تحلیل تغییرات منابع آب زیرزمینی در ارتباط با ناپایداری منابع آب حوضه زاینده‌رود

سعید صالحیان[۱] رحمت‌اله منشی‌زاده[۲]
۱- دکتری جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه شهید بهشتی تهران
۲- دانشیار جغرافیا و برنامه ریزی روستایی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

تاریخ دریافت: ۹۷/۰۱
تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۴

چکیده

حوضه آبریز رودخانه زاینده‌رود یکی از حساس‌ترین حوضه‌های آبریز کشور به لحاظ سیاسی، اجتماعی و اقتصادی است. در دو دهه اخیر حوضه زاینده‌رود دچار تنش آبی شده، به طوری که حدود سه پنجم طول رودخانه در قسمت‌های میانی و پایین‌دست با ناپایداری منابع آب مواجه شده و به طور موقتی در آمده است. با خشکی جریان آب رودخانه، تخصیص آب به بخش کشاورزی با مشکل مواجه شده، به طوری که در ۱۰ سال اخیر تنها ۵ بار و آن هم فقط در چند ماه آب به طور کامل جریان داشته است. موقعیت بسته و خاصیت زایندگی حوضه زاینده‌رود به گونه‌ای است که میزان برداشت از آب زیرزمینی در وقوع یا تشدید ناپایداری آبی حوضه مؤثر می‌باشد. در این پژوهش منابع آب زیرزمینی (قنات، چاه) و چشمه‌های موجود در حوضه زاینده‌رود در دو دوره آمار برداری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ و تغییرات آن-ها مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. نتایج پژوهش نشان می‌دهد که پس از وقوع ناپایداری منابع آب، کشاورزان برای جبران کم آبی و ادامه فعالیت خود، سعی در جبران کمبود آب از طریق حفر چاه و بهره‌برداری از آب زیرزمینی داشته‌اند. این امر در افزایش چاه‌ها از بخش‌های میانی حوضه تا انتهای رودخانه قابل مشاهده است، به طوری که طی ۱۰ سال (۹۰-۱۳۸۰) حدود ۹۰۰۰ حلقه چاه برای جبران کم آبی در حوضه زاینده‌رود حفر شده و طی این زمان به طور میانگین ۵ متر سطح ایستابی سفره‌های زیرزمینی کاهش یافته است. همچنین در این دوره قنوات حوضه زاینده‌رود با کاهش آبدهی و خشکی شدیدی روبرو شده و تعداد چشمه‌ها نیز به دلایل اقلیمی، کاهش داشته است. افزایش برداشت از سفره‌های زیرزمینی موجب تشدید وضعیت ناپایدار آبی و خشکی حوضه گردیده است.

واژه‌های کلیدی: منابع آب زیرزمینی، چاه، قنات، چشمه، حوضه آبریز زاینده‌رود

مقدمه

رشد شتابان توسعه و نیازهای روز افزون بشر به منابع طبیعی از جمله منابع آب باعث ایجاد عدم تعادل بین عرضه و تقاضا شده و در نهایت ناپایداری‌هایی را در اغلب مناطق دنیا به ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک نظیر کشور ما ایجاد نموده است. این ناپایداری‌ها به ویژه در شرایط اقلیمی نظیر کاهش بارندگی و افزایش دما به شدت نمایان‌تر شده و باعث ایجاد نابسامانی در زندگی و حتی ایجاد تنش‌های اجتماعی شده است (Ardakanian, 2005، به نقل از صفوی و راست قلم، ۱۳۹۵).

پایداری استفاده از آب به معنای حفاظت منافع برای مکان یا گروهی خاص و کم نشدن آن در طول زمان می‌باشد. پایداری آب حفظ ترکیبی از نیازها و منافع همه بهره‌برداران حاضر بوده، بدون آنکه منافع دیگر بهره‌برداران، از جمله اکوسیستم‌های طبیعی کاهش یابد. این تعریف حقوق نسل‌های آینده یا رشد جمعیت را نیز در بر می‌گیرد (Gleick, 1998). ناپایداری منابع آب می‌تواند به دو دلیل دگرگونی ذخایر و جریان‌های آب که دسترسی آن در فضا یا زمان تغییر می‌کند و نیز به واسطه تغییر میزان بهره‌برداری از یک منبع، به دلیل تغییر استانداردهای زندگی، تکنولوژی، سطوح

[1] saeid.salehian@gmail.com نویسنده مسئول: سعید صالحیان

جمعیتی و یا رسوم اجتماعی رخ دهد. دسترسی به آب از هر دو عامل طبیعی و انسانی تأثیر می‌پذیرد؛ از جمله تغییرات آب و هوایی، رشد جمعیت با کاهش سرانه آب موجود، آلودگی با کاهش تأمین آب قابل استفاده و استفاده بیش از حد از ذخایر، از قبیل بهره‌برداری بی‌رویه از ذخایر آب زیرزمینی و عوامل تکنولوژیکی (Gleick, 1998).

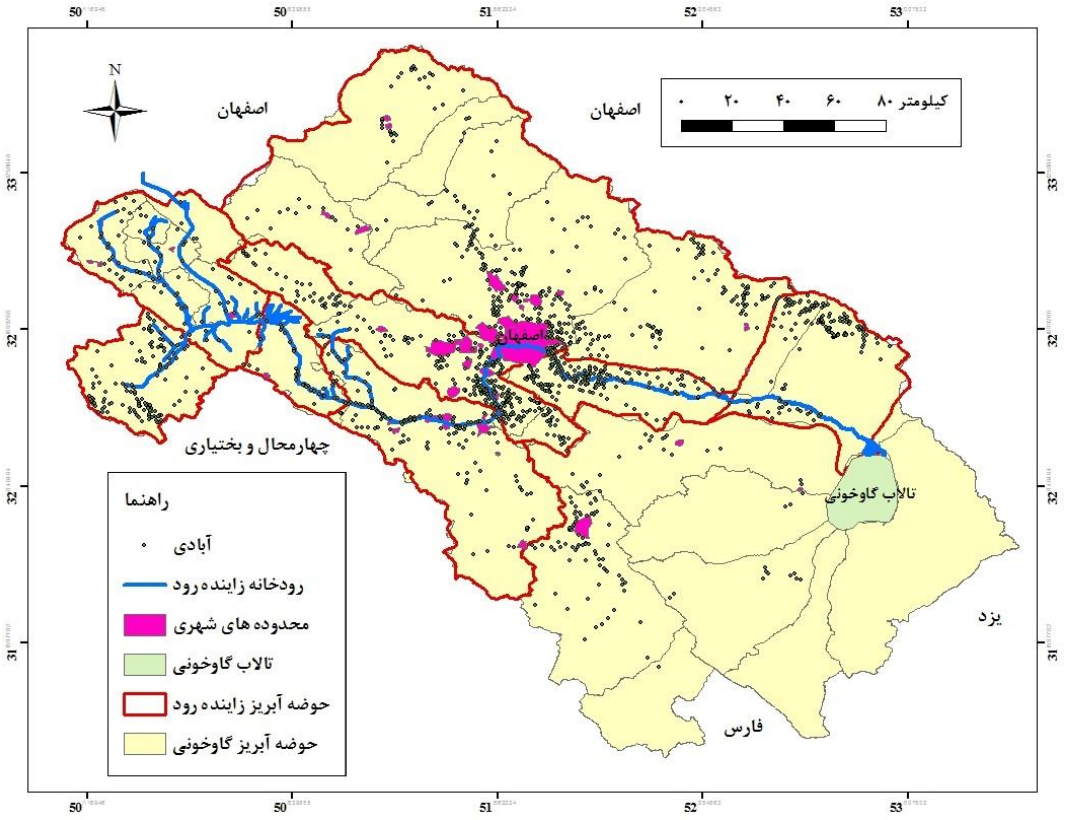
رودخانه زاینده‌رود مهم‌ترین و حیاتی‌ترین رودخانه منطقه اصفهان به منظور توسعه کشاورزی، تأمین آب بخش شرب و صنعت و کلیه فعالیت‌های اقتصادی می‌باشد (سید قاسمی، ۱۳۸۵). این رودخانه از کوه‌های زاگرس- زردکوه بختیاری (با ارتفاع حدود ۴۵۰۰ متر از سطح دریا)، حوضه آبریز زاینده‌رود منشأ گرفته و با جهت غربی- شرقی به سوی دشت مرکزی ایران سرازیر می‌شود و سرانجام در تالاب گاوخونی فرو می‌نشیند (سالمی و حیدری، ۱۳۸۵). وقوع تغییرات اقلیمی و افزایش بهره‌برداری از ظرفیت آب رودخانه برای مصارف گوناگون، موجب شده نزدیک به دو سوم طول رودخانه، از سد تنظیمی چم آسمان تا تالاب گاوخونی، در سال‌های اخیر خشک شده و یا به صورت موقتی درآید (صالحیان، ۱۳۹۶). با کاهش آب رودخانه، تخصیص آب به بخش کشاورزی و زیست محیطی در بخش‌های میانی و پایین‌دست با مشکل روبرو شده به طوری که طی سال‌های ۹۵-۱۳۸۶ تنها ۵ سال و آن هم در برخی ماه‌ها، آب به بخش کشاورزی در این بخش‌ها اختصاص پیدا کرده و بقیه سال‌ها بخش اعظم رودخانه خشک بوده است. این کاهش منابع آب و یا بی‌نظمی جریان آبی، تحت عنوان ناپایداری منابع آب حوضه یاد می‌شود. با توجه به اهمیت منابع آب زیرزمینی در وقوع و تشدید ناپایداری منابع آبی و نیز تاثیرپذیری مستقیم آن از کاهش جریان آب رودخانه، در این پژوهش تغییرات منابع آب زیرزمینی، میزان بهره‌برداری و نقش آن در ناپایداری منابع آبی حوضه و نیز اثرات ناپایداری منابع آبی حوضه بر آن مورد بررسی قرار می‌گیرد.

موقعیت جغرافیایی محدوده

حوضه آبریز زاینده‌رود با وسعت ۲۶۹۱۷ کیلومتر مربع قسمت عمده‌ای از حوضه آبریز بسته تالاب گاوخونی را در بر می‌گیرد که این حوضه آبریز خود جزئی از حوضه آبریز کویر مرکزی ایران است. حوضه زاینده‌رود از شمال به حوضه آبریز دریاچه نمک، از غرب و جنوب غرب به حوضه آبریز کارون و دز، از شرق به حوضه آبریز دق سرخ و کویر سیاه کوه و از جنوب به حوضه آبریز شهرضا محدود می‌گردد. مرتفع‌ترین نقطه حوضه کوه کربوش با ارتفاع ۳۹۷۴ متر از سطح دریا و کم ارتفاع‌ترین نقطه حوضه تالاب گاوخونی با ارتفاع ۱۴۵۰ متر از سطح دریا می‌باشد (شکل ۱).

تغییرات آب و هوا در این حوضه بسیار چشمگیر است. در حالی که ناحیه چلگرد در غرب حوضه دارای بارش متوسط بیش از ۱۴۰۰ میلی‌متر می‌باشد، در شرق حوضه در کنار تالاب گاوخونی بارش متوسط از ۱۰۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌کند. از ۲۶۹۱۷ کیلومتر مربع مساحت حوضه زاینده‌رود، حدود ۹۳ درصد در محدوده اصفهان و ۷ درصد آن نیز در محدوده استان چهارمحال و بختیاری قرار دارد. بر طبق سرشماری سال ۱۳۸۵ جمعیت حوضه برابر ۳۶۶۸۰۰۰ نفر می‌باشد که از این تعداد حدود ۹۸ درصد در محدوده استان اصفهان و حدود ۲ درصد آن نیز در محدوده استان چهارمحال و بختیاری ساکن هستند (شرکت آب منطقه‌ای اصفهان، ۱۳۸۷: ۳). بارندگی در سرچشمه کوهرنگ حدود ۱۲۵۸ میلی‌متر و در اصفهان ۱۰۹ میلی‌متر، در پل زمانخان ۳۴۳ و در پل کله ۱۲۷ میلی‌متر است (حسینی ابری، ۱۳۷۹). میانگین بارندگی سالانه در حوضه مطالعاتی از کمتر از ۵۰ میلی‌متر در منتهی‌الیه مناطق کویری جنوب شرقی تا بیشتر از ۱۴۰۰ میلی‌متر در ارتفاعات کوه‌های غربی متغیر است (نجفی، ۱۳۸۲).

طول رودخانه برابر ۳۵۰ کیلومتر و مساحت کل حوضه برابر ۴۱۵۰۰ کیلومتر مربع می‌باشد. حوضه صرف نظر از بارش‌های زیاد در ارتفاعات کوهرنگ دارای آب و هوای خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. بارش متوسط در اصفهان که در ارتفاع ۱۸۰۰ متر از سطح دریا قرار گرفته است فقط ۱۳۰ میلی‌متر بوده که بیشتر آن در طی فصل زمستان و اوایل بهار می‌بارد. این در حالی است که تبخیر و تعرق پتانسیل در حوضه ۱۵۰۰ میلی‌متر می‌باشد و هیچ فعالیت کشاورزی و اقتصادی بدون وجود آب و آبیاری محصول امکان‌پذیر نمی‌باشد (سالمی و حیدری، ۱۳۸۵).

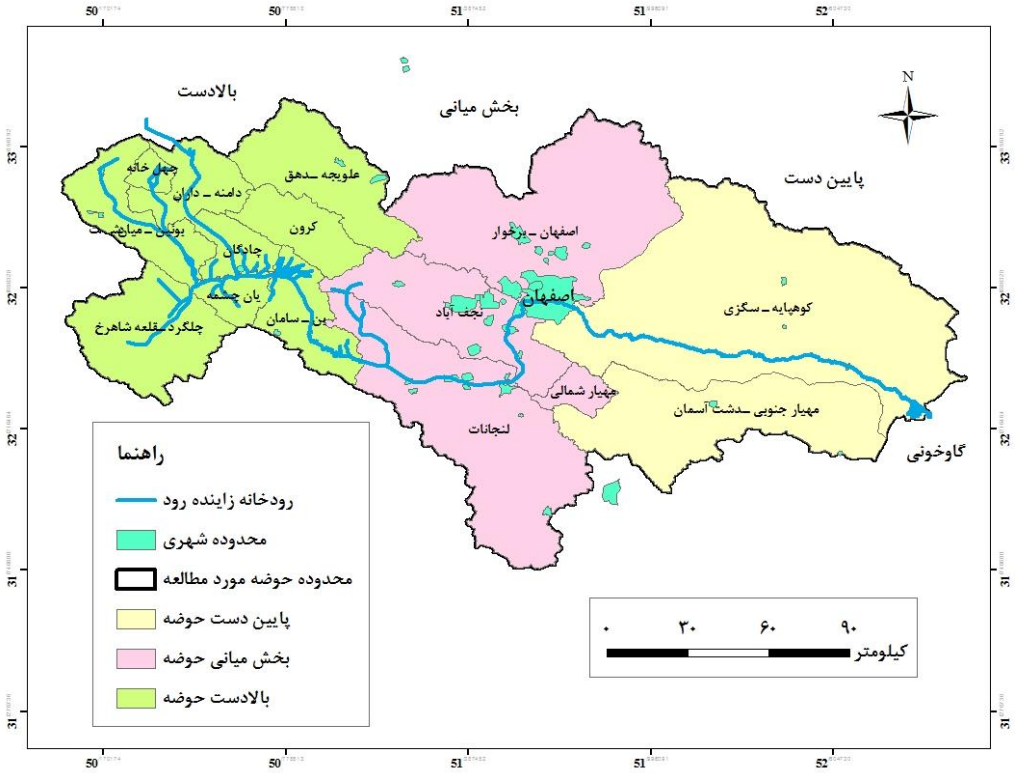


شکل (۱): موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز رودخانه زاینده‌رود

مواد و روش‌ها

این پژوهش از طریق روش توصیفی- تحلیلی انجام شده است. با توجه به اهمیت حوضه آبریز زاینده‌رود در سکونتگاه‌های انسانی ایران مرکزی و وقوع ناپایداری منابع آب در دهه اخیر که موجب پیامدهای زیست محیطی، اقتصادی و تعارضات اجتماعی گوناگونی در حوضه گردیده، در این پژوهش جهت شناخت علل و پیامدهای آن، منابع و مصارف آب زیرزمینی در بخش‌های مختلف حوضه مورد بررسی قرار گرفته است. اهمیت کاربردی و عدم پیشینه مطالعاتی مدون در مورد منابع و مصارف کلی آب حوضه زاینده‌رود، ضرورت پرداختن به این موضوع را برجسته می-سازد. داده‌های خام تحقیق از ادارات مربوطه از قبیل سازمان مدیریت منابع آب ایران و آب منطقه‌ای اصفهان اخذ شده و با توجه به اهداف پژوهش مورد تحلیل قرار گرفته است. در هر مرحله از پژوهش از نظر متخصصین دانشگاهی و کارشناسان سازمانی استفاده شده است. بر این اساس معناداری تغییرات حجم سفره‌های زیرزمینی، تعداد چاه‌ها، قنوات و چشمه‌ها و نیز میزان آبدهی این منابع آبی در دو دوره آماری سال ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ در مقایسه با جریان آب رودخانه و وقوع ناپایداری منابع آب مورد بررسی قرار گرفته است.

منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن مطالعات کتابخانه‌ای، میدانی و برآیند مصاحبه با کارشناسان حوضه که منطبق با شرایط متفاوت بخش‌های مختلف حوضه است، محدوده به سه بخش تقسیم شده است. در بررسی تحول منابع آب زیرزمینی حوضه، بخشی از محدوده مطالعاتی حوضه گاوخونی وزارت نیرو معیار مطالعه تحول تعداد و میزان بهره برداری چاه، چشمه و قنات قرار گرفته است. این قسمت، شامل تعداد ۱۵ محدوده از ۲۱ محدوده مطالعاتی حوضه آبریز گاوخونی مد نظر وزارت نیرو می‌باشد. شکل (۲) نقشه زیر محدوده‌های مطالعاتی پژوهش را نشان می‌دهد.



شکل (۲): محدوده‌های مورد مطالعه پژوهش در حوضه آبریز زاینده‌رود

نتایج و بحث

بررسی منابع آب زیرزمینی حوضه آبریز زاینده‌رود بر اساس محدوده‌های مطالعاتی حوضه و بر حسب منابع آبی چاه، قنات و چشمه مورد بررسی قرار گرفته، ولی به دلیل نقش و اهمیت چاه‌ها، تأکید اصلی روی این منبع آبی است. هر یک از این محدوده‌ها از نظر وضعیت دشت، خصوصیات هیدروژئولوژی و واحدهای مصرف‌کننده آب از قبیل اراضی کشاورزی، شهرها واحدهای صنعتی، دارای ویژگی‌ها و شرایط منحصر به فردی می‌باشند.

در حوضه زاینده‌رود به دلیل کمبود منابع آب سطحی در مقایسه با نیازها و مصارف موجود، آب‌های زیرزمینی جایگاه بسیار مهمی به ویژه در آبیاری اراضی کشاورزی واقع در خارج از محدوده آبخور رودخانه زاینده‌رود بر عهده دارد. از کل مساحت ۲۶۹۱۷ کیلومتر مربعی حوضه زاینده‌رود، حدود ۱۵۹۱۷ کیلومتر مربع به دشت‌های حوضه اختصاص دارد و ۱۱۰۰۰ کیلومتر مربع آن را سازندهای سخت تشکیل می‌دهد. از مجموع مساحت دشت‌های حوضه نیز ۱۱۲۰۸ کیلومتر مربع به آبخوان‌ها تعلق دارد. حوضه آبریز گاوخونی شامل ۲۱ محدوده مطالعاتی در بحث آب‌های زیرزمینی است که ۱۶ واحد مطالعاتی آن مربوط به حوضه رودخانه زاینده‌رود می‌باشد. هر یک از این محدوده‌ها با توجه به وضعیت دشت‌ها، آبخوان‌ها و خصوصیات هیدروژئولوژیک، به عنوان یک واحد مطالعاتی انتخاب شده و آمار و اطلاعات آب‌های زیرزمینی به تفکیک این محدوده‌ها مطالعه و منتشر می‌گردد. کوچک‌ترین واحد مطالعاتی در حوضه، محدوده مطالعاتی چهل خانه با مساحت ۱۵۲ کیلومتر مربع و بزرگ‌ترین آن کوهپایه ـ سگزی با وسعت ۶۸۱۹ کیلومتر مربع می‌باشد.

در این قسمت، منابع آب زیرزمینی در محدوده حوضه زاینده‌رود مشخص شده توسط محقق، در دو دوره آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ مورد بررسی و مقایسه قرار گرفته است. این محدوده، ۱۵ ناحیه از ۲۱ محدوده مطالعاتی وزارت نیرو را در برمی‌گیرد. بر این اساس، تحول سفره‌های آب زیرزمینی و تغییرات تعداد، مشخصات و ذخایر منابع آب زیرزمینی به تفکیک چاه، قنات و چشمه در این دو دوره مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرد.

چاه

چاه‌ها در بخش‌های مختلف حوضه پراکنده‌اند، ولی بیشترین تعداد چاه‌ها در حاشیه رودخانه و به ویژه در بخش میانی و سپس پایین‌دست حوضه مورد مطالعه مستقر هستند. تحلیل‌ها نشان می‌دهد، تعداد چاه‌ها در دوره وقوع ناپایداری منابع آب افزایش شدیدی داشته و تنها در یک دوره ۵ ساله تعداد ۹۲۷۷ حلقه چاه، برای جبران کم آبی در حوضه مورد مطالعه افزوده شده است. در بررسی سفره آب‌های زیرزمینی، در سال ۱۳۸۵ میانگین سطح آب ۱۹/۹ متر از سطح زمین و عمق چاه‌های بهره‌برداری از آب، ۴۰/۴ متر بوده که در سال ۱۳۹۰ و با افزایش بهره‌برداری از آب به سطح آب ۲۴/۹ متری از سطح زمین و میانگین عمق چاه‌ها به ۴۵/۲ متری رسیده است؛ میزان تخلیه آب از چاه‌های محدوده، در آماربرداری سال ۱۳۸۵ میانگین بیش از ۳ میلیارد متر مکعب در سال بوده و در آمار سال ۱۳۹۰ این میزان، بیش از ۲ میلیارد متر مکعب در سال رسیده است. این کاهش تخلیه چاه، علی‌رغم افزایش تعداد چاه‌ها، احتمالاً ناشی از ناپایداری آب رودخانه در این دوره و کاهش ذخایر سفره آب‌های زیرزمینی سطحی و کم‌عمق می‌باشد که مستقیماً از آب رودخانه تغذیه می‌شوند. میانگین دبی آبدهی چاه‌ها از ۹/۱۶ لیتر در ثانیه به ۸/۵۳ لیتر کاهش یافته است. در سال ۱۳۸۵، میانگین ساعات کارکرد سالانه هر چاه، ۴۱۲۵ ساعت بوده و در آمار ۱۳۹۰ به سالانه ۴۶۵۴ ساعت برای هر چاه افزایش یافته است. کل ساعات کارکرد سالانه چاه‌ها نیز از ۷۳ میلیون ساعت سال ۱۳۸۵ به ۸۹ میلیون ساعت، افزایش یافته است.

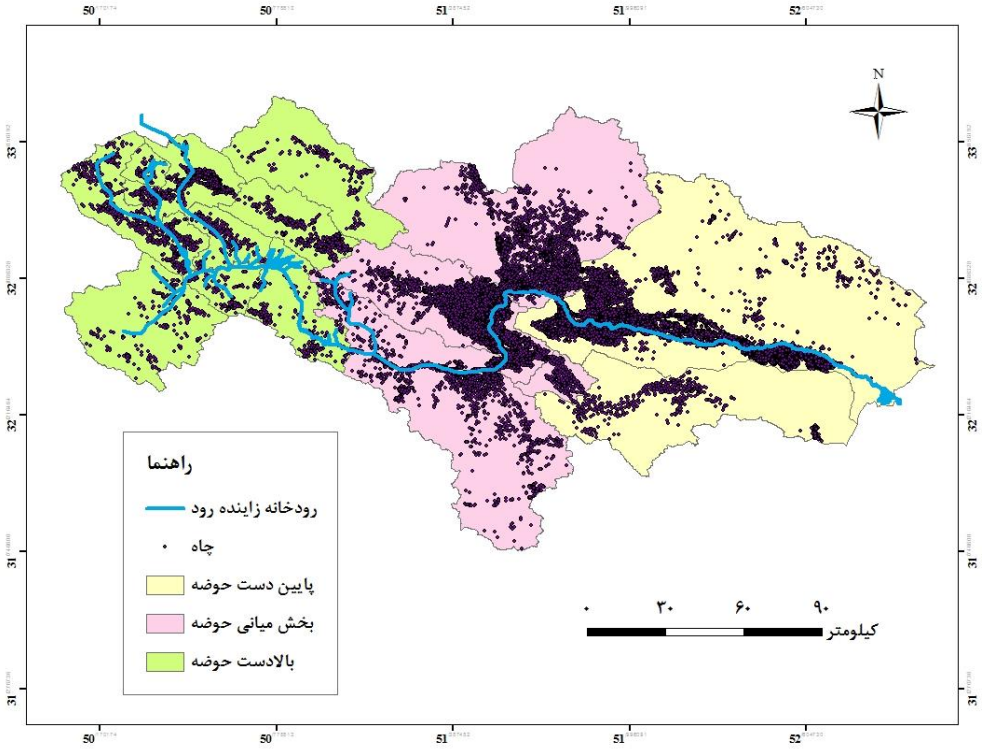
بررسی شاخص‌های منبع آبی چاه در قسمت‌های مختلف حوضه نشان می‌دهد، تعداد چاه‌ها در بخش میانی و پایین‌دست افزایش چشم‌گیری در این دوره داشته و در بخش میانی حوضه، ۳۹۲۹ حلقه چاه و در بخش پایین‌دست ۵۴۷۱ حلقه چاه جدید حفر شده است. درواقع تقریباً در یک دوره ۵ ساله که منطبق بر زمان وقوع ناپایداری منابع آب در حوضه زاینده‌رود بوده، ۹۴۰۰ حلقه چاه جدید در بخش میانی و پایین‌دست حوضه که رودخانه از حالت دائمی خارج شده، حفر گردیده است. میانگین عمق چاه‌ها در حوضه ۴/۸ متر افزایش یافته که در قسمت بالادست ۶/۶۵ متر، در قسمت میانی ۵/۵۵ متر و در بخش پایین‌دست ۶/۲۸ متر به طور میانگین بر عمق چاه‌ها افزوده شده است (شکل ۳).

تخلیه سالانه آب زیرزمینی از طریق چاه در این دوره افزایش چشمگیری داشته و سالانه نزدیک به ۹۳۲ میلیون متر مکعب بر برداشت آب از چاه‌ها در حوضه افزوده شده است. بیشترین میزان تخلیه آب زیرزمینی در قسمت پایین‌دست و در محدوده کوهپایه- سگزی صورت گرفته که خشکی رودخانه بیشترین تأثیر را بر این محدوده داشته است. میانگین برداشت سالانه چاه‌ها در بخش پایین‌دست از یک میلیارد متر مکعب در سال ۱۳۸۵ به ۴۹۴ میلیون متر مکعب رسیده و ۶۷۱ میلیون متر مکعب کاهش سالانه برداشت آب داشته است. این کاهش حجم تخلیه آب به طور مستقیم با ناپایداری منابع آب رودخانه و کاهش آب ورودی رودخانه به منطقه ربط دارد. در قسمت بالادست، تخلیه سالانه چاه‌ها ۲۴۳ میلیون متر مکعب کاهش داشته و در بخش میانی، کاهش تخلیه آب چاه‌ها رقم ۱۸ میلیون متر مکعب را نشان می‌دهد. علت عدم کاهش شدید تخلیه بخش میانی، آبدهی مناسب چاه‌های عمیق و سفره‌های عمیق زیرزمینی با کیفیت مناسب بوده، در حالی که در بخش‌های زیادی از پایین‌دست حوضه، آب سفره‌های عمیق زیرزمینی، کیفیت مناسب را نداشته و چاه‌های سطحی نیز وابسته به جریان آب رودخانه بوده و اندکی پس از خشکی رودخانه، خشک می‌شوند. میانگین دبی بهره‌برداری سالانه هر چاه نزدیک به ۱ لیتر در ثانیه کاهش داشته است (جدول ۱). شکل (۴) پراکندگی چاه‌ها در محدوده مورد مطالعه حوضه را نشان می‌دهد.

شکل (۳): تحول تعداد و عمق چاه‌ها در کل حوضه زاینده‌رود (۱۳۹۰-۱۳۸۵)

جدول (۱): تغییرات ویژگی‌های آب زیرزمینی منبع چاه در سال‌های آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰

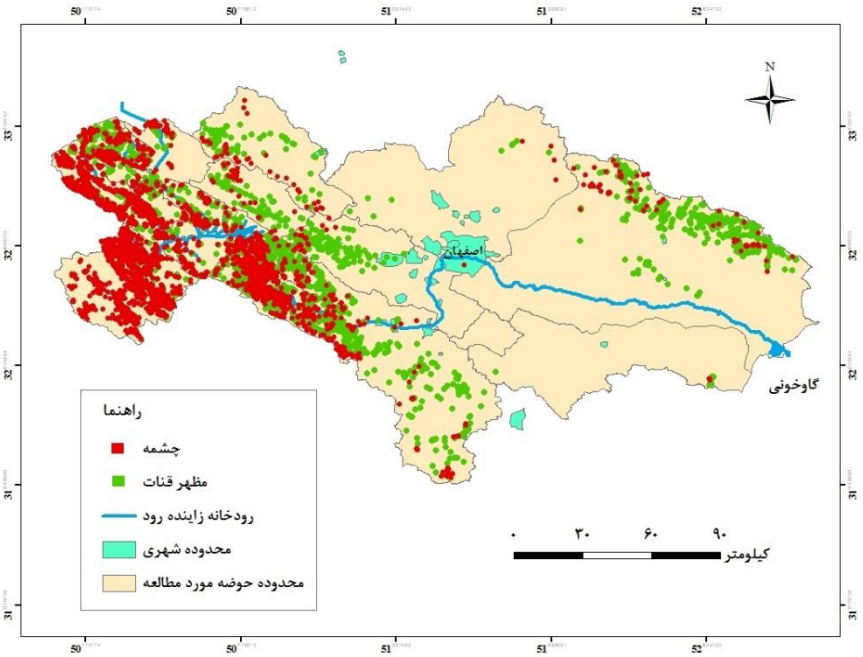
منبع آبی	ویژگی	واحد سنجش	۱۳۸۵	۱۳۹۰	اختلاف
چاه کل	تعداد چاه	تعداد	۴۰۸۰۵	۵۰۰۸۲	۹۲۷۷
	میانگین عمق چاه	متر	۴۰/۴۰	۴۵/۲۰	۴/۸
	میانگین سطح آب	متر	۱۹/۹	۲۴/۹	۵
	میانگین تخلیه سالانه هر چاه	متر مکعب	۹۲۰۳۴/۰۴	۸۶۴۲۳/۵۰	-۵۶۱۰/۵
	تخلیه سالانه چاه	میلیون متر مکعب	۳۲۵۹	۳۳۲۷	-۹۳۲
	میانگین دبی بهره‌برداری از چاه	لیتر در ثانیه	۹/۱۶	۸/۵۳	-۰/۶۳
	میانگین ساعت کارکرد سالانه	ساعت	۴۱۲۵	۴۶۵۴	۵۲۹
	کل ساعت کارکرد سالانه چاه‌ها	ساعت	۷۳۰۹۳۱۳۸	۸۹۵۶۶۸۸۷	۱۶۴۷۳۷۴۸
چاه بالادست	تعداد چاه	تعداد	۳۴۷۱	۳۳۴۷	-۱۲۴
	میانگین عمق چاه	متر	۵۷/۶۹	۶۴/۳۴	۶/۶۵
	میانگین تخلیه سالانه هر چاه	متر مکعب	۲۲۵۸۱۷	۱۵۶۳۱۲	-۶۹۵۰۵
	تخلیه سالانه چاه	میلیون متر مکعب	۵۶۷	۳۲۴	-۲۴۳
	میانگین دبی بهره‌برداری از چاه	لیتر در ثانیه	۱۴/۹۸	۱۱/۱۵	-۳/۸۳
	میانگین ساعت کارکرد سالانه	ساعت	۳۵۰۲	۳۲۰۳	-۲۹۹
	کل ساعت کارکرد سالانه چاه‌ها	ساعت	۸۸۶۷۴۸۰	۷۹۱۰۰۵۵	-۹۵۷۴۲۵
چاه میانی	تعداد چاه	تعداد	۲۰۸۶۶	۲۴۷۹۵	۳۹۲۹
	میانگین عمق چاه	متر	۵۲/۲۹	۵۷/۸۳	۵/۵۵
	میانگین تخلیه سالانه هر چاه	متر مکعب	۹۱۸۶۱	۹۹۶۵۴	۷۷۹۳
	تخلیه سالانه چاه	میلیون متر مکعب	۱۵۲۷	۱۵۰۹	-۱۸
	میانگین دبی بهره‌برداری از چاه	لیتر در ثانیه	۹/۲۵	۱۰/۲۰	۰/۹۵
	میانگین ساعت کارکرد سالانه	ساعت	۱۷۵۵	۲۱۳۵	۳۸۰
	کل ساعت کارکرد سالانه چاه‌ها	ساعت	۲۹۱۷۵۵۲۳	۴۱۰۷۵۰۳۶	۱۱۸۹۹۵۱۲
پایین‌دست	تعداد چاه	تعداد	۱۶۴۷۱	۲۱۹۴۲	۵۴۷۱
	میانگین عمق چاه	متر	۲۱/۸۳	۲۸/۱۱	۶/۲۸
	میانگین تخلیه سالانه هر چاه	متر مکعب	۷۱۵۷۰	۵۰۸۶۱	-۲۰۷۰۹
	تخلیه سالانه چاه	میلیون متر مکعب	۱۱۶۵	۴۹۴	-۶۷۱
	میانگین دبی بهره‌برداری از چاه	لیتر در ثانیه	۸/۱۱	۵/۳۰	-۲/۸۲
	میانگین ساعت کارکرد سالانه	ساعت	۲۱۵۳	۲۴۱۹	۲۶۶
	کل ساعت کارکرد سالانه چاه‌ها	ساعت	۳۵۰۵۰۱۳۵	۴۰۵۸۱۷۹۶	۵۵۳۱۶۶۱



شکل (۴): پراکندگی چاه‌ها در محدوده مورد مطالعه حوضه زاینده‌رود

قنات و چشمه

قنات و چشمه‌های حوضه آبریز زاینده‌رود، بیشتر در قسمت بالا دست پراکنده‌اند. بیشترین تعداد چشمه‌ها در قسمت بالادست حوضه و نزدیک به سرشاخه‌ها قرار داشته ولی در مورد قنات، علاوه بر بالا دست، در قسمت پایین‌دست (محدوده کوهپایه- سگزی، شمال شرق حوضه) نیز تعداد قابل توجهی قنات مشاهده می‌شود (شکل ۵).



شکل (۵): پراکندگی چشمه‌ها و قنوات در محدوده مورد مطالعه حوضه زاینده‌رود

تعداد قنوات در آمار برداری ۱۳۹۰ نسبت به سال ۱۳۸۵ در محدوده حوضه زاینده‌رود افزایش پیدا کرده ولی با میزان خشکی و کاهش آبدهی شدیدی مواجه بوده‌اند. میانگین عمق مادرچاه قنوات، ۲۹/۶ متر در سال ۱۳۸۵ و ۲۷/۴ متر در سال ۱۳۹۰ به ثبت رسیده است. تخلیه سالانه قنات‌های محدوده در آماربرداری ۱۳۸۵ عدد ۳۴۸ میلیون متر مکعب بوده که در سال ۱۳۹۰ با روندی کاهشی به ۱۷۸ میلیون متر مکعب رسیده که نشان می‌دهد بیش از نصف آبدهی قنوات با وقوع خشکسالی کاهش یافته است. میانگین دبی هر قنات در محدوده در سال ۱۳۸۵ میزان ۱۵/۶۲ لیتر در ثانیه بوده که در آمار ۱۳۹۵ به ۴/۷۶ لیتر در ثانیه رسیده است که طی حدود ۵ سال تقریباً دوسوم آبدهی قنوات کاهش یافته است. تعداد چشمه‌ها نیز عدد ۵۳۱۴ در سال ۱۳۸۵ و ۴۸۵۵ چشمه در سال ۱۳۹۰ به ثبت رسیده است که آمار کاهشی را نشان می‌دهد؛ می‌توان کاهش چشمه‌ها در حوضه زاینده‌رود را عمدتا به عوامل اقلیمی و کاهش بارش نسبت داد (جدول ۲). به طور کلی این جدول نشان می‌دهد، میزان آبدهی قنوات و تعداد و دبی چشمه‌ها در حوضه طی دوره ۱۳۹۰-۱۳۸۵ کاهش یافته، همچنین بر تعداد چاه‌های حوضه افزوده شده و ذخیره سفره‌های آب زیرزمینی کاهش یافته است.

جدول (۲): تحول سالانه منابع آب زیرزمینی حوضه زاینده‌رود (به تفکیک چاه، چشمه و قنات)

منبع آبی	ویژگی	واحد سنجش	۱۳۸۵	۱۳۹۰	اختلاف
چاه	تعداد چاه	تعداد	۴۰۸۰۵	۵۰۰۸۲	۹۲۷۷
	میانگین عمق چاه	متر	۴۰/۴۰	۴۵/۲۰	۴/۸
	میانگین سطح آب	متر	۱۹/۹	۲۴/۹	۵
	تخلیه سالانه چاه	میلیون متر مکعب	۳،۲۵۹	۲،۳۲۷	-۹۳۲
	میانگین دبی بهره‌برداری از چاه	لیتر در ثانیه	۹/۱۶	۸/۵۳	-۰/۶۳
	میانگین ساعت کارکرد سالانه	ساعت	۴۱۲۵	۴۶۵۴	۵۳۰
	کل ساعت کارکرد سالانه چاه‌ها	هزار ساعت	۷۳	۹۰	۱۷
قنات	تعداد قنات	تعداد	۲۰۱۵	۲۱۲۷	۱۱۲
	میانگین عمق مادرچاه قنات	متر	۲۹	۲۷	-۲
	تخلیه سالانه قنات	میلیون متر مکعب	۳۴۸	۱۷۸	-۱۶۹
	مجموع دبی قنات‌ها	لیتر در ثانیه	۱۳۷۹۶	۳۸۳۴	-۹۹۶۲
	میانگین دبی قنات	لیتر در ثانیه	۱۵	۴	-۱۱
چشمه	تعداد چشمه	تعداد	۵۳۱۴	۴۸۵۵	-۴۵۹
	تخلیه سالانه چشمه	میلیون متر مکعب	۳۴۵	۳۵۰	۵
	میانگین دبی چشمه	لیتر در ثانیه	۲/۲۹	۲/۰۴	-۰/۲۵

نتیجه گیری

موقعیت بسته و خاصیت زایندگی حوضه زاینده‌رود به گونه‌ای است که میزان برداشت از آب زیرزمینی در وقوع یا تشدید ناپایداری مؤثر می‌باشد؛ مطالعه چاه‌ها در حوضه زاینده‌رود نشان می‌دهد که پس از وقوع ناپایداری منابع آب، کشاورزان برای جبران کم‌آبی و ادامه فعالیت خود، سعی در جبران کمبود آب از طریق حفر چاه و بهره‌برداری از آب زیرزمینی داشته‌اند. این امر در افزایش چاه‌های غیرمجاز و مجاز از بخش‌های میانی حوضه تا انتهای رودخانه قابل مشاهده است، به طوری که با کاهش آب رودخانه در امتداد مسیر آن، تعداد چاه‌ها افزایش یافته است. همچنین میزان آبدهی چاه‌ها در حوضه، وابسته به منابع آبی رودخانه بوده و با کاهش جریان آب رودخانه، میزان آبدهی چاه‌ها نیز کاهش یافته است.

نتایج بررسی چاه‌ها به تفکیک محدوده‌ها نشان می‌دهد که در کل حوضه تعداد ۵۰۱۹۷ حلقه چاه در حوضه زاینده‌رود وجود داشته و حجم تخلیه آن سالانه ۲ میلیارد و ۴۲۰ میلیون متر مکعب می‌باشد. بیشترین حجم برداشت از سفره‌های زیر زمینی نیز، منطبق بر پراکندگی چاه‌ها از قسمت‌های میانی تا انتهای حوضه و در امتداد رودخانه صورت گرفته است، با این تفاوت که حجم برداشت آب در چاه‌های بخش‌های میانی، به دلیل سفره‌های آبی عمیق غنی‌تر، بیشتر و تعداد چاه‌های حفرشده در قسمت پایین‌دست بیشتر است.

منابع آب زیر زمینی در محدوده حوضه زاینده‌رود مشخص شده توسط نگارنده، در دو دوره منطبق بر وقوع پدیده ناپایداری منابع آب رودخانه مورد بررسی قرار گرفته است. این محدوده، ۱۵ ناحیه از ۲۱ محدوده مطالعاتی وزارت نیرو را در بر می‌گیرد. مقایسه منابع آب زیرزمینی در دو دوره آماری ۱۳۸۵ و ۱۳۹۰ نشان می‌دهد طی این دوره، تعداد حفر چاه‌ها برای جبران کمبود آب افزایش یافته و در مقابل به دلیل کاهش میزان ورودی آب رودخانه، میزان آبدهی چاه‌ها کاهش داشته است؛ به طوری که ۹۲۷۷ حلقه چاه جدید طی ۱۰ سال حفر شده و به طور میانگین در کل حوضه ۵ متر سطح سفره‌های آب زیرزمینی کاهش یافته و بر عمق چاه‌ها به طور میانگین ۵ متر افزوده شده است. این روند در بخش‌های میانی و پایین‌دست حوضه که منطبق بر کاهش جریان ورودی آب رودخانه است به طور شدیدتری قابل مشاهده است. همچنین در این دوره قنوات حوضه زاینده‌رود با کاهش آبدهی و خشکی شدیدی روبرو شده و تعداد چشمه‌ها نیز به دلایل اقلیمی، کاهش داشته است. در واقع افزایش برداشت از سفره‌های زیرزمینی موجب تشدید وضعیت ناپایدار آبی در حوضه گردیده است.

منابع

۱. حسینی ابری، س. ح. (۱۳۷۹). زاینده‌رود از سرچشمه تا مرداب، انتشارات گل‌ها، اصفهان.
۲. رحمانی فضلی، ع.ر. و س. صالحیان بادی (۱۳۹۵). بررسی پایداری محیطی گسترش سکونتگاه‌های انسانی در حوضه آبریز رودخانه زاینده‌رود، جغرافیا و مخاطرات محیطی، سال ۵، شماره ۱۸، مشهد، ۱۲۵-۱۰۵.
۳. سالمی، ح.ر. و ن. حیدری (۱۳۸۵). ارزیابی منابع و مصارف آب در حوضه آبریز زاینده‌رود (گزارش فنی)، انجمن علوم و مهندسی منابع آب، سال دوم. شماره ۱.
۴. سید قاسمی، س. (۱۳۸۵). پیش‌بینی تغییرات جریان رودخانه تحت تأثیر تغییر اقلیم مطالعه موردی: حوضه زاینده‌رود، پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده مهندسی عمران دانشگاه صنعتی شریف.
۵. شرکت آب منطقه‌ای اصفهان و مهندسین مشاور زایندآب (۱۳۸۷). تعیین منابع و مصارف آب در حوضه زاینده‌رود (جلد دهم، سنتز مطالعات). وزارت نیرو. تهران.
۶. صالحیان، س. (۱۳۹۶). پیامدهای فضایی گسترش سکونتگاه های انسانی و ناپایداری منابع آب کشاورزی در حوضه آبریز زاینده‌رود، رساله دکتری جغرافیا و برنامه‌ریزی روستایی، راهنما: عبدالرضا رحمانی فضلی، دانشگاه شهید بهشتی تهران.
۷. صفوی، ح.ر. و م. راست قلم (۱۳۹۵). راهکار برون رفت از بحران آب در حوضه آبریز زاینده‌رود: مدیریت توأمان تامین و مصرف آب، تحقیقات منابع آب، سال دوازدهم، شماره ۴، ۲۲-۱۲.
۸. نجفی، ع. (۱۳۸۲). اولویت‌بندی زیرحوضه‌های آبخیز اصفهان و سیرجان در تولید رسوب با استفاده از تجزیه و تحلیل منطقه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده منابع طبیعی، ص ۷۵.

9. Ardakanian R. *(2005). Overview of water management in Iran*, Water Conservation, Reuse, and Recycling: Proceedings of an Iranian-American Workshop, The National Academy Press, Washington DC, USA.
10. Gleick P.H. *(1998). WATER IN CRISIS: PATHS TO SUSTAINABLE WATER USE*. Ecological Applications. By the Ecological Society of America: *571-579*.

Analysis of changes in groundwater resources in relation with instability of water resource in Zayandeh-rud Basin"

Saeed Salehian[1] Rahmatollah Monshizadeh[2]
1- PhD. Graduate, Rural Geography and Planning, Shahid Beheshti University
2- Associate Professor, Rural Geography and Planning, Shahid Beheshti University

Received: 2018/04
Accepted: 2018/07

Abstract

Zayandeh-rud Basin is one of the most sensitive basins in Iran, politically, socially and economically. In the last two decades, the Zayandeh-rud basin has suffered from water stress, with about three-fifths of the length of the river in the middle and lower parts facing instability of water resources which have made those sections of the river seasonal. Due to the river water drying, water allocation to agricultural sector has been difficult, as water has flowed in the river only 5 times in the last decade, each time for few month. The closed condition and generative property of the Zayandeh-rud basin is such that the rate of exploitation of groundwater affects the occurrence or intensification of water instability in the basin. In this research, studied groundwater resources (Qanat, well) and springs in Zayandeh-rud basin are studied and compared during 2006 and 2011, two years in which a census was held. The results of the study show that after water resource instability, farmers tried to compensate for water reduction through well drilling and underground water utilization in order to continue their activities. This can be seen in the increase in the number of wells from the middle parts of the basin to the end of the river. In 10 years (2001-2011), about 9,000 wells were drilled to compensate for lack of water in the Zayandeh-rud basin and during this time, the average groundwater table level has fallen by an average of 5 meters. In addition, during this period, the qanats in Zayandeh-rud basin have either dried or showed reduced output. Similarly, the number of springs reduced due to climatic causes. Increased exploitation of underground aquifers has exacerbated the unstable condition of water and drought in the basin.

Keywords: Groundwater resources, Wells, Qanats, Springs, Zayandeh-Rud Basin