



Estimation and study of intrusion of exploitation wells to identify vulnerable areas of the aquifer (Case study: Ravansar-Sanjabi aquifer of Kermanshah)

Milad Farmanifard^{1✉} , Mehdi Najafi Biameh² , Farzaneh Mohamadi³ , Fathollah Mohsenipoor⁴

¹ Corresponding Author, Ph. D graduated of Irrigation and Drainage, Expert of Kermanshah Regional Water Company, Office of Basic Studies of Water Resources, Kermanshah, Iran. E-mail: milad.farmanifard@gmail.com

² M. Sc graduated of Mining Engineering, Expert of Kermanshah Regional Water Company, Deputy of Protection and Operation, Kermanshah, Iran. E-mail: m_bistoon@yahoo.com

³ M. Sc graduated of Electronic, Expert of General Technical and Professional Office of Kermanshah Province, Kermanshah, Iran. E-mail: fm.mohamadi22@gmail.com

⁴ B. Sc graduated of Groundwater development, Expert of Kermanshah Regional Water Company, Office of Basic Studies of Water Resources, Kermanshah, Iran. E-mail: farmani.office1400@gmail.com

ABSTRACT

Introduction

In Iran climatic conditions due to the large groundwater abstraction volume by wells and also increase the number of drilled wells especially in recent years it makes the calculation of water resources privacy very important in order to apply proper management on the conservation and optimal use of groundwater resources. In this regard, one of the issues that concerns those involved in groundwater protection is the density and proximity of exploitation wells and overdraft by exploiters. Observing the privacy of water resources is not only to prevent the water level of adjacent sources from decreasing but also means the allowable withdrawal to the extent of the aquifer potential. Calculating the wells privacy and aqueducts and observing it is essential in the optimal management of groundwater resources. In most cases, incorrect estimation of the well privacy and aqueducts or non-compliance with the relevant rules will cause many problems and can lead to disputes between farmers and farmers as well as damage to groundwater resources.

Material and methods

In this study, first, the hydrodynamic coefficients of the studied aquifer were determined. In the next step, the quantitative privacy of all wells in the aquifer area was determined. Then, the impact radius of each well was calculated using a mathematical model in two modes of corrective discharge (based on the area under cultivation) and file discharge (discharge recorded in the exploitation license). Finally, a map of the impact radius of the wells in the GIS environment was drawn and based on it, the areas with privacy interference were identified. Due to the interference of wells with each other, various solutions were proposed to improve the current situation to be used by decision makers.

Results and discussion

Based on the obtained results, the average discharge of all exploitation wells in the corrective and case discharge mode was calculated to be 18.37 lit.s^{-1} and 11.14 lit.s^{-1} (116.6 Km^2), respectively. The results also showed that in the most optimistic case about 20% of the total aquifer area has privacy interference. This causes the local wells to undergo simultaneous operation, severe localized cones and the aquifer to be subjected to unusual stresses, which in the long perform causes a permanent and lasting decline in the aquifer and in the long perform results to subsidence of the earth's surface.

Conclusions

The results of the present study indicate that the fact unfortunately in most plains of the country that have agricultural uses there is a privacy interference between exploitation wells and as a result of high density of wells and proximity to each other radius of impact of two or even several wells together overlap. In addition, more harvesting of aquifer potential and capacity from wells increases the aquifer vulnerability and the likelihood of future problems. It should also be noted that the Ravansar-Sanjabi aquifer is one of the aquifers that has more unfavorable conditions than other aquifers in the province and in recent years due to stresses caused by droughts and unauthorized withdrawals has a sharp drop in water level. Therefore, the need for more comprehensive studies in other plains and aquifers of more sensitive and more water stress areas can provide more complete results. Because it should be noted that due to the current climate and drought, groundwater resources can not be properly renewed and recharged, and according to experiences in other parts of the country, the current trend continues to cause a sharp drop in aquifer levels and consequently subsidence and Will sink.

Keywords: Groundwater resources, overdraft, privacy interference, Agricultural exploitation well, impact radius, Ravansar-Sanjabi aquifer, ArcGIS software, subsidence

Article Type: Research Article

Article history: Received: 06 March 2022 Revised: 13 April 2022 Accepted: 27 April 2022 ePublished: 29 May 2022

Cite this article: Farmanifard, M., Najafi Biameh, M., Mohamadi, F., & Mohsenipoor, F. (2022). Estimation and study of intrusion of exploitation wells to identify vulnerable areas of the aquifer (Case study: Ravansar-Sanjabi aquifer of Kermanshah), *Advanced Technologies in Water Efficiency*, 2(1), 85-102. DOI: 10.22126/ATWE.2022.7582.1016





برآورد و بررسی تداخل حریمی چاه های بهره برداری جهت شناسایی مناطق آسیب پذیر آبخوان (مطالعه موردی: آبخوان سنجابی کرمانشاه)

میلاد فرمانی فرد^۱✉، مهدی نجفی بیامه^۲، فرزانه محمدی^۳، فتح ا... محسنی پور^۴

^۱ نویسنده مسئول، دانش آموخته دکتری آبیاری و زهکشی، کارشناس شرکت آب منطقه ای کرمانشاه، دفتر مطالعات پایه منابع آب، کرمانشاه، ایران. رایانامه: milad.farmanifard@gmail.com

^۲ دانش آموخته کارشناسی ارشد مهندسی معدن، کارشناس شرکت آب منطقه ای کرمانشاه، معاونت حفاظت و بهره برداری، کرمانشاه، ایران. رایانامه: m_bistoon@yahoo.com

^۳ دانش آموخته کارشناسی ارشد الکترونیک، کارشناس اداره کل فنی و حرفه ای استان کرمانشاه، کرمانشاه، ایران. رایانامه: fm.mohamadi22@gmail.com

^۴ دانش آموخته کارشناسی عمران آب زیرزمینی، کارشناس شرکت آب منطقه ای کرمانشاه، دفتر مطالعات پایه منابع آب، کرمانشاه، ایران. رایانامه: farmani.office1400@gmail.com

چکیده

در شرایط اقلیمی کشور، با توجه به حجم عظیم برداشت از منابع آب زیرزمینی توسط چاه ها و نیز با در نظر گرفتن تعداد چاه هایی که خصوصاً در سنوات اخیر حفر گردیده، محاسبه حریم به منظور اعمال مدیریت صحیح بر حفظ و بهره برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی از اهمیت ویژه ای برخوردار است. در این راستا یکی از مسائلی که دست اندرکاران حفاظت از آب های زیرزمینی را به خود مشغول کرده، تراکم و نزدیکی چاه های بهره برداری از یک سو و اضافه برداشت توسط بهره برداران از سوی دیگر است. از این رو، در این تحقیق، در ابتدا تابع چاه حل ریاضی گردیده و شعاع تأثیر هر یک از چاه ها در دو حالت اعمال دبی اصلاحی (بر اساس سطح زیر کشت) و دبی پرونده ای (دبی پروانه بهره برداری) به دست آمد. سپس نقشه شعاع تأثیر کل چاه های محدوده ترسیم و سپس نواحی دارای تداخل حریمی مشخص و ترسیم گردید. بر اساس نتایج به دست آمده متوسط دبی آبکشی کل چاه های بهره برداری در حالت دبی اصلاحی و پرونده ای به ترتیب ۱۸/۳۷ و ۱۱/۱۴ لیتر بر ثانیه محاسبه گردید که نتیجه این تفاوت دبی آبکشی در اختلاف کل مساحت تداخل حریمی به میزان ۳۰ درصد (۱۱۶/۶ کیلومتر مربع) به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد در خوشبینانه ترین حالت، قریب ۲۰ درصد از کل مساحت آبخوان دارای تداخل حریمی است. این مسئله باعث می شود که هنگام بهره برداری همزمان از چاه های همجوار، مخروط های شدید افت موضعی ایجاد شده و آبخوان تحت استرس های غیرمعمول قرارگیرد که این امر در طولانی مدت موجب ایجاد افت دائمی و ماندگار در آبخوان و در بلند مدت منتج به فرونشست سطح زمین گردد.

واژه های کلیدی: منابع آب زیرزمینی، اضافه برداشت، تداخل حریم، چاه بهره برداری کشاورزی، شعاع تأثیر، آبخوان سنجابی، ArcGIS، فرونشست

نوع مقاله: مقاله پژوهشی

سابقه مقاله: دریافت: ۱۵ اسفند ۱۴۰۰ اصلاح: ۲۴ فروردین ۱۴۰۱ پذیرش: ۰۷ اردیبهشت ۱۴۰۱ چاپ الکترونیکی: ۰۸ خرداد ۱۴۰۱

استناد: فرمانی فرد، م.، نجفی بیامه، م.، محمدی، ف.، و محسنی پور، ف. (۱۴۰۱). برآورد و بررسی تداخل حریمی چاه های بهره برداری جهت شناسایی مناطق آسیب پذیر آبخوان (مطالعه موردی: آبخوان سنجابی کرمانشاه)، فناوری های پیشرفته در بهره وری آب، (۱)، ۸۵-۱۰۲. شناسه دیجیتال: 10.22126/ATWE.2022.7582.1016



مقدمه

نیاز روز افزون جوامع به آب، به‌ویژه به منابع آب زیرزمینی در کشورهای مختلف با توجه به تغییرات اقلیمی در سطح جهانی، به عنوان چالشی جدی روز به‌روز با اهمیت‌تر شده‌است و ضرورت و اهمیت این موضوع در سال‌های آینده فزونی خواهد یافت (سروری و چیت‌سازان، ۱۳۸۷). براساس آخرین آماربرداری (سال آبی ۸۹-۹۰)، حجم تخلیه سالانه منابع آب زیرزمینی معادل ۷۰/۵ میلیارد مترمکعب است. بدیهی است این موضوع و روند افزایش حفر چاه موجب افزایش نگرانی در خصوص تأمین نیازهای آبی آینده کرده‌است. از طرفی بهره‌برداران منابع آب زیرزمینی به ویژه صاحبان چاه‌های آب با توجه به خشکسالی‌های اخیر و روند روبه افزایش صدور پروانه‌های جابجایی و کف شکنی چاه‌ها، همواره نگرانند که مبادا حریم منابع آب متعلق به آن‌ها در اثر حفر چاه‌های جدید توسط متقاضیان مورد حمله قرار گرفته و رعایت نشود. هر چند که رعایت حریم منابع آب اعم از چاه، چشمه و قنات از همان ابتدای بهره‌برداری مطرح بوده اما این نگرانی نیز وجود دارد که حریم این منابع به دلیل بهره‌برداری بیش از حد مجاز رعایت نشده تا جاییکه اثرات سوء بهره‌برداری از این منابع بر روی یکدیگر، قابل جبران نباشد. لذا یکی از مسائلی که مسئولین حفاظت از آب‌های زیرزمینی را به خود مشغول کرده‌است نزدیکی چاه‌های بهره‌برداری به یکدیگر است. هنگام بهره‌برداری همزمان چاه‌های همجوار، در اثر تداخل مخروط افت آن‌ها با یکدیگر مقدار افت افزایش یافته و در طولانی مدت افت دائمی و ماندگار در آبخوان ایجاد گردد (سروری و چیت‌سازان، ۲۰۰۸).

در طراحی و توسعه تأمین آب از مجموعه چاه‌ها باید چندین عامل قابل کنترل و غیرقابل کنترل در نظر گرفته شوند. مهمترین عوامل غیرقابل کنترل شامل: قابلیت انتقال آبخوان، ضریب ذخیره آبخوان، مرزهای آبخوان و عمق آبخوان هستند. عوامل قابل کنترل اغلب شامل وسعت زمین اختصاص داده‌شده به مجموعه چاه‌ها، مکان چاه‌ها و دبی پمپاژ است (راسل؛ ۲۰۰۶). باید دقت داشت که کاهش سطح آب زیرزمینی بیش‌ترین تأثیر را بر روی آب‌دهی چاه دارد. با افزایش عمق سطح آب زیرزمینی، چاه باید آب را از مسافت دورتری از سفره برداشت کند که این امر سبب افزایش هزینه و کاهش آب‌دهی می‌شود (گالووی؛ ۱۹۹۹). از این‌رو حفاظت از منابع آب با در نظر گرفتن رعایت حقوق بهره‌برداران از طریق تعیین حریم این منابع، از جمله مسایل مهم و اساسی در سیاست‌های آبی در سطح بین‌المللی است و این موضوع در کشور ما که در منطقه خشک و نیمه‌خشک واقع شده، از اهمیت بیش‌تری برخوردار است. اصولاً در سطح بین‌المللی حریم از دو دیدگاه کمی و کیفی همواره مطرح بوده که در این پژوهش صرفاً بعد کمی آن مدنظر است.

تعیین حریم کمی منابع آب زیرزمینی در کشور ما و حتی در سطح بین‌المللی با دو هدف عمده انجام می‌شود. یکی حفاظت کمی از منابع آب زیرزمینی با توجه به تغییرات اقلیمی در سطح جهانی و دوم جهت جلوگیری از تنش‌های اجتماعی و رعایت حقوق بهره‌برداران از منابع آب زیرزمینی. به منظور تعیین حریم کمی منابع آب زیرزمینی و نیل به اهداف مذکور، شناخت مولفه‌های متعددی از ویژگی‌های هیدرودینامیکی آبخوان‌ها، لازم و ضروری است و بدون شناخت و تعیین این مؤلفه‌ها نمی‌توان به اهداف مذکور رسید.

بررسی مجموعه چاه‌ها در ویرجینیای آمریکا، به خاطر برداشت زیاد آب از مجموعه چاه‌ها مخروط افت بزرگی ایجاد شده‌است (فوکازی و اسپیران؛ ۱۹۹۳). در مجموعه چاه لایقترمن در کشور آمریکا، افت بالای سطح آب زیرزمینی در مجموعه چاه بر اثر پمپاژ زیاد باعث ایجاد مخروط افتی در حدود ۵۰۰ فوت شده‌است (نایمن؛ ۱۹۶۵). رشد چشمگیر تقاضا و مصرف آب سبب وارد آمدن خسارت‌های زیادی به آبخوان‌ها شده‌است. گزارشاتی در خصوص افزایش پدیده فرونشست در نتیجه پایین رفتن سطح آب ارائه شده‌است (نشنال جئوگرافیک، ۲۰۱۱). تاکنون مطالعه جامعی بر روی کاهش آب‌دهی چاه‌ها انجام نگرفته است.

فرونشست زمین عبارت است از فروریزش ناگهانی یا تدریجی سطح زمین به سمت پایین که با جابجایی‌های ناچیز افقی نیز همراه باشد. فرونشست منطقه‌ای زمین به دلیل افت سطح آب زیرزمینی عمدتاً در رسوبات تحکیم نیافته یا نیمه تحکیم یافته که در مجاورت لایه‌های شن و

¹ Russell

² Galloway

³ Focazi and Speiran

⁴ Nyman

ماسه قرار دارد صورت می‌گیرد. در چنین شرایطی یک تراکم غیر الاستیک به دلیل افزایش تنش مؤثر در خاک رخ داده و چیدمان دانه‌های خاک بهم خورده و چیدمان جدید باعث کاهش حجم و ضخامت عمودی لایه و در نهایت نشست می‌گردد.

مبانی نظری و پیشینه پژوهش

بیش‌ترین گزارشات از سراسر جهان در ارتباط با پدیده فرونشست زمین مربوط به نقاط خشک و کم‌باران بوده است. این پدیده در گذشته در بسیاری از نقاط دنیا مانند ایالت آریزونا و کالیفرنای آمریکا، شهرهای اوزاکا و توکیو در ژاپن، ونیز در ایتالیا، بانکوک در تایلند، جاکارتا در اندونزی، کلکته در هندوستان و مکزیکوسیتی در مکزیک گزارش شده‌است (ترن و فردلانده، ۲۰۰۰). آن^۲ (۲۰۱۵) در پایان‌نامه خود از دانشگاه کالیفرنیا ارتباط بین فرونشست زمین و افت آب‌های زیرزمینی در دشت شمال چین را با استفاده از ICESat بررسی کرد. این منطقه که بزرگترین تولید کننده گندم در کشور چین است، به شدت به آب‌های زیرزمینی وابسته است. وی نشان داد که میزان افت آب‌های زیرزمینی در سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۱۴ به میزان ۲/۰۳ سانتی متر در سال است در حالیکه تغییرات ارتفاعی نشست زمین ۸-۵ سانتی متر در سال است و عنوان کرد که الگوهای فضایی افت آب‌های زیرزمینی و فرونشست آن طور که انتظار می‌رفت ندارند. اسمیت و همکاران^۳ (۲۰۱۷)، در تحقیق خود به عنوان برآورد از دست دادن دائمی ذخایر آب زیرزمینی در دره سن ژواکوین کالیفرنیا عنوان کردند اگر آب بیش از حد از آبخوان‌ها استخراج شود، مخصوصاً در نواحی که لایه‌های خاک رس دارند، متراکم شدن لایه‌های خاک به دلیل افت فشار آب باعث ایجاد حالت غیرقابل برگشت می‌شود و توانایی خاک برای حفظ و نفوذ آب از دست می‌رود، از این رو آبخوان ظرفیت دریافت آب خود را به‌طور دائم از دست می‌دهد.

فرونشست زمین بر اثر افت سطح آب زیرزمینی در ایران برای اولین بار در سال ۱۳۴۶ در دشت رفسنجان گزارش گردید. در سال‌های اخیر، پدیده فرونشست زمین در دشت‌های زیادی از نقاط خشک و نیمه‌خشک ایران مرکزی و شرق ایران همراه با افت ممتد سطح آب زیرزمینی گزارش شده‌است و در حال حاضر آمار دشت‌های کشور که با این پدیده روبرو هستند به ۲۰۹ دشت می‌رسد.

در تحقیقی مسلمی عقلی و همکاران (۱۳۹۵)، به بررسی آماری تأثیر چاه‌های آب بر یکدیگر در یک مجموعه چاه، مطالعه موردی منطقه گرمابدشت-سیاهتلو (گرگان) پرداختند. آن‌ها در پژوهش خود، بر اساس تأثیرگذاری فاصله و دبی چاه‌ها بر کاهش آب‌دهی، از دو شاخص آماری، شاخص فاصله (DI) و شاخص دبی-فاصله (DQI) استفاده نمودند. همچنین اعتقاد داشتند عامل دیگری که در کاهش آب‌دهی در مجموعه چاه‌ها نقش به‌سزایی دارد، ساختمان چاه است. نتایج این تحقیق نشان داد که تغییرات آب‌دهی چاه با شاخص DQI بیش‌ترین همبستگی را نشان داد. هم چنین با به کارگیری این شاخص‌ها، یک روش کاربردی برای تعیین درصد تأثیر ساختمان چاه بر روی کاهش آب‌دهی چاه‌ها ارائه دادند. آن‌ها بیان داشتند که با استفاده از شاخص‌های تعریف شده می‌توان یک حریم مناسب برای ایجاد مخروط افت در اطراف چاه‌ها ایجاد نموده تا از تداخل مخروط افت‌ها جلوگیری نموده و تغییرات در میزان آب‌دهی چاه‌هایی که در آن برداشت صورت می‌گیرد به حداقل رساند. همچنین اخیراً زمانی مقدم و همکاران (۱۳۹۹)، در مطالعه خود با به کارگیری مدل‌های مختلف اقدام به تعیین حریم کیفی چاه‌های آب شرب با در نظر گرفتن پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان دشت رودان نمودند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که عمده چاه‌های شرب در محدوده با آسیب‌پذیری بالا با کاربری اراضی کشاورزی بوده که با توجه به تعیین حریم کیفی چاه شرب در سال‌های مختلف باید حریم کیفی بزرگتری (ده ساله) برای چاه‌های این مناطق در نظر گرفته شود؛ زیرا اعمال حریم کوچک، خطر آلودگی آب چاه را بالا می‌برد. همچنین برای مناطق با آسیب‌پذیری کم‌تر و کاربری‌های اراضی دیگر نیز می‌توان حریم حفاظتی کوچکتری اعمال کرد؛ زیرا اعمال حریم بزرگتر در این مناطق هزینه‌های اجتماعی و اقتصادی زیادی را به دنبال خواهد داشت. در پایان نیز سه ناحیه حفاظتی فوری (۳ ساله)، اجباری (۵ ساله) و حمایتی (۱۱ ساله) برای چاه‌های شرب منطقه تعریف و پیشنهاد نمودند. بهرامی و همکاران (۱۴۰۰) در پژوهش خود با استفاده از روابط تجربی و معادلات هیدرولیکی، مدل‌های محاسباتی کامپیوتری به بررسی و محاسبه حریم کمی ۴ حلقه چاه در شهرستان کوار، استان فارس پرداختند. نتایج تحقیقات آن‌ها نشان داد که رابطه دویویی به دلیل استفاده از تعداد بیش‌تری از پارامترهای هیدرودینامیکی نسبت به دو روش دیگر برتری دارد. همچنین عوامل مؤثر بر برآورد حریم کمی چاه را نیز

¹ Trinh and Fredlund

² An

³ Smith et al

مورد بررسی قرار دادند که نتایج حاکی از این بود که میزان آب‌دهی چاه، هدایت هیدرولیکی، مدت زمان پمپاژ و قابلیت انتقال رابطه مستقیمی با حریم چاه دارند؛ به طوریکه با افزایش این عوامل حریم چاه نیز افزایش یافت. اما ضریب ذخیره بر خلاف عوامل قبل دارای رابطه معکوس با حریم چاه است و با افزایش مقدار ضریب ذخیره، حریم چاه کاهش یافت.

فونت و همکاران^۱ (۲۰۱۵)، در پژوهش خود به نقش افزایش برداشت آب زیرزمینی در اثر کشاورزی در دره سنترال کالیفرنیا، پرداختند. در این منطقه که یکی از قطب‌های کشاورزی آمریکا است کشاورزان برای آبیاری زمین‌های خود تا قبل از خشکسالی ۲۰۰۷ بیش‌تر از آب‌های سطحی استفاده می‌کرده اما بعد از آن پمپاژ بیش‌تری از آب‌های زیرزمینی به عمل آورده‌اند. به طوری که حدود ۷۰ درصد اراضی منطقه با آب زیرزمینی آبیاری می‌شد، این پمپاژ بیش از حد موجب افت سطح آب شده و در نتیجه بیابان سیستم آبخوان به هم خورده و موجب فرونشینی شده‌است. مدل‌های هیدرولوژیکی استفاده شده در ارزیابی مدیریت سطح آب زیرزمینی در این منطقه نیمه‌خشک نشان داد که تداوم خشکسالی بعد از سال ۲۰۰۷ می‌توانست موجب فرونشینی در حد ۳-۱/۵ سانتی‌متر در قسمت جنوب منطقه شود.

بردار و همکاران، (۲۰۱۹) در تحقیقی به اصلاح ساختار GALDIT برای بررسی روند آلودگی آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل‌های آماری و آنترپی برای ارزیابی آسیب‌پذیری آبخوان‌های ساحلی پرداختند.

مانیوانان و الانگو^۲ (۲۰۱۹)، در تحقیقی به بررسی نفوذ آب دریا و تخلیه آب زیرزمینی از لایه‌های زیرین در امتداد سواحل هند اقدام نمودند که نتایج این تحقیق نشان داد که در مناطقی که تراز آب زیرزمینی کم‌تر از سطح متوسط تراز سطح آب دریا هستند، حدود ۷ درصد از کل منطقه ساحلی تحت تأثیر نفوذ آب دریا بود. همچنین حدود ۵۷ درصد از مناطق ساحلی هند دارای تراز سطح آب زیرزمینی در محدوده ۰ تا ۱۰ متر بود. آن‌ها پیشنهاد نمودند تحقیقات آینده نیاز به تمرکز بر مناطقی دارد که در آن نفوذ آب دریا و تخلیه آب زیرزمینی از لایه‌های زیرین بر اساس این مطالعه شناسایی شده‌است.

کینگ تی و همکاران^۳ (۲۰۲۱)، در مطالعه خود ساختار و گستره نفوذ آب شور آبخوان ساحلی رودخانه لوی در منطقه بین‌توان ویتنام (جایی که منابع آب به دلیل تولید کشاورزی، آبی‌ری پرووری و صنعتی تحت فشار هستند) را با استفاده از روش توموگرافی مقاومتی الکتریکی و با تکنیک تصویربرداری بررسی نمودند. آن‌ها اعلام کردند که در فاصله بیش‌تر از دریا، توزیع پیچیده‌ای بین آب شیرین و شور مشاهده می‌شود و بر این بارو بودند که روش معرفی شده می‌تواند در غیاب یک شبکه نظارتی متراکم برای دیگر سفره‌های آب زیرزمینی ناهمگن نیز اعمال شود.

زقیبی و همکاران^۴ (۲۰۲۲)، اخیراً در پژوهشی آسیب‌پذیری آبخوان ساحلی تونس در برابر نفوذ آب دریا با بکارگیری قابلیت مدل GALDIT بررسی کردند که نتایج تحقیق آن‌ها نشان داد که بیش‌تر اراضی منطقه در رده به‌شدت آسیب‌پذیر (۴۴/۲ درصد) و پس از آن مناطق با آسیب‌پذیری بسیار بالا (۲۰/۳ درصد از راضی) و متوسط (۱۹/۳ درصد از اراضی) قرار گرفتند و تنها ۱۶/۲ درصد اراضی آسیب‌پذیری پایینی داشتند.

بر اساس موارد بحث شده، رعایت حریم منابع آب، تنها برای جلوگیری از کاهش و نقصان منابع آب مجاور نیست بلکه به معنی برداشت مجاز و در حد توان آبخوان، از منابع آب زیرزمینی نیز است. در مدیریت بهره‌برداری مطلوب از منابع آب زیرزمینی، محاسبه حریم چاه و قنات و رعایت آن اهمیت اساسی دارد. در اغلب موارد عدم محاسبه و برآورد صحیح حریم چاه‌ها و قنات و یا رعایت نکردن ضوابط مربوط به حریم، مسائل و مشکلات عدیده‌ای را به وجود آورده و موجب اختلاف و حتی نزاع بین صاحبان چاه‌ها و قنات اتلاف سرمایه‌ها و وارد آمدن آسیب به منابع آب زیرزمینی گردد. لذا در این تحقیق با برآورد و محاسبه ضرایب هیدرودینامیک آبخوان منطقه مورد مطالعه به صورت محلی، حریم فنی کلیه چاه‌های موجود در محدوده مورد مطالعه تعیین گردید و پس از محاسبه و ترسیم شعاع تأثیر کلیه چاه‌های آبخوان، با توجه به تداخل حریمی چاه‌ها با یکدیگر، راهکارهای گوناگونی جهت بهبود وضعیت موجود ارائه می‌گردد تا مورد اجرا و استفاده متصدیان امر قرار گیرد.

¹ Faunt

² Manivanna and Elango

³ Cong-Thi

⁴ Zghibi

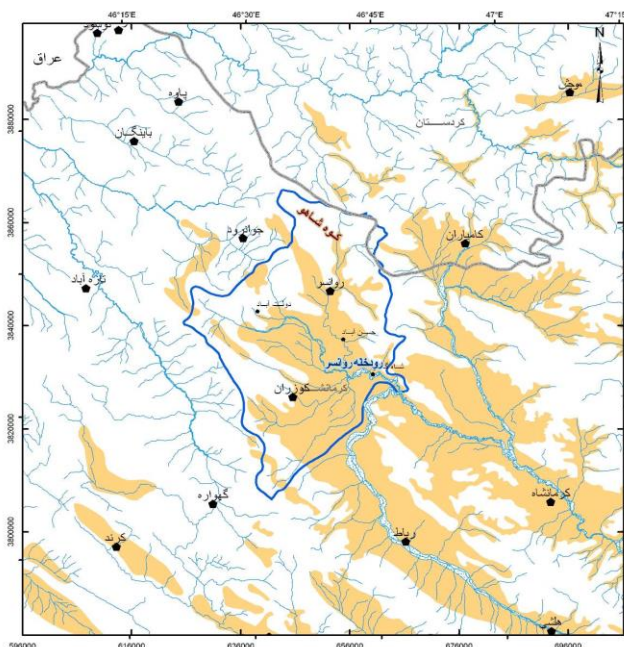
روش پژوهش

موقعیت منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی روانسر-سنجابی با کد مطالعاتی ۲۲۲۴ بخشی از حوضه آبریز کرخه است که در استان کرمانشاه و بین طول‌های جغرافیایی ۴۶ درجه و ۲۲ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۵۴ دقیقه شمالی قرار دارد. بر اساس آخرین مرز محدوده‌های مطالعاتی اعلام شده توسط وزارت نیرو مساحت منطقه بالغ بر ۱۲۴۱ کیلومتر مربع است. ارتفاع متوسط محدوده مذکور از سطح دریا ۱۵۴۹ متر است. بلندترین نقطه ۲۷۷۶ متر و پست‌ترین نقطه آن نیز ۱۳۰۷ متر از سطح دریا ارتفاع دارد. رودخانه‌های قره‌سو، زردآب و کوناب رودخانه‌های اصلی منطقه هستند. که در نهایت پس از دریافت رودخانه‌هایی چون مرگ و گاماسیاب، رودخانه سیمره را تشکیل داده و راهی رودخانه کرخه می‌گردند. شکل (۱) موقعیت محدوده مطالعاتی روانسر-سنجابی در استان کرمانشاه و وضعیت حوزه‌های آبریز اطراف این محدوده را نشان می‌دهد.

شرایط آب و هوایی منطقه

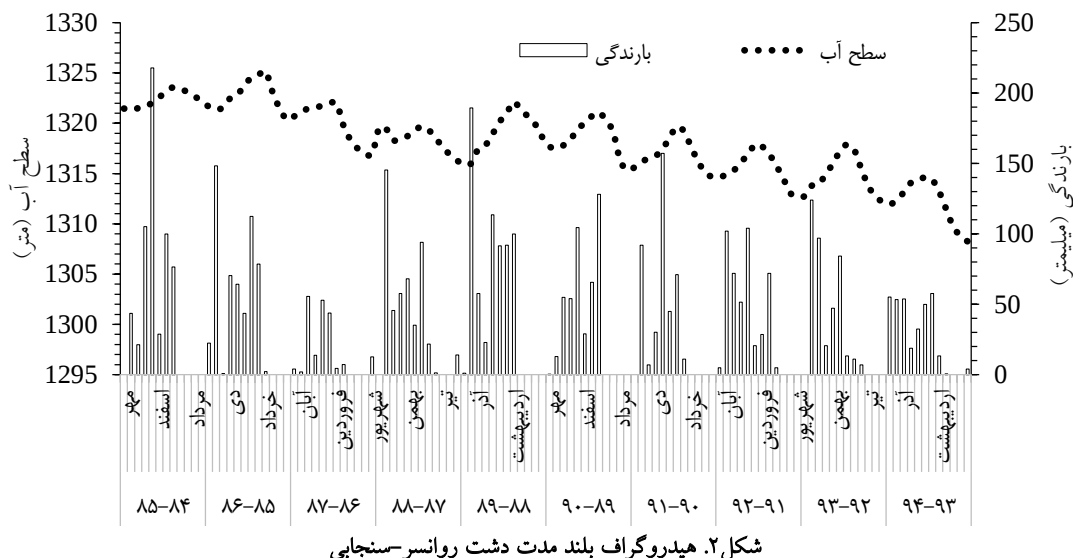
بر اساس مطالعات انجام شده، معدل حداکثر و حداقل دمای منطقه نیز ۳۶ و ۰ درجه سانتیگراد و در ماه‌های مرداد و بهمن ماه است. متوسط دمای سالیانه نیز ۱۵ درجه سانتیگراد است. از نظر توزیع ماهانه بارش نیز بیش‌ترین بارش در ماه‌های آبان، بهمن و فروردین به وقوع پیوسته است. کم‌ترین میزان بارش نیز متعلق به تیر و مرداد ماه و بدون بارش است.



شکل ۱. موقعیت محدوده مطالعاتی روانسر-سنجابی

وضعیت منابع آب زیرزمینی منطقه

در محدوده مطالعاتی روانسر-سنجابی یک دشت اصلی به نام دشت سنجابی وجود دارد که شامل یک آبخوان با همین نام است. دشت سنجابی از شرق و جنوب شرقی به دشت ماهیدشت و دشت کرمانشاه و از شمال و غرب به آهک‌های سری بیستون محدود می‌شود. وسعت دشت ۴۵۷ کیلومترمربع و مساحت شبکه تبسن آبخوان آن که شامل ۲۴ حلقه چاه مشاهده‌ای می‌شود بالغ بر ۳۹۰ کیلومتر مربع است. هیدروگراف واحد و توزیع زمانی بارش بلند مدت (۱۰ ساله) آبخوان سنجابی در شکل (۲) ارائه شده‌است.



ضخامت آبرفت در این آبخوان بین ۵۰ تا ۲۰۰ متر برآورد می‌گردد که بخش‌هایی از این آبخوان، سفره‌های این آبخوان در برخی نقاط در حالت نیمه تحت فشار است. همچنین عمق متوسط سطح آب زیرزمینی در این آبخوان حدود ۱۱ متر و ضخامت متوسط آبرفت حدود ۱۱۰ متر برآورد می‌گردد.

مطابق آماربرداری سراسری سری دوم، در محدوده مطالعاتی روانسر در مجموع ۱۴۰۴ منبع آب زیرزمینی برداشت شده‌است. این تعداد شامل ۱۱۹۱ حلقه چاه و ۲۱۳ دهنه چشمه است. تعداد کل چاه‌های ثبت شده تحت بهره‌برداری در داخل محدوده ۹۳۹ حلقه است که ۷۸۷ حلقه از این چاه‌ها فعال هستند. همچنین از این تعداد، ۳۶۰ حلقه به دلیل عدم همخوانی بین دبی برداشت و سطح زیر کشت (اضافه برداشت توسط بهره‌بردار) نیاز به اصلاح دبی داشت که مطابق با هیدرومدول کشت غالب منطقه، بر اساس سطح زیر کشت و ملاحظات فنی، دبی واقعی پمپاژ برآورد گردید. بر اساس اطلاعات موجود، سطح زیر کشت آبی در این محدوده حدود ۱۲۳۵۰ هکتار است که کشت غالب در سطح محدوده مورد مطالعه گندم، جو و ذرت است.

عوامل موثر در تعیین حریم منابع آب

مهمترین پارامترهای مؤثر در تعیین حریم کمی منابع آب زیرزمینی عبارتند از: قابلیت انتقال، ضریب ذخیره، تخلخل مفید، میزان آبکشی، زمان پمپاژ و ضخامت آبخوان و ... اشاره نمود که روش‌ها و تکنیک‌های مختلفی برای برآورد آن پیشنهاد گردیده است. با توجه به بررسی‌های انجام شده و تجارب کارشناسی موجود، برآورد شعاع تأثیر چاه با استفاده از معادله تایس^۱ انجام شده‌است که در ادامه عوامل دخیل در تعیین حریم چاه با این روش مورد اشاره قرار می‌گیرد.

قابلیت انتقال آبخوان

قابلیت انتقال آبخوان که از حاصل ضرب هدایت هیدرولیکی در ضخامت آبخوان به دست می‌آید و رابطه مستقیم با حریم کمی چاه دارد. بنابراین هر چه میزان این پارامتر بیش‌تر باشد، رشد عمودی مخروط افت کمتر و برعکس گسترش مخروط افت در جهت افقی بیش‌تر و به تبع آن حریم چاه بیش‌تر می‌شود. بر اساس آزمایش‌های پمپاژ و سونداژهای ژئوالکتریک انجام گرفته در منطقه وضعیت قابلیت انتقال آبخوان و ضخامت آبرفت مطابق جدول (۱) است.

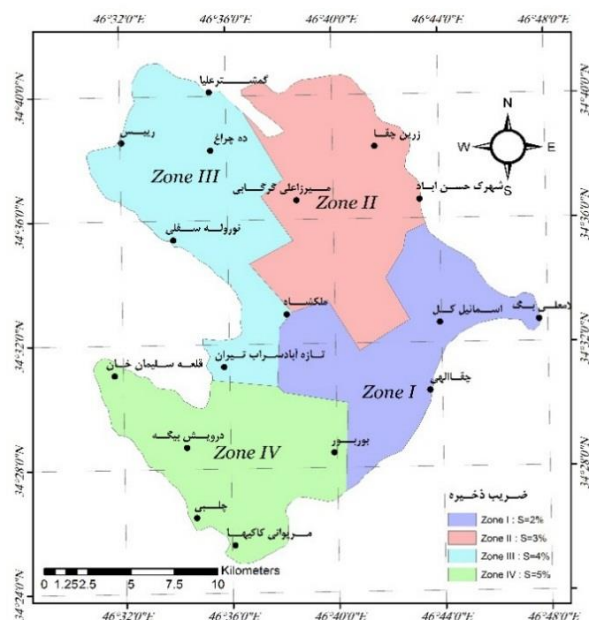
¹ Theis equation

جدول ۱. پارامترهای آبخوان سنجایی

پارامتر آبخوان	حداقل	حداکثر	متوسط
قابلیت انتقال (m^2/day)	۹۱	۱۲۲۰	۴۱۷
ضخامت (m)	۳۸	۱۳۱	۹۷

ضریب ذخیره آبخوان

بر خلاف ضریب قابلیت انتقال آبخوان، ضریب ذخیره با میزان حریم چاه رابطه معکوس دارد. بدین معنا که در آبخوان‌های با ضریب ذخیره زیاد که ناشی از تخلخل مفید بالای آبخوان است، گسترش مخروط در دو جهت افقی و هم قائم، محدود می‌شود و بنابراین شعاع مخروط افت که همان حریم چاه است، کم می‌شود. این مؤلفه در آبخوان‌های آزاد معادل آب‌دهی ویژه آبخوان است اما در آبخوان‌های تحت فشار قابلیت فشردگی کم مواد تشکیل دهنده آبخوان، این مؤلفه ناچیز است.



شکل ۳. زون‌بندی مقدار پارامتر ضریب ذخیره در محدوده

با توجه به اینکه پارامترهای هیدرودینامیکی آبخوان بر اساس مشخصات فیزیکی آن، به‌طور همزمان تغییر می‌کند باید تغییرات ضرایب قابلیت انتقال و ذخیره را همزمان مورد بررسی قرار داد. نظر به اینکه تنها چند مورد برآورد ضریب ذخیره در منطقه وجود داشت به جای استفاده از پهنه‌بندی، منطقه مورد مطالعه بر اساس پارامترهایی نظیر لوگ و آب‌دهی چاه‌ها زون‌بندی گردید که زون‌بندی در نظر گرفته شده شامل ۴ بخش و مطابق شکل (۳) است.

آب‌دهی چاه

میزان آب پمپاژی از چاه همواره یکی از مولفه‌های مهم و تاثیرگذار است که به‌صورت مستقیم در میزان شعاع تأثیر چاه مؤثر است. با افزایش دبی چاه، گسترش مخروط افت بیش‌تر شده و همین موضوع سبب افزایش شعاع تأثیر و یا حریم چاه می‌گردد. بنابراین شعاع تأثیر و یا حریم هر چاه برای آب‌دهی‌های متفاوت، متغیر است.

مدت زمان پمپاژ

در برخی از چاه‌ها زمان لازم برای ایجاد مخروط افت ثابت یا به عبارتی زمان لازم برای رسیدن سطح آب زیرزمینی به حالت ثابت (افت سطح آب زیرزمینی در چاه وجود نداشته باشد) طولانی است که با گذشت زمان دامنه مخروط افت نیز بیش‌تر و نهایتاً شعاع تأثیر و یا حریم چاه بیش‌تر می‌شود. بنابراین می‌توان گفت هر چه مدت زمان پمپاژ چاه بیش‌تر باشد، حریم چاه بیش‌تر خواهد شد. بر اساس اطلاعات اخذ شده از دفتر مطالعات شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، در منطقه مورد مطالعه متوسط کل ساعات پمپاژ سالانه برابر با ۲۱۷۰ ساعت برآورد گردید. همچنین حداکثر میزان افت سطح آب در نظر گرفته شده در آزمایش‌های پمپاژ (D) برابر ۲۰ سانتی‌متر بوده است.

محاسبه حریم چاه

همانگونه که پیش‌تر اشاره گردید؛ معادله تائیس جهت محاسبه شعاع تأثیر چاه انتخاب گردید که فرم کلی معادله و روش حل آن به‌صورت زیر است:

$$\nabla^2 h - \frac{S}{T} \times \frac{\partial h}{\partial t} = 0 \quad (1)$$

پس از حل، معادله (۱) به‌صورت زیر در می‌آید:

$$h - h_0 = \frac{Q}{4\pi T} \cdot W(u) \quad (2)$$

$W(u)$ تابع چاه معروف است که بدون بعد بوده و از رابطه (۳) به‌دست می‌آید:

$$W(u) = \int_u^\infty \frac{e^{-x}}{x} dx \quad (3)$$

حال در صورتی که افت سطح آب زیرزمینی ($h - h_0$) را با D نمایش دهیم معادله (۲) به فرم زیر به‌دست می‌آید:

$$W(u) = \frac{4\pi TD}{Q} \quad (4)$$

در نتیجه مقدار R (شعاع تأثیر چاه) از معادله (۵) مطابق زیر استخراج می‌گردد:

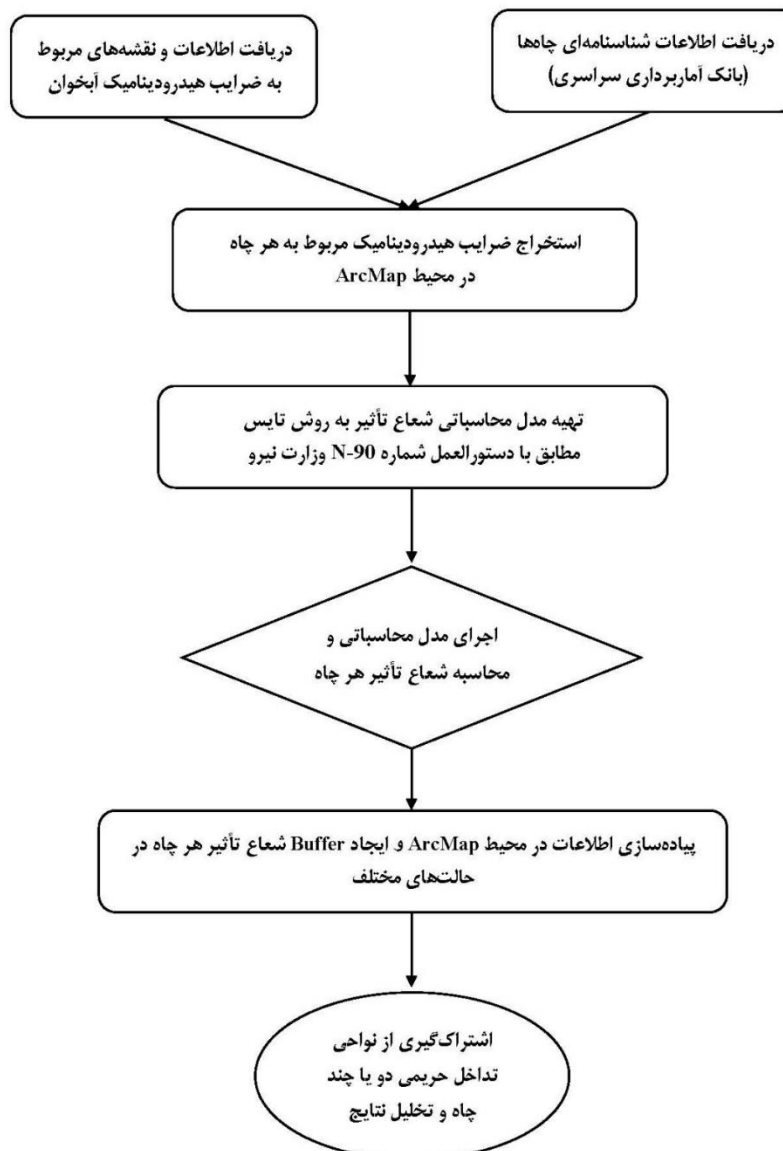
$$R = \left(\frac{4uTt}{S} \right)^{1/2} \quad (5)$$

که در روابط بالا: h ارتفاع سطح آب زیرزمینی در هر لحظه پس از شروع بهره‌برداری (متر)، h_0 : ارتفاع سطح آب زیرزمینی قبل از شروع بهره‌برداری (متر)، Q : دبی چاه (متر مکعب در روز)، S : ضریب ذخیره سفره آب زیرزمینی، T : ضریب قابلیت سفره (متر مربع در روز)، R : شعاع تأثیر چاه (متر)، t : زمان بهره‌برداری از چاه (متر) و ∇^2 : عامل لاپلاسین است.

به‌طوریکه از معادلات (۴) و (۵) ملاحظه می‌شود، برای محاسبه شعاع تأثیر چاه (R) به ازای مقادیر T ، D ، S و t و Q معین، لازم است ابتدا مقدار $W(u)$ را از معادله (۴) حساب کرده و سپس از با استفاده از جدول یا برآورد عددی، مقدار $W(u)$ حسب u را پیدا نموده سپس از معادله (۵) مقدار R را محاسبه نماییم.

نیاز آبی و هیدرومدول منطقه

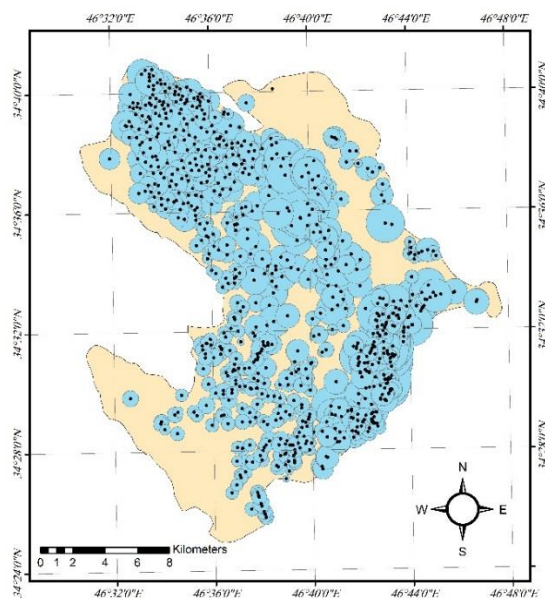
براساس مطالعات انجام شده، متوسط هیدرومدول کشت غالب آبی دشت روانسر- سنجابی ۱/۲۰ لیتر در ثانیه برای یک هکتار است. بدیهی است که در هر ماه نیاز آبی محصول زراعی متفاوت است اما برای مدول آبیاری مقداری ثابت در نظر گرفته شده است بنابراین با تغییر در مدت زمان بهره‌برداری از منابع آب، امکان رفع نیاز آبی گیاه در ماه‌های پر مصرف میسر می‌گردد. بر اساس جداول تخصیص منابع آب زیرزمینی در محدوده مورد مطالعه، بیشینه نیاز آبی برابر با ۱۹۰۸ مترمکعب برای یک هکتار در اردیبهشت ماه است. در ادامه فلوچارت انجام مراحل مختلف این تحقیق در قالب شکل (۴) ارائه گردیده است.



شکل ۴. فلوچارت مراحل مختلف انجام تحقیق

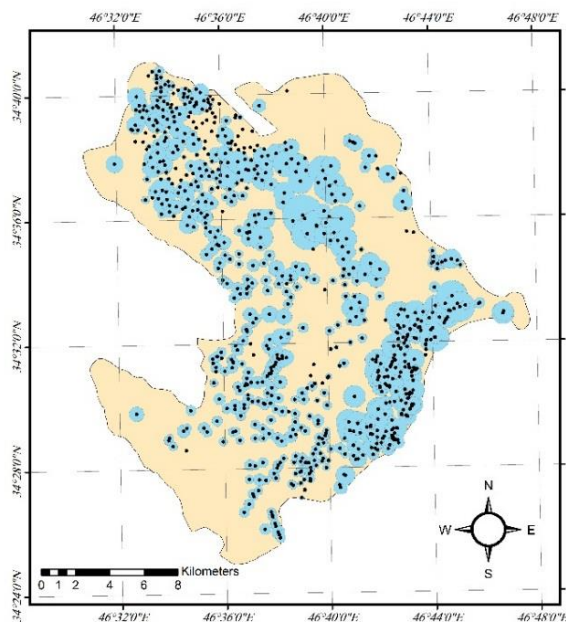
یافته‌ها

پس انجام محاسبات، میزان شعاع تأثیر هر چاه برآورد گردید. بسته به شرایط پمپاژ و وضعیت هیدرودینامیکی آبخوان، شعاع تأثیر چاه‌ها بسیار متغیر بود. شکل (۵)، نقشه پراکنش چاه‌ها و شعاع تأثیر محاسبه شده بر اساس دبی اصلاحی (دبی محاسبه شده مطابق سطح زیر کشت) برای هر چاه را نشان می‌دهد. جهت مقایسه بهتر و تصمیم‌گیری جامع‌تر، اقدام به محاسبه شعاع تأثیر چاه‌ها با در نظر گرفتن دبی پرونده‌ای (تخصیصی در پروانه بهره‌برداری) شد که در شکل (۶) نشان داده شده‌است.



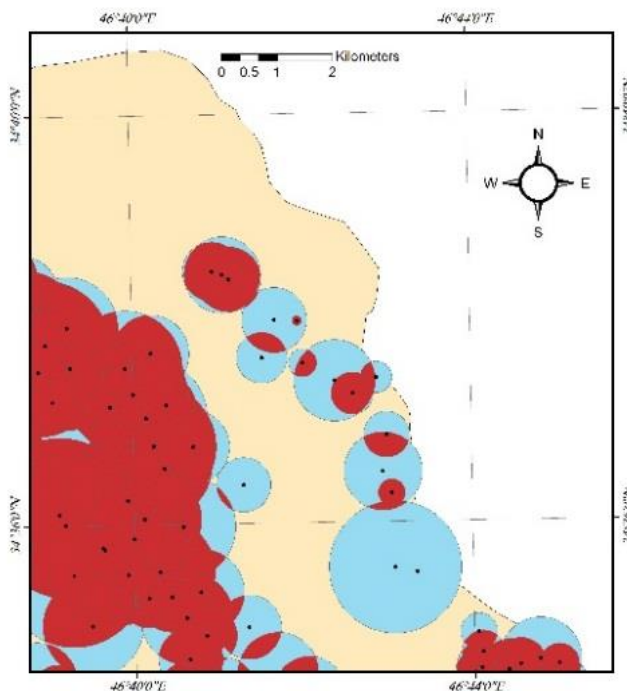
شکل ۵. وضعیت کلی شعاع تأثیر چاه‌های منطقه (دبی اصلاحی)

مقایسه شکل (۵) و (۶) نشان می‌دهد که، سطح تحت پوشش شعاع تأثیر چاه‌های بهره‌برداری در حالت اعمال دبی پرونده‌ای بسیار کم‌تر از شرایط اعمال دبی اصلاحی است. به‌طوریکه؛ متوسط شعاع تأثیر برآورد شده در حالت دبی اصلاحی و دبی پرونده‌ای به ترتیب برابر با ۵۷۵ و ۳۰۰ متر بود که نشان می‌دهد به‌طور متوسط ۲۷۵ متر اختلاف میان دو حالت وجود دارد. بر اساس محاسبات انجام شده، کل مساحت تحت پوشش شعاع تأثیر چاه‌های بهره‌برداری به ترتیب در حالت دبی اصلاحی و دبی پرونده‌ای مجموعاً ۶۹/۵ و ۴۳/۱ درصد مساحت کل آبخوان است.



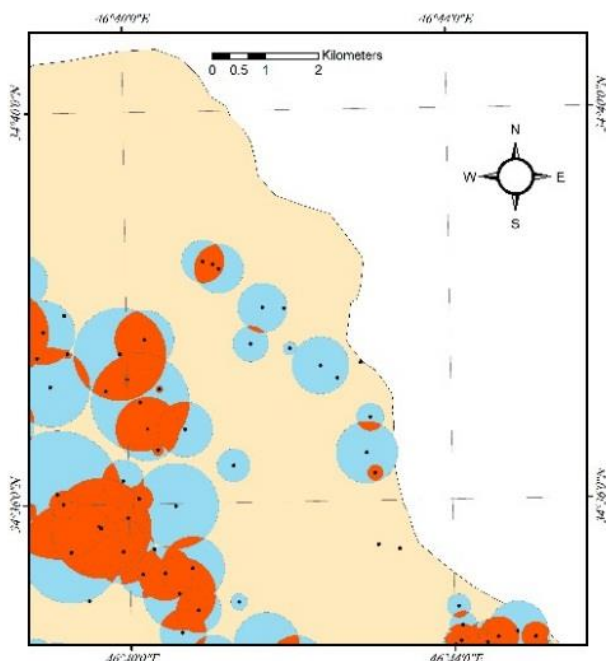
شکل ۶. وضعیت کلی شعاع تأثیر چاه‌های منطقه (دبی پرونده‌ای)

نمای شعاع تأثیر و مناطق تداخل حریمی چاه‌های بخش شمال شرقی منطقه در حالت دبی اصلاحی و پرونده‌ای به ترتیب در شکل (۷) و (۸) ارائه شده‌است.



شکل ۷. نمای نزدیک تداخل حریمی قسمتی از آبخوان (دبی اصلاحی)

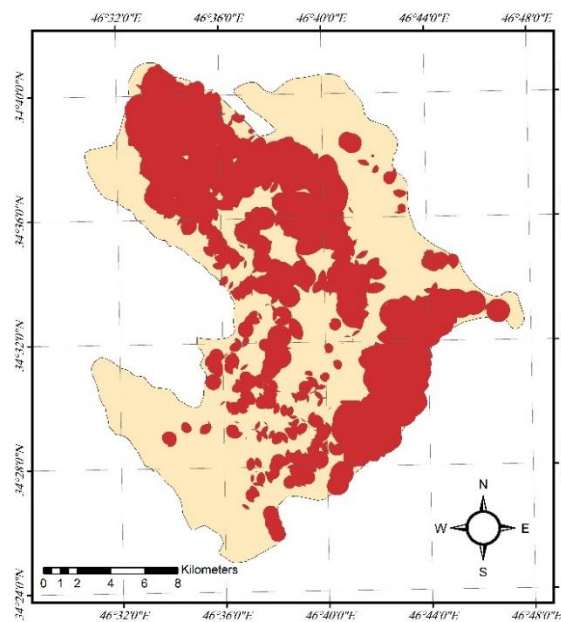
در حالت دبی اصلاحی به روشنی مشخص است که در اثر همجواری و تراکم بیش از حد چاه‌ها در اکثر نقاط دشت، تداخل حریمی وسیعی ناشی از تداخل چندین حلقه چاه دیده می‌شود اما این همجواری و تراکم تداخل حریمی در حالت دبی پرونده‌ای (شکل ۸) بسیار کم‌تر و نامحسوس‌تر است.



شکل ۸. نمای نزدیک تداخل حریمی قسمتی از آبخوان (دبی پرونده ای)

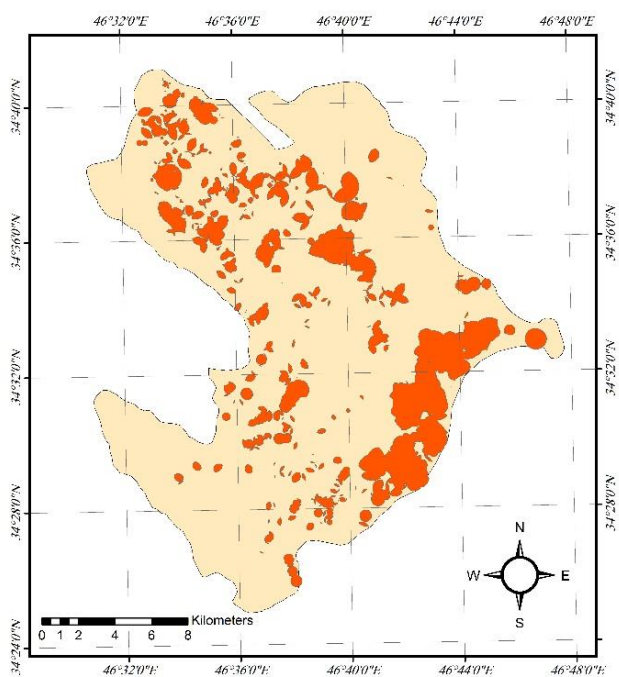
پس از انجام محاسبات مختلف، نقشه حاصل از تداخل حریم کلیه چاه‌های بهره‌برداری در حالت دبی اصلاحی در شکل (۹) ترسیم شده‌است. در نگاه اول، سطح گسترده مناطقی از آبخوان که دارای تداخل حریم در دو و بیش از دو حلقه از چاه‌های منطقه اتفاق افتاده است، به وضوح مشخص است. نتایج محاسبات در محیط GIS نشان داد که قریب ۵۰٪ از کل مساحت آبخوان در شرایط تداخل حریمی چاه‌های بهره‌برداری است. به بیان دیگر، از کل مساحت ۳۹۰ کیلومتر مربعی آبخوان سنجابی، بیش از ۱۹۲ کیلومتر مربع آن تحت استرس ناشی از تداخل مخروط افت حداقل دو حلقه چاه است و نگرانی‌های بسیاری را سبب می‌گردد.

همانگونه که در شکل (۹) مشاهده می‌شود، بیش‌ترین تراکم تداخل حریمی در بخش شمال‌غرب دشت قرار گرفته است. در این راستا در جهت کنترل و مقایسه نتایج، نقشه هم‌تراز سطح آب کل دشت ترسیم گردید. در نقشه هم‌تراز آب زیرزمینی جهت جریان بر خلاف جهت عمومی جریان و توپوگرافی دشت، از سمت جنوب‌شرقی به سمت شمال‌غرب است. براساس بررسی و تحلیل نتایج، ضعیف بودن تغذیه آبخوان در این منطقه و تراکم بالای چاه‌های بهره‌برداری مهمترین عوامل در معکوس شدن جریان در این منطقه است.



شکل ۹. سطح تداخل شعاع تأثیر چاه‌های بهره‌برداری (دبی اصلاحی)

مطابق محاسبات و عملیات صورت گرفته در حالت قبل، برای حالت اعمال دبی پرونده‌ای نیز مناطق دارای تداخل حریمی چاه‌های بهره‌برداری مشخص و در شکل (۱۰) به تصویر کشیده شده‌است.



شکل ۱۰. سطح تداخل شعاع تأثیر چاه‌های بهره‌برداری (دبی پرونده‌ای)

قسمت‌های نارنجی رنگ، مناطقی از آبخوان هستند که در اثر نزدیکی و دبی پمپاژ بعضاً بیش از ظرفیت آبخوان، دارای تداخل حریمی بوده و تحت استرس قرار دارند. در قیاس با حال قبل (تداخل حریمی در شرایط اعمال دبی اصلاحی) که در شکل (۹) ارائه و مورد بحث قرار گرفت، در حالت اخیر، به مراتب مساحت کم‌تری از دشت تحت استرس تداخل شعاع تأثیر چاه‌های مجاور است و مناطق با تراکم بسیار کم‌تری در آبخوان شامل این وضعیت شده‌است. به‌طوریکه سطح تداخل شعاع تأثیر چاه‌های بهره‌برداری در حالت اعمال دبی پرونده‌ای برابر با ۷۵/۵۳ کیلومتر مربع به‌دست آمد که این سطح کم‌تر از ۲۰ درصد مساحت کل آبخوان است.

جدول (۲)، نتایج محاسبات در دو حالت آبکشی مختلف را به‌طور خلاصه ارائه می‌دهد. همانطور که از این نتایج مشخص است، اختلاف فاحش و نامعقولی بین دو حالت مختلف آبکشی وجود دارد. به‌طوریکه، اختلاف کل مساحت تحت پوشش مناطق شعاع تأثیر چاه‌ها در آبخوان در دو حالت مورد اشاره قریب ۱۰۰ کیلومتر مربع و با ۲۷ درصد مساحت کل آبخوان به‌دست آمده‌است. متوسط دبی آبکشی کل چاه‌های بهره‌برداری در حالت دبی اصلاحی و پرونده‌ای نیز به ترتیب ۱۸/۳۷ و ۱۱/۱۴ لیتر بر ثانیه محاسبه گردیده است. نتیجه این تفاوت دبی آبکشی در اختلاف کل مساحت تداخل حریمی به وضوح مشخص است که تقریباً برابر با ۳۰ درصد (۱۱۶/۶ کیلومتر مربع) به‌دست آمده‌است و در مقایسه شکل‌های (۹) و (۱۰) نیز دیده می‌شود.

جدول ۲. خلاصه نتایج تداخل حریمی در حالت‌های آبکشی مختلف

گزینه (دبی)	دبی متوسط (Lit/s)	مساحت تجمعی شعاع تأثیر (Km ²)	مساحت تداخل حریمی (Km ²)
اصلاحی	۱۸/۳۷	۲۷۱/۲۳ (درصد ۶۹/۵)	۱۹۲/۱۲ (درصد ۴۹/۳)
پرونده‌ای	۱۱/۱۴	۱۶۸/۲۴ (درصد ۴۳/۱)	۷۵/۵۳ (درصد ۱۹/۴)

نتایج پراکندگی شعاع تأثیر در حالت‌های آبکشی مختلف در جدول (۳) ارائه شده‌است. در حالت دبی اصلاحی، مطابق انتظار تقریباً اکثریت چاه‌ها در بازه شعاع ۲۵۰ تا ۱۰۰۰ متر قرار دارند و به عبارتی تقریباً نیمی از چاه‌های بهره‌برداری شعاع تأثیری بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر دارند و از طرفی نیز، وجود ۴۲ چاه با شعاع تأثیر بیش از ۱۰۰۰ متر در این حالت بسیار قابل تامل است. این نتایج در حالی به‌دست آمده است که در حالت اعمال دبی پرونده‌ای، ۱۳۵ حلقه از چاه‌ها دارای شعاعی تأثیر کم‌تر از ۱۰۰ متر دارند. همچنین قریب ۶۸ درصد چاه‌های منطقه شعاع تأثیری بین ۱۰۰ تا ۵۰۰ متر دارند. در واقع این اختلاف و تفاوت‌ها تأثیر خود را در مساحت مناطق دارای تداخل حریمی نشان داده‌اند.

جدول ۳. پراکندگی شعاع تأثیر در حالت‌های آبکشی مختلف (متر)

گزینه (دبی)	کم‌تر از ۱۰۰	۱۰۰ تا ۲۵۰	۲۵۰ تا ۵۰۰	۵۰۰ تا ۱۰۰۰	بیش‌تر از ۱۰۰۰
اصلاحی	۸	۲۰	۳۳۰	۳۸۷	۴۲
پرونده‌ای	۱۳۵	۱۶۷	۳۶۷	۱۱۷	۱

بحث

در شرایط اقلیمی کشور، با توجه به حجم عظیم برداشت از منابع آب زیرزمینی توسط چاه‌ها و نیز با در نظر گرفتن تعداد چاه‌هایی خصوصاً در سنوات اخیر حفر گردیده، محاسبه حریم به منظور اعمال مدیریت صحیح بر حفظ و بهره‌برداری بهینه از منابع آب زیرزمینی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. در این راستا یکی از مسائل که دست اندرکاران حفاظت از آب‌های زیرزمینی را به خود مشغول کرده، تراکم و نزدیکی چاه‌های بهره‌برداری از یک سو و اضافه برداشت توسط بهره‌برداران از سوی دیگر است. از این رو؛ در این تحقیق، در ابتدا تابع چاه حل ریاضی گردیده و شعاع تأثیر هر یک از چاه‌ها در دو حالت اعمال دبی اصلاحی (بر اساس سطح زیر کشت) و دبی پرونده‌ای (دبی پروانه بهره‌برداری) به‌دست آمد. سپس نقشه شعاع تأثیر کل چاه‌های محدوده ترسیم و سپس نواحی دارای تداخل حریمی مشخص و ترسیم گردید.

نتیجه‌گیری

بررسی و تحلیل نتایج به‌دست آمده از تحقیق حاضر حاکی از این واقعیت است که متأسفانه در اکثر دشت‌های کشور که مصارف کشاورزی دارند، تداخل حریمی میان چاه‌های بهره‌برداری وجود داشته و در اثر تراکم و همجواری نامناسب، شعاع تأثیر دو و حتی عموماً چندین حلقه چاه باهم تداخل دارند. اضافه بر این، برداشت بیش از حد و ظرفیت آبخوان از چاه‌ها مزید بر علت شده و ضریب آسیب‌پذیری آبخوان و احتمال بروز مشکلات آبی را افزایش می‌دهد. همچنین باید در نظر داشت که آبخوان سنجابی، یکی از آبخوان‌هایی است که نسبت به دیگر آبخوان‌های موجود در استان دارای شرایط متوسطی بوده و در سالیان اخیر و تحت تنش‌های وارده ناشی از خشکسالی‌های اخیر و برداشت‌های غیر مجاز و بیش از حد، دارای افت شدید سطح آب بوده است. لذا لزوم بررسی‌های جامع‌تر و دقت بیشتر در دیگر دشت‌ها و آبخوان‌های مناطق حساس‌تر و تحت تنش بیشتر، می‌تواند نتایج کامل‌تر و بعضاً نگران‌کننده‌تری را ارائه نماید. چراکه باید دقت‌نظر داشت که با توجه به شرایط اقلیمی و خشکسالی موجود، منابع آب زیرزمینی قابلیت تجدید و تغذیه مناسب نداشته و با توجه به تجارب موجود در دیگر نقاط کشور، ادامه روند فعلی باعث ایجاد افت شدید سطح آبخوان و به تبع آن نشست و به وجود آمدن فروچاله‌ها خواهد شد.

راهکارهای برون رفت از بحران

در مدیریت بهینه منابع آب برای مصارف کشاورزی برنامه‌ریزی باید به گونه‌ای صورت پذیرد که ضمن صرفه‌جویی آب در مصرف و کاهش آسیب‌های ناشی از برداشت از این منابع بتوان سطح زیاده‌تر را زیر کشت برد. با این نگرش راهکارهای موجود مطرح و مورد بررسی قرار داده شد.

- ۱- پر و مسلوب‌المنفعه نمودن چاه‌های غیر مجاز منطقه.
- ۲- تغییر در الگوی کشت رایج و در حال استفاده و تغییر در نگرش کشاورزان.
- ۳- لزوم مدرن نمودن سیستم‌های آبیاری موجود.
- ۴- فرهنگ سازی و آموزش‌های لازم به بهره‌برداران در زمینه توجه ویژه به ارزش منابع آب زیرزمینی و لزوم صرفه‌جویی بهینه.
- ۵- لزوم توجه به تغییر کاربری اراضی از کشاورزی به سمت مصارف دیگر به ویژه مصارف صنعتی بر اساس شرایط منطقه.

با عنایت به ابلاغ سند راهبردی نظام فنی و اجرایی طرح کاداستر اراضی کشور و نظر به اینکه بیش‌ترین حجم آب مصرفی در بخش کشاورزی به زراعت محصولات راهبردی نظیر گندم، جو و ذرت اختصاص می‌یابد که مسئولیت خرید تضمینی اکثریت این محصولات را نهادهای دولتی برعهده دارند، می‌توان در راستای تعیین محل و میزان آب مصرفی جهت محصولات مختلف تولیدی گام برداشت. این راهکار بدین معناست که در زمان خرید محصولات کشاورزان، امکان رهگیری و برخورد با کشاورزانی که محصول خود را با آب غیر مجاز تولید نموده‌اند، امکان‌پذیر خواهد شد.

سپاس‌گزاری

نگارندگان بر خود لازم می‌دانند، از شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه به‌دلیل در اختیار قرار دادن اطلاعات اولیه و مساعدت‌های انجام شده، نهایت سپاس و قدردانی را اعلام دارند.

منابع

- بهرامی، مهدی، رجبی، سارا، و جاویدی آل سعدی، محمدحسین. (۱۴۰۰). ارزیابی روش‌های مختلف محاسبه شعاع تأثیر چاه. پنجمین کنگره ملی آبیاری و زهکشی ایران، بیرجند. <https://civilica.com/doc/1250765>
- رشیدی، حمید. (۱۳۸۰). قانون توزیع عادلانه آب در آیین حقوق ایران. جلد اول، مالکیت عمومی آب، آب‌های زیرزمینی و آب‌های سطحی، انتشارات دادگستر.

- زمانی مقدم. محمد قدیر، مریدی، علی، و یزدی، جعفر. (۱۳۹۹). تعیین حریم کیفی چاه‌های آب شرب با درنظر گرفتن پتانسیل آسیب‌پذیری آبخوان. *مجله تحقیقات منابع آب ایران*، ۱۶(۱)، ۱-۱۶. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.17352347.1399.16.1.1.5>
- سروری، محمدرضا، چیت‌سازان، منوچهر. (۱۳۸۷). بررسی حریم فنی تداخل مخروط افت چاه در دشت جایزان جهت جلوگیری از ایجاد یافت شدید در آبخوان منطقه. *سومین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران*، دانشگاه تبریز. <https://civilica.com/doc/50281>
- کاهش سطح آب‌های زیرزمینی (۱۳۹۰). *مجله نشنال جئوگرافیک*. <https://waterstudent.blogspot.com>
- مسلمی عقیلی، نسیم السادات، کرمی، غلامحسین، و یخکشی، ابراهیم. (۱۳۹۵). بررسی آماری تاثیر چاه‌های آب بر یکدیگر در یک مجموعه چاه، مطالعه موردی منطقه گرمادشت-سیاهتلو (گرگان). *مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک*، ۲۳(۵)، ۳۱۷-۳۲۴. <https://dx.doi.org/10.22069/jwfst.2017.10646.2509>

References

- An, Karen. (2015). Investigating the Relationship between Land Subsidence and Groundwater Depletion in the North Plain Using GRACE and WICES. Master's Thesis, University of California, Los Angeles.
- Bahrami, M., Rajabi, S., & Javidi Al Saadi, M.H. (2021). Evaluate different methods of calculating the impact radius of a well. Fifth National Congress of Irrigation and Drainage of Iran, Birjand. <https://civilica.com/doc/1250765> [Persian]
- Bordbar, M., Neshat, A.R., & Javadi, S. (2019). Modification of the GALDIT framework using statistical and entropy models to assess coastal aquifer vulnerability. *Hydrological Sciences Journal*, 64 (9), 1117–1128. <https://doi.org/10.1080/02626667.2019.1620951>
- Boulton, N.S., & Streltsova, T.D. (1976). The drawdown near an abstraction of large diameter under non-steady state condition in unconfined aquifers. *Journal of Hydrology*, 30, 29-46. <https://trid.trb.org/view/53810>
- Cong-Thi, D., Dieu, L.P., Thibaut, R., Paepen, M., Ho, H.H., Nguyen, F., & Hermans, T. (2021). Imaging the Structure and the Saltwater Intrusion Extent of the Luy River Coastal Aquifer (Binh Thuan, Vietnam) Using Electrical Resistivity Tomography. *Water*, 13(3), 1743. <https://doi.org/10.3390/w13131743>
- Dragoni, W. (1998). Some consideration regarding the radius of influence of a pumping well. Perugia Italy.
- Faunt, C.C., Sneed, M., Traum, J., & Brandt, J.T. (2015). Water availability and Land Subsidence in the Central Valley, California, USA. *Hydrogeol journal*, 24(1), 675-684. <https://doi.org/10.1007/s10040-015-1339-x>
- Focazio, J.R., & Speiran, G.K. (1993). Estimating net drawdown resulting from episodic withdrawals at six well fields in the Coastal plain physiographic province of Virginia, U.S. <https://doi.org/10.3133/wri934159>
- Galloway, D.L., Jones, D.R., & Ingebritsen, S.E. (1999). Land subsidence in the United States. U.S., Geological Survey Circular 1182. Geological Survey water-resources investigations report 93-4159. <https://doi.org/10.3133/cir1182>
- Larson, K.J., Barasaolu, H., & Mariño, M.A. (2001). Prediction of optimal safe groundwater yield and land subsidence in the Los Banos-Kettleman City area, California, using a calibrated numerical simulation model. *Journal Hydrology*, 242, 79–102. [https://doi.org/10.1016/S0022-1694\(00\)00379-6](https://doi.org/10.1016/S0022-1694(00)00379-6)
- Manivanna, V., & Elango, L. (2019). Seawater intrusion and submarine groundwater discharge along the Indian coast. *Environmental Science and Pollution Research*, 26.
- Mosallami, N., Karami, G., & Yakhkeshi, E. (2016). A statistical study on the effect of water wells on each other in a well field, case study the region of Garmabdasht-Siahtalu (Gorgan). *Journal of Water and Soil Conservation*, 23(5), 317-324. <https://dx.doi.org/10.22069/jwfst.2017.10646.2509> [Persian]

- Nyman, D.J. (1965). Predicted hydrologic effects of pumping from the Lighterman well field in the Memphis area, Tennessee. Geological survey water-supply 1819-B. <https://doi.org/10.3133/wsp1819B>
- Rashidi, H. (2001). Law on Fair Distribution of Water in the Mirror of Iranian Law. Volume One, Public Ownership of Water, Groundwater and Surface Waters, Justice Publications. [Persian]
- Reducing the groundwater level.(2011). National Geographic magazine. <http://waterstudent.blogspot.com> [Persian]
- Russell, M.J. (2006). A Simplified Technique for Well-Field Design. Article first published online. <https://doi.org/10.1111/j.1745-6584.1969.tb01277.x>
- Sarvari, M., & Chitsazan, M. (2008). Examine the technical limits and interfere cone drop in the plains wells permissible to prevent a sharp drop in the aquifer area. The Third Conference of Iran Water Resources, University of Tabriz. <https://civilica.com/doc/50281> [Persian]
- Smith, R.P.G., Knight, R., Chen, J., Reeves, J.A., Zebker, H. Ao., & Farr Tuand Liu, Z. (2017). Estimating the permanent loss of groundwater storage southern Sany Joaquin Valley, California, Water Resources Research journal, 53, 2133-2148. <https://doi.org/10.1002/2016WR019861>
- Trinh, M.T., & Fredlund, D.G. (2000). Modelling subsidence in the Hanoi City area, Vietnam. Canadian geotechnical journal, 37 (3), 621–637.
- Walton, W.C. (1962). Selected analytical methods for well and aquifer evaluation. Illinois State Water Survey Bulletin 39. <https://hdl.handle.net/2142/94577>
- Wilson, C.P.V. (1982), Groundwater Hydrology (2nd edn) by D. K. Todd. Wiley, New York. <https://www.yumpu.com/en/document/view/26396235>
- Zamani Moghadam, M. Gh, Moridi, A., & Yazdi, J. (2020). Determining the Groundwater Quality Protection Zone by Considering the Vulnerability of Aquifer. Iran- Water Resources Research, 16(1), 1-16. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.17352347.1399.16.1.1.5> [Persian]
- Zghibi, A., Merzougui, A., Mansaray, A.S., Mirchi, A., Zouhri, L., Chekirbane, A., Msaddek, M. H., Souissi, D., Mabrouk-El-Asmi, A., & Boufekane, A. (2022). Vulnerability of a Tunisian Coastal Aquifer to Seawater Intrusion : Insights from the GALDIT Model .Water, 14(7), 1177. <https://doi.org/10.3390/w14071177>