

بررسی تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی نسبت به فاصله از رودخانه زاینده‌رود (بررسی موردی: دشت کوهپایه - سگزی اصفهان)

شهربانو عباسی جندانی^{۱*}، فائزه غفوری^۲ و حسین ملکی نژاد^۳

چکیده

در سال‌های اخیر با توسعه کشاورزی و افزایش جمعیت، بیشتر دشتهای ایران با افت سطح آب زیرزمینی روبرو شده‌اند. هدف از این پژوهش، بررسی وضعیت منابع آب زیرزمینی دشت کوهپایه- سگزی اصفهان در بازه زمانی ۸۸-۱۳۷۴ است. پارامترهای دبی ورودی به منطقه، بارش، تبخیر، دمای میانگین و برداشت از آبخوان در نظر گرفته شده و واکنش سفره آب نسبت به تغییرات آن‌ها در سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸ و نیز در ماه‌های مختلف این دو سال، سنجیده شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که سطح سفره در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۷۴ به طور متوسط ۳/۵ متر افت داشته است که این میزان افت در مناطقی که در حریم رودخانه زاینده‌رود و به خصوص در ۳۰ کیلومتر ابتدایی مسیر رودخانه در ورودی دشت هستند بیشتر بوده و به بیش از ۱۴ متر رسیده است. علاوه بر این، نتایج نشان می‌دهد که عمق سطح آب چاه‌هایی که تا حریم شش کیلومتری رودخانه قرار دارند به شدت تحت تأثیر نوسانات دبی رودخانه در طول سال است و با افزایش فاصله از رودخانه، از میزان تأثیر دبی بر سطح آب چاه‌ها کاسته می‌شود. کاهش شدید جریان ورودی به منطقه سبب شده که در مناطق ابتدایی دشت، فشار به منابع آب زیرزمینی برای ادامه فعالیت کشاورزی، افزایش یابد که افت شدید سفره را در پی داشته است. به سمت پایاب رودخانه (نزدیک پل ورزنه) با کاهش دبی و به دنبال آن افت سفره و کاهش کیفیت منابع آب زیرزمینی، فعالیت‌های کشاورزی مختل شده و سبب مشکلات اقتصادی- اجتماعی زیادی در دشت کوهپایه- سگزی شده است.

واژه‌های کلیدی: دشت کوهپایه- سگزی، زاینده‌رود، عمق سطح آب، نوسانات آب زیرزمینی.

ارجاع: عباسی جندانی ش. غفوری ف. و ملکی نژاد ح. ۱۳۹۵. بررسی تغییرات زمانی و مکانی سطح آب زیرزمینی نسبت به فاصله از رودخانه زاینده‌رود (بررسی موردی: دشت کوهپایه- سگزی اصفهان). مجله پژوهش آب ایران. ۲۰: ۲۷-۳۷.

۱- دانشجوی دکتری علوم و مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

۲- فارغ التحصیل کارشناسی ارشد عمران آب، دانشکده مهندسی عمران، دانشگاه یزد.

۳- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و کوبرشناسی، دانشگاه یزد.

* نویسنده مسئول: sh.abbasi@ut.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۴/۲۲

مقدمه

افت سطح آب زیرزمینی پیامدهای نامطلوبی همچون تغییر کیفیت آب زیرزمینی، کاهش حجم ذخایر آبی، محدود شدن منابع برداشت، افزایش مصرف انرژی و بهره‌وری آب زیرزمینی را در پی دارد (شاهی‌دشت و عباس‌نژاد، ۱۳۹۰). در سال‌های اخیر در مناطق مختلف ایران خشکسالی‌های مستمر و شدیدی رخ داده که در نتیجه آن، منابع آب‌های سطحی مناطق خشک بسیار کم شده و سفره‌های زیرزمینی با افت سطح ایستایی شدیدی روبرو شده‌اند. در حقیقت بحران آب در سال‌هایی نمایان می‌شود که پدیده خشکسالی روی می‌دهد و یکی از پیامدهای خشکسالی کم شدن آب رودخانه‌هاست (رحیمی و همکاران، ۱۳۸۸). تغییرات جریان رودخانه می‌تواند تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی را تحت تأثیر قرار دهد (چانگ نون و همکاران، ۱۹۸۸). در مورد آب‌های زیرزمینی در سطح جهان و ایران تاکنون بررسی‌های زیادی انجام شده است. برای نمونه می‌توان به پژوهش‌های نینقو (۱۹۹۴)، کاردنس و زلوتکیک (۲۰۰۳)، پاندا و همکاران (۲۰۰۷) و وادا و همکاران (۲۰۱۰) در جهان و عزیزی (۱۳۸۲)، ولایتی و همکاران (۱۳۸۳)، رحیمی و همکاران (۱۳۸۸)، نادریان‌فر و همکاران (۱۳۸۹)، نادریان‌فر و انصاری (۱۳۹۰) و کریمی و همکاران (۹۱۱) در ایران اشاره کرد. اکسی و همکاران (۲۰۱۰) اثرات تغذیه رودخانه بر سطح آب زیرزمینی را در بازه‌های پایینی حوزه رودخانه هی‌ه در شمال غرب چین بررسی کردند. آن‌ها گزارش کردند که چون رودخانه هی‌ه منبع اصلی تغذیه آب زیرزمینی است، کاهش دبی رودخانه سبب افت سطح آب زیرزمینی شده است. در بررسی‌های دیگر، پژوهش‌گران زیادی اثر تغییر اقلیم جهانی را روی منابع آب زیرزمینی با مدل‌های پیش‌بینی تغییر اقلیم، بررسی کرده‌اند (اکخارت و اولبریخ، ۲۰۰۳؛ سبیک و آلن، ۲۰۰۶؛ هررا-پانتوجا و هیسکک، ۲۰۰۷؛ جیرکاما و سیکس، ۲۰۰۷؛ میلیهام و همکاران، ۲۰۰۹ و مک کالوم و همکاران، ۲۰۱۰). برای مثال، اسلام و همکاران (۲۰۱۲) اثر تغییر اقلیم را روی جریان آبراه‌های در حوزه رودخانه برهمانی در هند با استفاده از سیستم مدل‌سازی رواناب حاصل از بارش (PRMS) بررسی کردند. نتایج به دست آمده نشان داد که حوزه به تغییرات بارش حساس‌تر از تغییرات دما است.

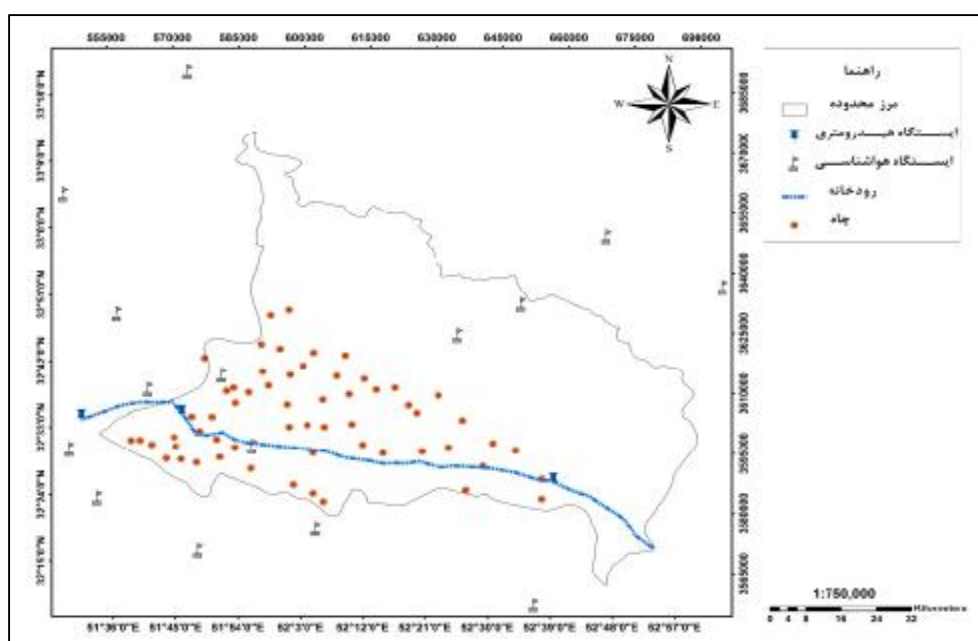
دشت کوهپایه- سگری اصفهان آخرین دشتی است که رودخانه زاینده‌رود در آن جاری است. در نواحی اطراف این رودخانه، از اطراف زرین شهر تا ورزنه، زمین‌های کشاورزی وسیعی وجود دارد که از مراکز اصلی کشاورزی در استان اصفهان هستند (جعفری ملک‌آبادی و همکاران، ۱۳۸۲). هدف از این پژوهش، بررسی وضعیت منابع آب، به ویژه منابع آب زیرزمینی، این دشت است. علاوه بر این، از آنجا که تعیین مهم‌ترین عوامل مؤثر بر نوسانات سطح آب زیرزمینی در شرایط خاص جغرافیایی و محیطی در مدیریت هرچه بهتر این منابع می‌تواند کارآمد باشد، پس در این بررسی، پارامترهای احتمالی مؤثر بر منابع آب زیرزمینی دشت کوهپایه- سگری، به ویژه فاصله از رودخانه زاینده‌رود، در نظر گرفته شده و واکنش سفره آب نسبت به تغییرات آن‌ها در سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸ سنجیده شده است.

مواد و روش‌ها

زیرحوضه کوهپایه- سگری بزرگ‌ترین زیرحوضه در محدوده حوضه آبریز زاینده‌رود است. این دشت در محدود طول جغرافیایی $34^{\circ} 51'$ تا 53° و عرض جغرافیایی $11^{\circ} 32'$ تا $13^{\circ} 33'$ قرار دارد. متوسط ارتفاع محدوده مورد نظر ۱۵۲۶ متر از سطح دریا می‌باشد. بر اساس آمار موجود در منطقه مطالعاتی، تیرماه گرم‌ترین و دی‌ماه سردترین ماه سال محسوب می‌شود. میانگین بارش ۳۴ ساله منطقه، $116/2$ میلی‌متر تعیین شده است. رودخانه زاینده‌رود، کانال‌های چپ و راست آبشار و کانال‌های شمالی و جنوبی رودستین، منابع آب سطحی منطقه کوهپایه- سگری را تشکیل می‌دهند. از طرفی در محدوده این دشت دو سفره آب زیرزمینی سطحی و عمقی وجود دارد. این دو سفره به همراه چاه‌ها، چشمه‌ها و قنات‌های موجود، منابع آب زیرزمینی محدوده مطالعاتی را تشکیل می‌دهند (اسمی‌خانی و همکاران، ۱۳۸۹). در این پژوهش از داده‌های ۵۹ چاه در دشت کوهپایه- سگری، دو ایستگاه هیدرومتری در ابتدا و انتهای دشت و ۱۴ ایستگاه هواشناسی، استفاده شد (شکل ۱). دوره آماری برای انجام این پژوهش، ۸۸-۱۳۷۴ بوده است. نواقص آماری موجود در مجموعه داده‌های هواشناسی با روش‌های رگرسیونی ساده و چند متغیره و با نرم‌افزار آماری Minitab 16 بازسازی شد. برای تعمیم داده‌های

بررسی وضعیت کلی سفره در سطح دشت کوهپایه-سگری نیز از روش‌های درون‌یابی و به همان شیوه ذکر شده در بالا، استفاده شد. پس از آن برای بررسی ارتباط پارامترهای مختلف با عمق سطح آب چاه‌ها از نرم‌افزار Excel 2010 استفاده شد. به دلیل اینکه چاه‌های مطالعاتی در فاصله ۹۲ متری تا ۳۳ کیلومتری از رودخانه قرار دارند، چاه‌ها بر حسب فاصله از رودخانه به هشت کلاس (۰-۲، ۲-۴، ۴-۶، ۶-۸، ۸-۱۰، ۱۰-۱۵، ۱۵-۲۰ و >۲۰ کیلومتر) تقسیم شدند. سپس از بین چاه‌هایی با شرایط مشابه یک چاه به صورت نمونه انتخاب شده و نحوه تغییر پارامترهای مدنظر در آن بررسی شد.

اقلیمی (بارش، تبخیر و دمای میانگین) به هر چاه از روش‌های درون‌یابی قابل اجرا با نرم‌افزار ArcGIS9.3، کمک گرفته شد. پس بعد از تشخیص تناسب داده‌ها و آماده‌سازی آن‌ها، برای هر پارامتر (بارش، تبخیر و دمای میانگین) چهار روش زمین آماری و قطعی کریجینگ، کوکریجینگ، عکس فاصله وزنی و تابع شعاع محور با توابع و توان‌های مختلف آزمون شده و بهترین تابع یا توان برای هر روش و در نهایت بهترین روش درون‌یابی برای هر پارامتر در دوره زمانی مدنظر (سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸، ماه‌های اردیبهشت، مرداد، آبان و بهمن)، انتخاب شد. سپس با استفاده از توابع موجود در نرم‌افزار ArcGIS 9.3، مقدار هر پارامتر در محل هر چاه به دست آمد. برای



شکل ۱- دشت کوهپایه - سگری اصفهان و موقعیت چاه‌های نمونه برداری شده، ایستگاه‌های هواشناسی و هیدرومتری استفاده شده

تغییرات زمانی سطح آب چاه‌ها

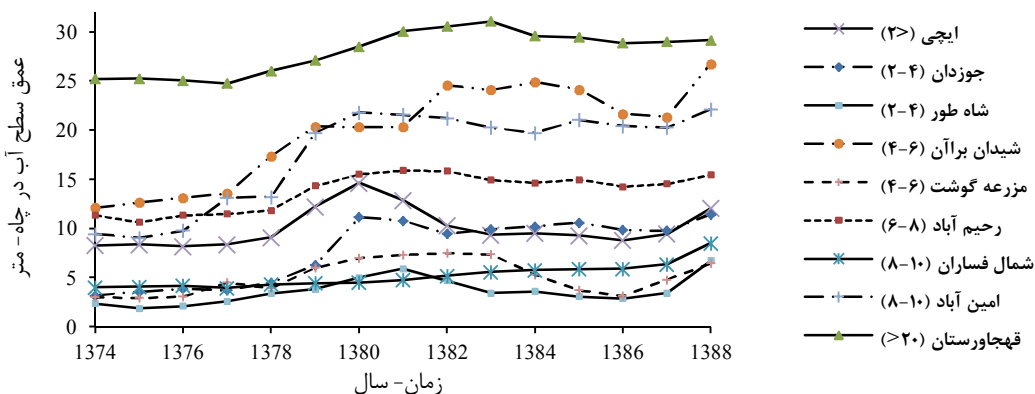
نتایج حاصل از این بررسی نشان می‌دهد که عمق سطح آب چاه‌ها در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۷۴، به طور میانگین نزدیک به $\frac{3}{5}$ متر افزایش داشته است که نشان‌دهنده افت سفره است (شکل ۲). همان‌گونه که در شکل ۲ نشان داده شده است، بعد از سال ۱۳۷۸ روند افت شروع شده و در سال ۸۳-۱۳۸۰ به حداکثر مقدار خود رسیده است. چنانکه دیده می‌شود از سال ۱۳۸۷، روند افت شدت گرفته است. از طرفی افت سطح آب در ماه‌های مختلف دو سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸ نیز یکسان نبوده است (شکل ۳). در سال ۱۳۷۴ به دلیل تداوم دبی ورودی به

نتایج و بحث

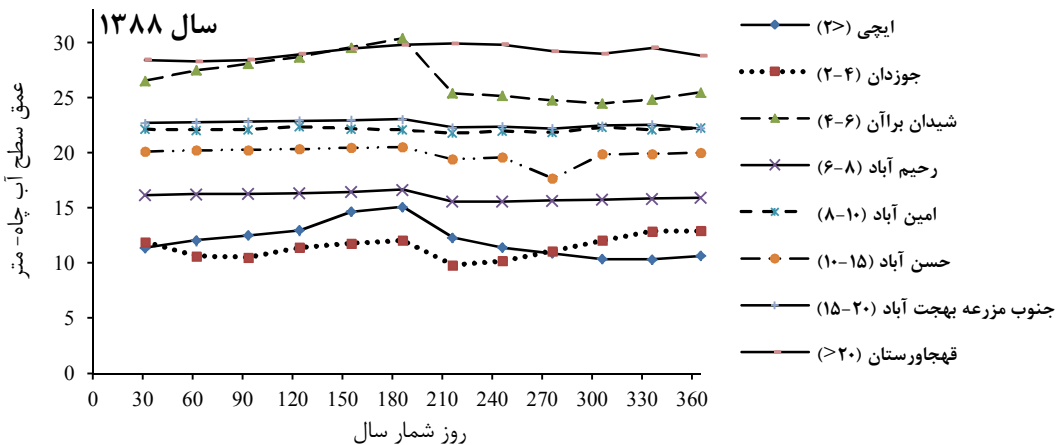
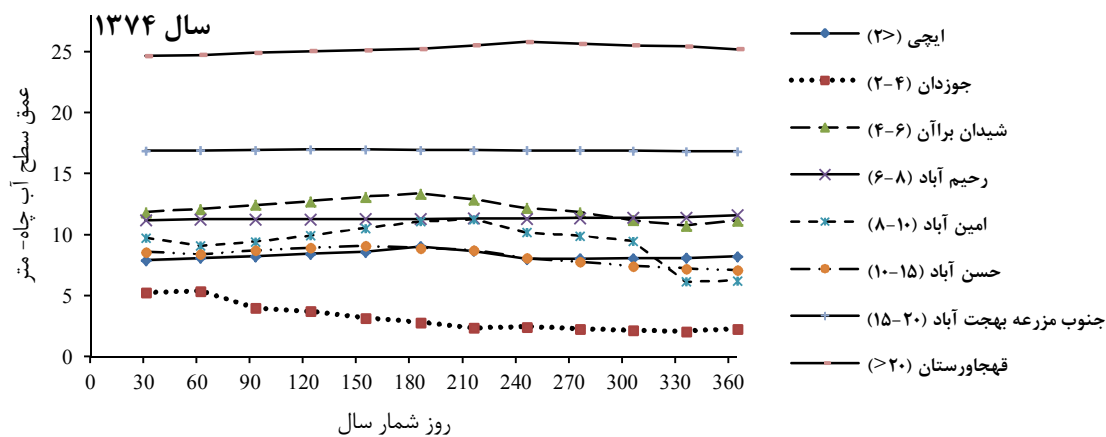
برای بررسی وضعیت سفره آب زیرزمینی و عوامل مؤثر بر تغییرات آن در دشت کوهپایه-سگری اصفهان در دوره آماری ۸۸-۱۳۷۴، ابتدا تغییرات پارامترهای مورد بررسی (سطح آب چاه‌ها، دبی ورودی، برداشت از سفره، بارش، تبخیر و میانگین دما) در دو مقیاس زمانی (سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸) و مکانی (بر حسب فاصله از رودخانه) به صورت مستقل بررسی شده و پس از شناسایی میزان تغییرات پارامترها، نحوه تأثیرگذاری و میزان تأثیر آن‌ها بر سطح آب چاه‌ها که نمایانگر سطح سفره آب زیرزمینی است، بررسی شد.

منطقه، روند افت به یکباره کاهش می‌یابد. این روند بسته به فاصله چاه‌ها از رودخانه زاینده‌رود متفاوت است. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که روند ذکر شده با افزایش فاصله از رودخانه، کاهش می‌یابد به طوری که در چاه‌هایی که در فاصله بیش از شش کیلومتری رودخانه، اثر تغییرات دبی در طول سال بر عمق سطح آب چاه‌ها در فصول مختلف، چندان چشم‌گیر نیست.

منطقه در کل سال، تغییرات زیادی در عمق سطح آب چاه‌ها در طول ماه‌های مختلف دیده نمی‌شود. در سال ۱۳۸۸ به دلیل کاهش شدید دبی ورودی به منطقه از ایستگاه پل چوم و نیز تغییر رژیم هیدرولوژیکی رودخانه، عمق سطح آب چاه‌ها در فصول مختلف تغییرات زیادی را نشان می‌دهد، به طوری که در شهریور ماه افت سطح آب به حداکثر مقدار خود می‌رسد و با افزایش دبی ورودی به



شکل ۲- تغییرات عمق سطح آب چاه‌های منتخب در طول دوره آماری

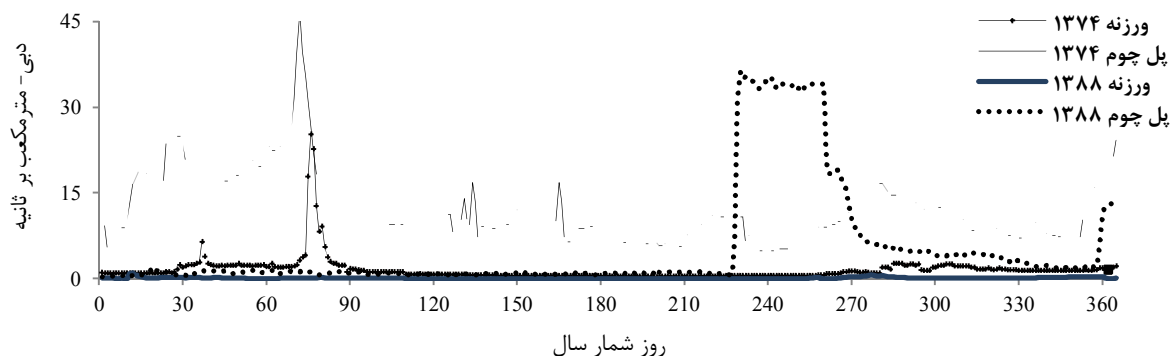


شکل ۳- تغییرات عمق سطح آب چاه‌های منتخب در هر طبقه فاصله از رودخانه در طول سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸

تغییرات زمانی دبی ورودی به منطقه

دو ایستگاه هیدرومتری پل چوم و ورزنه به ترتیب در محل ورود رودخانه زاینده‌رود به دشت کوهپایه-سگزی و در انتهای رودخانه، نصب شده‌اند. تغییرات دبی بین دو ایستگاه و نیز تغییرات آن‌ها بین دو سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸، در شکل ۴ نشان داده شده است. میزان دبی ورودی به دشت (پل چوم) در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۷۴ کاهش چشم‌گیری یافته و از ۴۲۵۸ متر مکعب در سال ۱۳۷۴ به ۱۹۲۳ متر مکعب در سال ۱۳۸۸ رسیده است. علاوه بر این، روزهایی با دبی صفر نیز در سال ۱۳۸۸ مشاهده شده است. این در حالی است که در سال ۱۳۷۴ دبی در تمام طول سال جریان داشته است.

تداوم دبی در کل سال سبب اشباع شدن کف رودخانه می‌شود و نفوذ از کف رودخانه را به حداقل می‌رساند. نکته قابل توجه در مورد دبی رودخانه، تغییر رژیم آبدی رودخانه است. به طوری که در سال ۱۳۷۴ در ایستگاه پل چوم، بیشترین دبی مربوط به فصل بهار و به خصوص خرداد ماه بوده است (۴۶ مترمکعب بر ثانیه) و پس از آن دبی کاهش یافته و دوباره در اسفندماه افزایش یافته است. اما در سال ۱۳۸۸، در همین ایستگاه، علاوه بر کاهش شدید دبی، اوج دبی نیز به فصل پاییز و به ویژه به آبان‌ماه (۳۶ مترمکعب بر ثانیه) منتقل شده است که هم‌زمان با فصل کشاورزی در دشت کوهپایه-سگزی است.



شکل ۴- تغییرات دبی در ایستگاه‌های پل چوم و ورزنه در سال‌های ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸

تغییرات زمانی پارامترهای اقلیمی

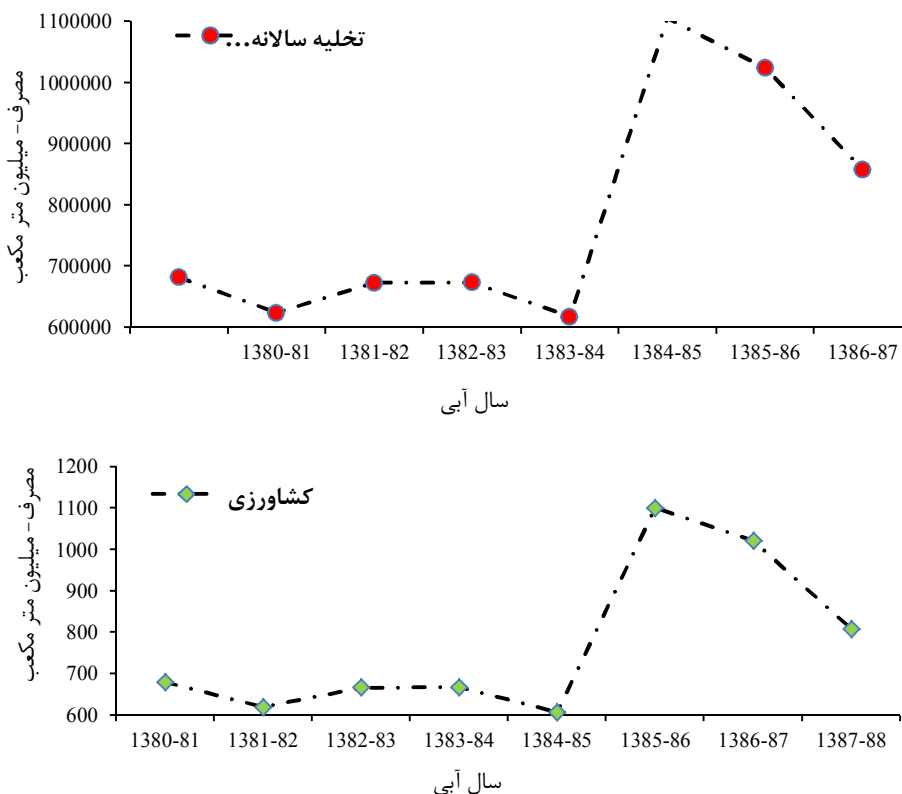
برای بررسی تأثیر عوامل مختلف در افت سفره آب، پارامترهای مختلفی در نظر گرفته شده است. از بین پارامترهای اقلیمی سه عامل بارش، تبخیر و میانگین دما انتخاب شده و تغییرات زمانی آن‌ها در طول دوره آماری ۱۳۷۴-۱۳۸۸، بررسی شده است. بدین منظور از آزمون آماری من-کندال استفاده شده است. نتایج حاصله نشان می‌دهد که در اکثر ایستگاه‌های مطالعاتی روند معنی‌داری در طول دوره آماری ۱۳۷۴-۱۳۸۸ در سطح اعتماد ۹۹ درصد و حتی ۹۵ درصد، وجود ندارد. این نشان می‌دهد که تغییرات پارامترهای اقلیمی مورد بررسی به قدری نبوده است که بتواند افت شدید سفره آب را توجیه کند.

تغییرات زمانی برداشت از سفره

علاوه بر عوامل ذکر شده در بالا، میزان برداشت از سفره نیز یکی از عوامل اصلی مؤثر روی تغییرات سطح آب سفره

است. با توجه به در دسترس نبودن آمار برداشت از سفره در سال ۱۳۷۴، امکان مقایسه این پارامتر برای دو سال ابتدا و انتهای دوره آماری وجود نداشته است. با این وجود همان‌طور که در شکل ۵ نشان داده شده است، برداشت از سفره در سال آبی ۸۶-۱۳۸۵ و نیز سال ۸۷-۱۳۸۶، به یکباره افزایش چشم‌گیری یافته که به همین نسبت مصرف آن در کشاورزی نیز نسبت به سال‌های قبل آن به شدت افزایش یافته است. برداشت از سفره و نیز مصرف آن در کشاورزی، در سال آبی ۸۸-۱۳۸۷ با وجود کاهش نسبت به دو سال قبل، همچنان زیاد است که سبب تشدید سفره آب زیرزمینی شده است.

دلیل کاهش برداشت از سفره در سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷، خشک شدن بسیاری از چاه‌ها در مناطق پایانی دشت کوهپایه سگزی به طرف شهر ورزنه است که سبب مختل شدن فعالیت کشاورزی در این مناطق شده است.



شکل ۵- میزان برداشت از سفره آب زیرزمینی دشت کوهپایه سگزی و مصرف آن در کشاورزی

تغییرات مکانی دبی ورودی به منطقه

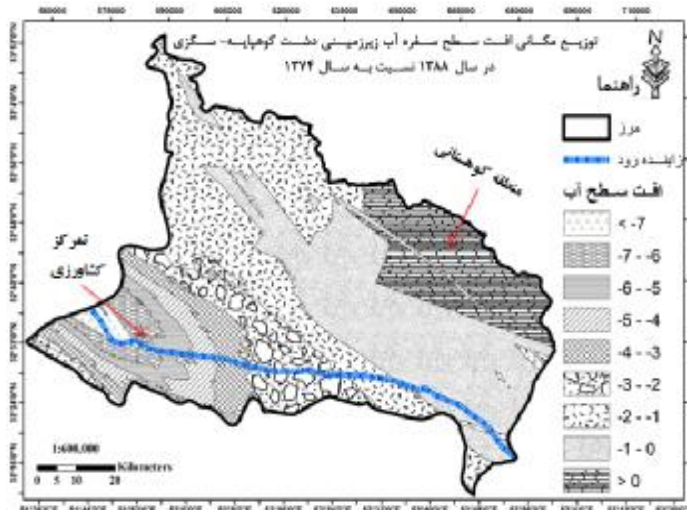
دبی ورودی به منطقه در طول مسیر به شدت کاهش می‌یابد به طوری که دبی ثبت شده در ایستگاه ورزنه (انتهای دشت) نسبت به ایستگاه پل چوم در هر دو سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸، به طور قابل ملاحظه‌ای کمتر است (۵۵۹ متر مکعب در سال ۱۳۷۴، ۴۵ متر مکعب در سال ۱۳۸۸)، که این خود نشان دهنده این است که جریان آب در رودخانه در مسیر تا محل ایستگاه دوم به دلیل برداشت، نفوذ در بستر و تبخیر، به شدت کاهش می‌یابد (شکل ۴).

تغییرات مکانی پارامترهای اقلیمی

پارامترهای اقلیمی مورد نظر با استفاده از روش‌های زمین آماری و قطعی قابل اجرا در محیط نرم‌افزاری ArcGIS 9.3، در محل هر چاه به دست آمده‌اند. بهترین روش درون‌یابی برای هر پارامتر بر اساس کمترین میزان RMSE انتخاب شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که میزان تغییرات این پارامترها در نقاط مختلف دشت چشم‌گیر نیست.

تغییرات مکانی سطح آب چاه‌ها نسبت به رودخانه

علاوه بر بررسی تغییرات سطح آب چاه‌ها در طول دوره آماری، میزان تغییرات آن‌ها بر حسب فاصله از رودخانه زاینده‌رود نیز بررسی شده است. همان‌گونه که در شکل ۶ نشان داده شده، میزان افت در مناطق مختلف دشت یکسان نبوده است. چنانکه دیده می‌شود بیشترین میزان افت (بیش از ۱۰ متر) در مناطق اطراف رودخانه زاینده‌رود و به خصوص در ۳۰ کیلومتری ابتدای این رودخانه نزدیک پل چوم (شرق گاوداری فکا، شیدان برآن، امین آباد قهاب و حسن‌آباد) رخ داده است که محل تمرکز فعالیت‌های کشاورزی است. کمترین میزان افت نیز عمدتاً در حاشیه‌های دوردست از رودخانه زاینده‌رود و به خصوص انتهای دشت رخ داده است. وجود منطقه کوهستانی در شمال دشت و نفوذ رواناب حاصل از این مناطق به داخل زمین، از افت زیاد سفره در مناطق نزدیک به آن جلوگیری کرده و حتی در بعضی مناطق سبب افزایش سطح سفره شده است. این نشان می‌دهد که مناطق دوردست بیشتر تحت تأثیر تغذیه کوهستان هستند.



شکل ۶- نقشه درون‌یابی افت سطح آب، روش کوکریجینگ، مدل گوسی

می‌یابد و در چاه‌های با فاصله بیش از ۲۰ کیلومتری رودخانه، به طور تقریبی تأثیر آن از بین رفته و بین تغییرات عمق سطح آب در ماه‌های مختلف و تغییرات دبی در طول سال، همخوانی چندانی وجود ندارد. از طرفی تفاوت در عمق سطح آب در چاه‌های مختلف در روند ذکر شده تأثیر چندانی نداشته است.

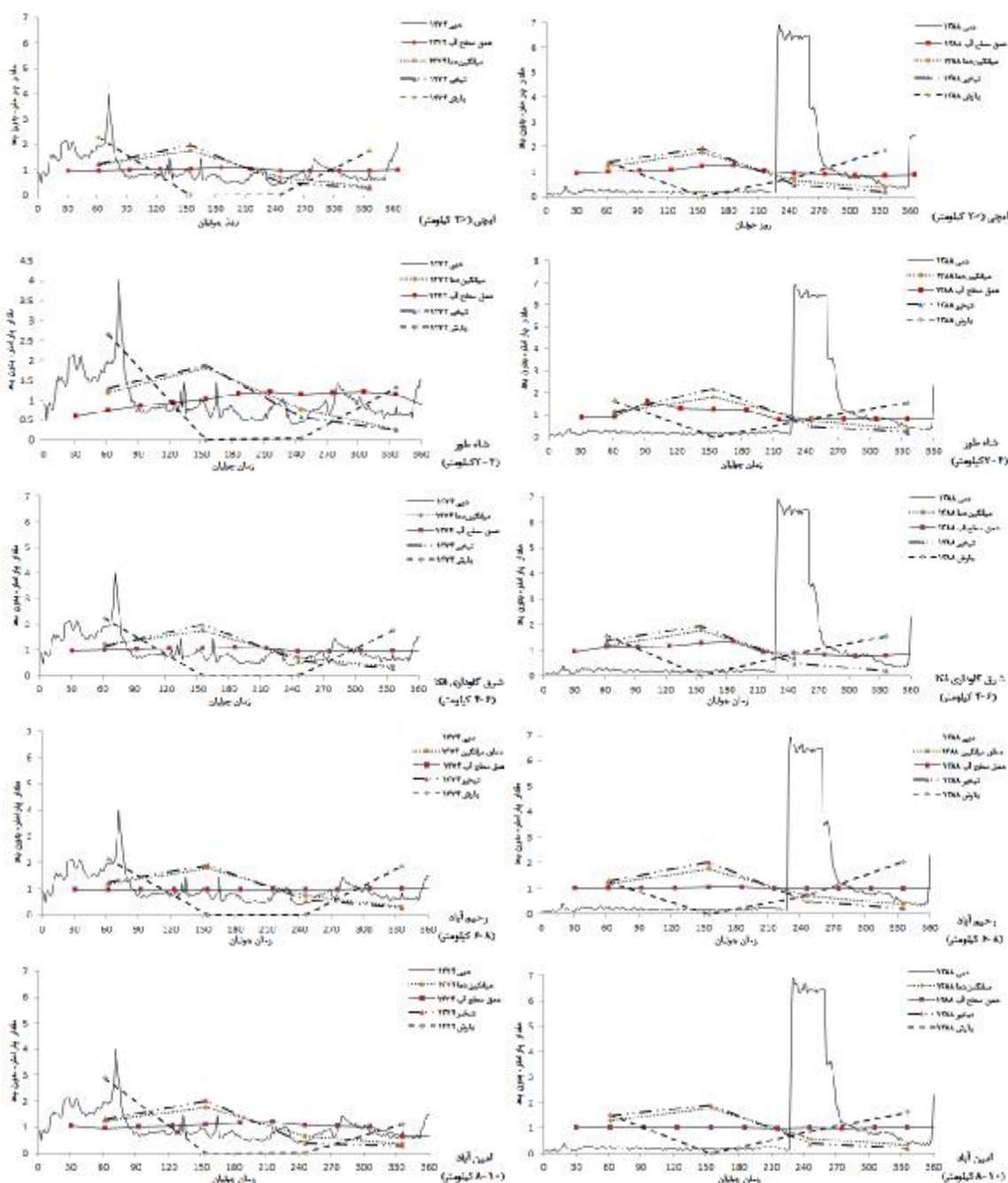
در این پژوهش علاوه بر پارامتر دبی ورودی، اثر پارامترهای اقلیمی نیز بررسی شده است. همان‌گونه که در شکل ۷ نیز نشان داده شده روند تغییرات بارش، تبخیر و میانگین دما در ماه‌های مختلف در همه چاه‌ها یکسان بوده است. میزان تبخیر و دمای میانگین در هر دو سال ابتدا و انتهای دوره آماری مدنظر تفاوت محسوسی نداشته‌اند و نمی‌توانند افت زیاد سفره را توجیه کنند، اما با تغییرات ماهانه عمق سطح آب چاه‌ها به طور تقریبی هماهنگ هستند. میانگین دما و تبخیر از ابتدای سال افزایش یافته و در مرداد ماه به حداکثر مقدار خود رسیده‌اند. سپس با روند تقریباً یکنواختی کاهش یافته‌اند. در مورد بارش وضعیت کمی متفاوت است. در سال ۱۳۷۴، بارش از مردادماه تا پایان آبان ماه، صفر بوده و پس از آن افزایش یافته است. اما در سال ۱۳۸۸، فقط در مرداد ماه بارش صفر بوده است. از بین این پارامترهای اقلیمی اثر بارش روی سطح آب چاه‌ها بیشتر است به طوری که حداکثر افت در طول یک سال با حداقل بارش در همان سال با تأخیر یک ماهه و گاهی دو ماهه، روی می‌دهد. این روند در سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸ برای بیشتر چاه‌ها یکسان بوده است. با وجود این، در سال ۱۳۷۴ به دلیل جاری بودن دبی در

واکنش سطح آب چاه‌ها نسبت به پارامترهای مدنظر

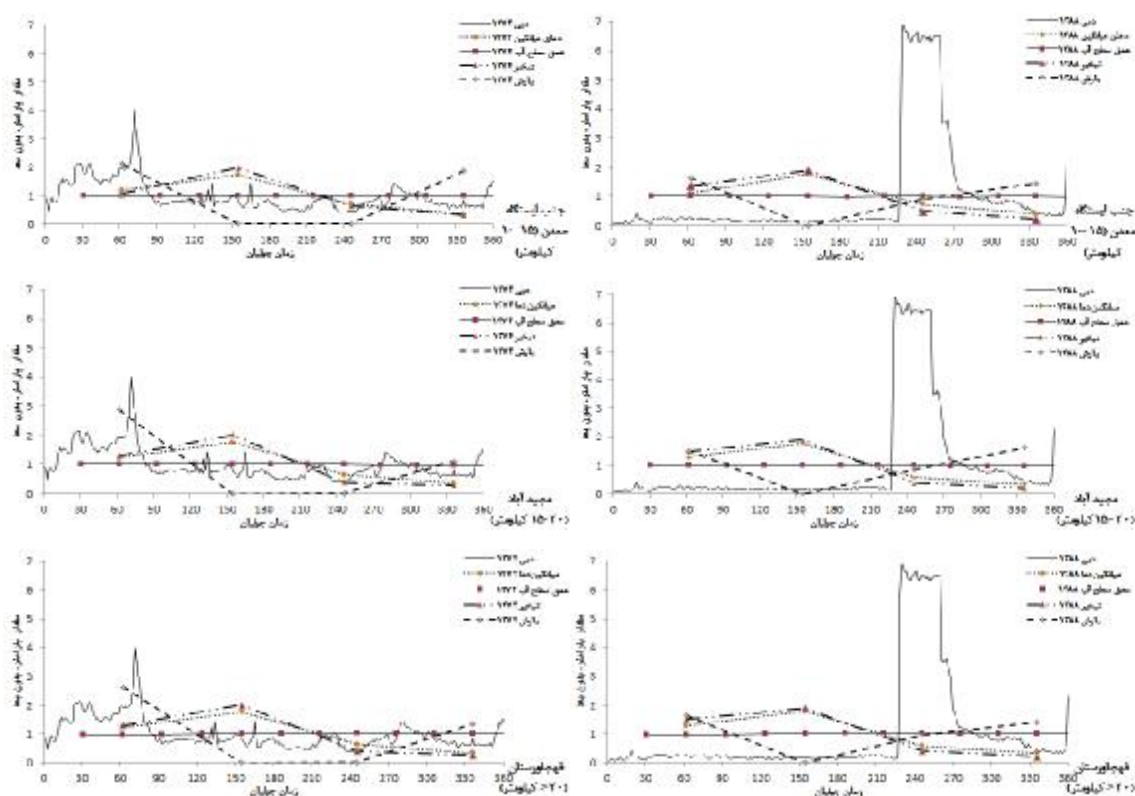
برای بررسی ارتباط بین پارامترهای مورد نظر (دبی ورودی، بارش، تبخیر و دمای میانگین) با عمق سطح آب در چاه‌ها (افت سفره) پایه زمانی مشترکی ایجاد شده و نمودارهای مربوط به چاه‌های در هر طبقه، ترسیم شده‌اند که تعدادی از آن‌ها در شکل ۷، نشان داده شده است. به دلیل تداوم دبی رودخانه در کلیه روزهای سال ۱۳۷۴، تغییرات عمق سطح آب چاه‌ها در این سال، به طور تقریبی منظم بوده و به جز در چند مورد در ماه‌های مختلف تفاوت محسوسی نداشته است، اما در سال ۱۳۸۸ وضعیت متفاوت بوده است. بر اساس نتایج به دست آمده، در کلیه چاه‌های در حریم کمتر از شش کیلومتری رودخانه، تغییرات عمق سطح آب چاه‌ها به شدت وابسته به دبی ورودی به منطقه است، به طوری که در فصل بهار و تابستان که دبی در کمترین مقدار خود است، روند افزایشی در عمق سطح آب به روشنی دیده می‌شود و در شهریور ماه به حداکثر مقدار خود می‌رسد. پس از آن با برقراری جریان در فصل پاییز، روند افزایشی عمق سطح آب به یکباره متوقف شده و تراز آب چاه‌ها بالا می‌آید. بعد از آذرماه به دلیل اینکه جریان رودخانه هر چند به مقدار کم همچنان برقرار بوده و برداشت‌ها تعدیل می‌شود. افزایش سطح آب سفره همچنان دیده می‌شود. این روند با افزایش فاصله از رودخانه کاهش می‌یابد، به طوری که تا فاصله ۱۰ کیلومتری از رودخانه اثر افزایش دبی جریان رودخانه بر عمق سطح آب چاه‌ها هنوز قابل تشخیص است. اما بعد از این فاصله تأثیر آن به شدت کاهش

مانند کنار ایستگاه معدن، مجیدآباد و قهجاورستان، که در فاصله‌های دورتری از رودخانه زاینده‌رود واقعند، تأثیر تغییرات دبی در طول سال بر سطح آب چاه‌ها، چندان مشخص نیست. این امر نشان دهنده تأثیر قابل توجه رودخانه زاینده‌رود بر منابع آب زیرزمینی دشت کوهپایه-سگری است. نتایج به دست آمده توسط اکسی و همکاران (۲۰۱۰) در چین نیز نشان می‌دهد که رودخانه و میزان فاصله از آن تأثیر زیادی بر منابع آب زیرزمینی دارد.

تمام طول سال، اثر بارش بیشتر قابل تشخیص است. اما در سال ۱۳۸۸ به دلیل نوسانات شدید جریان ورودی به منطقه، اثر دبی روی چاه‌های نزدیک به آن بسیار بیشتر از بارش بوده است. همان‌طور که در شکل ۷ نشان داده شده است، عمق سطح آب چاه‌های ایچی، شاه‌طور و شرق گاوداری فکا که به ترتیب در فاصله کمتر از ۲، ۴-۶ و ۴-۶ کیلومتری از رودخانه واقع هستند با تغییرات دبی ورودی به منطقه، نوسانات بیشتری را از خود نشان می‌دهند. اما در چاه‌هایی



شکل ۷- عوامل مؤثر روی عمق سطح آب چاه‌های منتخب



ادامه شکل ۷-۷

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان می‌دهد که آبخوان دشت کوهپایه-سگری در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۷۴ به طور متوسط ۳/۵ متر افت داشته است. از طرفی میزان افت در چاه‌های مختلف متفاوت بوده است، به طوری که بیشترین افت در مناطق واقع در ۳۰ کیلومتری ابتدای دشت رخ داده است. از طرفی با توجه به تغییرات کم پارامترهای اقلیمی در ابتدا و انتهای دوره آماری، نمی‌توان افت سفره را با تغییرات پارامترهای اقلیمی توجیه کرد. در حقیقت می‌توان گفت که با توجه به تغییر پذیری کمتر پارامترهای دیگر در دو سال ابتدا و انتهای دوره آماری، کاهش شدید دبی ورودی به منطقه و به دنبال آن برداشت بیشتر از منابع آب زیرزمینی برای جبران کمبود منابع آب سطحی، سبب افت چشم‌گیر سطح سفره آب زیرزمینی منطقه در سال ۱۳۸۸ نسبت به سال ۱۳۷۴ شده است. علاوه بر این، تغییرات ماهانه سطح آب چاه‌ها نیز نشان می‌دهد که چاه‌ها بسته به فاصله از رودخانه زاینده‌رود واکنش‌های مختلفی به تغییرات ماهانه دبی رودخانه نشان می‌دهند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که سطح آب در چاه‌های واقع در حریم کمتر از

شش کیلومتری رودخانه زاینده‌رود، تحت تأثیر دبی رودخانه قرار گرفته و به تغییرات دبی رودخانه واکنش نشان می‌دهد. میزان تأثیرپذیری سطح آب چاه‌ها در اثر تغییر دبی رودخانه با افزایش فاصله از رودخانه کاهش می‌یابد. از طرفی میزان این واکنش‌ها در طول دو سال ۱۳۷۴ و ۱۳۸۸ متفاوت بوده است. تغییر دبی در طول سال ۱۳۸۸ سبب نوسانات قابل توجه سطح سفره به خصوص در بخش‌های نزدیک به رودخانه در این سال شده است. در حقیقت می‌توان گفت که به دلیل اینکه در سال ۱۳۷۴ دبی رودخانه در طول سال تداوم داشته است، بستر رودخانه همواره اشباع بوده و میزان نفوذپذیری از سطح کم بوده است. اما در سال ۱۳۸۸ با کاهش شدید دبی و وجود روزهایی با دبی صفر، بستر از حالت همیشه اشباع خارج شده و حتی خشک شده است. با جریان یافتن مجدد آب در جایی که بستر خشک بوده، نفوذپذیری از کف افزایش یافته و همین امر سبب نوسان منابع آب زیرزمینی شده است. از طرفی چاه‌هایی که در نزدیکی رودخانه هستند تحت تأثیر میزان آب نفوذ یافته در ماه‌های مختلف واکنش شدیدتری نشان می‌دهند و با افزایش فاصله از رودخانه، چاه‌ها کمتر تحت تأثیر رودخانه

قرار گرفته‌اند.

منابع

۱. اسمی‌خانی م. صفوی ح. ر. و یزدانی پور م. ۱۳۸۹. مدیریت تلفیقی منابع آب سطحی و زیرزمینی با کاربرد روش های ماشین بردار پشتیبان و الگوریتم ژنتیک. پنجمین کنگره ملی مهندسی عمران. مشهد.
۲. جعفری ملک‌آبادی ع. موسوی س. ف. افیونی م. و خسروی ا. ۱۳۸۲. بررسی آلودگی نترات در آب‌های زیرزمینی حاشیه رودخانه زاینده‌رود. مجله کشاورزی. ۵۴-۴۳: (۱)۵.
۳. رحیمی ن. نصری م. و اسلامیان س. س. ۱۳۸۸. بررسی دوره‌های ترسالی و خشکسالی و اثرات آن بر تغییرات منابع آب حوضه آبخیز دشت بوئین. مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی. ۲۰(۱): ۷۵-۹۰.
۴. شاهی‌دشت ع. ر. و عباس‌نژاد ا. ۱۳۹۰. ارائه راهکارهای مدیریتی منابع آب زیرزمینی دشت‌های استان کرمان. فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی. ۷(۲): ۱۴۶-۱۳۱.
۵. عزیزی ق. ۱۳۸۲. ارتباط خشکسالی‌های اخیر و منابع آب زیرزمینی در دشت قزوین. مجله پژوهش‌های جغرافیایی. ۳۵(۳): ۱۳۱-۱۴۴.
۶. کریمی ز. پرهت ج. حیدری‌زاده م. و عبده کلاهچی ع. ۱۳۹۱. بررسی تأثیر آب‌های سطحی بر روی سطح آب زیرزمینی ماهی‌دشت. فصلنامه زمین. ۷(۲۳): ۶۳-۷۸.
۷. نادریان‌فر م. انصاری ح. ضیائی ع. ن. و داوری ک. ۱۳۸۹. بررسی روند تغییرات سطح آب زیرزمینی تحت شرایط اقلیمی مختلف در حوضه نیشابور. مجله مهندسی آبیاری و آب. ۱(۳): ۲۲-۳۷.
۸. نادریان‌فر م. و انصاری ح. ۱۳۹۰. ارزیابی اثرات شدت-مدت خشکسالی‌ها در مقیاس زمانی گوناگون بر نوسان‌های سطح آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت نیشابور). مجله مهندسی منابع آب. ۴: ۱-۱۶.
۹. ولایتی س. غیور ح. ع. و شفیعا ص. ۱۳۸۳. بررسی رژیم هیدرولوژیکی رودخانه‌ی فریزی (زیرحوضه کشف رود) و نقش آن در تغذیه آبخوان دشت مشهد. مجله جغرافیا و توسعه. ۳: ۴۷-۷۲.

10. Cardenas M. B. and Zlotkik V. A. 2003. Three-dimensional model of modern channel bend deposits. *Journal of Water Resources Research*, 39(6): 1141.

چنان‌که ذکر شد، فعالیت اصلی ساکنین دشت کوهپایه-سگری کشاورزی است که با استفاده توأم منابع آب سطحی (رودخانه زاینده‌رود) و زیرزمینی (سفره‌های آب زیرزمینی)، انجام می‌شود. با کاهش شدید دبی ورودی به منطقه، فشار به منابع آب زیرزمینی برای تداوم کشت و کار در منطقه افزایش یافته که سبب افت هرچه بیشتر سفره آب زیرزمینی شده است. در منطقه مطالعاتی، تمرکز فعالیت‌های کشاورزی در محل ورود رودخانه به دشت (۳۰ کیلومتری ابتدای رودخانه) بیش از سایر مناطق دشت است. با وجود کاهش دبی ورودی در سال‌های اخیر، فعالیت کشاورزی در این محل مختل نشده و همین امر سبب شده است تا کمبود آب با برداشت و فشار بیشتر بز سفره زیرزمینی جبران شود که سبب افت بیشتر سفره در این مناطق شده است. در پایاب رودخانه (ورزنه) به دلیل افت زیاد کیفیت منابع آب زیرزمینی، افزایش برداشت از سفره و ادامه فعالیت کشاورزی به اندازه مناطق دیگر مقدور نبوده است. با کاهش جریان ورودی به منطقه و تداوم این وضعیت در چند سال، فعالیت کشاورزی در مناطق انتهایی دشت مختل و یا به شدت کاهش یافته است. پس کاهش برداشت از سفره سبب افت کمتر سفره در این مناطق نسبت به مناطق بالادست دشت شده است. البته همین امر سبب مشکلات بسیاری در این مناطق شده است.

عدم رعایت حقابه‌ها، عدم رعایت میزان آب موجود در سیستم رودخانه و تونل‌ها، ایجاد مصارف جدید و برداشت‌های غیرقانونی در بالادست رودخانه، صدور مجوزهای پمپاژ از رودخانه و از سوی دیگر توسعه صنایع مصرف کننده آب و افزایش جمعیت ساکنان در حاشیه رودخانه زاینده‌رود در مجموع سبب بیشتر شدن مصارف نسبت به منابع شده که در نهایت باعث افت سفره آب زیرزمینی شده است. به نظر می‌رسد که بهترین راه برای حل مشکل در دراز مدت، برگرداندن حقابه‌ها و ساماندهی نظام برداشت و توزیع آب و ترویج فرهنگ مصرف صحیح آب است.

سپاس‌گزاری

نویسندگان بر خود لازم می‌دانند تا از کارکنان اداره‌های هواشناسی و آب منطقه‌ای استان اصفهان به دلیل در اختیار گذاشتن داده‌های لازم تشکر و قدردانی کنند.

11. Changnon S. A. Huff F. A. and Hsu C. F. 1988. Relations between precipitation and shallow groundwater in Illinois. *Journal of Climate*. 1: 1239-1250
12. Eckhardt K. and Ulbrich U. 2003. Potential impacts of climate change on groundwater recharge and streamflow in a central European low mountain range. *Journal of Hydrology*. 284: 244-252.
13. Herrera-Pantoja M. and Hiscock K. M. 2007. The effects of climate change on potential groundwater recharge in Great Britain. *Journal of Hydrological Processes*. 22:73-86.
14. Islam A. Sikka A. K. Saha B. and Singh A. 2012. Streamflow response to climate change in the Brahmani River basin, India. *Journal of Water Resour. Manage*. 26:1409-1424.
15. Jyrkama M. I. and Sykes J. F. 2007. The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the grand river watershed (Ontario). *Journal of Hydrology*. 338: 237-250.
16. McCallum J. L. Crosbie R. S. Walker G. R. and Dawes W. R. 2010. Impacts of climate change on groundwater in Australia: a sensitivity analysis of recharge. *Journal of Hydrogeology*. 18: 1625-1638.
17. Mileham L. Taylor R. G. Todd M. Tindimugaya C. and Thompson J. 2009. The impact of climate change on groundwater recharge and runoff in a humid, equatorial catchment: sensitivity of projections to rainfall intensity. *Journal of Hydrological Sciences*. 54: 727-738.
18. Ninghu Su. 1994. A formula for computation of time-varying recharge of groundwater. *Journal of Hydrology*. 160: 123-135.
19. Panda D. K. Mishra A. Jena S. K. James B. K. and Kumar A. 2007. The influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India. *Journal of Hydrology*. 343: 140-153.
20. Scibek J. and Allen D. M. 2006. Modeled impacts of predicted climate change on recharge and groundwater levels. *Journal of Water Resources Research*. 42: W11405.
21. Wada Y. Beek L. P. H. V. Kempen C. M. V. Reckman J. W. T. M. Vasak S. and Bierkens M. F. F. P. 2010. Global depletion of groundwater resources. *Journal of Geophysical Research Letters*. 37: L20402.
22. Xi H. Feng Q. Si J. Chang Z. and Cao S. 2010. Impacts of river recharge on groundwater level and hydrochemistry in the lower reaches of Heihe River Watershed, northwestern China. *Journal of Hydrogeology*. 18: 791-801.

