صورت میانگین دوره ۲۰ ساله نیز خواهد شد.

کلمات کلیدی: مدیریت یکپارچه، آب زیرزمینی، پخش سیلاب، تغذیه مصنوعی، مدل WEAP.

تاریخ دریافت مقاله: ۹۸/۴/۱۷
تاریخ پذیرش مقاله: ۹۸/۸/۱۴

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه عمران- منابع آب، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.
۲- استادیار، گروه محیط زیست، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.
۳- استادیار، گروه عمران- منابع آب، واحد رودهن، دانشگاه آزاد اسلامی، رودهن، ایران.
*- نویسنده مسئول
بحث و مناظره (Discussion) در مورد این مقاله تا پایان بهار ۱۳۹۹ امکانپذیر است.

Evaluation of Artificial Recharge and Flood Spreading Scenarios for Integrated Surface and Groundwater Resources Management Using WEAP Model Case Study (Varamin Plain)

B. Dehghani [1], M. Farahani [2] and B. Aminnejad[3]*

Abstract

Due to the relative constraints of water resources and excessive over-discharge of groundwater resources in the plains of the country, integrated water resources management is essential. Present study carried out to assess artificial recharge and flood spreading scenarios for integrated water resources management using WEAP model in Varamin plain.The required data, including the discharge of stream flow gauge of Shoor and Jajrood rivers, the volume of the Latian and Mamlu dams, rainfall, evaporation, population, population growth rate, water demand of drinking, agricultural and industrial sectors of the area in the base year of model (2016-2017) were gathered and entered in the software. Then, the artificial recharge scenario was developed and compared with the reference scenario in a 20-year period. The results showed that if the current status of water resources management continues, in the next 20 years, we will not be able to cover 16.2 and 27.4 percent of the water demand of agricultural and industrial sectors in Varamin plain, respectively. Whereas, if 33 million cubic meters of surface water streems of the region are injected to the aquifer by flood spreading method, annually, not only, 9.2 and 17.9 percent decrease in unmet water demand of agricultural and industrial sectors in comparison with the reference scenario, respectively, but also, based on current harvest volumes; the average of the aquifer storage increase from 351 to 388 million cubic meters, which will decrease the loss of groundwater resources of the region 1.21 centimeters daily by the average 20-year period.

Keywords: Groundwater, Integrated Management, Flood Spreading, Artificial Recharge, WEAP Model.

Received: July 8, 2019
Accepted: November 5, 2019

1- M.Sc. Student, Department of Civil-Water Resources, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran. Email: S.dehghaniapril@yahoo.com
2- Assistant Professor, Environment Department, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran. Email: Mfarahani@riau.ac.ir
3- Assistant Professor, Department of Civil-Water Resources, Roudehen Branch, Islamic Azad University, Roudehen, Iran. Email: Babak1409@yahoo.com
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

خشکسالی و کم آبی در ایران یک واقعیت اقلیمی است و با توجه به روند روزافزون نیاز بخشهای مختلف به آب، ضعف مدیریت یکپارچه منابع آب و بی‌توجهی به توسعه پایدار منابع آب کشور، مشکل خشکسالی در سالهای آینده جدی تر نیز خواهد شد (Morid, 2018). بطوری‌که بر اساس گزارش مؤسسه بین‌المللی مدیریت آب IWMI[1]،کشور ایران برای حفظ وضع فعلی خود تا سال ۲۰۲۵ باید بتواند ۱۱۲ درصد بـــه منابع آب قابل استحصال خود بیفزاید (Abbasi, 2017). از لحاظ تئوریک، برای دستیابی به این هدف بایستی میزان عرضه افزایش و تقاضا تعدیل گردد. این در حالی است که در سالهای اخیر استفاده بی‌رویه از منابع آب و خشکسالی‌های پیاپی در کشور منجر به کاهش سطح آبهای زیرزمینی شده و پایداری آنها را به خطر انداخته است.

مدیریت یکپارچه منابع آب، یک فرآیند سیستماتیک برای توسعه پایدار، تخصیص و پایش منابع آب است که برای اهداف اجتماعی، اقتصادی و محیط زیستی استفاده می‌شود مدیریت یکپارچه منابع آب، ضمن جبران برخی از کمبودها، باعث افزایش ذخیره موجود، حداقل نمودن اثرات منفی استفاده های جداگانه از منابع و مدیریت مؤثر و بهینه آب می‌شود. امروزه برای اجرای دقیق‌تر و بهتر مدیریت یکپارچه منابع آب استفاده از روش مـــدل‌سازی و بکارگیری از ابـــزارهای نـــوین نرم‌افـــزاری بـــه کاربـــران متخصص کمکهای شایانی کـــرده است (Matin et al., 2012). برای شبیه‌سازی مدیریت و برنامه‌ریزی یکپارچه منابع آب در سطح حوضه، مدل‌های مختلفی موجود است (Gerey, 2016) که یکی از آنها مدل WEAP[2] است. WEAP یک نرم‌افزار جامع و پیشرفته شبیه‌ساز سیستم منابع آب است که در مدیریت حوضه آبریز کاربرد گسترده‌ای دارد و قادر به لحاظ کردن توأم فرآیندهای فیزیکی- هیدرولوژیکی می‌باشد (Ajamzadeh, 2016).

WEAP از نقطه نظر ابزار تحلیلی، تمام ابعاد مدیریت آب و چاره‌اندیشی‌های متفاوت را میتواند ارزیابی کند و مصارف چند منظوره و رقابتی را در یک سیستم منابع آب مدل می‌کند (Ahmadi, 2013).

جمع‌آوری آبهای سطحی، تغذیه آبهای زیرزمینی و تنظیم بهره‌برداری صحیح آب، مهمترین راهکارهای مدیریت منابع آب به شمار می‌روند (Weiskarami et al., 2013). تغذیه مصنوعی، مجموعه عملیاتی است که در جهت افزایش آب ورودی به آبخوان انجام می‌شود بطوری که آب به یک ساختار نفوذپـذیر وارد شـده و ضمن تغذیه آبخوان میتوان مجدد آن را با رژیم و کیفیتی متفاوت و بـــه وسیله ایجاد تأسیسات اضافی یـــا تغییراتی در شـــرایط طبیعی منطقه استفاده نمود (Biz et al., 1990). برای تغذیه مصنوعی باید تأسیساتی ساخته شوند تا هرچه بیشتر آب به داخل زمین نفوذ نماید و بدین منظور بر حسب شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی و وضع طبقه آبده، طرق مختلفی به کار می‌رود. یکی از روشهای ساده و عملی جهت مهار هرزآبها و استفاده از آنها احداث و گسترش سیستم پخش سیلاب می‌باشد. همچنین پخش سیلاب به عنوان روشی از سیستم تغذیه مصنوعی و استحصال آب محسوب می‌گردد. عملیات پخش سیلاب یکی از راههای استحصال آب در مناطق خشک و نیمه خشک می‌باشد که می‌توان از منابع آب سیلابهای زودگذر یا خسارت‌زا استفاده بهینه نمود.

در ایران و سایر کشورها مطالعات متنوعی در خصوص بکارگیری نرم‌افزار WEAP در مدیریت و برنامه‌ریزی یکپارچه منابع آب و بررسی اثرات تغذیه طبیعی و مصنوعی آب زیرزمینی بر منابع آب صورت گرفته است، بطور مثال، (Khalil et al., 2018) تحقیق به هدف بررسی قابلیت مدل WEAP در تخمین میزان تغذیه آب زیرزمینی از رواناب ناشی از بارندگی در حوضه Mae Klong، تایلند انجام داده‌اند. آنها حوضه فوق را به ۶ زیر حوضه تقسیم نموده و با استفاده از گزینه رواناب- بارندگی در مدل WEAP رواناب ناشی از بارندگی را در یک دوره ۱۵ ساله (۲۰۱۵-۲۰۰۰) شبیه‌سازی کرده و میزان تغذیه آب زیرزمینی را برآورد نموده و قابلیت مدل WEAP در تخمین میزان تغذیه طبیعی آبهای زیرزمینی را تأیید کرده‌اند. Toure et al. (2017) با استفاده از مدل WEAP تأثیر اقدامات انسانی و تغییرات آب و هوایی بر منابع آب زیرزمینی را در حوضه Klela از زیر حوضه های اصلی رودخانه نیجر در جنوب مالی مطالعه نموده‌اند. آنها از مدل WEAP جهت بررسی تعادل عرضه و تقاضای آب و محاسبه تغییرات ذخیره آبهای زیرزمینی تا سال ۲۰۵۰ استفاده نموده‌اند. نتایج این مطالعه نشان داده است که تغذیه آبهای زیرزمینی و همچنین ذخیره آن با گذشت زمان بویژه در دهه ۲۰۳۰ کاهش خواهد یافت. بطوری که تقریباً تغذیه آب زیرزمینی ۴۹ درصد و ذخیره آب زیرزمینی ۲۴ درصد در اثر تغییرات آب و هوایی در طول این دوره (۲۰۵۰-۲۰۱۴) کاهش خواهد یافت. Raseghghezelbash (2013) نیز در تحقیق به هدف مدیریت و استفاده بهینه از منابع آب موجود سد مهاباد و تأمین تقاضا در بخشهای مختلف کشاورزی و شرب با توجه به رشد نیاز آنها در آینده از روش شبیه‌سازی سیستم های منابع آب استفاده کرده است. در جهت برنامه‌ریزی و مدیریت منطقه در محیط نرم‌افزار WEAP، پس از واسنجی مدل، سناریوهای مختلفی اعمال کرده و در نهایت به این نتیجه رسیده است که سناریوی ترکیبی افزایش جمعیت شهر مهاباد طی سال‌های آتی با سرانه مصرف کمتر نسبت به سناریوی مرجع و کاهش سطح زیر کشت محصولات باغی و تخصیص آن به محصولات زراعی و افزایش راندمان به دلیل بالاتر بودن درصد تأمین بالا بهترین

گزینه می‌باشد. همچنین، Runama and Jafari (2017) در تحقیقی با هدف ارزیابی اثر تغذیه مصنوعی بر نوسانات سطح ایستابی آب زیرزمینی دشت اهرم (واقع در استان بوشهر) از مدل عددی سه بعدی آب زیرزمینی MODFLOW استفاده نموده‌اند. بطوری که پس از کالیبراسیون مدل توسط قدیمی‌ترین اطلاعات ثبت شده آبخوان دشت اهرم (سپتامبر ۲۰۰۸) با شبیه‌سازی سناریو تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب در مدل مذکور، تأثیر آن بر منابع آب زیرزمینی دشت اهرم طی سالهای (نیمه دوم سال ۲۰۰۸ تا پایان سال ۲۰۱۵) در ۱۵ دوره زمانی ارزیابی نموده‌اند. نتایج این تحقیق نشان دهنده اثرات نسبی پخش سیلاب بر تغذیه مصنوعی در دشت اهرم بوده است، ولی این اثرات با سوء مدیریت و برداشتهای بی‌رویه و خارج از ظرفیت آبخوان تا حد زیادی کمرنگ شده است. بطوری که بیلان آبی دشت مذکور طی ۷ سال شبیه‌سازی غیر ماندگار همچنان منفی باقی مانده است. Rajaei et al. (2011) تأثیر طرحهای تغذیه مصنوعی بر روی سفره آب زیرزمینی و مدیریت تأمین تقاضای آب در شهرکرد ایران را مورد بررسی قرار داده‌اند. برای این منظور، از مدل شبیه‌سازی WEAP برای شبیه‌سازی آبهای زیرزمینی حوضه استفاده شده است. بطوری‌که ابتدا با بکارگیری آمار و اطلاعات مربوط به دوره (۲۰۰۴-۱۹۹۵) مدل را کالیبره کرده سپس از این مدل برای شبیه‌سازی اثر تغذیه مصنوعی بر سطح ایستابی سفره آب زیرزمینی برای یک دوره سی ساله استفاده شده است. نتایج شبیه‌سازی با مدل WEAP نشان داده است، سطح آبهای زیرزمینی و حجم ذخیره آبخوان در شهرکرد رو به کاهش است. در صورتی که با اجرای طرحهای تغذیه مصنوعی که قابلیت تزریق ۳ متر مکعب در ثانیه آب داشته باشند، پیش‌بینی شده است، آبخوان حدود ۲۴ میلیون متر مکعب در سال تغذیه گردد. همچنین بر اساس نتایج مدل WEAP در صورت اجرای پروژه‌های تغذیه مصنوعی در شهرکرد، با در نظر گرفتن ۸۰ درصد تأمین آب کشاورزی و فرض ۷۰ درصد راندمان آبیاری، قابلیت افزایش۳۰ درصدی سطح زراعت وجود خواهد داشت. با توجه به مطالب فوق، ضرورت توجه بیشتر به برنامه‌ریزی و مدیریت یکپارچه منابع آب در کشور و استفاده از فرآیند مدل‌سازی جهت پیش‌بینی نتایج حاصل از طرحهای پیشنهادی قبل از بکارگیری آنها خصوصاً در حوضه‌هایی که در شرایط بحرانی قرار دارند مشخص می‌گردد. در سالهای اخیر، عدم مدیریت صحیح و استفاده بی‌رویه از آب زیرزمینی در دشت ورامین منجر به افت سطح آب زیرزمینی و نشست زمین در این منطقه گردیده است (Rastgaripour and Farhadi, 2016). لذا، با توجه به استفاده روزافزون از آبخوان، بایستی اقداماتی نیز به منظور جبران آنها انجام گیرد، تا بتوان بدون ایجاد اشکال، بهره‌برداری مناسبی از منابع آب نمود.

نیاز به توسعه و پیاده‌سازی استراتژیهای پایدار در بکارگیری منابع محدود آب در مناطق مختلف با ویژگیهای متنوع اکولوژیکی، بکارگیری از مدل‌های شبیه‌سازی را جهت کاهش عدم قطعیت‌های مربوط به نتایج برنامه‌ریزی منابع آب، ضروری ساخته است. در انتهای دهه گذشته، یک نگرش یکپارچه برای توسعه آب، در زمینه تقاضای آب، کیفیت آب و محافظت‌های اکوسیستمی در محل پروژه‌های تأمین آب پیشنهاد گردید. در این زمینه بکارگیری مدل‌های شبیه‌ساز قدیمی عرضه‌گرا و چند مخزنی مفید نبوده‌اند (Sedghi et al., 2016). در این راستا، نرم‌افزار WEAP قادر است، از نقطه نظر تحلیلی، تمام ابعاد مدیریت آب را ارزیابی کند. در حقیقت یک ابزار شبیه‌سازی منابع آب سطحی و زیرزمینی بر پایه اصول و محاسبات بیلان آبی است که می‌تواند مجموعه متناوبی از شرایط تأمین و تقاضا وآلودگی را در طول افق برنامه‌ریزی بلند مدت بیازماید و استراتژی‌های مدیریت تطبیقی را ایجاد کند. Ahmadi (2013) لذا از آنجایی که مطالعه مشخصی بر روی مبحث مدیریت یکپارچه آب، با بکارگیری طرحهای تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب در حوضه دشت ورامین و استفاده از نرم‌افزار WEAP برای مدل‌سازی آن انجام نگرفته است، این موضوع می تواند نگرشی نو در این زمینه محسوب گردد. همچنین با توجه به اینکه بررسی روابط بین این حوزه‌های مطالعاتی شدیداً وابسته به ویژگیهای منطقه‌ای می‌باشد (Ebrahimi et al., 2019)، نتایج تحقیق حاضر در حوضه دشت ورامین می‌تواند منجر به دستاوردهای نوینی در منطقه گردد. هدف از مدیریت یکپارچه منابع آب، تأمین نیاز مصرف‌کنندگان مختلف بصورت مطمئن و کافی به گونه‌ای است که کیفیت و کمیت منابع آب سطحی و زیرزمینی نیز در حد قابل قبول حفظ گردد (Mohammadi, 2011). بنابراین استفاده از سیلابهای زمستانی و بهاری و بکارگیری آن جهت تغذیه مصنوعی آبخوان به روش پخش سیلاب راهکار مناسبی بنظر می‌رسد. آن‌چنان‌که در فصولی که نیاز آب کمتر می‌باشد، هرزآبهای سطحی به روش پخش سیلاب به آبخوان تغذیه شده و با تقویت منابع آب زیرزمینی، ضمن کاهش امکان تبخیر آب، منبع مطمئن‌تری برای تأمین نیازهای آبی خصوصاً در فصول پرمصرف آب خواهد بود. از آنجایی که منبع اصلی تأمین نیاز آب کشاورزی در منطقه، آب زیرزمینی می‌باشد، تعریف سناریوهایی در این زمینه می تواند در چشم‌اندازسازی برای برنامه‌های توسعه منابع آب منطقه و مدیریت آن مفید قرار گیرد. علاوه بر موارد فوق، ذخیره هرزآبهای سطحی در آبخوان از نظر مسایل اقتصادی-اجتماعی و زیست محیطی نیز مناسب بنظر می‌رسد.

لذا تحقیق حاضر با هدف ارزیابی سناریوی تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب جهت مدیریت یکپارچه منابع آب حوضه دشت ورامین

و بکارگیری مدل WEAP جهت پیش‌بینی اثرات آن بر منابع آب منطقه فوق انجام گرفت.

۲- مشخصات منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی دشت ورامین در نیمه شمالی و انتهای بخش شرقی حوزه آبریز دریاچه نمک و ۴۰ کیلومتری جنوب شرقی محدوده مطالعاتی تهران- کرج، در طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۰ دقیقه قرار دارد. مساحت دشت آبرفتی آن حدود ۱۳۹۷۰۰ هکتار است. واحد هیدرولوژیک ورامین با وسعت حدود ۱۹۱۶۰۰۰ هکتار محدوده بزرگتری است. دشت ورامین از نظر تقسیمات کشوری بخشهایی از شهرستان ورامین، ری و پاکدشت را شامل می‌شود. بخش اعظم شهر ورامین از نظر تقسیم‌بندی حوضه‌های آبریز در دشت ورامین و قسمتهای جنوب شرقی آن در واحد هیدرولوژیک گرمسار قرار دارد. در شکل ۱ موقعیت دشت ورامین در استان تهران نشان داده شده است.

تغییرات میانگین ماهانه دما، بارش و تبخیر دوره ۴۰ ساله (۲۰۱۷-۱۹۷۷) از ایستگاه ورامین نشان می‌دهد که میانگین دمای سالیانه در منطقه ۱۸/۰۹ درجه سانتیگراد، میانگین سالانه بارش ۱۲۹ میلیمتر و میانگین تبخیر نیز در همین دوره آماری ۲۲۶۸/۱۲ میلیمتر در سال بوده است. اقلیم این حوضه خشک می‌باشد و از ویژگیهای آن بارندگی کم، تفاوت دمایی زیاد و دوره خشک طولانی می‌باشد. بیشترین بارندگی در زمستان و کمترین آن در تابستان است. منطقه ورامین از دیدگاه زمین شناختی در واحد مرکزی منطقه البرز قرار دارد که عمدتاً حاصل فعالیتهای زمین ساختی در دوران سوم و چهارم زمین شناختی است. دشت ورامین از شمال، جنوب و شرق به وسیله ارتفاعات احاطه شده است. بین این ارتفاعات را رسوبات مربوط به پلیوسن تا عهد حاضر پر نموده است. این دشت به نواحی مرتفع، دامنه‌ای و دشتی تفکیک شده است. نواحی مرتفع بیشتر در شمال شرقی منطقه گسترش داشته و مقدار شیب آن به سمت جنوب کاهش می‌یابد. نواحی دامنه‌ای از رسوبات قدیمی و جوان تشکیل شده و حد واسط ارتفاعات و نواحی دشتی قرار گرفته است. نهشته‌های آبرفتی قدیمی این واحد را کنگلومرای هزاردره تشکیل می‌دهد و نهشته‌های جوان که آبخوان بر روی آن قرار دارد به صورت یک مخروط افکنه دیده می‌شوند که از آبرفت تهران تشکیل شده است. قسمت اعظم خاکهای سطحی دشت ورامین از رسوبات رودخانه جاجرود به وجود آمده‌اند. در قسمت شمالی دشت، رسوبات درشت همراه با سنگریزه و در قسمت مرکزی و جنوبی آن رسوبات ریز هستند که اراضی زراعی ورامین با مساحت حدود ۶۰ هزار هکتار بر روی آن واقع شده‌اند (Molaei and Sorbi, 2007; Rahnamarad et al., 2013).

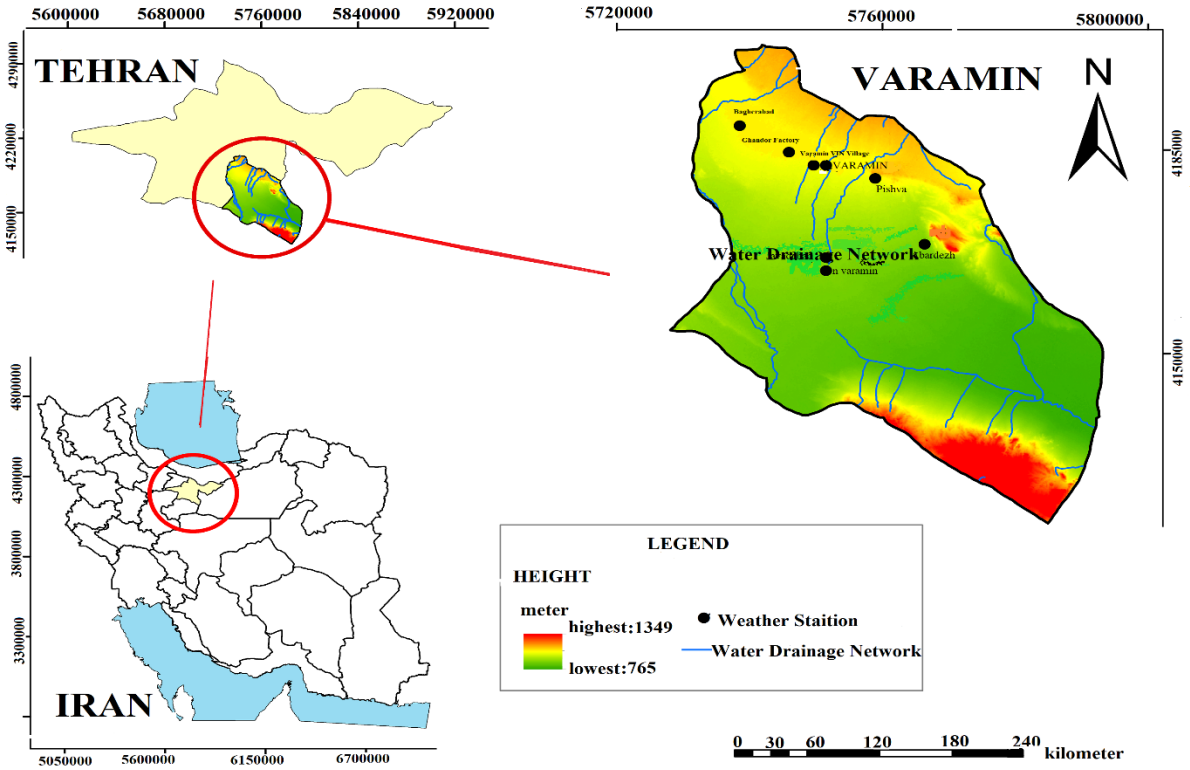

Fig. 1- Location of Varamin plain in Tehran province (WWW.WRBS.WRM.IR)

شکل ۱- موقعیت دشت ورامین در استان تهران (WWW.WRBS.WRM.IR)

عمده‌ترین محصولاتی که در این منطقه به زیر کشت می‌روند، گندم، جو، پنبه، سبزی و صیفی‌جات می‌باشند. اکثر کشاورزان برای آبیاری اراضی خود از روشهای سنتی آبیاری نظیر آبیاری غرقابی و نشتی استفاده می‌کنند. سهم کشاورزی از مصرف آب در منطقه ۷۸/۲ درصد می‌باشد. به دلیل کم بودن منابع آب سطحی، حفر چاههای عمیق و نیمه عمیق، این امر منجر به افت سطح آب زیرزمینی و بیلان منفی آبخوان در دشت شده است. بطوری که دشت ورامین از سوی وزارت نیرو به عنوان یکی از دشتهای ممنوعه کشور در نظر گرفته شده است (Rastgaripour and Farhadi, 2016; Najafialamdaran et al., 2013). منابع آب سطحی منطقه مورد بررسی عمدتاً به سه دسته کلی قابل تقسیم هستند. نخست دریاچه‌های مصنوعی یا سدهایی که در فاصله دورتر از محل دشت واقع شده‌اند و تعداد آنها دو مورد می‌باشد (لتیان و ماملو). منبع سطحی دیگر آبهای برگشتی از کشاورزی، صنعت و مصارف خانگی هستند. آبهای هرزرو مانند سیلابهای ناگهانی نیز که کنترل نشده‌اند از جمله آبهای برگشتی به حساب می‌آید که در صورت برنامه‌ریزی صحیح می‌تواند منبع مهمی برای کشاورزی و فضاهای سبز شهری باشد. رودخانه‌های کرج (شور) و دماوند (جاجرود) نیز دسته سوم منابع سطحی به شمار می‌روند. این رودخانه‌ها در سالهای اخیر به دلیل کاهش آب ورودی و خشکسالی دارای نوسانات زیادی هستند. به دلیل اهمیت بررسی داده‌های هیدرومتری در برآورد حجم سیلاب در پروژه‌هایی مانند تغذیه مصنوعی آبخوان، بررسی وضعیت آبدهی رودخانه شور در ایستگاه پل ساوه و رودخانه جاجرود در ایستگاه شریف‌آباد ورامین که نزدیکترین ایستگاههای هیدرومتری به منطقه مورد مطالعه می باشند، نشان داد شکل ۲ که رودخانه شور در سال آبی پایه تحقیق (۲۰۱۷-۲۰۱۶) در بهمن ماه حداکثر دبی سیلابی (۹/۴ میلیون مترمکعب) را دارا بوده است. میانگین ماهیانه دبی نیز به میزان ۱/۳۶۶ میلیون مترمکعب برای سال آبی مذکور بوده است. میانگین ماهیانه دبی رودخانه جاجرود در مدت مشابه ۲/۶ میلیون مترمکعب بوده و در آذر ماه نیز حداکثر دبی (۹/۷ میلیون مترمکعب) را داشته است. تغییرات دبی در ماههای مختلف نشان دهنده کاهش و یا افزایش توان پخش سیلاب می‌باشد.

به دلیل اهمیت بررسی میزان ذخایر سدها در فرآیند مدل‌سازی منابع آب منطقه مورد مطالعه و تأثیر تبخیر در کاهش میزان آب ذخیره در دسترس سدها ضمن بررسی استفاده از داده‌های هواشناسی ایستگاههای منطقه دشت ورامین مشخص گردید که سدهای لتیان و ماملو در ماههای مرداد و دی به ترتیب بالاترین و کمترین میزان تبخیر را دارا می‌باشند (شکل ۳). همچنین در شکل ۴ مجموع تبخیر سالیانه از سد لتیان در سال (۲۰۱۷-۲۰۱۶) ۲۰۸۳/۲ میلیمتر و برای سد ماملو ۲۰۱۸ میلیمتر بوده است. حداکثر تراز آب در سدهای لتیان و ماملو نیز در سال آبی (۲۰۱۷-۲۰۱۶) به ترتیب ۱۶۱۲ و ۱۳۰۶ متر از سطح دریا می‌باشد. منابع آب زیرزمینی منطقه در سفره آبرفتی این دشت پراکنده هستند. آبخوان آبرفتی و از نوع سطح ایستابی می‌باشد و عمدتاً از طریق تغذیه حاصل از بارش و آبهای برگشتی شارژ می‌شود. تعداد ۱۰۲ چاه عمیق و نیمه عمیق کشاورزی فعال هم اکنون در منطقه وجود دارد که بیشتر کاربری کشاورزی دارند.

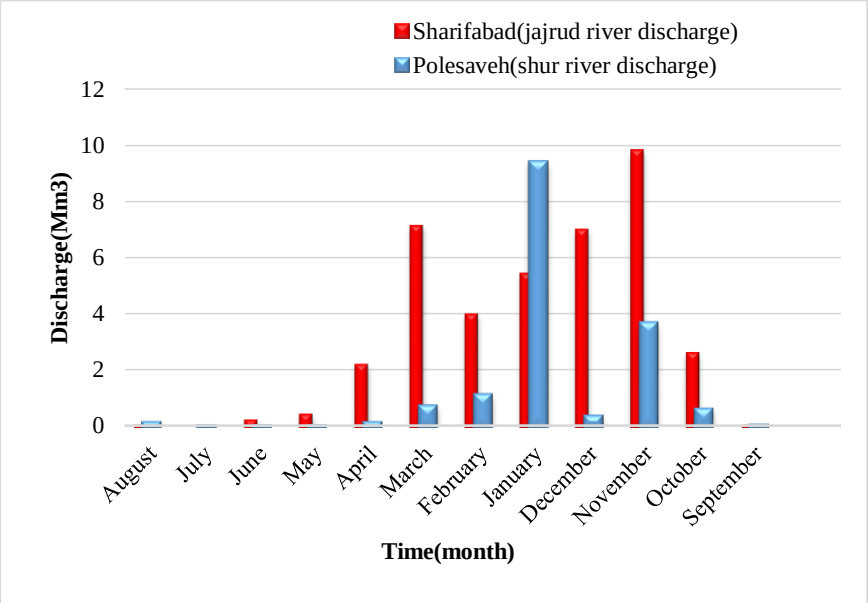

Fig. 2- Comparison of monthly Stream flow gauge at Saveh and Sharif Abad Varamin Water Station for the base Year (2016-2017)

شکل ۲- مقایسه تغییرات ماهیانه دبی در ایستگاه پل ساوه و شریف‌آباد ورامین برای سال آبی (۲۰۱۷-۲۰۱۶)

چاههایی نیز توسط اداره آبفا جهت تأمین نیاز شرب حفر شده‌اند که با توجه به وضعیت بحران در منابع آب سطحی و عدم نیاز به تصفیه پیچیده از آنها برای کاربری شرب بهره‌برداری می‌شود. تعداد کل چاههای موجود در محدوده مورد نظر ۲۰۳۸ حلقه چاه است. میزان برداشت مجاز از آبخوان منطقه در سال آبی (۲۰۱۷-۲۰۱۶) ۱۰۵ میلیون مترمکعب بوده است.

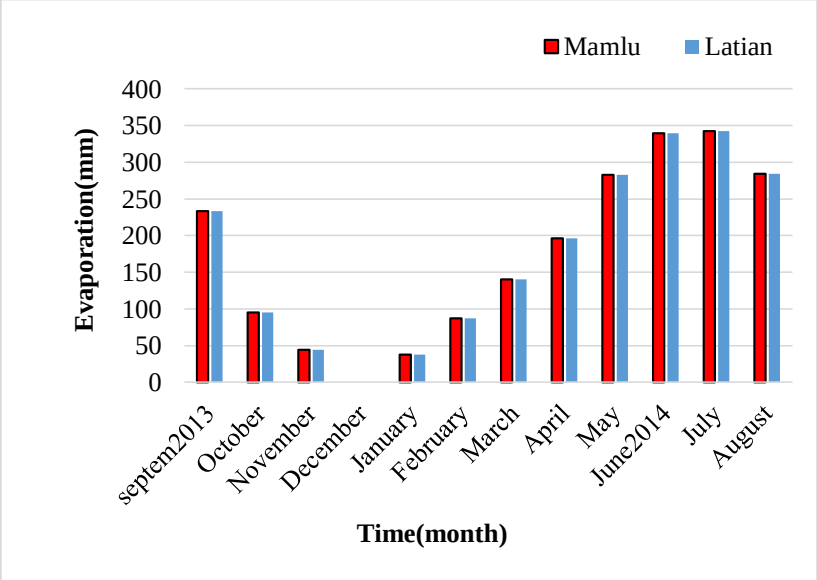

Fig. 3- The monthly evaporation rate of the Latian and Mamlu dams' station in millimeters

شکل ۳- نرخ ماهیانه تبخیر ایستگاه سد لتیان و ماملو بر حسب میلیمتر

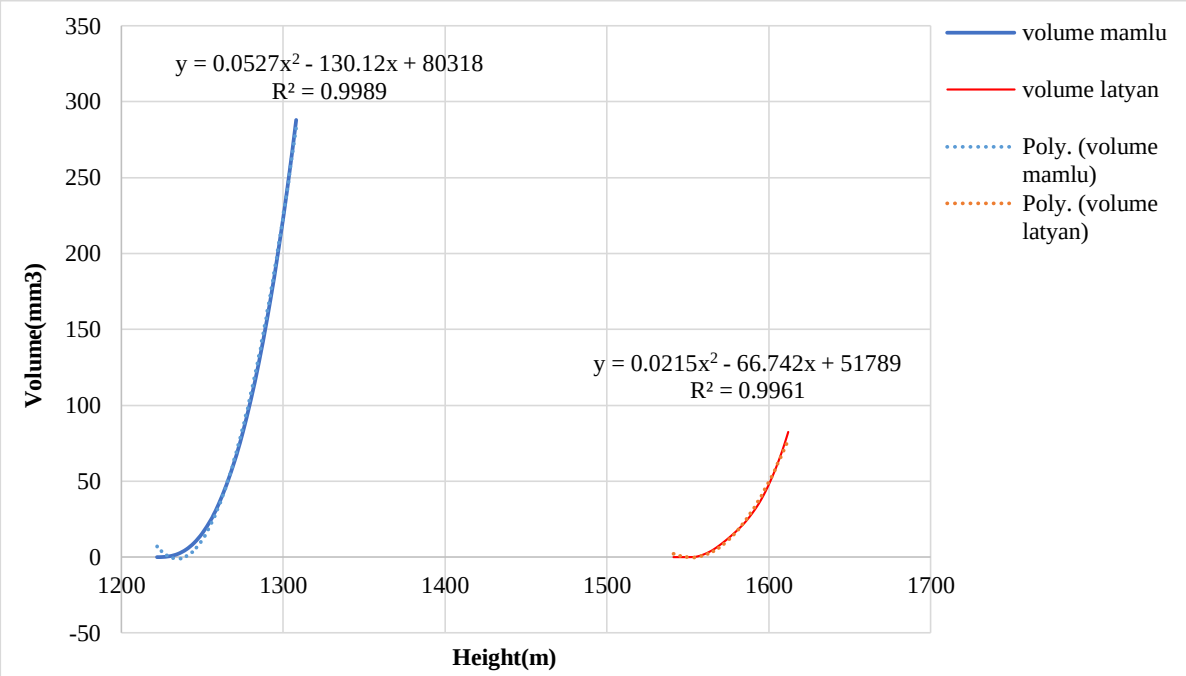

Fig. 4- Relation between volume and water level of the Latian and Mamlu dams (with polynomial distribution)

شکل ۴- رابطه حجم در برابر تراز آب سد لتیان و ماملو (دارای توزیع پلی نومیال)

۳- روش تحقیق

مراحل انجام تحقیق در نرم‌افزار WEAP شامل ۴ مرحله مختلف می‌باشد که در شکل ۵ نشان داده شده است. در تحقیق حاضر سال آبی (۲۰۱۷-۲۰۱۶) به عنوان سال پایه و طول دوره شبیه‌سازی ۲۰ سال آینده (۲۰۳۵-۲۰۱۶) در نظر گرفته شده است. در نرم‌افزار فوق برای مدل‌سازی حوضه از یک ساختار گره- کمان استفاده می‌شود (Raseghghezelbash, 2013). لذا، در گام اول دشت ورامین به عنوان محدوده مدل‌سازی از میان نقشه جهان موجود در نرم‌افزار انتخاب گردید. سپس منابع و مصارف آب (گره‌ها) و ارتباط بین نقاط مصرف و منابع تغذیه کننده آنها (کمانها) به صورت شماتیک در نرم‌افزار رسم شده است که در شکل ۶ مشاهده می‌شود.

در گام دوم داده های کامل مورد نیاز مدل وارد گردید. داده های مورد نیاز در این پژوهش شامل اطلاعات مربوط به منابع تأمین آب (سدها، رودخانه‌ها، آبهای زیرزمینی، آبهای برگشتی) و تقاضای آب (شرب، کشاورزی، صنعت) و اطلاعات جمعیتی بودند. کلیه داده‌های مزبور پس از انجام محاسبات خاص وارد نرم‌افزار گردید. جدول ۱ داده های بکار گرفته شده در تحقیق حاضر را نشان می‌دهد.

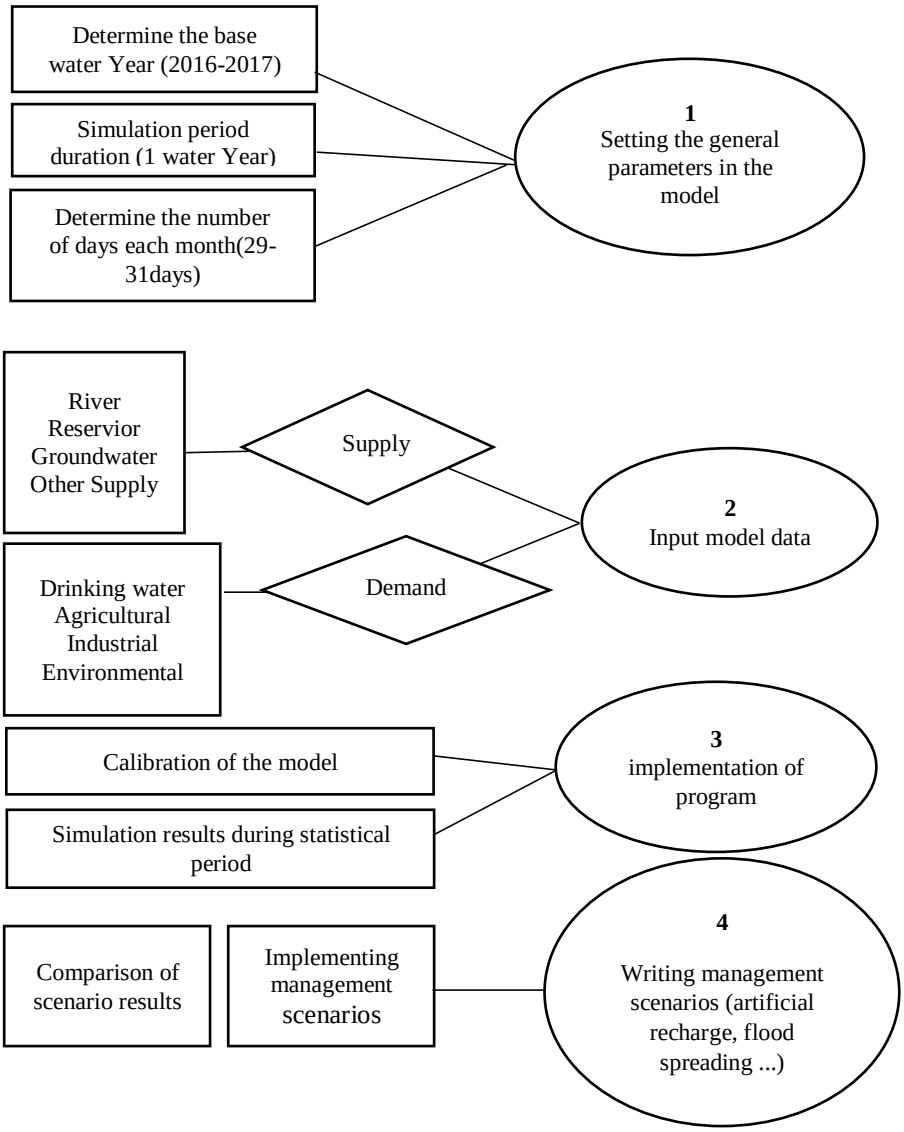

Fig. 5- Project steps in WEAP software

شکل ۵- مراحل انجام پروژه در نرم‌افزار WEAP

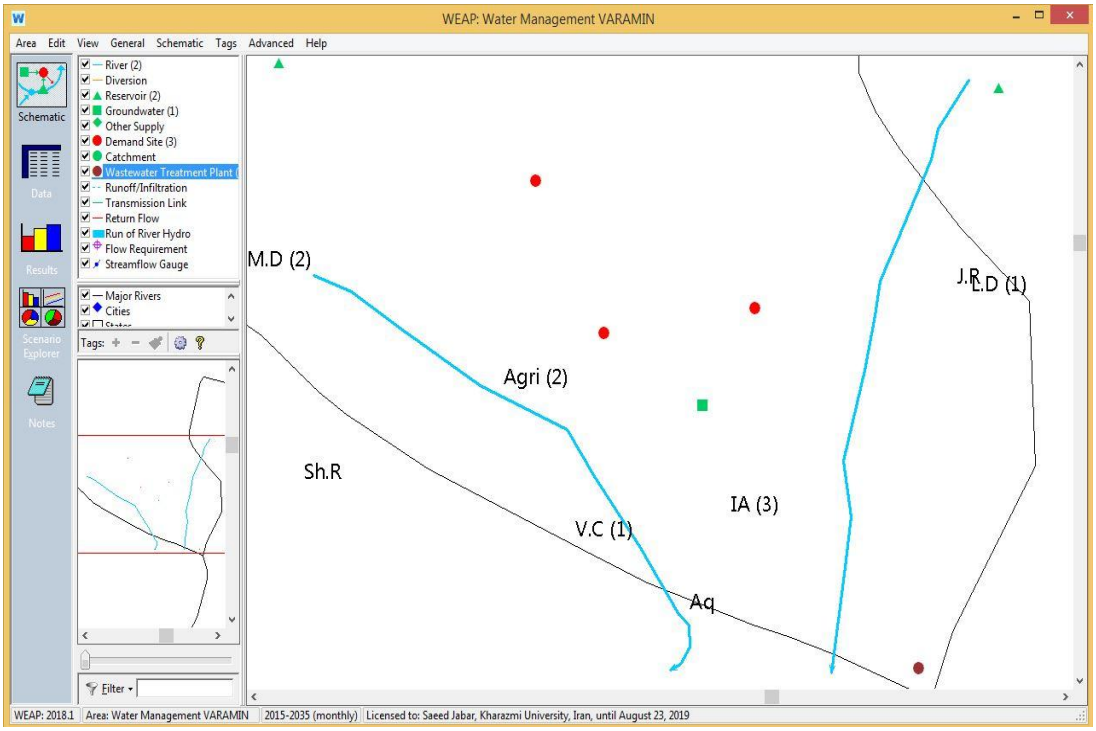

Fig. 6- Schematic of water supply and demand sites of Varamin plain in software

شکل ۶- نمای منابع آب و مصارف در دشت ورامین در محیط نرم‌افزار

زمانی که تمامی داده‌ها و اطلاعات مورد نیاز در مدل وارد می‌گردد، مدل آماده اجرا و کالیبراسیون است. لذا در مرحله سوم از تحقیق حاضر، نتایج شبیه‌سازی درطول دوره آماری بررسی و جهت کاهش خطاهای احتمالی کالیبراسیون مدل انجام گرفت. اجرای مدل در این مرحله جهت بررسی سناریوهای پایه و مرجع (ادامه وضعیت کنونی) می‌باشد. به این معنی که با ادامه وضعیت موجود عرضه و تقاضای منابع آب در منطقه مورد مطالعه، چه روندی در طی دوره شبیه‌سازی رخ خواهد داد. به گونه‌ای که با تعریف سناریوهای مدیریتی مناسب و برنامه‌ریزی آن، شرایط را به شکل بهتری در آینده مدیریت نمود. سناریو پایه بر اساس جمعیت موجود و منابع موجود در سال آبی پایه تنظیم شد. سپس بر اساس شاخص رشد جمعیت برای منطقه دشت ورامین که عددی حدود ۱/۰۹ می‌باشد (www.amar.org.ir). در سناریو مرجع وضعیت آینده (۲۰۳۵-۲۰۱۶) مدیریت منابع آب با ادامه یافتن وضعیت کنونی پیش‌بینی شد. لازم به ذکر است، مصارف عمده در دشت ورامین به ترتیب عبارتند از: مصرف کشاورزی، شرب و صنعت که اولویت تأمین به ترتیب شرب، کشاورزی و صنعت است. در سناریو مرجع و سناریوی مدیریتی حداکثر درصد نیاز شرب ۱۰۰ و ترجیح نیاز یک درنظر گرفته شده است، بطوری که ۱۰۰ درصد نیاز شرب در تمامی سناریوها تأمین گردد. همچنین در واسنجی مدل با توجه به اینکه داده‌های مشاهداتی سطح آب مربوط به سال پایه بودند و روش برهم کنش آب سطحی و زیرزمینی با توجه به موضوع تحقیق جهت ارتباط هیدرولیکی انتخاب شده بود، مقادیر مدل‌سازی شده مربوط به رابطه بر هم‌کنش آب سطحی- زیرزمینی با مقادیر موجود در سال پایه مقایسه گردید. هدف نهایی در این مرحله، به حداقل رساندن خطای رابطه بر هم‌کنش آب سطحی و زیرزمینی در پیش‌بینی سطح آب در یک دوره یک ساله (سال پایه) بود. این مقدار باید کمتر از ۱۰ درصد باشد (Rajaei et al., 2009; Saeedinia et al., 2009). بطوری که با تغییر پارامترهای مؤثر در این مورد سعی گردید با روش واسنجی دستی، بیشترین همخوانی بین مقادیر مدل‌سازی شده و مشاهده‌ای ایجاد گردد. برای این منظور از مقادیر هدایت هیدرولیکی (K) و ضریب ذخیره (S) استفاده گردید. با توجه به نتایج آنالیز حساسیت، از آنجایی که مؤلفه هدایت هیدرولیکی در بر هم کنش آب سطحی- زیرزمینی اثر بیشتری در همخوانی مقادیر مشاهداتی و مدل‌سازی داشت، در نهایت از این پارامتر برای واسنجی نهایی استفاده گردید (جدول ۲).

در آخرین مرحله مدل‌سازی نیز به منظور جلوگیری از افت بیشتر سطح آب زیرزمینی در منطقه دشت ورامین و مدیریت یکپارچه منابع آب سطحی و زیرزمینی منطقه و برنامه‌ریزی مناسب برای تعادل بین عرضه و تقاضای منابع آب در ۲۰ سال آینده و حفاظت از آبخوان اقدام به شبیه‌سازی و تعریف سناریوی تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب گردید.

Table 1- WEAP model data requirment for Varamin plain in the base year (2016-2017)

جدول ۱- داده‌های مورد نیاز مدل WEAP مربوط به منطقه دشت ورامین در سال آبی (۲۰۱۷-۲۰۱۶)

Input	Quantity with unit	Description	Input	Quantity with unit	Description
Population	826,000	Population growth rate (1.09)	Annual return flow from industrial area	2.5 million cubic meters	
Daily water used per capital (liters)	120 liters per day	The requirement for food and ... is considered in this amount because the amount of agricultural consumption has been constant	Annual return flow from Varamin city	7 million cubic meters	In base, reference and artificial recharge scenarios, the maximum percentage of drinking requirement is 100, and the preference is given to 100% of the drinking requirement in all scenarios.
Industrial demand	86 million cubic meters	Industries and licensed water well for industrial / commercial water supply	percentage of agricultural outFlow	15%	
Agricultural demand	460 million cubic meters	Monthiy variation	Supply priority	1 Drinking water 2 agricultural 3 industrial	
Area under cultivation	5700 hectares		Type of selected year	Ordinary year	
per hectare	9000 cubic meters per year	Product type	Maximum evaporation from the Jajrood river	3%	
Jajrood Flow head	Monthly average 3/25Mm^3	Monthly variation	Maximum evaporation from the Shoor river	8%	
Shoor flow head	Monthly average 1/75Mm^3	Monthly variation	The length of the river	75 meters	
Average annual rainfall	158.7 mm		Aquifer Storage coefficient	6%	
Average annual evaporation	2554 Mm		Renewable groundwater	381 million cubic meters	
Total agricultural area	53468hectars		percentage of agricultural water consumption	78.2%	
Average annual temperature	17.4 ° C		Groundwater depth	7-150 meters	

در این سناریو با استفاده از آبهای هرزرو در فصولی که نیاز آبی به آنها وجود ندارد، اقدام به ذخیره‌سازی آب به روش تغذیه مصنوعی در آبخوان آبرفتی شد. این میزان از حجم آب در فصول بعدی می‌توانند به عنوان یک منبع آبی برای پاسخگویی به نیازها عمل کنند.

بطوری که حجم آب قابل تغذیه با بکارگیری اطلاعات موجود در جدول ۳ در حدود ۳۳ میلیون مترمکعب ذخیره خالص محاسبه شد و به منابع آب در مدل افزوده گردید سپس با بررسی این سناریو میزان موفقیت آن در پاسخ به تقاضای آب سنجیده شد.

Table 2- Range of calibration parameter changes during modeling of Varamin plain by WEAP software

جدول ۲- دامنه تغییرات پارامترهای واسنجی در حین مدل‌سازی دشت ورامین توسط نرم‌افزار WEAP

Hydraulic Conductivity ($mday^{-1}$)	Simulation accuracy	Description
1.6	0.83	
2	0.86	
3	0.87	
2.5	0.87	
2.4	0.86	
2.8	0.95	The best Hydraulic Conductivity value selected

Table 3- Information of flood spread calculation (injection volume to the aquifer)

جدول ۳- اطلاعات مربوط به محاسبه پخش سیلاب (حجم تزریقی به آبخوان)

Parameter and Unit	Amount
Floodwater (m)	0.2
Aquifer storage coefficient	0.15
Amount of floodable land in the area (ha)	109150000
Soil infiltration coefficient	0.1
Volume of aquifer storage from flood spread (m^3)	32745000

۴- نتایج و تحلیل نتایج

۴-۱- مقایسه اثر سناریوهای مرجع و تغذیه مصنوعی بر تأمین تقاضای آب در منطقه

از آنجایی که هدف تحقیق حاضر ارزیابی اقدامات مدیریتی در قالب سناریوها بود در این بخش نتایج مربوط به آنها بررسی می‌گردد. سناریوهای تحقیق شامل موارد ذیل می‌باشند:

- سناریو پایه: در این سناریو با در نظر گرفتن اطلاعات منطقه مورد مطالعه در سال آغاز تحقیق (۲۰۱۷-۲۰۱۶)، وضعیت مدیریت منابع آب در این سال شبیه‌سازی گردید.
- سناریو مرجع (وضعیت موجود): در این سناریو با فرض، ادامه سیاستهای کنونی در زمینه عرضه و تقاضای منابع آب و رشد جمعیت در منطقه مورد مطالعه، اثرات آن بر تعادل عرضه و تقاضای آب و منابع آب در طی سالهای (۲۰۳۵-۲۰۱۶) شبیه‌سازی گردید.
- سناریو تغذیه مصنوعی آبخوان به روش پخش سیلاب: در این سناریو با فرض بکارگیری سیلابهای منطقه در فصول پرباران (۳۳ میلیون مترمکعب) و تزریق آن به آبخوان توسط روش پخش سیلاب اثر آن بر تعادل عرضه و تقاضای آب و منابع آب در طی سالهای (۲۰۳۵-۲۰۱۶) شبیه‌سازی گردید.

میانگین حجم سالیانه نتایج تقاضای آب تأمین نشده بخش شرب، کشاورزی و صنعت در سال پایه، سناریو مرجع و سناریو تغذیه مصنوعی نیز مربوط به سال ۲۰۳۵ (بر حسب میلیون مترمکعب) در جدول ۴ ارایه شده است. همچنین، درصد تقاضای آب تأمین نشده (نسبت نیاز تأمین نشده به تقاضا) و درصد پوشش نیاز آب در بخشهای مختلف مصرف (نسبت عرضه به تقاضا) جهت درک بهتر از نتایج محاسبه گردید. مقایسه تغییرات درصد پوشش نیاز آب بین دو سناریوی مرجع و تغذیه مصنوعی در بخشهای کشاورزی و صنعت به ترتیب در شکلهای ۷ و ۸ نشان داده شده است. نتایج جدول و نمودارهای فوق، نشان داد از آنجا که تأمین نیاز شرب از اولویت‌های اساسی در بخش مدیریت منابع آب می‌باشد و در پیش فرض کلیه سناریوهای مورد نظر تحقیق حاضر، حداکثر درصد نیاز شرب ۱۰۰ و ترجیح نیاز یک درنظر گرفته شده است، ۱۰۰ درصد نیاز شرب در تمامی سناریوها تأمین گردیده است. لذا اگرچه در بخش شرب در سناریو مرجع کسری تأمین تقاضای آبی مشاهده نگردید، ولی قابل ذکر است با توجه به نرخ رشد جمعیت، جهت تأمین افزایش تقاضای مذکور نیاز به برداشت بیشتر از منابع آب سطحی می‌باشد. بطوری که این اضافه برداشت در سال ۲۰۳۵ به حدود ۸/۱۰ میلیون مترمکعب خواهد رسید. از آنجایی که نیاز شرب از بخش آبهای سطحی و بیشتر از سد ماملو تأمین می‌گردد و با توجه به پدیده‌های هواشناسی منطقه در سالهای آتی محدودیت منابع آب شدیدتر نیز خواهد شد. این اضافه برداشت می‌تواند در حجم آب سد ماملو تأثیر نامطلوب خود را منعکس سازد. این در حالی است که در تأمین نیاز آب در بخش کشاورزی (۶۵ میلیون مترمکعب) و صنعت (۱۸ میلیون مترمکعب) سالانه کمبود مشاهده شده است. این کمبودها در فصول بهار و تابستان و همزمان با افزایش تقاضای آب کشاورزی و کاهش بارندگی‌ها مشاهده می‌گردد. لذا می‌توان پیش‌بینی نمود اگرچه کمبودی در بخش تأمین نیاز آب شرب در سال پایه مشاهده نشده است، لیکن تداوم روند خشکسالی‌های اخیر و روند توسعه آتی می‌تواند در صورت عدم تغییر الگوی مصرف یا عدم تأمین منابع در آینده مشکل‌ساز باشد. بطوری که نتایج سناریو مرجع با محاسبه میانگین سالانه عدم پوشش تقاضای کشاورزی و صنعت در سال ۲۰۳۵ به ترتیب به میزان ۷۶ و ۲۳ میلیون مترمکعب جدول ۴، ادامه سیاست‌گذاری‌های کنونی را با توجه به روند گرمایش جهانی، تغییرات اقلیمی، کاهش بارشها و افزایش جمعیت و افزایش تقاضای آتی بعنوان یک زنگ خطر مطرح می نماید. در تأیید این مطلب، Rastgaripour and Farhadi (2016) نیز در مطالعه‌ای که بر روی دشت ورامین انجام داده‌اند، اظهار داشته اند که کاهش شدید آبدهی منابع زیرزمینی ناشی از برداشتهای بی‌رویه و همچنین کاهش میزان بارشها در سالهای اخیر، وجود چاههای غیرمجاز در دشت، متکی بودن بیشتر فعالیتهای کشاورزی، آب آشامیدنی و صنعت به منابع آب زیرزمینی و آب مخازن سدها، بکار نگرفتن روشهای مدیریتی صحیح در سازمانهای مربوطه، پیامدهای نظیر فرونشست زمین، پایین آمدن کیفیت منابع تأمین آبهای آشامیدنی و خشک شدن چاهها، قنوات و چشمه‌ها و بحرانهای اجتماعی و اقتصادی را سبب شده است. در حالی‌که نتایج اثر سناریو تغذیه مصنوعی بر تأمین تقاضای آبی منطقه دشت ورامین نشان داد جدول ۴ به ترتیب سالانه ۳۳ و ۸ میلیون مترمکعب در بخش کشاورزی و صنعت با کسری تأمین مواجه خواهیم بود. در مقایسه با سناریو مرجع در بخش کشاورزی و صنعت به ترتیب ۹/۲ و ۱۷/۹ درصد کاهش در عدم تأمین تقاضا مشاهده می‌گردد شکلهای ۷ و ۸ بنابراین، اجرای

پروژه تغذیه مصنوعی در دشت ورامین میتواند کیفیت تأمین نیازهای آب در بخشهای مختلف مصرف را بهبود بخشد. در راستای تأیید این مطلب، Sandoval (2011) نیز با مطالعه با مدل‌سازی سناریوی ذخیره آبهای زیرزمینی در حوضه ریوگرانده توسط مدل WEAP نتیجه گرفته است که ذخیره آبهای زیرزمینی به میزان قابل توجهی مدیریت آب در حوضه و تعادل بین عرضه و تقاضا آب را بهبود می‌بخشد.

۴-۲- مقایسه اثر سناریوهای مرجع و تغذیه مصنوعی بر حجم آبخوان

شکل ۹ نتایج اثر دو سناریوی مرجع و تغذیه مصنوعی بر حجم ذخیره آبخوان دشت ورامین در یک دوره ۲۰ ساله را به نمایش گذاشته است.

Table 4- Annual average volume of unmet water demand in the drinking, agricultural and industrial sectors in research scenarios (million cubic meters)

جدول ۴- میانگین حجم سالیانه تقاضای آبی تأمین نشده بخش شرب،کشاورزی و صنعت در سناریوهای تحقیق (میلیون مترمکعب)

Scenarios	Drinking	Agricultural	Industrial
Base year (in 2016)	0	65	18
Reference (in 2035)	0	76	23
Artificial recharge (in 2035)	0	33	8

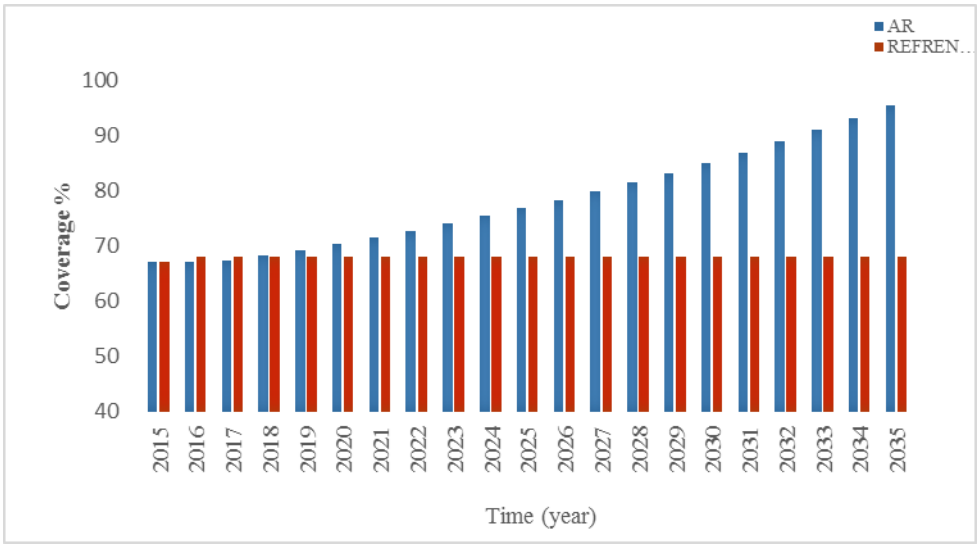

Fig. 7- Comparison of water demand coverage percentage in agricultural sector between reference and artificial recharge scenarios

شکل ۷- مقایسه درصد پوشش نیازهای آبی در بخش کشاورزی در دو سناریوی مرجع و تغذیه مصنوعی

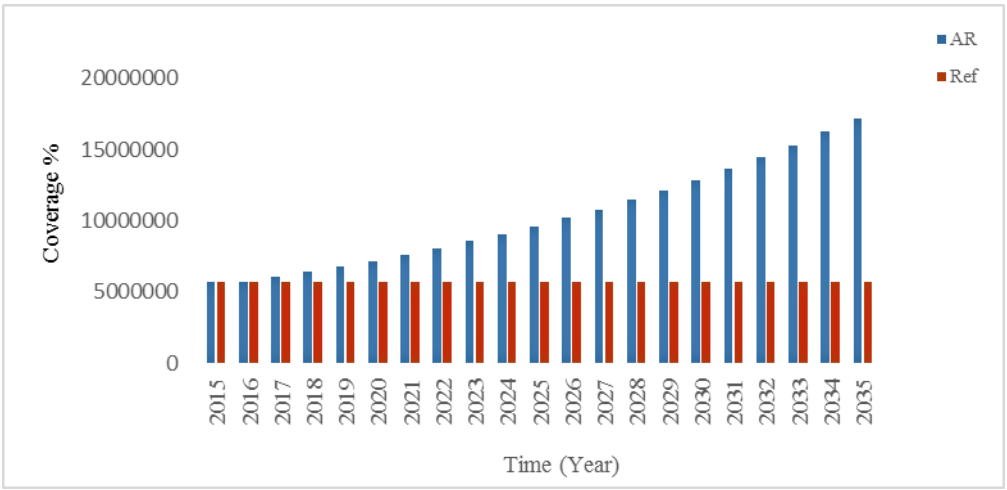

Fig. 8- Comparison of water demand coverage percentage in industrial sector between reference and artificial recharge scenarios

شکل ۸- مقایسه درصد پوشش نیازهای آبی بخش صنعت در دو سناریوی مرجع و تغذیه مصنوعی

همچنین در شکلهای ۱۰ و ۱۱ به ترتیب مقایسه میانگین ماهیانه نوسانات سطح تراز آب زیرزمینی در اثر اجرای سناریو مرجع و تغذیه مصنوعی در سال ۲۰۳۵ نسبت به سال پایه نشان داده شده است. تغییرات حجم مخازن آب زیرزمینی در سناریو مرجع شکل ۹ بیانگر کاهش حجم آبخوان در طی ۲۰ سال آینده در اثر تداوم سیاستهای منابع آب کنونی بود که علاوه بر افزایش درصد تقاضای آب تأمین نشده، می‌تواند پدیده فرو نشست زمین را نیز تشدید نموده و سایر مسایل اقتصادی اجتماعی را نیز در پی داشته باشد. در تأیید این مطلب نتایج سایر محققین که تغییرات سطح آبهای زیرزمینی در دشت بیرجند را مطالعه کرده‌اند نیز نشان داده است که ذخیره آب زیرزمینی در دشت بیرجند رو به کاهش بوده و باعث کاهش کیفیت آب و شور شدن خاک در این منطقه شده است. آنها مدیریت تخصیص آب با استفاده از روش تحلیل سناریوها و برنامه‌ریزی تکاملی را از راههای مناسب برای بالا بردن ظرفیت تأمین آب و استفاده بهینه از آب موجود پیشنهاد نموده‌اند. برای شبیه‌سازی مدیریت آب زیرزمینی نیز از بین مدل‌های مختلف موجود، مدیریت آب زیرزمینی با استفاده از مدل WEAP و MODFLOW را برگزیده‌اند (Akbarpour et al., 2012). با توجه به نتایج تحقیق حاضر شکل ۹ مشخص شد، در اثر اجرای سناریو تغذیه مصنوعی میزان ذخیره استاتیک آبخوان از میانگین ۳۵۱ میلیون مترمکعب به ۳۸۸ میلیون مترمکعب افزایش یافته است. طوری که حجم ذخیره‌ای آبخوان از حالت کاهشی کنونی (بیلان منفی) خارج شده است. البته این در صورتی خواهد بود که نرخ برداشت از آب زیرزمینی تغییری نسبت به سال پایه نداشته باشد.

براساس نتایج تحقیق حاضر مربوط به ترسیم هیدروگراف میانگین ماهیانه تراز آب زیرزمینی دشت ورامین در سال پایه شکل ۱۰ سطح تراز آب زیرزمینی، دارای نوسانات ماهیانه در حدود ۵۷ متر بوده است. بطوری که کمترین میزان تراز آب زیرزمینی در سال پایه ۸۹۷ متر و بیشترین آن ۹۵۴ متر مشاهده شده است. همچنین با توجه به شکل ۱۰ نوسانات تراز آب زیرزمینی در صورت تداوم سیاستهای کنونی (سناریو مرجع) در سال ۲۰۳۵ بین ۸۸۹ و ۹۴۵ رخ خواهد داد. در حالیکه با توجه به شکل ۱۱ در سناریو تغذیه مصنوعی این نوسانات بین ۹۳۰ و ۱۰۳۳ پیش‌بینی شده است. بنابراین، با اجرای سناریوی تغذیه مصنوعی علاوه بر آبهای برگشتی و تغذیه طبیعی میزانی از آبهای سطحی هرزرو وارد آبخوان خواهد شد که سبب جبران افت به میزان روزانه ۱/۲۱ سانتی متر به صورت میانگین دوره ۲۰ ساله میشود. در تأیید این مطلب، Riyahi Bani et al. (2013) در تحقیق مشابه به دلیل بحران افت منابع زیرزمینی دشت خان‌میرزا واقع در استان چهارمحال و بختیاری از مدل WEAP جهت ارزیابی منابع آب استفاده کرده و نتایج نشان داده است که دشت مذکور با بیلان منفی مواجه بوده و برای تعادل بخشی به آبهای زیرزمینی نیاز به کاهش ۶۰ درصدی میزان برداشت از آبخوان دشت خان میرزا با بکارگیری طرح انتقال آب از سولگان با ظرفیت انتقال حداقل ۴۰ میلیون متر مکعب در سال در کنار اجرای طرحهای تغذیه مصنوعی با حجم تغذیه متوسط سالیانه ۱۰ میلیون متر مکعب و آبیاری تحت فشار پیشنهاد شده است.

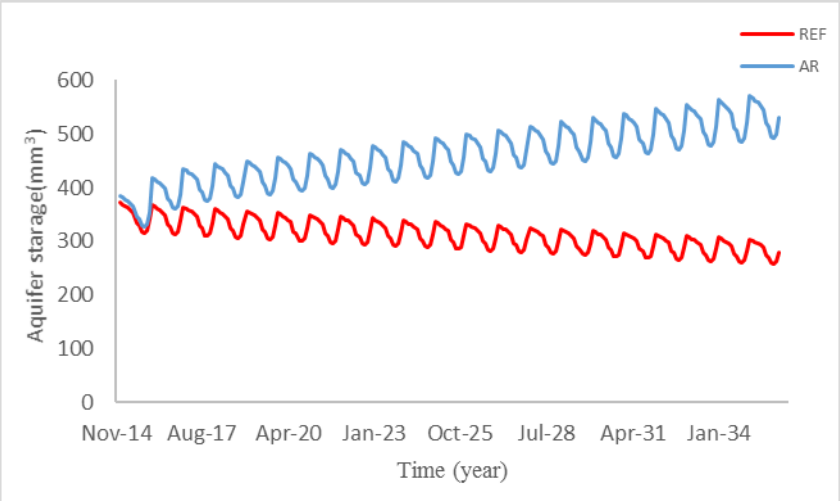

Fig. 9- Comparison of Aquifer Storage in Varamin plain between reference and artificial recharge scenarios in a 20-year period

شکل ۹- مقایسه حجم ذخیره آبخوان دشت ورامین در دو سناریوی مرجع و تغذیه مصنوعی در یک دوره ۲۰ ساله

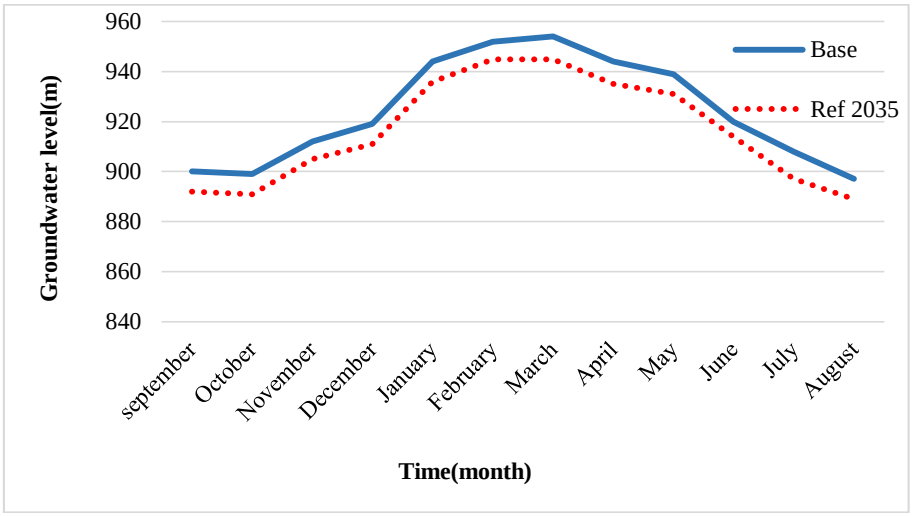

Fig. 10- Average hydrograph of Varamin Plain in the implementation of the scenario relative to the base year

شکل ۱۰- هیدروگراف میانگین دشت ورامین در اجرای سناریو مرجع نسبت به سال پایه

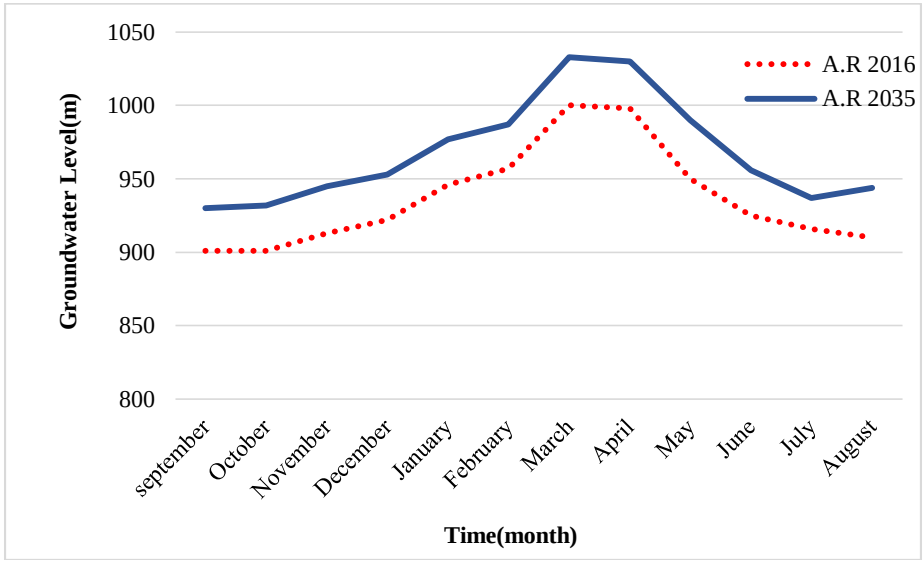

Fig. 11- Average hydrograph of Varamin plain in artificial recharge implementation relative to base year

شکل ۱۱- هیدروگراف میانگین دشت ورامین در اجرای تغذیه مصنوعی نسبت به سال پایه

۴-۳- اثر سناریوها بر آبهای سطحی

تأثیر اجرای سناریو تغذیه مصنوعی بر تغییرات میزان سایر منابع آب در شکل ۱۲ نشان داده شده است. تغذیه آبهای هرزرو در آبخوان و کاهش ورودی سیلاب به رودخانه اصلی از این موارد می‌باشد. با توجه به این شکل طی اجرای سناریو تغذیه مصنوعی میزان ذخایر آب سطحی نیز دستخوش تغییر شده است. همچنین میزان آبهای جاری در دو رودخانه محدوده مدل (شور و جاجرود) به دلیل ورود آبهای سیلابی به پروژه تغذیه مصنوعی که به صورت آب مازاد بوده است کاهش نشان داده است. جهت تدقیق این بخش شکلهای ۱۳ و ۱۴ ترسیم گردیده است که به ترتیب تغییرات میانگین مجموع ماهیانه حجم آب ورودی به رودخانه‌های شور و جاجرود در سناریو تغذیه مصنوعی در مقایسه با سناریو مرجع و مقایسه میزان ورودی آب به آبخوان در دو سناریوی مرجع و تغذیه مصنوعی نشان داده شده است. با توجه به شکل ۱۳ کاهش ورودی به رودخانه‌ها در فصل زمستان مشهودتر بوده است. زیرا آبهای بلااستفاده این فصل هدف تغذیه بوده‌اند بطوری که افزایش ورودی آب به آبخوان مصادف با کاهش ورودی آب به رودخانه‌ها در ماههای سپتامبر و اکتبر بوده است (شکلهای ۱۳ و ۱۴). بر طبق معادله بیلان و مقایسه شکلهای ۱۳ و ۱۴ سالانه میزان ۳۳ میلیون مترمکعب آب وارد آبخوان دشت ورامین شده است (شکل ۱۴) که نزدیک به میزانی است که از مجموع ورودی‌های دو رودخانه شور و جاجرود کاهش یافته است (شکل ۱۳).

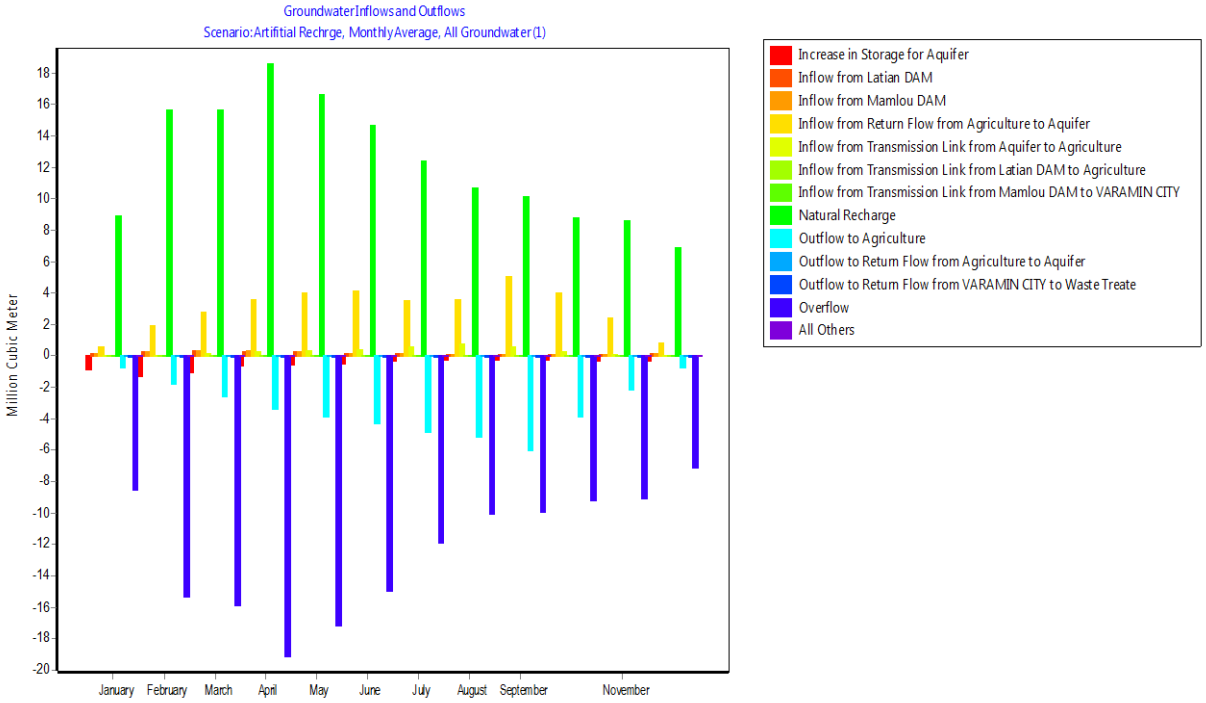

Fig. 12- Variations of water volume in different water resources with artificial recharge scenario

شکل ۱۲- تغییرات در میزان حجم آب انواع منابع آب به دلیل اجرای سناریو تغذیه مصنوعی

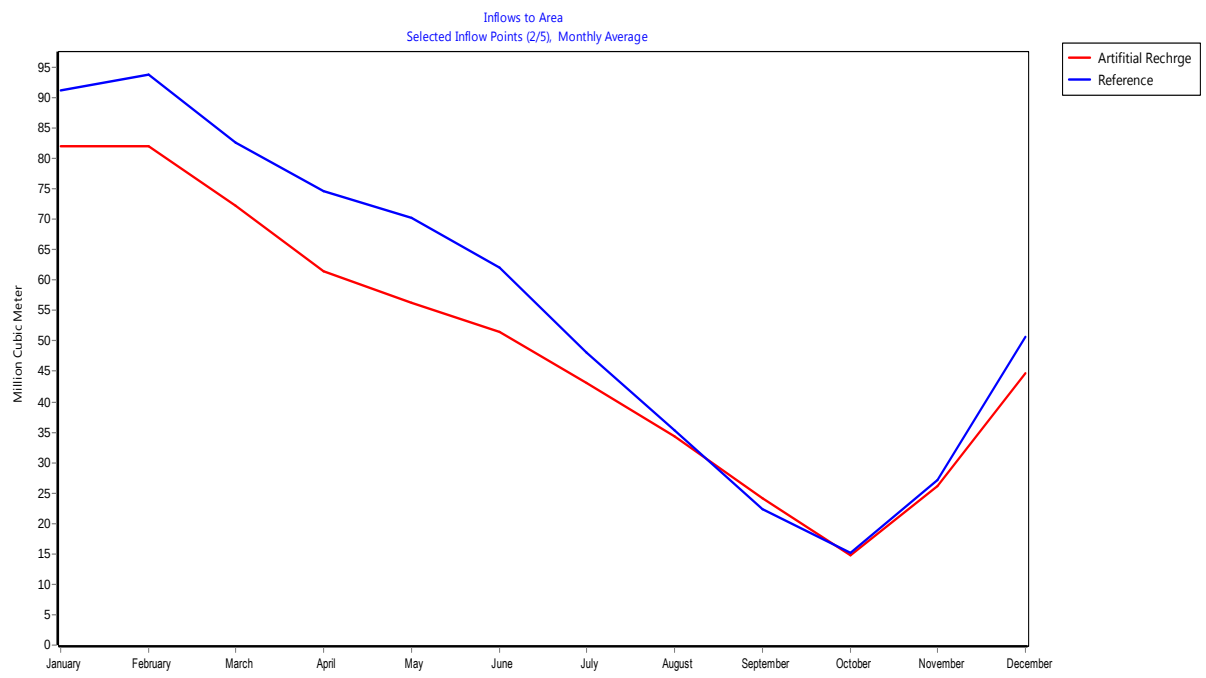

Fig. 13- Comparison of the monthly inflow to Shoor and Jajrood rivers between the reference and artificial recharge scenarios

شکل ۱۳- مقایسه میانگین ماهیانه حجم آب ورودی به مجموع رودخانه‌های شور و جاجرود در سناریو تغذیه مصنوعی در مقایسه با سناریو مرجع

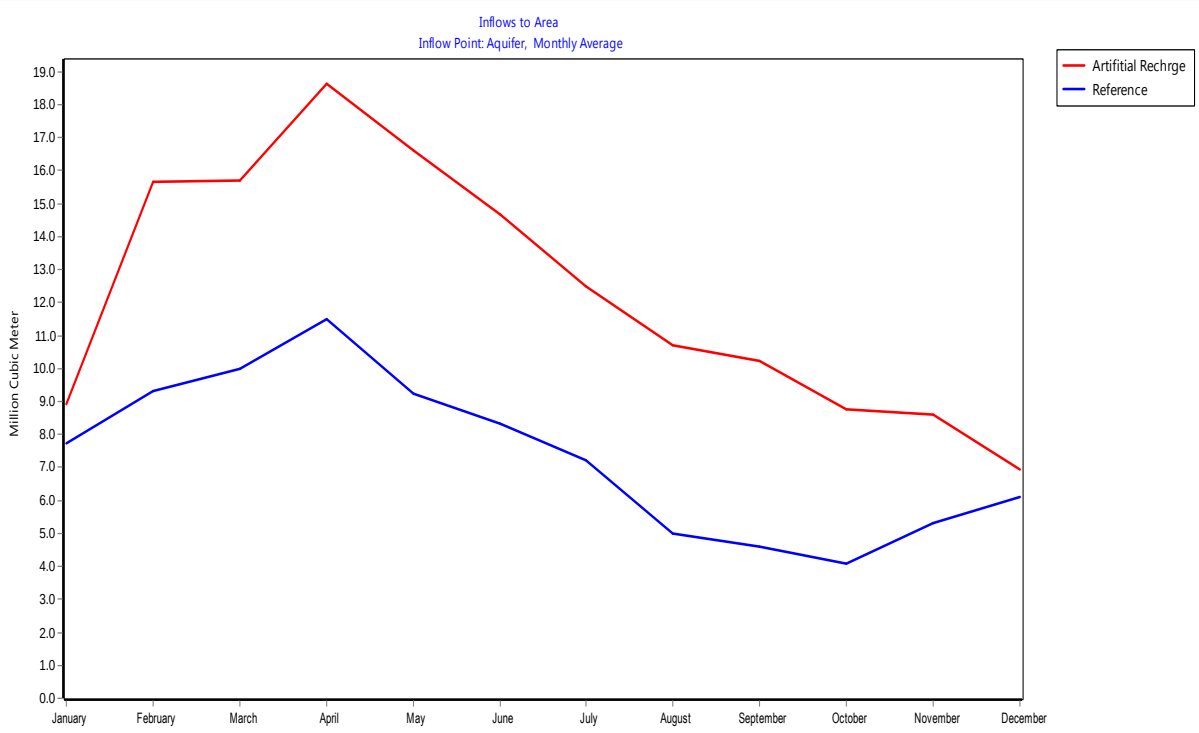

Fig. 14- Variations of the inflow to the aquifer in reference and artificial recharge scenarios

شکل ۱۴- میزان حجم آب ورودی به آبخوان در دو سناریوی مرجع و تغذیه مصنوعی

۵- خلاصه و جمع‌بندی

مطالعه حاضر با هدف ارزیابی سناریوی تغذیه مصنوعی به روش پخش سیلاب جهت مدیریت یکپارچه منابع آب دشت ورامین انجام گرفت. با توجه به توانایی‌های نرم‌افزار WEAP در شبیه‌سازی فرآیندهای مختلف هیدرولوژیکی و لحاظ نمودن سازه‌های هیدرولیکی و میزان تخصیص آب بین متقاضیان و مصرف کننده‌ها از آن جهت مدل‌سازی استفاده گردید. برای تنظیم مدل از داده‌های سال آبی (۲۰۱۷-۲۰۱۶) به‌عنوان سال پایه استفاده شد. طول دوره شبیه‌سازی نیز (۲۰۳۵-۲۰۱۶) در نظر گرفته شد. از آنجایی که سناریو مورد بررسی تغذیه مصنوعی بود، گزینه برهم کنش آب سطحی و زیرزمینی برای نوع ارتباط هیدرولیکی در نرم‌افزار انتخاب شد. جهت تنظیم سناریو تغذیه مصنوعی در مدل، حجم آب قابل تغذیه با بکارگیری اطلاعات منطقه نظیر ضریب ذخیره آبخوان، مساحت زمینهای دارای قابلیت پخش سیلاب، ضریب نفوذ، در حدود ۳۳ میلیون مترمکعب محاسبه گردید و به منابع آب در نرم‌افزار اضافه شد. ضمن اجرای مدل و مقایسه نتایج سناریو تغذیه مصنوعی و سناریو مرجع (ادامه وضعیت کنونی) مشخص شد، میانگین سالیانه تقاضای آب در بخشهای شرب، کشاورزی و صنعت در سال پایه به ترتیب ۱۰۳، ۴۶۰ و ۸۶ میلیون مترمکعب بوده است که در صورت تداوم وضعیت کنونی در ۲۰ سال آینده به ترتیب قادر به تأمین ۱۶/۲ و ۲۷/۴ درصد از نیازهای آب بخشهای کشاورزی و صنعت در منطقه دشت ورامین نخواهیم بود. در حالی‌که اگر سالیانه ۳۳ میلیون مترمکعب از هرزآبهای سطحی منطقه بصورت پخش سیلاب به آبخوان منطقه تزریق گردد، در بخش کشاورزی و صنعت به ترتیب ۹/۲ و ۱۷/۹ درصد کاهش در عدم تأمین تقاضا نسبت به سناریو مرجع رخ خواهد داد. همچنین میزان ذخیره استاتیک آبخوان از میانگین ۳۵۱ میلیون مترمکعب به ۳۸۸ میلیون مترمکعب رسیده و سبب جبران افت منابع آب زیرزمینی منطقه به میزان روزانه ۱/۲۱ سانتی‌متر به صورت میانگین دوره ۲۰ساله خواهد شد. اجرای سناریو تغذیه مصنوعی بر میزان آبهای جاری در دو رودخانه شور و جاجرود نیز تأثیر داشته و منجر به کاهش آنها خواهد شد. بطوری که سالانه میزان ۳۳ میلیون مترمکعب آب وارد آبخوان دشت ورامین خواهد شد که نزدیک به میزانی است که از مجموع ورودی‌های دو رودخانه شور و جاجرود کاهش می یابد. در مجموع نتیجه‌گیری گردید، با توجه به رشد جمعیت در سالهای آتی و افزایش تقاضای آب در منطقه مورد مطالعه، می‌توان با بکارگیری پروژه‌هایی همچون تغذیه مصنوعی تا حدودی کاهش حجم آبخوان ناشی از افزایش برداشت را جبران نمود. البته، اگر چه اجرای سناریو تغذیه مصنوعی با افزایش حجم ذخیره آبخوان در دراز مدت و تعدیل نسبت عرضه و تقاضای آبی منطقه در مدیریت مناسب منابع آب دشت ورامین مؤثر خواهد بود، جهت مدیریت بهینه منابع آب منطقه لازم است، این پروژه با سیاستهایی نظیر

تنظیم بهره‌برداری صحیح آب، ایجاد تسهیلات مناسب برای کشاورزان جهت استفاده از امکانات جدید و بکارگیری شیوه‌های نوین کشاورزی (آبیاری قطره‌ای و بارانی، کشت محصولاتی که نیاز آبی کمتری دارند و غیره) همراه گردد.

پی‌نوشت‌ها

1- Intenational Water Management Institute
2- Water Evaluation and Planning Program

۶- مراجع

Abbasi F, Sohrab F, and Abbasi N (2017) Evaluation of the efficiency of irrigation water in iran. Irrigation and Drainage Structures Engineering Research Engineering, Irrigation and Drainage Structures 17(67):113-120 doi: 10.22092/aridse, 109617 (In Persian)

Ahmadi F (2013) A study on the effect of changing influence on water resources selection in Maragheh plain using the software weap. Master Thesis, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Zanjan, Ministry of Science, Research and Technology (In Persian)

Ajamzadeh A (2016) The applied model of WEAP model. Faculty of Civil Engineering, University of Zabol (In Persian)

Akbarpour A, GhochanianHaghverdi E, and Etebari B (2012) Groundwater management using the combination of WEAP and MODFLOW models. Third National Conference on Integrated Water Resources Management, University of Agricultural Sciences and Natural Resources Sari (In Persian)

Biz zh, Burgeh L, and Luhmann zh (1990) Artificial recharge of groundwater aquifers. Translation by Jalal Heidarpour, Center for Academic Publishing, Tehran (In Persian)

Ebrahimi Varzaneh S, Zarei H, Teijan P, and Akhond Ali A (2019) Survey of surface and groundwater exchange using cluster analysis: Case study Western Dez Plain. Iran-Water Resources Research, 15(3) (In Persian)

Gerey A, Kiyani A, and Jalali S (2016) Evaluation of water allocation scenarios in the basin river basin using the WEAP model. National Conference on Earth-Friendly Future, Focusing on Climate, Agriculture and Environment, Shiraz, Center for the Development of Modern Education in Iran (Metana), 101-112 (In Persian)

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

Mohammadi k, Misaghi F, khayatkhalghi M, and Mohammadvalisamani J (2011) Optimal management of simultaneous exploitation of dam and aquifer to provide agricultural water to Maragheh Plain. Water Resources Management Company of Iran (In Persian)

Molaei M, Sorbi A (2007) Quantitative survey of groundwater in Varamin plain in a 5-year aquatic period. Third Conference on Applied Geology and Environment, Islamshahr, Islamic Azad University of Islamshahr (In Persian)

Matin A, Oshaksaraei L, and Shariati F (2012) Introduction of WEAP software as a tool for integrating water resources management. 6th National Conference on Environmental Engineering, Tehran, University of Tehran, Faculty of Environment, 14-23 (In Persian)

Morid S (2018) A review of the country's actions in managing drought and their capacity to deal with water crises. Iranian Water Resources Research, 14 (1):239-252, Iran-Water Resources Research (In Persian)

Najafialamdarlo H, Ahmadian M, and Khaliliyan S (2013) Economic evaluation of groundwater pricing policy in Varamin plain. Agricultural Economics Research, no 19, http://ensani.ir/en/article/343828 (In Persian)

Rajaei F, Samadiboroujeni H, Eslamian S, and Zia Hosseini pour E (2011) The impact of artificial recharge plans on aquifer and demand management techniques in Shahrekord, Iran. World Environmental and Water Resources Congress, Palm Springs, California, United States, 22-26 May (In Persian)

Rasegh ghezelbash M (2013) Water resource analysis using water evaluation and planning (WEAP) software case study Mahabad Dam basin. First National Conference on Water Crisis, Isfahan, Islamic Azad University, Khorasgan Branch (In Persian)

Rastgaripour F, Farhadi F (2016) Integrated management of Varamin plain water resources using the WEAP model. Fourth National Conference on the Application of New Technologies in Engineering Sciences, Torbat Heydarieh University (In Persian)

RiyahiBani H, SamadiBoroujeni H (2013) Evaluation of groundwater resources of khanmirza plain and implementation of water resource management plans

Sedghi H, Barati F, and Shamsishahrabadi A (2016) Application of WEAP software for scenario building in the field of water extraction in the country. In Gilan Rasht of 5th Conference on Rainwater Catchment Systems, Gilan Rasht, 4-5 March (In Persian)

Toured A, Diekkruger B, Adamant Mariko A, and Cissya S (2017) Assessment of groundwater resources in the context of climate change and population growth case of the Kaela basin in southern Mali. Climate doi:10.3390/cli5030045

Weiskarami I, piyamani K, Shahkarami A, and Sepahvand A (2013) Effect of flood spreading on groundwater resources of Kohdasht plain. Journal of Soil and Water Sciences 17(65):153-160 (In Persian)

using WEAP model. 5th Iranian Water Resources Management Conference, Tehran, Iran Water Resources and Water Resources Engineering Society (In Persian)

Runama R and Jafari A (2017) Modeling and calculation of artificial recharge changes in Ahrom aquifer under the effect of flood displacement using the 3D Model MODFLOW case study Ahrom aquifer in Bushehr province. Second National Conference on Hydrology, Shahrekord University, Iran Hydrology (In Persian)

Saeedinia M, Samadiboroujeni H, and Fatahi R (2008) Investigation of inter-basin water transmission plans using WEAP model: Case study Behesht Abad tunnel 3:44-33 (In Persian)

Sandoval S and Daene C (2011) Groundwater banking in the rio grande basin. Journal of Water Resources Planning and Management 137(1)