بررسی تاثیر خشکسالی بر تغییرات کمی منابع آب زیرزمینی آبخوان دیواندره– بیجار با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و شاخص منبع آب زیرزمینی

نوع مقاله: پژوهشی

ابراهیم یوسفی مبرهن *[1]، سمیرا زندی‌فر[2]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۸/۱۷ تاریخ پذیرش:۱۴۰۲/۰۹/۳۰

صفحات:۸۸-۱۰۱

چکیده

با توجه به وقوع دوره‌های خشکسالی و افزایش بهره‌برداری از آبخوان، گسترش کشاورزی و افزایش برداشت آب‌های زیرزمینی، تراز سطح آب زیرزمینی در آبخوان دیواندره-بیجار کاهش یافته است که این امر بر پایین رفتن تراز سطح آب زیرزمینی و کاهش راندمان چاه‌ها گردیده است. هدف از این پژوهش بررسی تاثیر خشکسالی بر تغییرات کمی منابع آب زیرزمینی با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی و شاخص منبع آب زیرزمینی آبخوان دیواندره-بیجار بر اساس هیدروگراف معرف می‌باشد. به‌منظور انجام این پژوهش، آمار ۲۵ حلقه چاه مشاهده‌ای در طی دوره زمانی ۹۷-۱۳۸۷ مورد بررسی قرار گرفت. در ابتدا داده‌های آماری جمع‌آوری و پس از ورود داده‌ها به سیستم اطلاعات جغرافیایی (GIS) با روش درون‌یابی، نقشه‌های خطوط هم‌عمق و پهنه‌بندی تغییرات افت سطح آب زیرزمینی همچنین از شاخص منبع آب زیرزمینی GRI جهت پایش زمانی خشکسالی منابع آب زیرزمینی آبخوان زنجان استفاده گردید. نتایج حاصل از تغییرات حجم مخزن آبخوان دیواندره-بیجار نشان داد کسری حجم مخزن معادل ۱۱/۵ میلیون مترمکعب می‌باشد همچنین پایش زمانی خشکسالی منابع آب زیرزمینی آبخوان با شاخص GRI در طول بازه بیست ساله روندی نزولی به سمت خشکسالی دارد و شدیدترین خشکسالی آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۸ با رقم شاخص ۱/۹۷- به وقوع پیوسته است. نتایج به‌دست آمده نشانگر آن است که اگر همچنان روند مدیریت کنونی ادامه یابد، در طول چند سال آینده شاهد افت شدید آبخوان و خسارت جبران ناپذیر ی خواهیم بود.

واژگان کلیدی: آبخوان، عمق آب زیرزمینی، دیو.اندره-بیجار، شاخص منبع آب زیرزمینی.

۱-اســـتادیار پژوهشـــی بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشـــاورزی و منابع طبیعی استان سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سمنان، ایرانe.yousefi.m@gmail.comسمنان،

۲-اســـتادیار پژوهشـــی، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگل¬ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایرانsamira.zandifar@gmail.com

مقدمه

آب زیرزمینی نقش مهمی در توسعه اجتماعی و اقتصادی هر منطقه دارد. آب به‌عنوان یکی از حیاتی‌ترین عناصر، در تمامی جنبه‌های زندگی انسان از جمله رفاه بشر، توسعه اقتصادی اجتماعی و حیات اکوسیستم نقش بسیار مهمی را بازی می‌کند (An et al., ۲۰۱٤). منابع آب‌های زیرزمینی یکی از مهم‌ترین و ارزان‌ترین منابع آب به شمار می‌روند. شناخت صحیح و بهره‌برداری اصولی از آن‌ها در توسعه پایدار فعالیت‌ها اجتماعی و اقتصادی یک منطقه، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، نقش بسزایی دارد (Naderianfar et al., ۲۰۲۱). این منابع با حجمی معادل ۳۷ میلیارد کیلومتر مکعب (۲۲ درصد آب‌های شیرین جهان) حدود ۹۷ درصد آب شیرین مصرفی جهان را تامین می‌کنند (Rahimi and solaimani, ۲۰۱۷). آب‌های زیرزمینی منابع تجدیدپذیر، محدود و حیاتی برای زندگی انسان، توسعه اجتماعی و اقتصادی و یک جزء با ارزش از اکوسیستم هستند (Singh et al, ۲۰۱۱).

امروزه با توجه به برداشت بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی در بسیاری از آبخوان‌ها تراز آب با نوسانات زیادی مواجه بوده و دچار افت شده‌اند که با توجه به این موضوع، کاهش کیفیت منابع آبی را تجربه می‌کنند. بنابراین کنترل منابع آبی و استفاده بهینه از آن‌ها از اولویت بسیار بالایی برخوردار است (Shahidi and Khadempour, ۲۰۲۰). عدم شناخت صحیح و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع خسارت جبران‌ناپذیر مانند افت شدید و غیرقابل‌برگشت سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه‌ها و قنوات و تغییرات الگوی جریان آب زیرزمینی را به دنبال خواهد داشت. بدین منظور برای آگاهی از وضعیت منابع آب زیرزمینی و مدیریت بهینه آن لازم است بررسی دقیقی از نوسانات سطح آب زیرزمینی انجام شود (Naderianfar et al., ۲۰۱۱؛ Yousefi Mobarhan and Peyrowan, ۲۰۲۲).

با توجه به اهمیت موضوع مطالعات مختلفی در سرتاسر جهان در مورد افت آب‌های زیرزمینی انجام شده است. به‌عنوان نمونه تغییرات آب زیرزمینی در آبخوان مشهد، اکبری و همکاران (۱۳۸۸)؛ استان قم، فتاحی (۱۳۸۸)؛ آبخوان کوهآبخوان، امیری و همکاران (۱۳۸۹)؛ آبخوان یزد-اردکان، اکرامی و همکاران (۱۳۹۰)؛ آبخوان گیلان‌غرب، نصراللهی و همکاران (۱۳۹۳)؛ آبخوان ارومیه، بهمنش و همکاران (۱۳۹۴)؛ آبخوان مهران، کایی و همکاران (۱۳۹۶)؛ آبخوان عباس ایلام، پایمزد و همکاران (۱۳۹۸)؛ آبخوان سمنان، محمدی و همکاران (۱۳۹۹)؛ آبخوان جیرفت، نادریان‌فر و همکاران (۱۴۰۰)، آبخوان سمنان ربیعی و کرمی (۱۴۰۱)؛ آبخوان قروه-دهگلان و آبخوان زنجان، یوسفی مبرهن و زندی فر (۱۴۰۲) را گزارش نمودند. همچنین تغییرات آب زیرزمینی در هلند، گرلس[۱] و همکاران (۱۹۹۴)؛ هند، پاندا[۲] و همکاران (۲۰۰۷)؛ کره جنوبی، لی[۳] و همکاران (۲۰۰۷)؛ بنگلادش، شهید[۴] و هازاریکا[۵] (۲۰۰۹)؛ هند، آسوکا[۶] و همکاران (۲۰۱۷)؛ استرالیا، پریستلی[۷] و همکاران (۲۰۱۹) و در چین شی[۸] و همکاران (۲۰۱۹) اشاره نمودند.

یوسفی و همکاران (۱۴۰۲) به بررسی و پایش زمانی شاخص GRI[۹] بر نوسانات سطح آب زیرزمینی در آبخوان زنجان پرداختند. نتایج آبخوان زنجان حاکی از آن بود که در دوره زمانی اول (۱۳۸۷-۱۳۸۰ ۱۴/۵

۱ - Gehreles
۲ - Panda
۳ - Lee
٤ - Shahid
٥ - Hazarika
٦ - Asoka
۷ - Priestley
۸ - Shi
۹ - Groundwater Resource Index

متر، در دوره زمانی دوم (۱۳۹۲-۱۳۸۷) ۹/۴ متر و بیشترین افت سطح آب زیرزمینی در دوره زمانی سوم (۱۳۹۷-۱۳۹۲) به اندازه ۱۲/۴ متر با افت مواجه است. همچنین پایش زمانی خشکسالی منابع آب زیرزمینی آبخوان زنجان با شاخص GRI در طول بازه بیست ساله روندی بسیار نزولی به سمت خشکسالی داشت.

در حال حاضر یکی از چالش‌های مهم در منابع آب زیرزمینی، افت سطح آب زیرزمینی و پیامدهای حاصل از آن، می‌باشد. با توجه به تغییرات کاهشی در میزان بارش، وقوع خشکسالی‌های اخیر، افزایش فعالیت‌های کشاورزی، دامداری و صنعتی و همچنین افزایش جمعیت به خصوص در ۱۰ سال اخیر باعث افزایش مصرف آب و در نتیجه کاهش ذخایر آب زیرزمینی و بیلان منفی سفره‌های آب زیرزمینی شده است (Abbasi et al., ۲۰۱٦) و جلوگیری از تخریب و نابودی این منابع در صورتی امکان پذیر خواهد بود که با بهره-گیری از وضعیت موجود، برنامه‌ریزی اصولی و صحیح در بهره‌برداری و نگهداری از آن‌ها تدوین و اجرا گردد. با توجه به این‌که هنوز مطالعه‌ای جهت بررسی تاثیر خشکسالی بر تغییرات کمی منابع آب زیرزمینی آبخوان دیواندره-بیجار با استفاده از شاخص GRI انجام نشده است، هدف از این پژوهش بررسی و پهنه‌بندی مکانی-زمانی عمق در شناسایی وضعیت سفره، برآورد روند افت و نوسانات سالانه آب زیرزمینی و همچنین تحلیل زمانی خشکسالی آب زیرزمینی آبخوان موردمطالعه با استفاده از شاخص GRI می‌باشد. ارائه نتایج حاصله، می‌تواند گام مهمی در راستای برنامه‌ریزی و مدیریت بهینه بهره‌برداری از منابع آب منطقه و جلوگیری از کاهش حجم مخزن آبرفتی آبخوان زنجان نشان دهد.

داده‌ها و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در محدوده مطالعاتی بیجار– دیواندره واقع در استان کردستان، در شمال غرب ایران، انجام شد. براساس طبقه‌بندی دمارتن، منطقه موردنظر دارای اقلیم نیمه‌خشک، زمین و ساختمانی از سنگ‌های رسوبی به‌ویژه ترکیبات رسی، آهکی و شنی مخلوط بوده که مربوط به دگرگونی‌های دوران سوم زمین-شناسی است (قمرنیا و همکاران، ۱۴۰۱). شهرستان بیجار در طول جغرافیایی ۴۷ و ´۳۶ شرقی گرینویچ و عرض جغرافیایی °۳۵ و ´۵۲ شمالی استوا واقع شده است. ارتفاع متوسط بیجار از سطح دریا ۱۹۴۸ متر و متوسط بارش سالیانه منطقه ۳۴۴ میلی‌متر است که در مقایسه با آمار بارش سالیانه کشور از بارندگی مناسبی برخوردار می‌باشد. بیشترین میزان بارندگی مربوط به غرب استان کردستان در حدود ۸۰۰ میلی‌متر بر سال و کمترین میزان بارندگی در ناحیه شرق حدود ۳۲۰ میلی‌متر بر سال است. بیشتر بارندگی ایجادشده در منطقه موردنظر در ارتفاعات صورت گرفته و مقدار کمی از آن در آبخوان ایجاد می‌شود. در تحقیق مورد نظر آمار و اطلاعات تراز چاه‌های مشاهده‌ای در طی دوره‌ی ۱۰ ساله (۱۳۹۷-۱۳۸۷) از شرکت مدیریت منابع آب ایران در حوزه آبریز سفیدرود تهیه شد. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه در شکل ۱ نشان داده شده است.

شبیه‌سازی تغییرات سطح آب زیرزمینی با مدل GIS

در تحقیق حاضر، داده‌های مورد نظر در دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۷ پس از مرتب کردن داده‌ها در محیط Excel (Mirzaei et al., ۲۰۱۳)، شماره‌گذاری ایستگاه‌های مورد مطالعه انجام شد. تهیه نقشه‌ها و تجزیه و تحلیل داده‌ها در نرم افزار Arc GIS ۱۰،۵ انجام شد. تهیه نقشه‌ها جهت تحلیل تغییرات کمی

آب‌های زیرزمینی بسیار مفید و کارآمد است زیرا با مقایسه نقشه‌های مربوط به دوره‌های زمانی متفاوت می‌توان به تغییرات صورت گرفته در دوره مطالعاتی پی برد (Kokbeinjad et al., ۲۰۱۸). داده‌های مورد نیاز شامل مختصات چاه‌ها، سال و میزان سطح آب هر چاه در هر سال در جدولی جدا مرتب شدند. در تحلیل کمی آب جمعا ۲۵ منبع آب زیرزمینی به منظور سنجش نوسانات آب زیرزمینی آبخوان دیواندره-بیجار برداشت شد. داده‌های مربوط به هر چاه در محیط GIS تبدیل به نقشه نقطه‌ای برای هر ماه و سال شد (Afzali and Shahidi, ۲۰۱۳). در ادامه به مطالعه و بررسی نقشه-های هم‌تراز، هم‌عمق آب زیرزمینی، تغییرات تراز آب زیرزمینی و تهیه آبنمود معرف آبخوان پرداخته شد. بر این اساس، اطلاعات مربوط به چاه‌های مشاهده‌ای در آبخوان آبرفتی دیواندره-بیجار تهیه و آماده‌سازی شد. به منظور تهیه نقشه خطوط هم‌عمق آب زیرزمینی از داده‌های ماهانه حداقل در سال آخر دوره آماری (سال آبی ۹۷-۱۳۹۶) برای آبخوان دیواندره-بیجار استفاده گردید و پهنه‌بندی ها توسط درون‌یابی در محیط نرم افزار Arc GIS ۱۰،۵ رسم شدند.همچنین به منظور بررسی دقیق‌تر، نقشه‌های هم‌عمق آب زیرزمینی برای دوره زمانی بر اساس اطلاعات در دسترس ترسیم شد. عملیات میان‌یابی در محیط سامانه اطلاعات جغرافیایی به روش کریجینگ معمولی که برای پهنه‌بندی مناسب‌تر از سایر روش‌ها می‌باشد (کریمی سنگچینی و همکاران، ۱۳۹۹ و فتحی هفشجانی و همکاران، ۱۳۹۳) انجام شد. روش‌های زمین آماری ضمن در نظر گرفتن موقعیت مکانی و نحوه پراکنش نقاط، اغلب دقّت قابل قبولی را ارائه می‌دهند (Delbari et al., ۲۰۱۲). روش‌های زمین‌آمار، به‌منظور شناخت تغییرات مکانی پدیده‌ها و پیش‌بینی تغییرات سطح آب زیرزمینی در نقاط فاقد آمار مناسب می‌باشد (Yazdanpanahi et al., ۲۰۱۸). روش درون‌یابی کریجینگ بر اساس میانگین متحرک وزن‌دار محاسبه می‌شود و بهترین تخمین‌گر خطی ناریب با حداقل واریانس تخمین می‌باشد (Nadiri et al., ۲۰۱۵؛ Yousefi Mobarhan and Karimi Sangchini, ۲۰۲۱).

همچنین به منظور بررسی میزان افت سطح آب، تراز آب زیرزمینی چاه‌های مشاهده‌ای مربوط به مهر ماه سال ۱۳۹۷ از تراز آب در مهر ماه سال ۱۳۸۷ کسر شده و نقشه پهنه بندی در مشترک آماری (۱۰ ساله) آب زیرزمینی در مدل GIS تهیه شد.

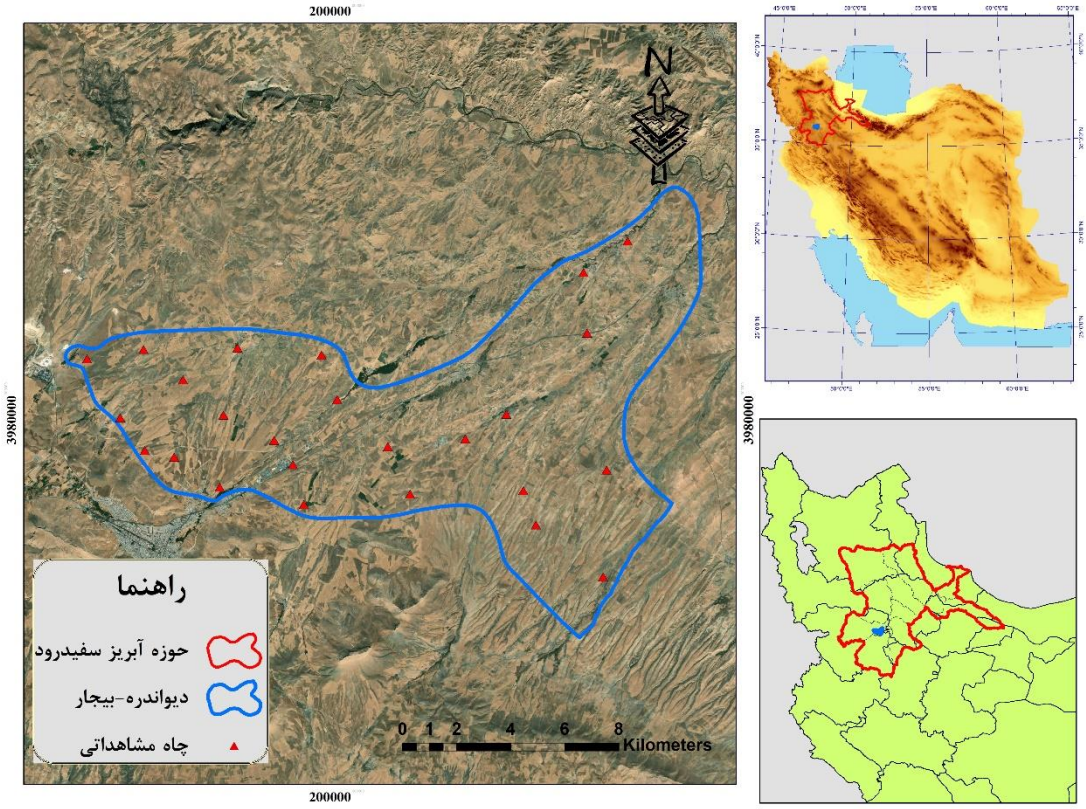
بررسی تغییرات بلند مدت سطح آب زیرزمینی

به منظور بررسی تغییرات بلند مدت و نوسانات سطح آب‌زیرزمینی و نیز تشخیص دوره‌های افزایش و کاهش تغییرات تراز آب زیرزمینی مورد مطالعه، آبنمود یا هیدروگراف معرف در طول دوره آماری برای آبخوان آبخوان دیواندره-بیجار تهیه شده است. آبنمود معرف، هیدروگراف متوسطی است که معرف آبخوان‌های منطقه است و از طریق آن، تغییرات سطح آب زیرزمینی در طول دوره‌های مختلف چندین ساله مشخص می‌شود. هیدروگراف واحد به روش تیسن تهیه می‌شود (رابطه ۱). در این روشی که چاه‌های مشاهده-ای منتخب منطقه را به یکدیگر وصل کرده، و با رسم عمود منصف‌های اضلاع مثلث‌های حاصل، پلی گون-هایی ایجاد می‌شود به گونه‌ای که در هر پلی گون یک چاه مشاهده‌ای قرار می‌گیرد. مساحت پلی گون‌ها محاسبه شده و با استفاده از رابطه زیر، متوسط سطح آب زیرزمینی برای هر ماه از سال در دوره زمانی معین برای کل آبخوان به دست می‌آید (یوسفی مبرهن و زندی‌فر، ۱۴۰۲).

رابطه (۱)
$$\bar{h} = \frac{\sum ah}{A}$$

در این رابطه، h سطح آب در چاه مشاهده‌ای، a مساحت پلی‌گونی که چاه مشاهده‌ای در آن قرار گرفته، و A مساحت کل پلی گون‌هاست. هیدروگراف واحد از

ترسیم نمودار متوسط سطح آب زیرزمینی در برابر ماه-های دوره زمانی مورد نظر حاصل می‌شود.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

برآورد شاخص خشکسالی GRI

خشکسالی یکی از زیان‌بارترین، مخاطرات طبیعی به شمار می‌رود. در بین بلاهای طبیعی تهدید کننده‌ی انسان و محیط زیست، خشکسالی هم از نظر فراوانی رخداد و هم از جنبه‌ی اندازه‌ی زیان‌های وارده در صدر قرار دارد (Keneth, ۲۰۰۳). این پدیده در بلند مدت موجب کاهش منابع آب، از طریق خشکیدگی جریان-های سطحی و زیرزمینی می‌گردد. بدین منظور از شاخص خشکسالی برای بیان کمی این پدیده استفاده شده‌است. معمولاً این شاخص‌ها به صورت نقطه‌ای محاسبه می‌شوند و لازم است تا به صورت مکانی پردازش شده و نقشه‌های مربوط ارائه گردند. در این تحقیق، شاخص منبع آب زیرزمینی (GRI) به عنوان الگوی معتبر و کاربردی، مورد استفاده قرار گرفت. شاخص GRI در سال ۲۰۰۸ توسط مندسینو و همکاران به عنوان شاخصی قابل اعتماد به منظور پایش وضعیت خشکسالی آب زیرزمینی پیشنهاد شد (رابطه ۲). مقدار شاخص GRI با استفاده از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

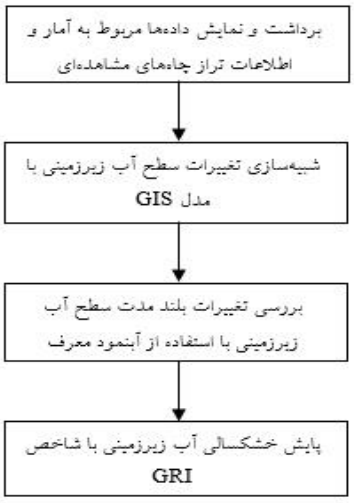
رابطه (۲)

$$RI = \frac{D_{y,m} - \mu_{D,m}}{\sigma_{D.m}}$$

که در آن $D_{y,m}$ مقادیر تراز سطح آب زیرزمینی در سال y و ماه m، $\mu_{D,m}$ و $\sigma_{D.m}$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار مقادیر تراز آب زیرزمینی در ماه m در طول دوره آماری می‌باشند (Mendicino et al., ۲۰۰۸). طبقه‌بندی مقادیر شاخص GRI در جدول ۱ نشان داده شده است. مراحل و روند انجام تحقیق مورد نظر در شکل ۲ نمایش داده شده است.

جدول ۱: طبقه‌بندی شدت خشکسالی با توجه به مقادیر شاخص GRI

ردیف	طبقات خشکسالی	GRI
	۱ترسالی بسیار شدید	۲≤
	۲ترسالی شدید	۱/۵ – ۲
	۳ترسالی متوسط	۱ – ۱/۵
۴	ترسالی ملایم	۰/۵ – ۱
۵	نرمال	-۰/۵ – ۰/۵
۶	خشکسالی ملایم	-۱ – -۰/۵
۷	خشکسالی متوسط	-۱/۵ – -۱
۸	خشکسالی شدید	-۲ – -۱/۵
۹	خشکسالی بسیار شدید	-۲ ≥

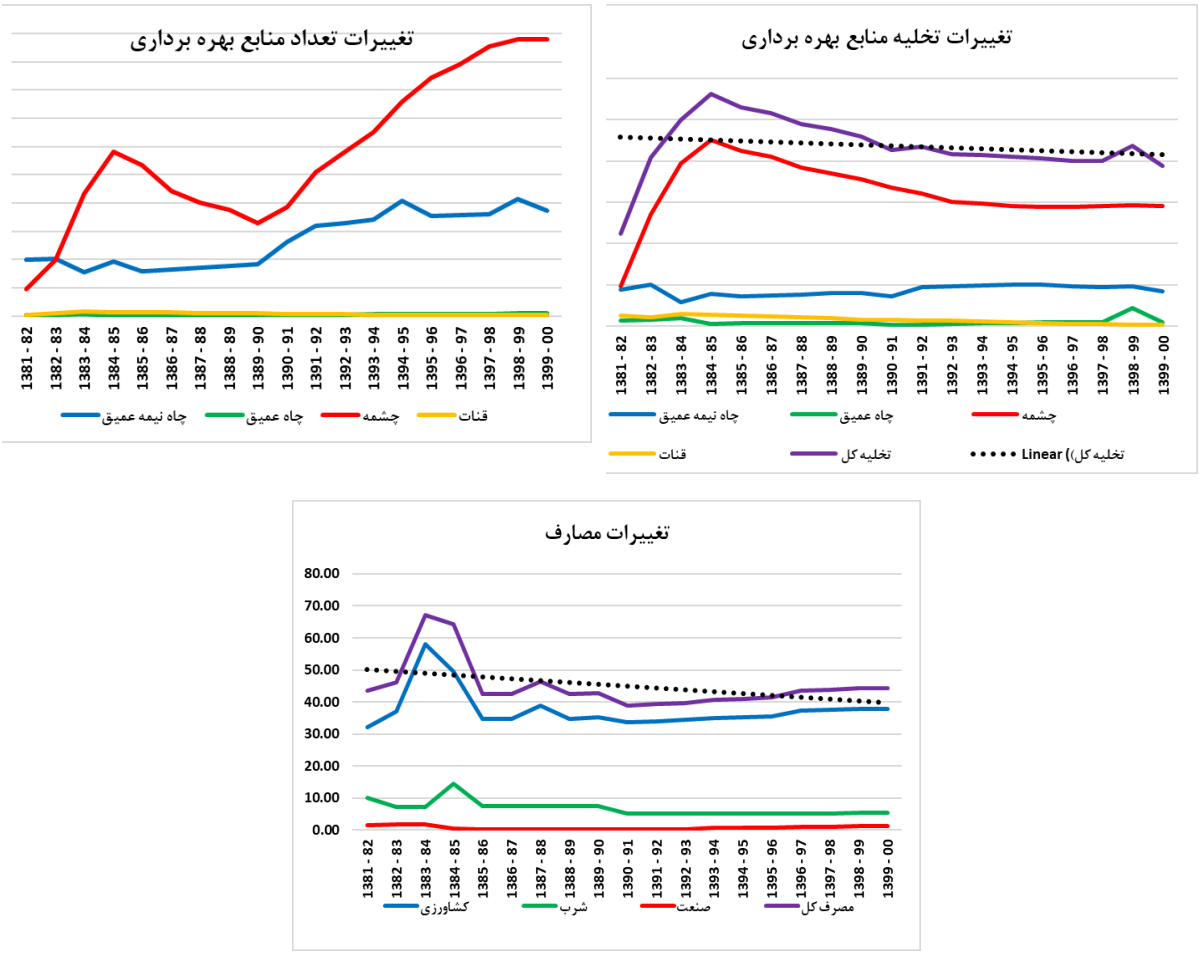


شکل ۲: مراحل و روند انجام تحقیق

نتایج و بحث

منابع بهره برداری آب زیرزمینی آبخوان دیواندره-بیجار

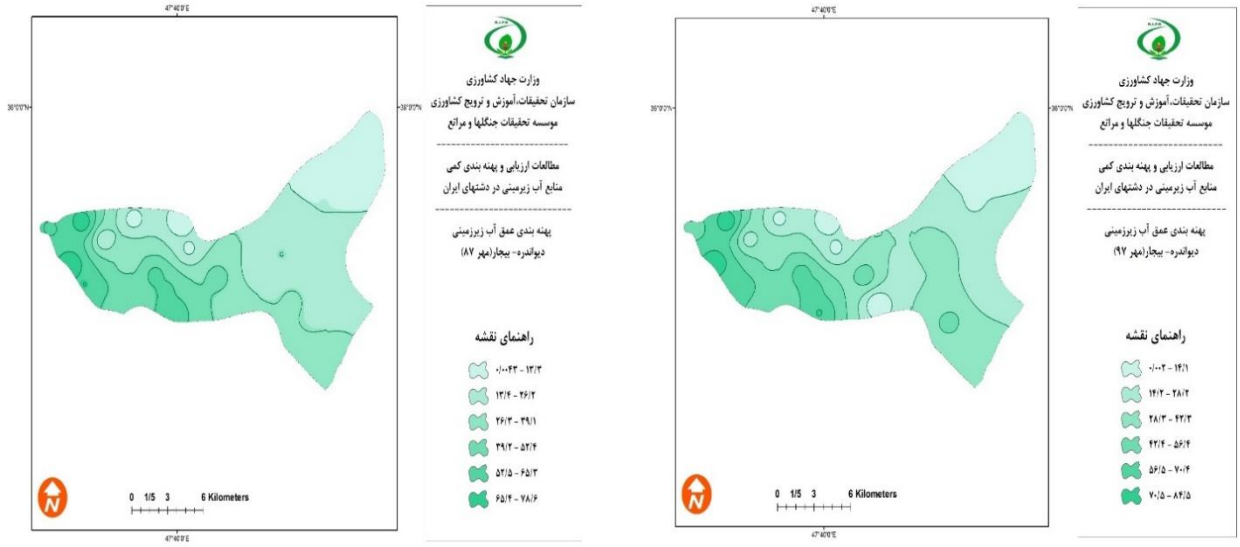
۳ شکل ۳ وضعیت بهره برداری و مصارف از محدوده مطالعاتی دیواندره-بیجار در طی دوره آماری ۱۹ ساله نشان داده شده است. همانطوری که مشاهده می‌شود، چاه های نیمه عمیق و چشمه‌های متعددی در این محدوده وجود دارند. حجم اصلی تخلیه آب های زیرزمینی محدوده از چاه ها می باشد و در طی سالها افت شدیدی را نشان می دهند، تا جایی که میزان تخلیه کل منابع آبی با شیب کاهشی به میزان ۱۱/۵۵ میلیون متر مکعب در طی ۱۹ سال افت داشته است. بیشترین و کمترین میزان تخلیه آبخوان‌های آبرفتی و سازند های سخت به ترتیب مربوط به سال آبی ۱۳۸۵-۱۳۸۴ به میزان ۱۱۲/۶۶ میلیون مترمکعب و سال آبی ۱۳۸۲-۱۳۸۱ به میزان ۴۴/۹ میلیون مترمکعب می‌باشد. روند کاهشی مربوط به مصارف کل و تخلیه کل محدوده نشان دهنده کاهش مصرف، هم سو با کاهش سطح آب در منطقه می باشد. مصرف عمده از منابع آبی در این منطقه مربوط به بخش کشاورزی است.



شکل ۳: نمودارهای منابع آب و مصارف محدوده مطالعاتی آبخوان دیواندره-بیجار

تعیین مناطق مناسب از نظر عمق زیرزمینی

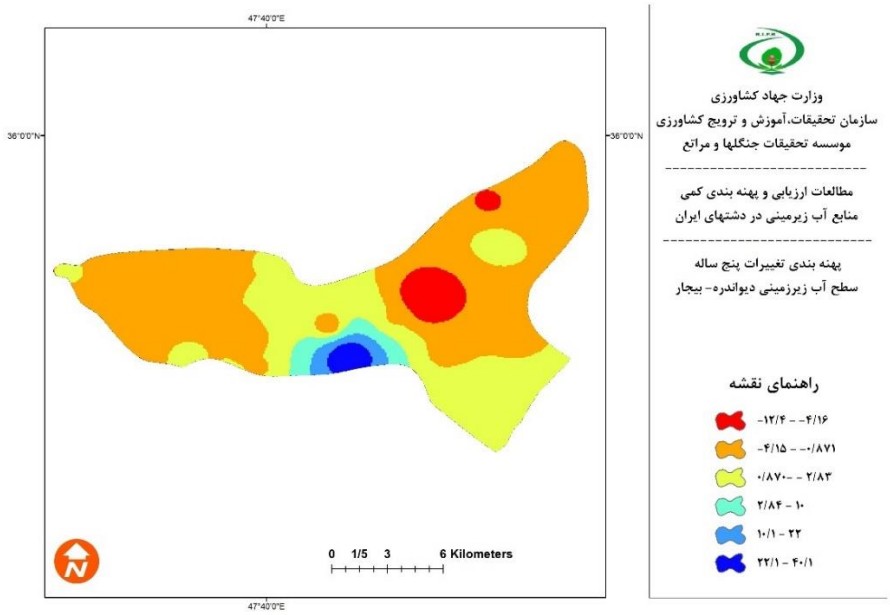
نقشه پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی در مهر ماه سال ۱۳۸۷ و ۱۳۹۷ در شکل ۴ نشان داده شده است. بر اساس نقشه مهر ۹۷، بیشترین و کمترین عمق آب زیرزمینی در آبخوان دیواندره- بیجار به ترتیب در پیزومتر مخور معادل ۸۴/۵ متر و در پیزومتر سیدان و معادل ۰/۰۰۲ متر است. با توجه به نقشه‌های پهنه بندی عمق آب زیرزمینی در دوره زمانی ۱۰ ساله (شکل ۴)، عمق آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۷ بیشتر شده است به طوری که در مهر ماه سال ۸۷ بیشترین عمق آب زیرزمینی معادل ۷۸/۶ متر بوده است که اعداد مربوطه این امر را تأئید می‌کند. همچنین از شکل ۳ می‌توان بخش غربی آبخوان را از بخش شرقی آن از نظر میزان سطح آب زیرزمینی به خوبی تفکیک کرد.



شکل ۴: پهنه‌بندی عمق آب زیرزمینی آبخوان دیواندره- بیجار در سال‌های ۱۳۸۷و ۱۳۹۷.

تعیین مناطق مناسب از نظر تغییرات سطح آب زیرزمینی

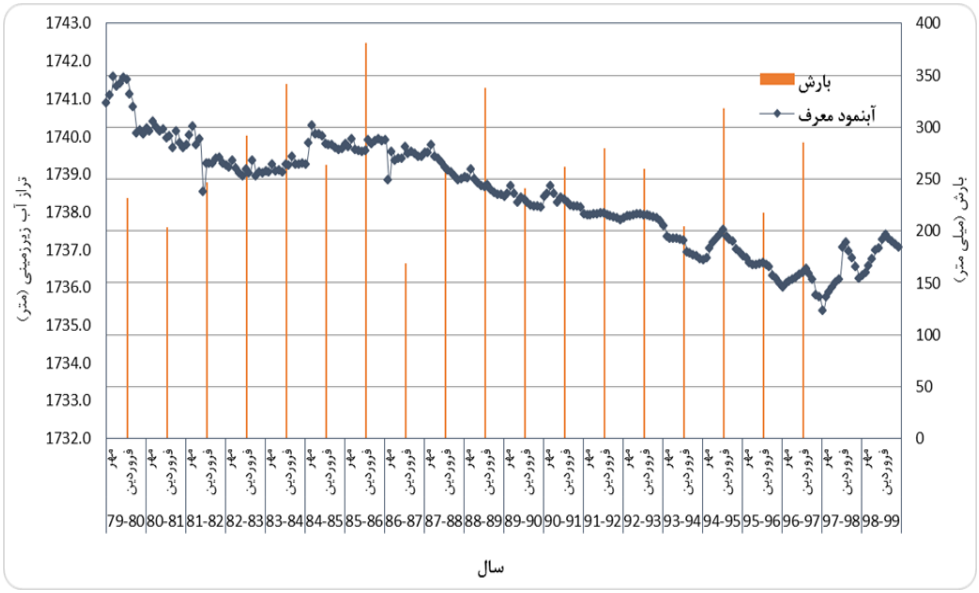
همان‌طور که از شکل ۵ مشخص است در طی دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۷ بخش کوچکی از آبخوان بیش‌تر از ۱۲ متر افت داشته است همچنین بیش‌از ۹۰ درصد از آبخوان به علت مدیریت نامناسب منابع آبی و برداشت بیش از تغذیه با افت ۱۲/۴ متر تا ۱ متر مواجه شده است. مقادیر به دست آمده از بخش‌های مختلف آبخوان نشان‌دهنده افـزایش شدت افـت سـطح آب می‌باشد.



شکل ۵: پهنه‌بندی تغییرات افت آب زیرزمینی (برحسب سانتی‌متر)

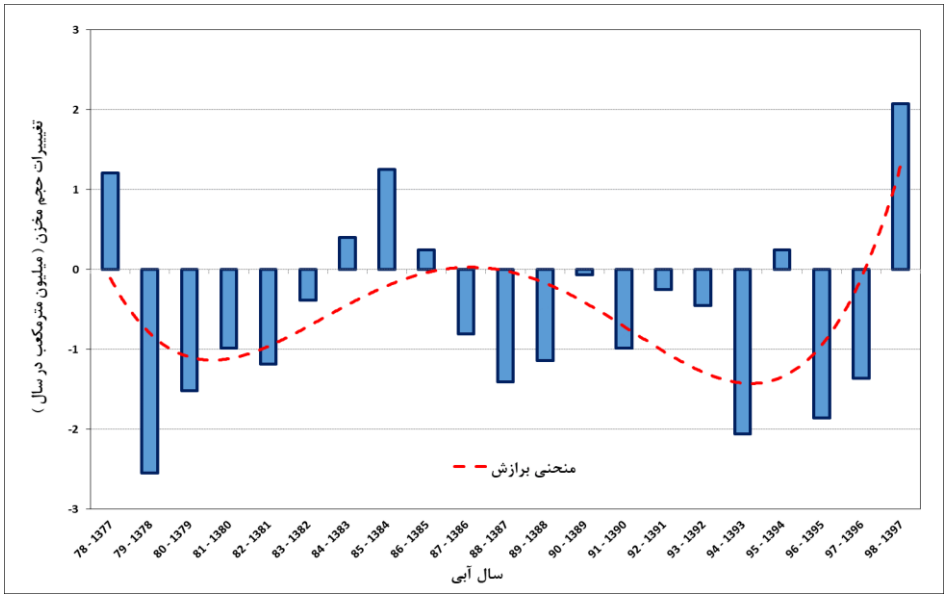
محاسبه آبنمود معرف آبخوان و محاسبه تغییرات حجم مخزن آبخوان دیواندره- بیجار

همانطور که در شکل ۶ مشخص است میانگین میزان تراز آب زیرزمینی آبخوان دیواندره- بیجار در طول بازه زمانی ۲۰ ساله دارای افت می‌باشد، این موضوع نشان می‌دهد میزان استفاده از منابع آب زیرزمینی با گذشت زمان افزایش داشته است و وضعیت موجود عمدتا در اثر مدیریت نامناسب منابع آبی و افزایش صدور مجوز حفر چاه‌ها در اواخر دهه ۸۰ و اوایل دهه ۹۰ اتفاق افتاده است. این در حالی است که نقش خشکسالی‌های دو دهه گذشته و نوسانات بارش در این بحران، به مراتب بسیار کمرنگ‌تر بوده است (اوسطی، ۱۳۹۵ و احمدی و رنجبر، ۱۳۹۱). بررسی تغییرات تراز آب زیرزمینی در طول دوره آماری مذکور حاکی از آن است که بهره برداری از طریق حفر چاه در این آبخوان تاحدودی کاهش یافته و به همین علت نیز روند تغییرات سطح آب زیرزمینی آبخوان آبخوان برابر ۰.۱۶- در سال و میزان افزایش سالانه بهره برداری توسط چاهها برابر ۰.۰۶ میلیون متر مکعب درسال می باشد.



شکل ۶: آبنمود معرف دوره بیست ساله آبخوان آبخوان دیواندره- بیجار

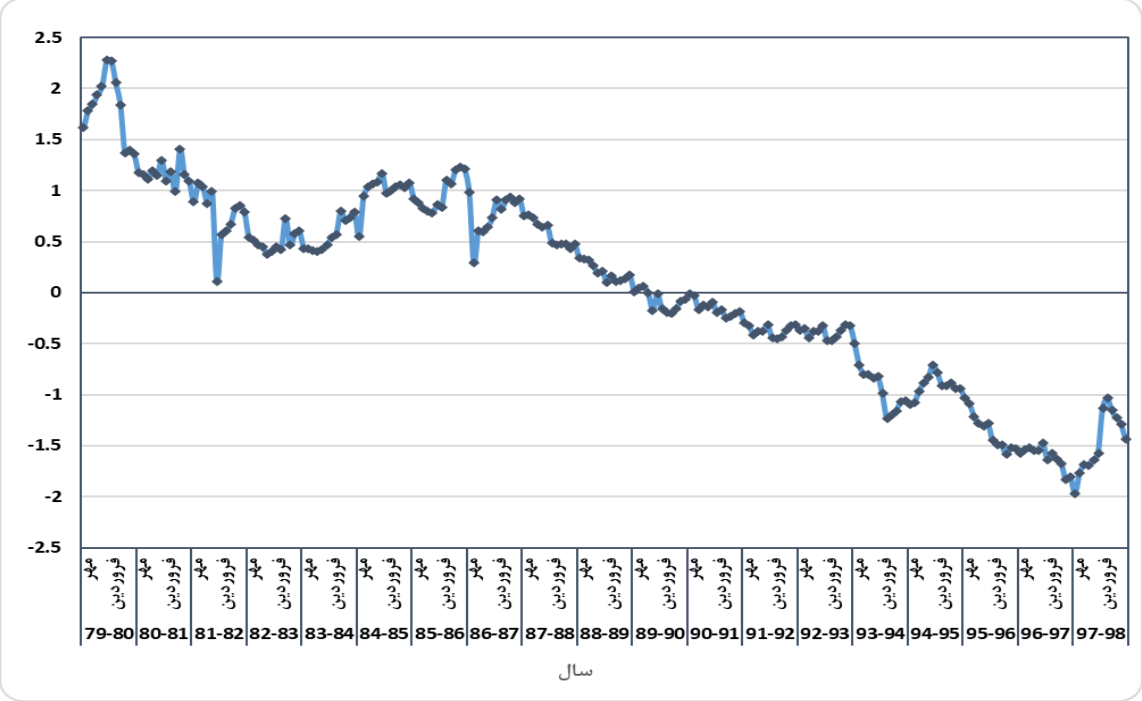
روند تغییرات در بازه زمانی ۲۱ ساله، کاهشی است. در سال آبی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ بیشترین کسری حجم مخزن (۱۳/۶۳-) مشاهده شده و با توجه به ارقام نمودارها در سال آبی انتهای دوره (۹۸-۹۷)، تغییرات حجم ذخیره در سال آبی ۹۸-۹۷ برابر ۱۱/۵۵ - میلیون متر مکعب می‌باشد (شکل ۷). سطح آب زیرزمینی در دهه گذشته دارای افت مداوم بوده است در واقع متوسط کسری حجم مخزن آبرفتی حدود ۰/۴۶ میلیون مترمکعب در سال می‌باشد و می‌توان گفت که در سال‌های گذشته علاوه بر مصرف صد در صد ذخیره تجدیدشونده بخشی از ذخیره ثابت نیز مورد بهره‌برداری قرارگرفته است.



شکل ۷: نمودار تغییرات حجم مخزن آبخوان دیواندره- بیجار

پایش زمانی خشکسالی منابع آب زیرزمینی آبخوان دیواندره- بیجار

بر اساس این نمودار، شاخص GRI در طول دوره آماری بیست ساله روندی نزولی به سمت خشکسالی دارد به طوری که از سال ۱۳۹۰ شاخص خشکسالی منفی شده و تا پایان دوره آماری مقادیر منفی شاخص ادامه یافته که بیانگر کاهش سطح آب زیرزمینی در منطقه است. شدیدترین خشکسالی آب زیرزمینی در سال ۱۳۹۸ با رقم شاخص ۱/۹۷- به وقوع پیوسته است. تغییرات شاخص منبع آب زیرزمینی در شکل ۸ نشان داده شده است.



شکل ۸: تغییرات شاخص GRI دوره بیست ساله آبخوان دیواندره- بیجار

نتیجه‌گیری

آب زیرزمینی منبع اصلی تأمین نیازهای کشاورزی بخصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود؛ بنابراین داشتن یک کشاورزی پایدار نیازمند مدیریت و برنامه‌ریزی دقیق در مورد نحوه استفاده از منابع آب زیرزمینی است که این خود مستلزم داشتن شناخت کافی در مورد تغییرات مکانی سطح آب زیرزمینی در یک دوره زمانی مشخص است. آب‌های زیرزمینی در طی دهه‌های اخیر بدلیل برداشت بیش از تغذیه با کاهش روبرو شده‌اند.

در این مطالعه روند نوسانات سطح آب زیرزمینی در دوره زمانی ۱۳۹۷-۱۳۸۷ در آبخوان دیواندره-بیجار مورد مطالعه قرار گرفت. نتایج نشان داد بیشترین و کمترین عمق آب زیرزمینی در این آبخوان به ترتیب در پیزومتر مخور معادل ۸۵ متر و پیزومتر قزلعلی حدود ۵ متر است. تراز آب زیرزمینی آبخوان زنجان در تمامی پیزومترها روند کاهشی داشته و یشینه افت تراز آب زیرزمینی در دوره زمانی مورد مطالعه مربوط به پیزومتر قمشلو و کمینه افت تراز آب زیرزمینی مربوط به پیزومتر زاغه‌فولاد می‌باشد. بررسی تغییرات حجم مخزن آبخوان آبرفتی آبخوان دیواندره-بیجار نشان داد روند تغییرات در بازه زمانی ۲۰ ساله، کاهشی بوده و کسری حجم مخزن آبخوان دیواندره-بیجار معادل ۱۱/۵ میلیون مترمکعب می‌باشد. شاخص GRI در طول بازه زمانی بیست ساله روندی نزولی به سمت خشکسالی نشان داد به طوری که از سال ۱۳۹۰ شاخص خشکسالی منفی شده و تا پایان دوره زمانی مورد نظر مقادیر منفی شاخص ادامه دارد. براساس نقشه جهانی تهیه شده برای برآورد تقریبی میزان تغذیه در آبخوان‌های دنیا (BGR, ۲۰۱۱)، آبخوان‌های آبخوان به تغذیه سالانه بین ۱۰۰ –۲۰۰ میلیمتر در سال (سال نرمال) نیاز دارند. بنابراین حتی در صورت ممنوعیت کامل استفاده از منابع آب زیرزمینی آبخوان دیواندره-بیجار، جبران بهره‌برداری بی‌رویه و کاهش شدید سطح آب، به سال‌ها زمان نیاز دارد. هر چند در شرایط فعلی، توقف کامل بهره‌برداری از آبخوان مورد مطالعه، عملی نبوده و حتی غیرممکن به نظر می‌رسد. بررسی نوسانات سطح آب زیرزمینی خصوصا در پیزومترهای بخش‌های کناری آبخوان نشان می‌دهد که این وضعیت عمدتا در اثر مدیریت نامناسب منابع آبی و افزایش صدور مجوز حفر چاه‌های عمیق و نیمه‌عمیق در دو دهه گذشته بوده است. بیلان منفی آبخوان به حدی شدید است که حتی بارش‌های مناسب چند سال اخیر نیز نتوانسته است از روند کاهش تراز سفره آب زیرزمینی جلوگیری کند. بر این اساس لزوم بهره‌برداری مناسب از منابع آب موجود در سطح استان و ذخیره-سازی آن در شرایط اقتصادی و اجتماعی مناسب برای استفاده در مواقع مورد نیاز یکی از اولویت‌های اصلی و اساسی برای مصارف شرب، کشاورزی و صنعت می‌باشد. بنابراین توصیه می‌گردد جهت جلوگیری از ادامه روند کاهش حجم مخزن آبخوان موردمطالعه، بهره-برداری و برداشت از چاه‌ها مدیریت و از هرگونه اضافه برداشت از سفره جلوگیری گردد. همچنین تغذیه مصنوعی می‌تواند در بهبود وضعیت ذخایر آب زیرزمینی نقش چشمگیری داشته باشد. احداث آب بندهای جدید خصوصاً در نقاط کناری آبخوان، کنترل و مهار جریانات سطحی و به کارگیری فرآیندهای آبخیزداری، توسعه و ترمیم پوشش گیاهی که این علاوه بر کنترل فرسایش امکان نفوذ آب به اعماق زیرین خاک را فراهم می‌سازد.

منابع

Abbasi, F., Farzadmehr, J., Chapi, K., Bashiri, M., Azarakhshi, M. (۲۰۱٦). Spatial and Temporal Variations of Groundwater Quality Parameters in Qorveh- Dehgolan Plain and Its Relationship with Drought. Hydrogeology, ۱(۲), ۱۱-۲۳. [in Persian]

Afzali, A., and Shahidi, K. (۲۰۱۳). Investigation on Trend of Groundwater Quantity-Quality Variation in Amol-Babol Plain. jwmr; ٥ (۱۰) :۱٤٤-۱٥٦. [in Persian]

Ahrari Rm. (۲۰۱۸). Assessment the Effects of Drought on Groundwater Quantity and Quality of Sistan and Baluchistan Province. New Findings in Applied Geology.

Ahmadi, F., and Ranjbar, H (۲۰۱۲) Studying the drop of underground water level in Dehgolan plain using GIS, ۳۱st Earth Science Conference, Tehran. [in Persian]

Akbari, M., Jorgeh, M.R & Madanisadat, H. (۲۰۰۹). Assessment of decreasing of groundwater-table using Geographic Information System (GIS) (Case study: Mashhad Plain Aquifer). Journal of Water and Soil Conservation, ۱٦(٤), ٦۳-۷۸. [in Persian]

Amiri, V., Nakhai, M., Mousai, F., and Suri, S. (۲۰۱۰). Groundwater level drop in Kohdasht plain aquifer using GIS. Proceedings of the National Water Conference with a clean water approach. University of Water and Power Industry, Tehran. Page ۱۰۸٤. [in Persian]

Behmanesh, J. (۲۰۱٥). Investigation of groundwater level changes trend (Case Study: Urmia plain). Journal of Water and Soil Conservation, ۲۲(٤), ٦۷-۸٤. [in Persian]

BGR (Federal Institute for Geosciences and Natural Resources) and UNESCO (۲۰۱۱). "World-wide Hydrogeological Mapping and Assessment Programme (WHYMAP)" http://www.whymap.org.

Delbari, M., Bostanian, M., and Afrasiab, P. (۲۰۱۲). Investigating spatial-temporal changes and zoning of underground water level of Kohpayeh-Segzi aquifer, using geo-statistical methods. Geographical Space Scientific Research Quarterly. (٥۲)۱٥: ۳۲٤-۳۰٥. [in Persian]

Ekrami, M., Sharifi, Z., Melkinjad, H., and Ekhsati, M. R. (۲۰۱۱). Investigating the process of quantitative and qualitative changes in Yazd-Ardakan plain. Bi-monthly scientific research magazine Health Yazd. (۲) ۱۰: ۹۱-۸۲. [in Persian]

Fatahi, M. M. (۲۰۱۰). Study of trend of desertification trend in Qom province base on remote sensing with emphasis on Landuse changes and water quality and quantity resources. ۱٦(۲), ۲۳٤-۲٥۳. [in Persian].

Fathi hafshjani, E., Beygi harchgani, H., davoudian, A., & Tabatabaee, H. (۲۰۱٤). Comparison of spatial interpolation methods and selecting the appropriate method for mapping of nitrate and phosphate in the Shahrekord Aquifer. Irrigation and Water Engineering, ۴(۳), ٥۱-۶۳. [□□ □□□□□□□□]

Ghamarnia, H., Enayati, S., & Amini, A. (۲۰۲۲). Numerical Simulation of Bijar-Divandere Plain Aquifer Using MODFLOW Code and Investigation in The Effects of Drought on Its Quantitative Changes. Environment and Water Engineering, ۸(۱), ۱٥-۳۰.

Jalalian A, Samiee H, Shokri-Khoubestani M, Karimi MR. (۲۰۲۰). Investigation of the Effects of Drought and Salinity on the Chemical Quality of the Water Resources in the Zanjans' Plain Aquifers. Journal of Safety Promotion and Injury Prevention. ۸(۲):۱۱۹-۲۹.

Kai, Z., Faramarzi, M., Karimi, H. and Mehdizadeh, H. (۲۰۱٦). Investigating the effect of land use change on quantitative and qualitative parameters of underground water in Mehran plain of Ilam. Wetland Ecobiology Scientific Research Journal. (۳) ۹:۲۸-۱٥.

Karimi Sangchini, E., Ownegh, M., Sadoddin, A., & Yousefi Mobarhan, E. (۲۰۲۰). Predicting the Impacts of Land Cover Management Scenarios on the Run-off Volume and River Pollutants Using the L-THIA Model for the Hablehrud basin. Watershed Management Research Journal, ۳۳(۳), ۳٦-٥۲.

Keneth, H. F. (۲۰۰۳). Climate Variation Drought and Desertification, W. M. Annual Report. Jevenva.

Khosravi Fard A, Vahabzadeh G, Gholami L. (۲۰۱۷). The Study and Classification of Water Quality of Ghorbaghestan and Doab Merk Stations in Gharasoo River Basin. Journal of Research in Environmental Health. ۲(٤):۲۹۹-۳۱۰. [in Persian]

Kokbeinjad Qazvini, A. H., Mohammadnejad Arouq, V., and Soleimani, M. b. (۲۰۱۸). Assessment of qualitative changes in Urmia quaternary plain groundwater. Quantitative Geomorphological Research, ٥(۳), ۹۳-۱۱۰. [in Persian]

Lee, JY., Yi, MJ, Moon, SH, Cho, M., Won, JH., Ahn KH. and Lee, JM. (۲۰۰۷). Causes of the changes in groundwater levels at Daegu, Korea: the effect of subway excavations. Bulletin of Engineering Geology and the Environment. ٦٦ (۳): ۲٥۱-۲٥۸.

Mendicino, G., A. Senatore and P. Versace, (۲۰۰۸). A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate. Hydrology Journal, ۳٥۷: ۲۸۲-۳۰۲.

Mirzaei, M., Morshidi, J., and Azimi, F. (۲۰۱۳). The effect of Karkheh Dam on increasing the underground water level of Sorkheh plain using Kriging geostatistics method. The first national conference on the application of advanced models of spatial analysis (remote sensing and GIS). In Amish Sarmeen, Islamic Azad University, Yazd branch. [in Persian]

Mobarhan, Y., Solaimani, K., & vahabzadeh, G. (۲۰۲۲). Assessment Rapid Urban Inundation Method Based on Urban Terrain: Depth, surface and volume of inundation. Irrigation and Water Engineering, ۱۲(٤), ٤۳۳-٤٥۰

Mohammady, M., Dustmohammadian, A. H., Amiri, M., & Kianian, M. K. (۲۰۲۰). Investigating Quantitative Changes of Groundwater in the Semnan Plain. Water Resources Engineering, ۱۳(٤۷), ٦۱-۷۰. [in Persian]

Nadiri, A., Sadeghi Aghdam, F., Aghari Moghaddam, A., Naderi, K. (۲۰۱٥). The Assessment of Salinity and Arsenic as the Destructive Factors Affecting on Surface and Ground Water Quality of Sahand Dam water Basin. Hydrogeomorphology, ۲(٤), ۷۹-۹۹.

Nasrollhi, M., Mambini, M., and Valizadeh, S. (۲۰۱٤). Investigating the effect of land use changes on the status of groundwater resources using satellite images (case study of the West Gilan Plain). Scientific-Research Quarterly of Geographical Information. (۹۱) ۲۳: ۹۷-۸۹. [in Persian]

Naderianfar, M., Faryabi, A., Kouhestani, S., & Safavi Gardini, M. (۲۰۲۱). Investigating the Groundwater Fluctuations Level in Basin of Halil River, Jiroft. Irrigation and Water Engineering, ۱۱(٤), ۱٤۱-۱٥۹. [in Persian]

Naderianfar, M., Ansari, H., Ziaie, A., & davary, K. (۲۰۱۱). Evaluating the groundwater level fluctuations under different climatic conditions in the basin Neyshabour. Irrigation and Water Engineering, ۱(۳), ۲۲-۳۷. [□□ □□□□□□□]

Osati, Kh. (۲۰۱٦) Fluctuations of the underground water level in the aquifers of Garoveh-Dehgolan plain: evidences of inappropriate management of water resources in drought conditions, ٦th National Conference on Water Resources Management of Iran, Sanandaj. [in Persian]

Paimozd S, Rezaei M R, Rezaei M J, Rezaei J. (۲۰۱۹). Modeling Groundwater Changes Using Four Different Techniques of Evolutionary Neural Network and climatic data (Case Study of Dasht-Abbas Plain, Ilam Province). DEEJ; ۸ (۲۲) :٤۳-٥۸. [in Persian]

Rabiee, M., & karami, H. (۲۰۲۲). Estimation of Temporal and Spatial Variations of Groundwater Level by Combining Intelligent Models and Geostatistical Methods) Semnan Plain). Irrigation and Water Engineering, ۱۲(۳), ۲۲۰-۲٤۲. [in Persian]

Rahimi M, solaimani K. (۲۰۱۷). Remote Sensing and GIS Based Assessment Groundwater Potential Zones Mapping Using Multi-Criteria Decision-Making Technique. jwmseir; ۱۰ (۳٥) :۲۷-۳۸. [in Persian]

Shahidi, A., Khadempour, F. (۲۰۲۰). Investigating the Qualitative Satus of Groundwater in the Plain of Khorasan Razavi Province Using GWQI and AWQI Indexes and Its Zoning with Geographic Information System (GIS. Hydrogeomorphology, ۷(۲۲), ۱-۲۰. [in Persian]

Yazdanpanahi, A., Akbari, M., & Behrangmanesh, M. (۲۰۱۸). Spatio-temporal Variable of groundwater parameters Using Geo-statistical methods in Mashhad Plain. Extension and Development of Watershed Management, ٦(۲۰), ۲٥-۳٤. [in Persian]

Yousefi Mobarhan E, Zandifar S. (۲۰۲۳). Zoning of changes in the decreasing groundwater table and temporal monitoring of drought in the Ghorove-Dehgolan plain. Journal of Rainwater Catchment Systems; ۱۱ (۱) :۱۷-۳٥. [in Persian]

Yousefi Mobarhan, E., & zandifar, S. (۲۰۲۳). Investigating and Temporal Monitoring of GRI Index on the Fluctuations of Groundwater Table (Case Study: Zanjan Plain). Journal of Water and Soil Resources Conservation, ۱۲(٤), ۸۷-۹۹. [in Persian]

Yousefi Mobarhan, E and E. Karimi Sangchini. (۲۰۲۱). Continuous Rainfall-Runoff Modeling Using HMS-SMA with Emphasis on the Different Calibration Scale. Journal of Chinese Soil and Water Conservation, ٥۲ (۲): ۱۱۲-۱۱۹.

Yousefi Mobarhan, E., & Peyrowan, H. (۲۰۲۲). Investigating the Sustainability and Interactive Effects of Physical-chemical Properties of Erosion-sensitive Marl and Rangeland Vegetation in Arid and Semiarid Areas (Case Study: Shahrood Town). Geography and Environmental Sustainability, ۱۲(۱), ٥۷-۷٤. [in Persian].

Investigating the effect of drought on the quantitative changes of groundwater resources of Bijar-Divandere Aquifer using geographic information system and groundwater resource index.

Ebrahim Yousefi Mobarhan[۱]*, Samira Zandifar[۲]

Abstract

Due to the occurrence of periods of drought and increased exploitation of the aquifer, the expansion of agriculture, and the increase in groundwater harvesting, the level of the underground water level has decreased in the Bijar-Divandere Aquifer, which is the result of the decrease in the level of the underground water level and the decrease the efficiency of the wells has increased. This research aims to investigate the effect of drought on the quantitative changes of underground water resources using a geographic information system and groundwater resource index of Bijar-Divandere Aquifer based on a representative hydrograph. To carry out this research, the statistics of ۲۵ observation wells during the period of ۲۰۱۷-۲۰۱۸ were examined. At first, statistical data was collected and after entering the data into the geographic information system (GIS) with interpolation method, maps of parallel lines and zoning of changes in the level of underground water, as well as from the water source index. The underground GRI was used to monitor the time of drought of underground water sources in Bijar-Divandere Aquifer. The results of the changes in the reservoir volume of Bijar-Divandere Aquifer showed that the deficit of the reservoir volume is equal to ۱۱،۵ million cubic meters. Also, the time monitoring of the drought of the groundwater resources of the plain with the GRI index has a downward trend towards drought during the twenty years, and the most severe groundwater drought in the year ۲۰۱۸ has occurred with an index of -۱،۹۷. The results indicate that if the current management process continues, we will witness a sharp drop in the aquifer and irreparable damage in the next few years.

Key words: Aquifer, depth of groundwater, Bijar-Divandere, Groundwater Resource Index.