2022, Vol.9, No.3, Pages 49 to 56
Journal of Water and Sustainable Development

سال نهم، شماره ۳، ۱۴۰۱، صفحات ۴۹ تا ۵۶
نشریه آب و توسعه پایدار

Article Type: Technical paper

نوع مقاله: فنی ترویجی

Assessment of the Groundwater Rehabilitation and Balancing with Emphasis on Smart Meters in Shahriar Plain

M. Khodadadi Benis[1], H. R. Nassery[2*], Y. Nikpeyman[3]

1,2&3- Ph.D. Student of Hydrogeology, Professor and Assistant Professor, Department of Minerals and Groundwater Resources, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

*(Corresponding Author Email: h-nassery@sbu.ac.ir)

Received: 10-12-2022 Revised: 25-12-2022
Accepted: 26-12-2023 Available Online: 29-12-2022

ارزیابی طرح احیاء و تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی دشت شهریار با تأکید بر کنتورهای هوشمند

ملیحه خدادادی بنیس[۱]، حمیدرضا ناصری[۲]، یاسر نیک‌پیمان[۳]

۱، ۲ و۳- دانشجوی دکتری آب‌های زیرزمینی، استاد هیدروژئولوژی و استادیار هیدروژئولوژی، گروه زمین‌شناسی معدنی و آب، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، ایران.

*(نویسنده مسئول، E-Mail: h-nassery@sbu.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۹/۱۹ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۰/۰۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۰/۰۵ تاریخ انتشار: ۱۴۰۱/۱۰/۰۸

Abstract

Increasing exploitation of groundwater has caused problems such as water table drops and declining in the country's aquifer storage volume. The multiplicity of these problems has led to various programs for rehabilitating and balancing of groundwater resources. One of these strategies is to install a smart meter on the exploitation wells. Shahriar plain aquifer is one of the aquifers in Iran which has caused numerous problems in this aquifer. In this study, after examining the characteristics of the Shahriar plain aquifer and monthly changes in groundwater level in the statistical course from 2011 to 2019, the effect of installing a smart meter on groundwater level fluctuations was analyzed. The study area was divided into three sections with a high number, medium, and low smart meter installations. A separate representative hydrograph was prepared for each section. The results of the analysis of maps and hydrographs indicated that in the period after installing the smart meter, the slope of groundwater level fluctuations in the area with a high number of smart meters is similar to the slope and the trend of groundwater level fluctuations in the area with a low number of smart meters; Therefore, installing smart meters on exploitation wells, through current methods and policies, cannot be a suitable approach for sustainable management of groundwater resources; Because installing smart meter without limiting the amount of overdraft does not have a positive effect on aquifer regeneration and balancing. In this research, other balancing measures performed in the study area were reviewed.

Keywords: Groundwater Resources, Shahriar Plain Aquifer, Rehabilitation and Balancing Aquifer, Smart Meter, Representative Hydrograph.

چکیده

افزایش بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی موجب ایجاد مشکلاتی مانند افت سطح ایستابی و کاهش حجم ذخیره آبخوان‌های کشور شده است. شمار زیاد این مشکلات باعث شده برنامه‌ریزی‌های گوناگون برای احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور به‌کار گرفته شود. یکی از این راهبردها کارگذاشتن کنتور هوشمند بر روی چاه‌های بهره‌برداری است. آبخوان دشت شهریار از آن دسته آبخوان‌های کشور است که افزایش بهره‌برداری از آن باعث ایجاد مشکلات بسیاری در این آبخوان شده است. در این پژوهش پس از بررسی ویژگی‌های آبخوان دشت شهریار و تغییرات ماهانه سطح آب زیرزمینی در دوره آماری ۱۳۹۸ -۱۳۹۰، کارایی کارگذاشتن کنتور هوشمند بر نوسانات سطح آب زیرزمینی، تجزیه و تحلیل شد. گستره مورد مطالعه به سه بخش تعداد زیاد، متوسط و کم کارگذاشتن کنتور هوشمند تفکیک شد. برای هر یک از بخش‌ها هیدروگراف معرف جداگانه‌ای تهیه شد. نتایج به‌دست آمده از تجزیه و تحلیل نقشه‌ها و هیدروگراف‌ها نشان داد در بازه زمانی بعد از کارگذاشتن کنتور هوشمند شیب نوسانات سطح آب زیرزمینی در گستره با تعداد زیاد کارگذاشتن کنتور هوشمند مشابه شیب و روند نوسانات سطح آب زیرزمینی در گستره با تعداد کم کارگذاشتن کنتور هوشمند است؛ بنابراین کارگذاشتن کنتور هوشمند بر روی چاه‌های بهره‌برداری، با استفاده از روش‌ها و سیاست‌های کنونی، نمی‌تواند یک رویکرد مناسب برای مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی باشد؛ زیرا کارگذاشتن کنتور هوشمند بدون محدود کردن میزان اضافه برداشت کارایی مثبتی بر احیاء و تعادل‌بخشی آبخوان ندارد. در این پژوهش دیگر کارهای انجام شده برنامه تعادل‌بخشی در گستره مورد مطالعه مانند تغذیه مصنوعی و انسداد چاه‌های غیرمجاز بررسی شدند.

واژه‌های کلیدی: منابع آب زیرزمینی، آبخوان دشت شهریار، احیاء و تعادل‌بخشی آبخوان، کنتور هوشمند، هیدروگراف معرف.

HomePage: https://jwsd.um.ac.ir

How to cite this article: Khodadadi Benis M., Nassery H. R. and Nikpeyman Y. 2022. Assessment of the Groundwater Rehabilitation and Balancing with Emphasis on Smart Meters in Shahriar Plain. Journal of Water and Sustainable Development, 9(3): 49-56. doi: http://dx.doi.org/10.22067/jwsd.v9i3.2212.1197

مقدمه

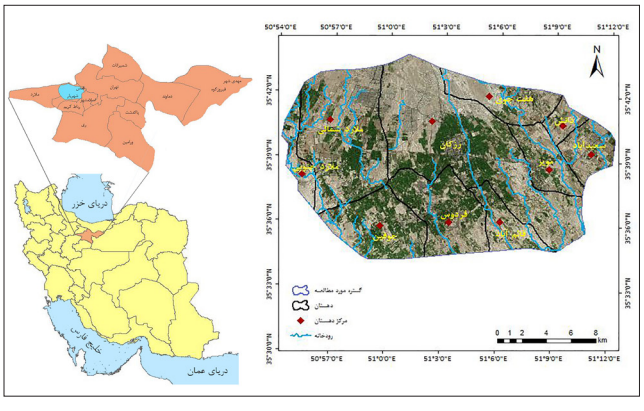
بحران آب‌های زیرزمینی در سراسر جهان یک مسئله قابل تأمل است (Pal و همکاران، ۲۰۲۰). کاهش حجم آب‌های زیرزمینی بی‌گمان یکی از بزرگترین چالش‌های پایداری بشریت در قرن ۲۱ است. مسئولان مدیریت منابع آب در سراسر جهان به کارهای فوری و هدفمند برای اطمینان از پایبندی جوامع به سیاست‌های مدیریت آب‌های زیرزمینی، نیاز دارند (Castilla-Raho و Rojas، ۲۰۱۹). ادامه مدیریت ناپایدار منابع آب‌زیرزمینی در ایران می‌تواند جبران‌ناپذیر باشد؛ این مدیریت ناپایدار بر روی زمین، محیط‌زیست، غذا، امنیت اقتصادی-اجتماعی کشور کارا است (Ashraf و همکاران، ۲۰۲۱). باتوجه‌به افت سطح ایستابی در بسیاری از آبخوان‌های ایران به دلیل برداشت‌های بی‌رویه از این منابع، اجرای طرح احیاء و تعادل‌بخشی جهت مدیریت آبخوان‌ها به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت دارد (پورصاحی و همکاران، ۱۳۹۹). طرح تعادل‌بخشی، نقطه امیدی است که بتوان با اجرای آن بحران به وجود آمده در منابع آب زیرزمینی را بهبود بخشید و با بالا بردن اثربخشی این طرح در دشت‌های بحرانی، بتوان وضعیت این دشت‌ها را بهبود بخشید (کبیری و نظری، ۱۳۹۶). احیاء و تعادل‌بخشی آب‌های زیرزمینی دربرگیرنده تلاش‌های گوناگونی مانند تغذیه مصنوعی، انسداد چاه‌های غیرمجاز و کارگذاشتن کنتورهای هوشمند بر روی چاه‌های بهره‌برداری است که به‌ویژه در دهه اخیر به‌منظور افزایش سطح و حجم آب‌های زیرزمینی مورد توجه زیادی قرارگرفته است (وزارت نیرو، ۱۳۹۴).

در این راستا به بررسی پژوهش‌های انجام شده در زمینه احیاء و تعادل‌بخشی آبخوان اشاره می‌شود. رحمانی (۱۳۹۵)، به بررسی نیازهای اجرای طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی کشور پرداخت و بیان کرد باتوجه‌به نقش تعیین‌کننده آب زیرزمینی در تامین آب مورد نیاز برای مصارف مختلف مانند شرب، صنعت و کشاورزی در مناطق مختلف کشور، باید برای به‌کارگیری طرح احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی تلاش بسیار نمود.. نی‌نیوا و همکاران (۱۳۹۶)، تاثیر کارگذاشتن کنتورهای هوشمند آب و برق بر روی چاه‌های آب در دشت‌های شرق استان کردستان را با استفاده از تحلیل داده‌های چاه‌های بهره‌برداری قبل و بعد از کارگذاشتن کنتور هوشمند، بررسی‌کردند. نتایج به‌دست آمده از تحلیل میزان برداشت چاه‌های بهره‌برداری بیانگر این است که کنتورهای هوشمند توانایی نگارش اطلاعات میزان برداشت را دارد اما بهره‌برداران با درخواست شارژ اضافه بر مصرف سالانه دوباره موجب افزایش بهره‌برداری آب زیرزمینی و کاهش سطح آب زیرزمینی می‌شوند بنابراین باید تغییر در سیاست‌های تعیین شده ایجاد شود. مقامی‌مقیم و تقی پور (۱۳۹۸)، عوامل کارآمد در تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت صفی آباد شهرستان اسفراین را بررسی کردند. نتایج این بررسی نشان داد هرچند کارگذاشتن کنتورهای هوشمند بر روی چاه‌های بهره‌برداری آثار مثبتی دارد اما با گذشت زمان و آشنایی کشاورزان با این کنتورها به مرور تأثیر آنها خنثی شود و اضافه برداشت‌ها ادامه‌یابد، بنابراین پیشنهاد کردند برای کنترل برداشت آب در این دشت بهتر است علاوه‌بر کارهای مدیریتی به مسائل فرهنگی نیز توجه شود. شهبازی و همکاران (۱۳۹۹)، کارهای مدیریتی در کنترل سطح آب زیرزمینی دشت هشتگرد استان البرز، با هدف ارزیابی کارایی اجرای برنامه‌های تعادل‌بخشی و احیاء منابع آب زیرزمینی این دشت را بررسی کردند. نتایج به‌دست آمده از ارزیابی کارایی سناریوهای مدیریتی نشان داد، از میان برنامه‌های احیاء و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی، انجام هم‌زمان طرح تغذیه مصنوعی و ممنوعیت کامل چاه‌های بهره‌برداری غیرمجاز بیشترین کارایی را در وضعیت کمی آبخوان داشته است؛ همچنین به‌کار بردن محدودیت بر روی بهره‌برداری از چاه‌های مجاز کارایی ارزشمندتری بر احیاء و تعادل‌بخشی آبخوان داشته است. نیرومند فرد و همکاران (۱۳۹۹)، معیارهای مدیریتی هیدروژئولوژیک بر تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت سرایان را بررسی کردند. بررسی مقایسه میزان افت سطح آب زیرزمینی در بازه زمانی قبل از کارگذاشتن کنتور هوشمند و بعد از کارگذاشتن کنتور هوشمند نشان داد بعد از کارگذاشتن کنتور هوشمند سطح آب زیرزمینی با شیب کمتری افت می‌کند اما خشکسالی‌ها و افزایش بهره‌برداری همچنان موجب افت سطح آب زیرزمینی در منطقه می‌شود. (Wang و همکاران، ۲۰۱۷)، برای کاهش شکاف بین درخواست آب زیرزمینی و تأمین آن که برآمده از بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی می‌باشد، کارایی انجام کارگذاشتن کنتور هوشمند توسط دولت چین در شمال چین را ارزیابی کردند. آن‌ها با تجزیه و تحلیل نتایج بررسی‌های میدانی در شش استان واقع در شمال چین و همچنین بررسی سیاست‌های پیاده‌سازی قانون کارگذاشتن کنتور هوشمند، نتیجه گرفتند کارگذاشتن کنتور هوشمند به مدیریت و کنترل بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی کمک می‌کند؛ بااین‌وجود،کاستی‌هایی در فرآیند اجرا وجود دارد، از جمله این کاستی‌ها می‌توان به هزینه زیاد کارگذاشتن و نگهداری، سیستم ناقص سیاست‌گذاری مدیریت منابع و توسعه نامتعادل بین مناطق مختلف اشاره کرد. Toth و Toth (۲۰۱۹)، به ارزیابی اثربخشی کارگذاشتن کنتور هوشمند بر میزان تلفات آب در منطقه‌ای از شهر فانو (ایتالیا) در یک شبکه واقعی با خواندن هم‌زمان پرداختند. نتایج نشان داد کارگذاشتن کنتور هوشمند می‌تواند تا حد قابل توجهی به کاهش تلفات منابع آب کمک کند.

دشت شهریار از اراضی هموار و کم ارتفاع تشکیل شده است. این گستره از نظر ویژگی‌های جغرافیایی در جلگه آبرفتی روی مخروط‌افکنه کرج قرار گرفته است و شیبی از شمال به جنوب و از غرب به شرق دارد که شیب غربی آن نسبت به شیب شمالی

کمتر است. متوسط ارتفاع این گستره نسبت به سطح دریاهای آزاد در بخش‌های شمالی ۱۲۵۰ متر و در نواحی جنوبی ۱۱۵۰ متر می‌باشد.

آبخوان دشت شهریار از نوع آزاد است. آبخوان به نسبت‌هاي متفاوت از عناصر تخريبي مانند قلوه سنگ، شن و ماسه، سيلت و رس تشكيل شده است و از نواحي ورودي آب‌هاي زيرزميني به سمت بخش‌هاي مياني و خروجي دشت اندازه ذرات به‌تدريج كاهش مي‌يابد. گستره مورد مطالعه در کوهپایه جنوبی کوه‌های البرز مرکزی قرارگرفته است و شمالی‌ترین فرونشست ایران مرکزی محسوب می‌شود (شکل ۱).



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی گستره مورد مطالعه در کشور و استان تهران

به‌طور کلی آبخوان دشت تهران-کرج در طول تاریخ زمین‌شناسی توسط بارش‌ها، جریان رودخانه‌های دائمی و فصلی و سیلاب‌ها تغذیه شده است. علاوه‌براین عوامل طبیعی، در سال‌های اخیر پساب‌های انتقالی به دشت تهران از حوضه‌های مجاور و از راه چاه‌های جذبی عامل مصنوعی تغذیه آبخوان است. رودخانه‌های کرج و کن به گستره مورد مطالعه وارد می‌شوند. این دو رودخانه از ارتفاعات جنوبی البرز سرچشمه می‌گیرند (صناعی، ۱۳۹۳).

در گستره مورد مطالعه باتوجه‌به میانگین بارندگی سالانه ۲۲۱/۳ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۵/۴ درجه سانتی‌گراد، برای بازه زمانی ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۹، ضریب خشکی منطقه برابر ۸/۷۱ است و در دسته خشک قرار می‌گیرد. براساس سیستم طبقه‌بندی آمبرژه اقلیم منطقه از نوع نیمه خشک سرد تعیین شد.

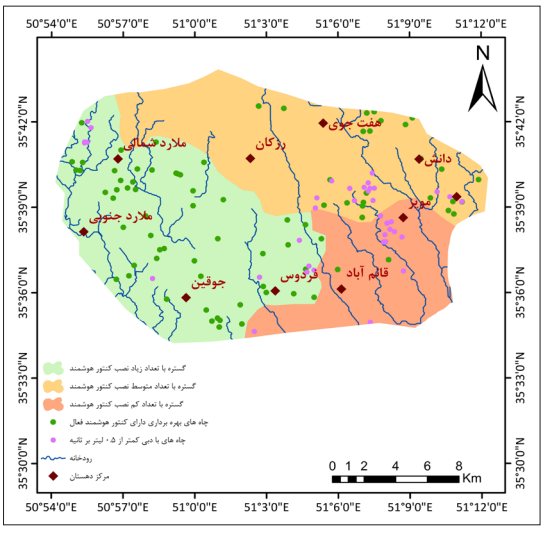
مواد و روش‌ها

پس از تهیه نقشه گستره مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزارهای Google Earth و GIS موقعیت قرارگیری چاه‌های مشاهده‌ای ارزیابی شد. به‌منظور تهیه هیدروگراف معرف سطح آب زیرزمینی در کل گستره مورد مطالعه، پس از تحلیل و بررسی سطح آب زیرزمینی در هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای، اطلاعات سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای گستره مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Surfer و روش Kriging در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸، به تفکیک ماه درونیابی شد. برای تهیه نقشه‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی در هر ماه، از میان چاه‌های مشاهده‌ای حفر شده در گستره مورد مطالعه، از اطلاعات سطح آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای حفر شده در آبخوان عمیق و اصلی استفاده شد. نمودار بارش ماهانه مربوط به سال آبی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ تا سال آبی ۱۳۹۹- ۱۳۹۸، توسط نرم‌افزار Excel تهیه شد؛ سپس با اضافه کردن نمودار بارش ماهانه به هیدروگراف معرف هر چاه مشاهده‌ای، اطلاعات ماهانه مربوط به سطح آب زیرزمینی هر چاه مشاهده‌ای با اطلاعات ماهانه بارش و همچنین با لاگ‌های در دسترس چاه‌های مشاهده‌ای مقایسه و ارزیابی شد؛ از این روش میزان افت سطح آب زیرزمینی و ابهامات هیدروگراف هر چاه مشاهده‌ای مشخص شد. با بررسی میزان برداشت چاه‌های بهره‌برداری، نوع مصرف این چاه‌ها و کارهای احیاء و تعادل‌بخشی در هر منطقه، علت افت‌وخیز سطح آب زیرزمینی در هیدروگراف هر چاه مشاهده‌ای ریشه‌یابی شد.

پس از تحلیل و بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی در هر یک از چاه‌های مشاهده‌ای، به‌منظور تجزیه و تحلیل نوسانات سطح آب زیرزمینی در مناطق مختلف گستره مورد مطالعه و دستیابی به میانگین تراز سطح آب زیرزمینی در هر ماه، سطح آب زیرزمینی گستره مورد مطالعه با استفاده از نرم‌افزار Surfer، از روش Kriging در بازه زمانی ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۸ (به‌دلیل تکمیل بودن اطلاعات این بازه زمانی و مقایسه سطح آب زیرزمینی قبل از سال ۱۳۹۴ و بعد از سال ۱۳۹۴ به‌منظور ارزیابی کارایی انجام طرح کارگذاشتن کنتور هوشمند که از سال ۱۳۹۴ در گستره آغاز شده است)، به تفکیک ماه درون‌یابی شد. هر یک از فایل‌های رستری مربوط به درونیابی سطح آب زیرزمینی تهیه شده توسط نرم‌افزار surfer به‌منظور خروجی گرفتن و تهیه نقشه، به محیط نرم‌افزار GIS اضافه شدند. میانگین سطح آب زیرزمینی برای هر ماه از نقشه مرتبط با آن ماه استخراج شد و از این راه هیدروگراف معرف ماهانه گستره مورد مطالعه برای سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۰، توسط نرم‌افزار Excel تهیه شد.

طرح کارگذاشتن کنتور هوشمند بر روی چاه‌های بهره‌برداری از سال ۱۳۹۴ در گستره مورد مطالعه آغاز شد. از سال ۱۳۹۴ تا پایان سال ۱۳۹۹ تعداد ۱۰۸ شماره کنتور هوشمند بر روی ۱۰۸ حلقه چاه بهره‌برداری کارگذاشته شد. براساس دیدگاه کارشناسان اداره امور آب شهرستان شهریار، چاه‌های بهره‌برداری با نوع مصرف کشاورزی در اولویت کارگذاشتن کنتور هوشمند بودند؛ بعد از چاه‌های کشاورزی اولویت کارگذاشتن کنتور هوشمند با چاه‌های بهره‌برداری با نوع مصرف صنعتی و سپس با چاه‌های بهره‌برداری با نوع مصرف شرب و بهداشت بود؛ به همین دلیل چاه‌های بهره‌برداری دارای

کنتور هوشمند در گستره مورد مطالعه، به‌صورت یکنواخت توزیع نشده‌اند. برای بررسی میزان کارایی کارگذاشتن کنتور هوشمند بر نوسانات سطح آب زیرزمینی، کل گستره مورد مطالعه براساس تعداد کنتور هوشمند کارگذاشته شده، به سه بخش (بخش با تعداد زیاد، متوسط و کم کارگذاشتن کنتور هوشمند) تفکیک شد (شکل ۲).



شکل ۲- نقشه سه گستره با تعداد زیاد، متوسط و کم کارگذاشتن کنتور هوشمند

برای تجزیه و تحلیل نوسانات سطح آب زیرزمینی و مقایسه این نوسانات در بازه‌های زمانی قبل از کارگذاشتن کنتور هوشمند (قبل از سال ۱۳۹۴) و بعد از کارگذاشتن کنتور هوشمند (سال ۱۳۹۴ و بعد از آن) برای هر گستره، اطلاعات سطح آب زیرزمینی از سال آبی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ تا سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۸ به‌صورت ماهانه درونیابی شدند. پس از درونیابی این اطلاعات، میانگین سطح آب زیرزمینی هر ماه، از نقشه‌های درونیابی شده استخراج شد و هیدروگراف معرف ماهانه مربوط به هرگستره تهیه شد.

در بخش شمالی گستره مورد مطالعه از سال ۱۳۹۷ تاکنون طرح تغذیه مصنوعی به روش احداث حوضچه‌های آرامش در حال انجام است. به‌منظور بررسی تاثیر اجرای طرح تغذیه مصنوعی بر افزایش سطح آب زیرزمینی آبخوان گستره مورد مطالعه، نمودار تجمعی مربوط به حجم تجمعی آب نفوذ یافته از روش تغذیه مصنوعی در هر ماه، از سال ۱۳۹۷ تا سال ۱۳۹۹، در نرم‌افزار Excel تهیه شد. به‌منظور بررسی حجم آب صرفه‌جویی شده از روش انسداد چاه‌های غیرمجاز هر یک از سه گستره با تعداد متفاوت کارگذاشتن کنتور هوشمند، کل چاه‌های غیرمجاز مسدود شده به تفکیک سال مربوط به انسداد چاه در هر یک از گستره‌ها در محیط نرم‌افزار GIS، با استفاده از ابزار clip تفکیک شد و پس از گردآوری اطلاعات چاه‌های مسدود شده در هر سال و در هر گستره در نرم‌افزار Excel، مجموع حجم آب صرفه‌جویی شده از روش انسداد چاه‌های غیرمجاز مربوط به هر سال (برحسب هزار مترمکعب) محاسبه و تقسیم بر مساحت گستره مربوط به آن (برحسب کیلومتر مربع) شد. سپس نمودار تجمعی حجم آب صرفه‌جویی شده از راه انسداد چاه‌های غیرمجاز از سال ۱۳۹۰ تا ۱۳۹۹ در نرم‌افزار Excel برای هر گستره تهیه شد.

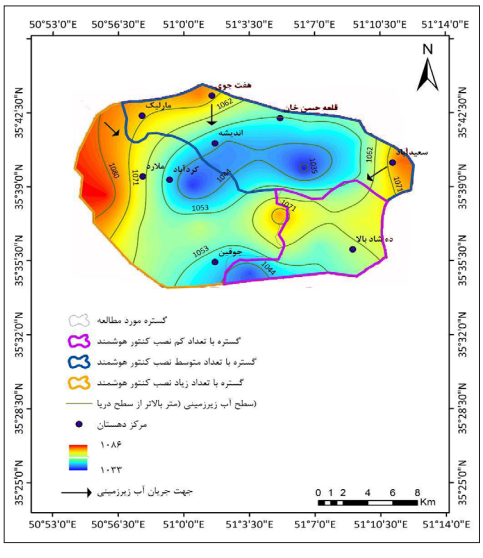
نتایج

بررسی و تحلیل نقشه‌های هم‌پتانسیل آب زیرزمینی، که به‌صورت ماهانه تهیه شدند، بیانگر آن است که در بازه‌های زمانی مختلف تراز سطح آب زیرزمینی، در نقاط مختلف متفاوت می‌باشد. جهت کلی جریان آب زیرزمینی در بازه زمانی چهار ساله ۱۳۹۴-۱۳۹۰ (قبل از کارگذاشتن کنتور هوشمند)، از دو طرف شمال غرب و شمال شرق به سمت جنوب شرق و جنوب غرب است (شکل ۳). در بازه زمانی چهار ساله ۱۳۹۸-۱۳۹۵ نیز، جهت جریان آب زیرزمینی از غرب و شمال شرق به سمت گستره مورد مطالعه است (شکل ۴). در بخش مرکزی گستره، نقشه‌های هم‌پتانسیل افزایش سطح آب زیرزمینی را نشان می‌دهند، به‌گونه‌ای که در این نقاط جهت جریان آب زیرزمینی به طرف شمال گستره مورد مطالعه می‌باشد. با بررسی تعداد چاه‌های بهره‌برداری حفر شده در گستره مورد مطالعه و میزان بهره‌برداری و کاربری هر یک از این چاه‌ها مشخص شد، چاه‌های بهره‌برداری موجود در مناطق شمالی گستره (اندیشه و هفت جوی و باباسلمان) تعداد و میزان برداشت قابل توجهی دارند و نوع کاربری این چاه‌ها به دلیل مسکونی و شهری بودن مناطق شمالی گستره، بیشتر شرب و صنعتی است و پس از مصرف و استخراج آب زیرزمینی، آب برگشتی به آبخوان صورت نمی‌گیرد. به‌این‌دلیل در این نواحی افت سطح آب زیرزمینی رخ داده و خطوط هم‌پتانسیل آب زیرزمینی به‌صورت دایره‌هایی با مرکزهای یکسان در این قسمت‌ها شکل گرفته‌اند. تعداد، عمق و دبی چاه‌های بهره‌برداری حفر شده در مناطق میانی دشت محدود است، همچنین نوع کاربری زمین در این مناطق، کشاورزی است. شاید به دلیل تعداد کم چاه‌های بهره‌برداری و دبی پایین این چاه‌ها نسبت به چاه‌های بهره‌برداری بالادست گستره مورد مطالعه و آب برگشتی کشاورزی به آبخوان، در این مناطق، افزایش سطح آب زیرزمینی نسبت به مناطق اطراف رخ داده است (شکل ۵ و ۶).

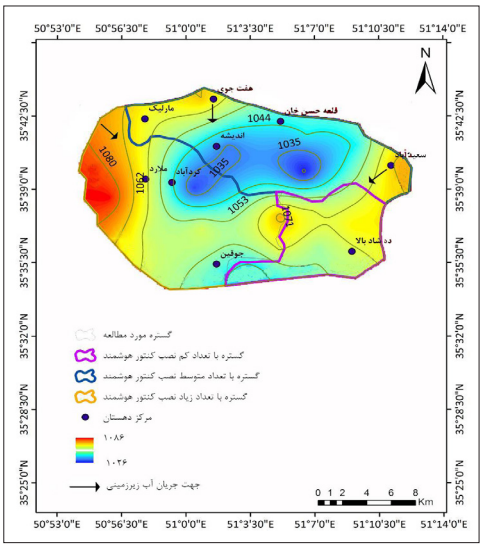
بر اساس توپوگرافی گستره مورد مطالعه، گرادیان هیدرولیکی پایین بین مناطق میانی و مناطق شمالی دشت وجود دارد، بنابراین آب می‌تواند به دلیل افزایش بهره‌برداری در بالادست و شیب هیدرولیکی پایین، به سمت شمال گستره جریان داشته باشد. هیدروگراف معرف ماهانه گستره مورد مطالعه نشان می‌دهد سطح آب زیرزمینی از سال آبی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ تا بخش میانی سال آبی

۱۳۹۸ - ۱۳۹۷با شیب‌های متفاوتی کاهش یافته است؛ اما پس از اواسط سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ افزایش سطح آب زیرزمینی به‌دلیل افزایش میزان بارندگی در منطقه و شاید به‌دلیل تغذیه مصنوعی در شمال منطقه، رخ داده است (شکل ۷).

به‌منظور ارزیابی و مقایسه نوسانات سطح آب زیرزمینی در سه گستره و بررسی کارایی کارگذاشتن کنتور هوشمند، هر سه هیدروگراف ماهانه مربوط به سه گستره در یک نمودار نمایش داده شده‌اند (شکل ۸).

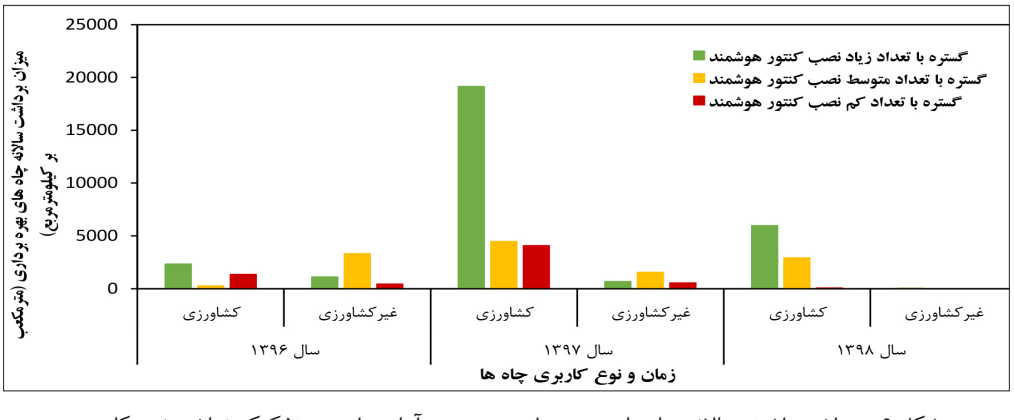


شکل ۳- نقشه هم‌پتانسیل سطح آب زیرزمینی گستره مورد مطالعه سال آبی (۱۳۹۰-۱۳۹۴)

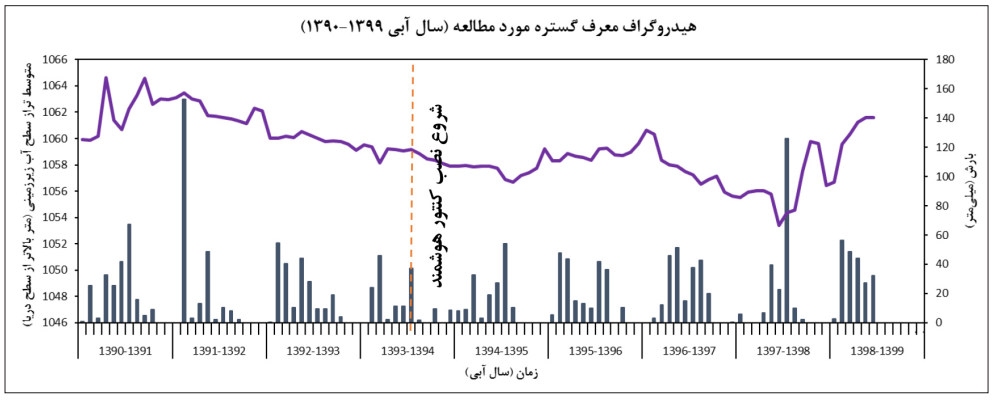


شکل ۴- نقشه هم‌پتانسیل سطح آب زیرزمینی گستره مورد مطالعه سال آبی (۱۳۹۵-۱۳۹۸)

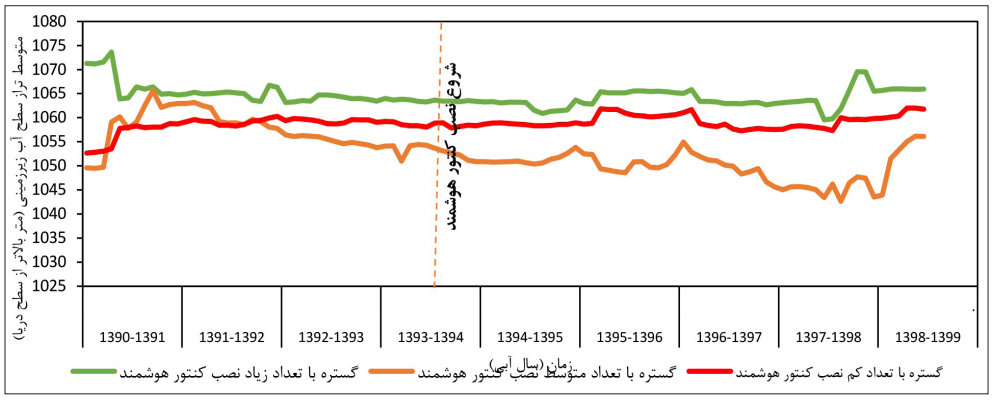
شکل ۵- میزان برداشت سالانه چاه‌های بهره‌برداری دور دوم آماربرداری به تفکیک زمان و نوع کاربری



شکل ۶- میزان برداشت سالانه چاه‌های بهره‌برداری دور سوم آماربرداری به تفکیک زمان و نوع کاربری



شکل ۷- هیدروگراف معرف ماهانه گستره مورد مطالعه (سال آبی ۱۳۹۹-۱۳۹۰)



شکل ۸- هیدروگراف معرف ماهانه سه گستره با تعداد زیاد، متوسط و کم کارگذاشتن کنتور هوشمند (سال آبی ۱۳۹۹- ۱۳۹۰)

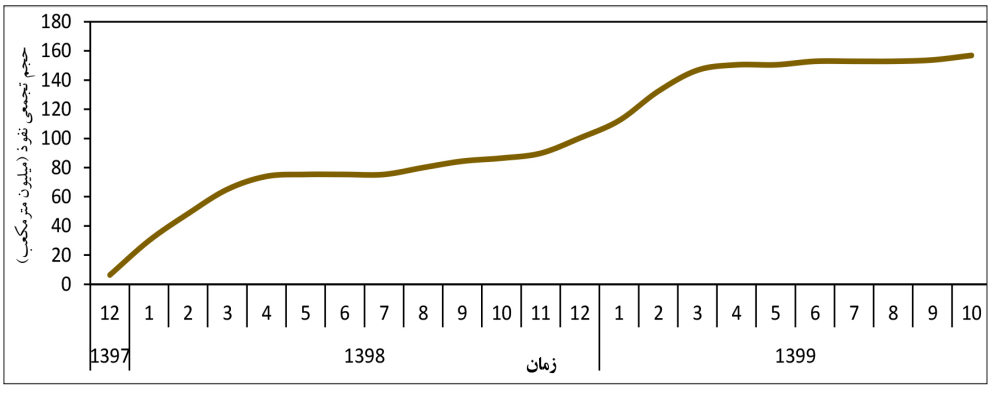
این نمودار نشان می‌دهد، نوسانات سطح آب زیرزمینی در هر سه گستره روند یکسانی دارد و در زمان‌های یکسانی سطح آب زیرزمینی در هر سه گستره افزایش یا کاهش یافته است. شیب نوسانات سطح آب زیرزمینی در هیدروگراف‌های گستره با تعداد زیاد کارگذاشتن کنتور هوشمند و گستره با تعداد کم کارگذاشتن کنتور هوشمند تقریبا یکسان است اما هیدروگراف با تعداد متوسط کارگذاشتن کنتور هوشمند بیانگر این نکته است که سطح آب زیرزمینی با شیب بیشتری در این گستره نسبت به دو گستره دیگر تا آغاز سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۹ کاهش یافته است؛ ریشه این پدیده می‌تواند برآمده از تعداد بیشتر چاه‌های بهره‌برداری و همچنین بهره‌برداری بیشتر چاه‌های این گستره نسبت به دو گستره دیگر باشد. نوع کاربری چاه‌های بهره‌برداری در این گستره به دلیل نوع کاربری اراضی، بیشتر شرب، بهداشت و صنعتی است و در نتیجه مانند دو گستره دیگر آب برگشتی کشاورزی برای تغذیه دوباره آبخوان انجام نمی‌شود. در گستره با تعداد متوسط کارگذاشتن کنتور هوشمند به دلیل نزدیکی بیشتر با منطقه تغذیه مصنوعی در بالادست منطقه، بعد از سال آبی ۱۳۹۸-۱۳۹۷ سطح آب زیرزمینی با شیب بیشتری نسبت به سه گستره دیگر افزایش داشته است. این موضوع بیانگر آن است که تغذیه مصنوعی در شمال منطقه به میزان قابل توجهی در افزایش سطح آب زیرزمینی آبخوان دست داشته است.

روند نوسانات سطح آب زیرزمینی و شیب نوسانات در هیدروگراف سه گستره در بازه زمانی بعد از کارگذاشتن کنتور هوشمند تقریبا یکسان است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت کارگذاشتن کنتور هوشمند در منطقه کارایی بسیاری بر فرآیند احیاء و تعادل‌بخشی آبخوان نداشته است. در گستره مورد مطالعه به‌منظور تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی، در سال‌های اخیر کارهای دیگری مانند انسداد چاه‌های غیرمجاز و تغذیه مصنوعی آب‌های زیرزمینی در بالادست گستره انجام شده است. در ادامه به تحلیل و بررسی کارایی این کارها بر آبخوان دشت شهریار پرداخته شده است.

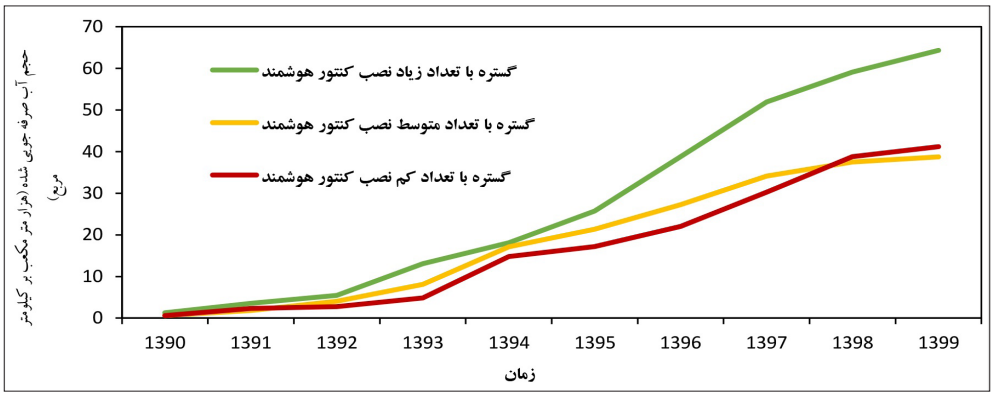
باتوجه‌به اطلاعات حجم نفوذ آب بر اثر انجام طرح تغذیه مصنوعی (برحسب مترمکعب) که این اطلاعات مربوط به اسفند ماه سال ۱۳۹۷ تا دی ماه سال ۱۳۹۹ می‌باشند (شرکت آب منطقه‌ای استان تهران، ۱۴۰۰)، حجم تجمعی نفوذ (برحسب میلیون مترمکعب) برآورد شد و نمودار حجم تجمعی نفوذ (برحسب میلیون مترمکعب) در مقابل زمان تهیه شد (شکل ۹). براساس این نمودار می‌توان نتیجه گرفت، از اسفند ماه سال ۱۳۹۷ تا دی ماه سال ۱۳۹۹، حجم تجمعی آب نفوذ یافته ۱۵۶/۹ میلیون مترمکعب است. این حجم از آب نفوذ یافته اندازه چشمگیری می‌باشد و تأییدکننده این نکته است که تغذیه مصنوعی کارایی

چشمگیری بر روی افزایش سطح آب زیرزمینی در آبخوان گستره مورد مطالعه داشته است. گستره با تعداد متوسط کنتور هوشمند در نزدیکی بیشتری با منطقه تغذیه مصنوعی نسبت به دو گستره با تعداد زیاد و تعداد کم کنتور هوشمند قرار گرفته است، بنابراین پس از بخش آغازی سال ۱۳۹۸ سطح آب زیرزمینی با شیب بیشتری نسبت به دو گستره دیگر، در گستره با تعداد متوسط کنتور هوشمند افزایش یافته است. در گستره مورد مطالعه از سال ۱۳۹۰ تا پایان سال ۱۳۹۹ در مجموع تعداد ۴۵۴ حلقه چاه بهره‌برداری غیرمجاز بسته شده است. اطلاعات حجم آب صرفه‌جویی شده به‌وسیله انسداد چاه‌های غیرمجاز هر گستره جمع‌آوری و نمودار حجم تجمعی آب صرفه‌جویی شده از روش انسداد چاه‌های غیرمجاز هر گستره، نسبت به مساحت گستره مربوط به آن، رسم شد (شکل ۱۰).

نمودار مربوط به آن نشان می‌دهد، انجام طرح انسداد چاه‌های غیرمجاز باعث صرفه‌جویی ۶۵ هزار ، ۴۰ هزار و ۴۲ هزار مترمکعب آب زیرزمینی، به‌ترتیب در گستره با تعداد زیاد، متوسط و کم کارگذاشتن کنتور هوشمند، از سال ۱۳۹۰ تا سال ۱۳۹۹، شده است. گستره با تعداد زیاد و با تعداد کم کارگذاشتن کنتور هوشمند به‌ترتیب بیشترین و کمترین حجم تجمعی آب صرفه‌جویی شده از طریق انسداد چاه‌های غیرمجاز طی سال‌های ۱۳۹۰ تا اواسط ۱۳۹۸ را دارا هستند؛ اما پس از اواسط سال ۱۳۹۸ حجم تجمعی آب صرفه‌جویی شده در گستره با تعداد متوسط کارگذاشتن کنتور هوشمند کمتر از گستره با تعداد کم کارگذاشتن کنتور هوشمند است (شکل ۱۰).



شکل ۹- نمودار حجم تجمعی نفوذ به آبخوان گستره مورد مطالعه از طریق تغذیه مصنوعی



شکل ۱۰- نمودار حجم تجمعی آب صرفه‌جویی شده از طریق انسداد چاه‌های غیرمجاز به تفکیک زمان و گستره

نتیجه‌گیری

شیب و روند نوسانات سطح آب زیرزمینی در گستره با تعداد زیاد کارگذاشتن کنتور هوشمند و گستره با تعداد کم کارگذاشتن کنتور هوشمند یکسان است، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت کارگذاشتن کنتور هوشمند کارایی چندانی در افزایش سطح آب زیرزمینی گستره مورد مطالعه نداشته است. در گستره با تعداد متوسط کارگذاشتن کنتور هوشمند تا بازه زمانی پیش از بخش پایانی سال ۱۳۹۷ سطح ایستابی با شیب بیشتری افت می‌کند؛ زیرا گستره با تعداد متوسط کارگذاشتن کنتور هوشمند مناطق مسکونی و شهری بیشتری دارد؛ بنابراین، بیشتر چاه‌های بهره‌برداری جا گرفته شده در این مناطق مصرف صنعتی و شرب دارند، در نتیجه هنگام مصرف و برداشت آب زیرزمینی، آب برگشتی به آبخوان رخ نمی‌دهد و افت بیشتری در این گستره نسبت به دو گستره دیگر رخ می‌دهد.

پس از بخش پایانی سال ۱۳۹۷ در هر سه گستره افزایش سطح

ایستابی رخ داده است اما در هیدروگراف گستره با تعداد متوسط کارگذاشتن کنتور هوشمند این شیب بیشتر است. بنابراین، باتوجه‌به اینکه گستره با تعداد متوسط کارگذاشتن کنتور هوشمند نزدیکی بیشتری با منطقه اجرای طرح تغذیه مصنوعی دارد و اجرای طرح تغذیه مصنوعی از اسفند ماه سال ۱۳۹۷ در منطقه آغاز شده است، در نتیجه تغذیه مصنوعی کارایی زیادی بر افزایش سطح آب زیرزمینی آبخوان گستره داشته است. باتوجه‌به مقایسه تاثیر اقدامات تعادل‌بخشی در گستره مورد مطالعه، می‌توان نتیجه گرفت اجرای طرح تغذیه مصنوعی کارایی بیشتری نسبت به اجرای طرح انسداد چاه‌های غیر مجاز و کارگذاشتن کنتور هوشمند بر روی چاه‌های بهره‌برداری، بر احیای آبخوان گستره مورد مطالعه دارد. علاوه‌بر کنترل میزان برداشت بهره‌برداران، صدور پروانه و مجوز حفر چاه‌های بهره‌برداری نیز باید کنترل شود؛ چون باوجود تعیین حقابه معقول برای هریک از چاه‌های بهره‌برداری و کنترل میزان برداشت بهره‌بردار، مجموع میزان برداشت از آبخوان با افزایش تعداد چاه‌های بهره‌برداری افزایش می‌یابد. کنترل حفر چاه‌های مجاز، موجب سادگی مدیریت و کنترل میزان برداشت از منابع آب زیرزمینی می‌شود و مجموع بهره‌برداری از آبخوان نیز کاهش می‌یابد.

منابع

پورصالحی، ف.، اکبرپور، الف. و هاشمی، ر. ۱۳۹۹. بررسی اثر تغذیه مصنوعی به روش چاه تزریق بر تراز آبخوان آزاد با استفاده از مدل عددی MODFLOW (مطالعه موردی: دشت بیرجند). نشریه آبیاری و زهکشی ایران، ۴ (۳): ۹۸۱-۹۹۲.

رحمانی، ح. ۱۳۹۵. ضرورت های اجرای طرح احیاء و تعادل بخشی منابع آب زیرزمینی کشور. ششمین کنفرانس ملی مدیریت منابع آب ایران. دانشگاه کردستان، سنندج، ایران.

شرکت آب منطقه‌ای استان تهران. ۱۴۰۰. اطلاعات تغذیه مصنوعی منطقه سرحدآباد.

شهبازی، الف.، صفری، ف. و کتابچی، ح. ۱۳۹۹. مدل‌سازی اقدامات مدیریتی در کنترل افت سطح تراز آب زیرزمینی (دشت هشتگرد استان البرز). تحقیقات منابع آب، ۱۶(۱): ۱۱۶-۱۳۴.

صناعی، م. ۱۳۹۳. عوامل موثر بر تخریب ساختمان و کاهش عمر مفید چاه‌های آب در آبخوان دشت شهریار. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات، دانشکده علوم پایه. تهران، ایران.

کبیری، ش. و نظری، ب. ۱۳۹۶. ارزیابی اثربخشی طرح احیا و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی. اولین اجلاس «هم‌اندیشی با متخصصان علوم آب و محیط‌زیست». وزارت نیرو. https://waterhouse.ir/sites/default/files/117_0.pdf

مقامی مقیم، غ. ر. و تقی‌پور، ع. الف. ۱۳۹۸. بررسی عوامل در تغییرات سطح آب‌های زیرزمینی دشت صفی‌آباد شهرستان اسفراین. مجله علمی پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان، ۸ (۲۲): ۲۷-۴۲.

نیرومندفرد، ف.، خریمه‌نژاد، ح. و خاشعی سیوکی، ع. ۱۳۹۹. بررسی معیارهای مدیریتی و هیدروژئولوژیکی بر تغییرات تراز سطح آب زیرزمینی دشت سرایان. نشریه علمی پژوهشی مهندسی آبیاری و آب ایران، ۱۰(۴۰): ۲۱۰-۲۲۰.

نی‌نیوا، پ.، عزیزی کاشانتویی، م.، خالدین، و. و فغانی، ع. ۱۳۹۶. بررسی تاثیر نصب کنتورهای هوشمند آب و برق بر روی چاه‌های آب (مطالعه موردی: دشت‌های شرق استان کردستان). سومین همایش ملی مدیریت آب در مزرعه. موسسه تحقیقات خاک و آب، کرج، ایران.

وزارت نیرو. ۱۳۹۴. طرح احیا و تعادل‌بخشی منابع آب زیرزمینی .دستورالعمل ششم: دستورالعمل نصب و بهره‌برداری کنتورهای هوشمند (حجمی و آب و برق) .معاونت امور آب و آبفا. دفتر نظام‌های بهره‌برداری و حفاظت آب و آبفا.

Ashraf S., Nazemi A. and Aghakouchak A. 2021. Anthropogenic drought dominates groundwater depletion in Iran, Scientific Reports, 11(1). https://doi.org/10.1038/s41598-021-88522-y.

Bragalli C. and Toth, E. 2019. Effective of smart meter-based urban water loss assessment in a real network with synchronous and incomplete readings. Environmental Modelling & Software, 112 (46): 128-142.

Castilla-Rho J. and Rojas R. 2019 Sustainable groundwater management: How long and what will it take?. Journal of Global Environmental Change, 58. https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2019.101972.

Pal S., Kundu S. and Mahato S. 2020. Groundwater potential zones for sustainable management plans in river basin of India and Bangladesh. Journal of Cleaner Production. 257. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120311.

Todd D. K. and Mays L. W. 2005. Groundwater Hydrology. John Wiley & Sons Inc, Third Ed., New York, USA.

Wang X., Shao J., Steenbergen F. V. and Zhang Q. 2017. Implementing the prepaid smart meter system for irrigated groundwater production in northern China: Status and Problems. 9: 6. https://doi.org/10.3390/w9060379.