

تأثیر طرح‌های آبخوانداری بر تغییرات سفره آب زیرزمینی دشت گربایگان

غلامرضا قهاری^{۱*} و امیر گندمکار^۲

^۱ مربی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی فارس و ^۲ استادیار، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد نجف‌آباد

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۵

چکیده

در کشورهای توسعه نیافته و کمتر توسعه یافته مناطق خشک، برای تأمین آب مورد نیاز، ساده‌ترین راه یعنی برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی انتخاب می‌شود. پی‌آمد منفی این نوع برداشت در بخش کمیت منابع آب، روشن و ملموس است. پخش سیلاب یکی از راه‌کارهای مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که می‌تواند تأثیرات مثبتی بر منابع آب زیرزمینی داشته باشد. این پژوهش، سعی بر نشان دادن تأثیر پخش سیلاب بر کمیت آب‌های زیرزمینی منطقه گربایگان فسا دارد. با بررسی داده‌های ماهانه سطح آب چهار چاه پیزومتری از سال ۱۳۷۱ تا سال ۱۳۹۲، تغییرات سالانه چاه‌ها تعیین شد. روند عمومی سطح آب زیرزمینی دشت، به‌رغم عملکرد پخش سیلاب، حالت نزولی را نشان می‌دهد. بنابراین، برای این‌که نقش پخش سیلاب در تغذیه آبخوان نشان داده شود، تغییرات سطح آب زیرزمینی در سال‌های با افزایش سیلاب و همچنین، سال‌های با کاهش سیلاب بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که کمترین افت مربوط به پیزومترهای یک و سه می‌باشد. پیزومتر یک به‌علت تأثیر گسل و پیزومتر سه به‌علت تأثیر پخش سیلاب، کمترین افت را نشان می‌دهند. نتایج حاصل از تحلیل آماری مؤلفه‌های اصلی بر روی داده‌های سطح آب چهار پیزومتر به‌صورت ماهانه نشان می‌دهد که مؤلفه اول با بیان بیش از ۸۳ درصد از پراش داده‌ها، مهم‌ترین و مؤثرترین شاخص افت سطح آب در منطقه می‌باشد. مرتب‌سازی بارهای مؤلفه‌های اصلی بر اساس مؤلفه اول، نشان‌دهنده میزان افت زیاد در پیزومترهای دو و چهار می‌باشد که با نتایج حاصل از بررسی نقشه هم‌افت دشت مطابقت دارد. پیزومتر دو به‌علت اثر تبخیر و تعرق درختان جنگلی و پیزومتر چهار به‌علت استحصال بیش از حد آب کشاورزی در آن محدوده، بیشترین افت را نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: آب‌نمود، افت آب زیرزمینی، پخش سیلاب، تحلیل مؤلفه‌های اصلی، فسا

مقدمه

آن‌ها نادیده گرفته می‌شود. پی‌آمد منفی این نوع برداشت در بخش کمیت منابع آب روشن و ملموس است. اطلاعات مربوط به سری زمانی ترکیب شیمیایی آب‌های زیرزمینی در آبخوان‌ها، نشان‌دهنده وضعیت خطرناکی در کاهش حجم ذخیره این منابع می‌باشد (Hosseinimarandi, 2011). کمبود آب یکی از تنگناهای توسعه اقتصادی ایران، به‌ویژه در بخش

در کشورهای توسعه نیافته و کمتر توسعه یافته مناطق خشک، برای تأمین آب مورد نیاز، ساده‌ترین راه یعنی برداشت از سفره‌های آب زیرزمینی انتخاب می‌شود. متأسفانه روش بهره‌برداری نیز چندان عاقلانه نیست و اغلب پی‌آمدهای منفی ناشی از عدم توجه به

* مسئول مکاتبات: ghahari@farsagres.ir

که اغلب دشت‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک، شرایط لازم را جهت اجرای طرح‌های پخش سیلاب دارا می‌باشند.

از قدیمی‌ترین روش‌هایی که برای تعیین مقدار تغذیه آب به سفره‌های زیرزمینی به کار گرفته شده، روش WTF است (Stearns و Meinzer، ۱۹۲۹؛ Rasmussen و Andreassen، ۱۹۵۹؛ Hall و Risser، ۱۹۹۳). در این روش با در نظر گرفتن نوسانات ساعتی یا روزانه سطح آب زیرزمینی در چاه‌های مشاهده‌ای، مقدار تغذیه به سفره آب، قابل محاسبه می‌باشد (Scanlon و همکاران، ۲۰۰۲). این روش تنها برای سفره‌های کم عمق آب زیرزمینی قابل کاربرد است (Healy و Cooke، ۲۰۰۲). ارتباط بین سطح آب زیرزمینی و تأثیر تغذیه حاصل از باران‌های تجمعی در یکی از حوزه‌های آبخیز کشور تایوان توصیف و در نهایت اظهار شد، بارندگی‌هایی که بر روی سطح حوزه آبخیز گسترده می‌شوند، آبخوان‌ها را تغذیه نموده و روی سطح آب‌های زیرزمینی تأثیر گذاشته‌اند (Chyan و Deng و همکاران، ۲۰۰۷).

تغذیه آب زیرزمینی مناطق خشک و فرایندهای شور شدن در حوضه دریاچه ایره در استرالیا مرکزی مورد مطالعه قرار گرفت. طی یک سال (۲۰۰۷-۲۰۰۶)، از داده‌های جدید شیمی یون‌های اصلی آب، ایزوتوپ‌های پایدار (H، 13C، 18O2)، ایزوتوپ‌های پرتوزای (C، 3H14) و داده‌های سنجش از دور (MODIS)، برای تشخیص تغذیه آب زیرزمینی و فرایند شور شدن آن استفاده شد. این بررسی نشان داد که تراوش آب ناشی از بارش‌های پراکنده، تبخیر می‌شوند و باران‌های سنگین، موجب انتقال آب منفذی شور (شوری با توجه به تبخیر در منطقه غیر اشباع) به سامانه آب زیرزمینی می‌شوند (Sarah و همکاران، ۲۰۱۱).

پژوهشی در پاکستان جهت برآورد میزان تغذیه به آب‌های زیرزمینی به وسیله نرم‌افزار MODFLOW انجام شد. در این پژوهش، داده‌های مورد استفاده در مدل‌سازی جهت تخمین مقدار تغذیه، شامل سطح آب زیرزمینی، اطلاعات هواشناسی، محصولات کشاورزی، اطلاعات خاک، ضریب نفوذپذیری، تبخیر و تعرق و ضرایب آبخوان بودند. با استفاده از این اطلاعات، مقدار

کشاورزی است. گرچه آماری مدون در دسترس نیست، لکن به گمان غالب، افت سطح آب‌های زیرزمینی، مهم‌ترین عامل وجود صدها روستای خالی از سکنه در مرکز، جنوب و شرق ایران می‌باشد (Pakparvar و Ghahari، ۲۰۰۷). بررسی‌های انجام شده بر حوزه‌های آبخیز نشان می‌دهد که از مجموع وسعت کشور، ۸۷ میلیون هکتار را مناطق کوهستانی و ۷۸ میلیون هکتار را دشت‌ها و مناطق کم‌شیب تشکیل می‌دهند. تمرکز رواناب‌ها در حوضه‌های کوهستانی و پر شیب و سپس انتقال آن‌ها به مناطق دشتی، لزوم برنامه‌ریزی اصولی با هدف ذخیره رواناب‌ها و جلوگیری از هدررفت آن‌ها را ضروری ساخته است. هدررفت بیش از دو میلیارد تن خاک در سال از حوزه‌های آبخیز کشور، فراوانی وقوع سیل‌های مخرب همراه با از دسترس خارج شدن حدود نیمی از ۴۱۳ میلیارد مترمکعب ریزش‌های جوی کشور، نابودی جنگل‌ها و مراتع، کاهش حاصل‌خیزی اراضی و سایر مسائل و مشکلات دیگر از جمله معضلاتی است که ضرورت توجه ویژه و جامع به حوزه‌های آبخیز کشور را نمایان می‌سازد.

متوسط سرانه آب در دسترس جهانی، ۳/۸۹ برابر سرانه آب در ایران است. اگر این نسبت از مرز ۵/۴ برابر بگذرد، از نظر دسترسی به آب، در تقسیم‌بندی جهانی در رده بسیار کم یا تنش آب قرار می‌گیریم (Maddah Arefi و Darvish، ۱۹۹۶). البته بشر خود با این مشکل بیگانه نبوده و فکر چاره نیز بوده است. از جمله به فکر تغذیه مصنوعی سفره‌های آب زیرزمینی افتاده است. بنابراین، برخی طرح‌های اجرایی را با هدف بهبود منابع آب زیرزمینی در دستور کار قرار داده و اجرا کرده است. پخش سیلاب یکی از راه‌کارهای مدیریت منابع آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک است که می‌تواند تأثیرات مثبتی بر منابع آب زیرزمینی داشته باشد.

پخش سیلاب روشی است که در آن، هرزآب یک حوضه بزرگ‌تر، از آبراهه به دشت منتقل شده و در روی یک عرصه کوچک‌تر و نسبتاً هموار، به‌منظور تغذیه سفره‌های آب زیرزمینی (Anonymous، ۲۰۰۲) و بهبود کمی و کیفی پوشش گیاهی (Pierson، ۱۹۹۵) پخش می‌شود. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهند

اطلاعات جدید و استفاده از روش‌های آماری، اثر طرح‌های آبخوانداری بر وضعیت کمی آب‌های زیرزمینی دشت گربایگان بررسی شود.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد پژوهش: دشت گربایگان در ۵۰ کیلومتری جنوب شرقی فسا قرار دارد. گربایگان قسمتی از منتهی‌علیه شرقی دشت بزرگ‌تر شیب‌کوه است که بین عرض‌های شمالی $28^{\circ} 35'$ تا $28^{\circ} 41'$ و طول‌های شرقی $53^{\circ} 53'$ تا $53^{\circ} 57'$ جا می‌گیرد. ایستگاه آبخوانداری کوثر و پخش سیلاب مربوطه، بر روی مخروط افکنه‌ای در بخش شمال شرقی دشت به وسعت حدود ۲۲۰۰ هکتار اجرا شده است (شکل ۱). آبخیزهای کوه‌گر با مساحت ۱۹۲ کیلومتر مربع، چاه-قوچ با مساحت ۱۷۱ کیلومتر مربع و گهراب با مساحت ۱۶ کیلومتر مربع در بالادست مخروط افکنه دشت گربایگان قرار دارند که به ترتیب خشکه رودهای بیشه‌زرد، چاه‌قوچ و گهراب، سیلاب حوضه‌های مزبور را به این دشت می‌رسانند.

دشت گربایگان و حوضه‌های مزبور، بخشی از حوزه آبخیز قره‌آغاج هستند. سیلاب‌های وارده به دشت گربایگان از راه رود شور جهرم و نهایتاً از راه رودخانه مند به خلیج فارس می‌ریزد. منطقه گربایگان بخشی از ناحیه زاگرس چین‌خورده در جنوب غربی ایران می‌باشد که با روند شمال غرب-جنوب شرق به‌صورت یک کمربند چین‌خورده کشیده شده است. در این منطقه آثاری از سازندهای زمین‌شناسی دوران اول و دوم دیده نشده و تنها سازندهای دوران سوم و چهارم زمین‌شناسی در منطقه گسترش دارند.

روش پژوهش:

داده‌های سطح آب: از داده‌های سطح آب چهار حلقه چاه پیژومتری با قطر لوله شش اینچ که به‌وسیله سازمان آب منطقه‌ای فارس حفاری شده است، استفاده شد. پیژومتر شماره یک خارج از شبکه‌های پخش سیلاب منطقه، پیژومتر شماره دو در نوار اول شبکه رحیم‌آباد دو و در محدوده جنگل‌کاری انبوه، پیژومتر شماره سه در زیر شبکه‌های پخش سیلاب و پیژومتر شماره چهار در انتهای شبکه بیشه‌زرد دو و در محدوده چاه‌های بهره‌برداری منطقه واقع می‌باشند.

تغذیه از طریق آبیاری، بارندگی، برداشت از طریق تبخیر و تعرق و جریان‌های جانبی و در کل میزان ماهانه بیلان آب زیرزمینی برآورد شد (Arshad و همکاران، ۲۰۰۸). امکان تغذیه مصنوعی دشت قزوین بررسی شد و با توجه به نتایج آزمایش‌های نفوذپذیری، ذخیره‌سازی سالانه شش میلیون مترمکعب از سیلاب رود طالقان پیشنهاد شد (Attarzadeh و Barand، ۱۹۷۱). حجم سیلاب‌های سالانه جاجرود و حبله‌رود که قرار بود در آبخوان‌های ورامین و گرمسار تغذیه شود، ۱۳۰ میلیون مترمکعب برآورد شده است (Bize، ۱۹۷۹). ظرفیت ذخیره سیلاب در دشت گربایگان فسا بالغ بر ۱۰۰ میلیون مترمکعب تخمین زده شده است (Kowsar، ۱۹۹۳).

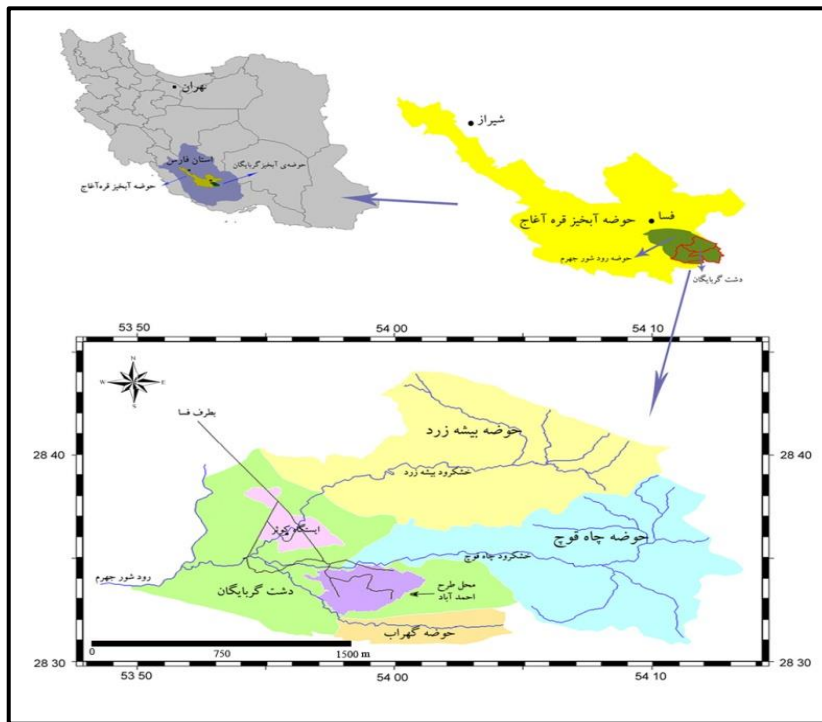
بررسی کلی جریان آب زیرزمینی و مؤلفه‌های مختلف در جریان آب دشت گربایگان با استفاده از نرم‌افزار MODFLOW انجام شد. در این مطالعه تأکید زیادی بر تعیین مقدار تغذیه حاصل از پخش سیلاب نشده و واسنجی مدل با روش دستی انجام شده است. این پژوهش نشان می‌دهد که مقدار تغذیه به سفره، روند افزایشی داشته است (Fatehi Marj و همکاران، ۲۰۰۰).

با استفاده از بده سیلاب‌های اندازه‌گیری شده در دشت گربایگان و آمارهای سطح آب زیرزمینی، وضعیت چاه‌های پیژومتر داخل و خارج سامانه‌های پخش سیلاب بررسی و نتیجه گرفته شد که در تمامی چاه‌های پیژومتر، هرگاه وقایعی از سیل که با کمینه برداشت از سفره (ماه‌های آبان تا بهمن) هم‌زمان بوده بررسی شود، دست کم تا سه ماه پس از سیلاب، روند تغییرات، افزایشی است.

با توجه به داده‌های چاه‌های پیژومتری سال‌های ۱۳۷۱ تا ۱۳۸۴، ابتدا روند تغییرات سالانه چاه‌های پیژومتری بررسی و سپس آب‌نمود آب زیرزمینی دشت به کمک میان‌بایی ترسیم شد. نتایج حاصله نشان دادند که روند عمومی سطح آب سفره به‌علت ازدیاد تعداد چاه‌ها کاهش یافته است (Ghahari و Pakparvar، ۲۰۰۷). با توجه به بروز خشکسالی‌ها، دستاوردهای تحقیقاتی در منطقه و برداشت آمار و اطلاعات جدید سطح آب زیرزمینی در چاه‌های پیژومتری، در این پژوهش سعی شده که با تحلیل

چاه‌ها از سال ۱۳۷۱ تا ۱۳۹۲ جمع‌آوری و به رایانه وارد شده است.

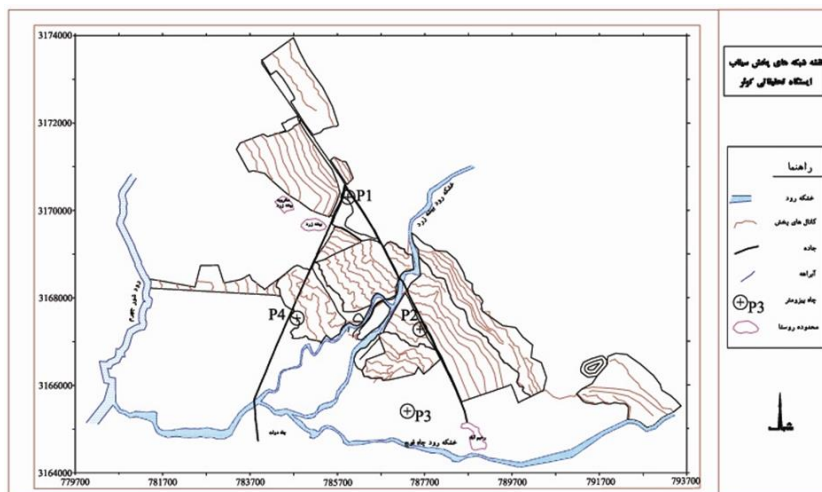
جدول ۱ و شکل ۲، موقعیت چاه‌های پیژومتری در دشت گریایگان را نشان می‌دهند. ارتفاع سطح آب



شکل ۱- موقعیت دشت گریایگان در منطقه، فارس و ایران

جدول ۱- موقعیت چاه‌های پیژومتری دشت گریایگان (Hosseinimarandi, ۲۰۱۱)

مختصات		موقعیت	شماره پیژومتر
Y	X		
۳۱۷۰۱۵۰	۷۸۵۹۹۱	شرق قلعه خرابه گریایگان (خارج از پخش سیلاب)	P1
۳۱۶۷۴۶۶	۷۸۷۸۱۲	داخل شبکه پخش سیلاب و در محدوده جنگل کاری انبوه	P2
۳۱۶۵۵۶۲	۷۸۷۲۳۷	زیر شبکه‌های پخش سیلاب	P3
۳۱۶۷۵۴۷	۷۸۴۸۰۱	انتهای شبکه بیشه‌زرد دو و در محدوده چاه‌های بهره‌برداری	P4



شکل ۲- موقعیت چاه‌های پیژومتری در دشت گریایگان

خانواده تحلیل بردارهای ویژه است که در آن مقدار پراش خاص برابر صفر است. یعنی فرض می‌شود که بردارهای ویژه، کل پراش را تبیین می‌کنند. این روش، در حقیقت اساساً برای کاهش حجم داده‌ها و تشخیص مؤلفه‌های اصلی به کار می‌رود. با اعمال تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی ماتریس داده‌ها (مقادیر تغییرات سطح آب زیرزمینی در چهار چاه پیژومتري)، چهار مؤلفه اصلی که ۱۰۰ درصد پراش داده‌ها را تبیین می‌کنند، استخراج شد.

نتایج و بحث

بر اساس مراحل کار انجام شده که در روش پژوهش آورده شد، نتایج به صورت زیر بیان می‌شود.
تهیه نمودار سطح آب چاه‌های پیژومتري:
 داده‌های پیژومتري میانگین‌گیری شده در هر کدام از چاه‌ها در جدول ۲ دیده می‌شوند. شکل ۳، نمودار تغییرات سطح آب چاه‌های پیژومتري و شکل ۴ نمودار مزبور را در مقابل حجم سیلاب تغذیه شده به آبخوان نشان می‌دهد.

تهیه آب نمود دشت: جهت بررسی رابطه بین آب نمود و بارندگی، اندازه بارندگی متوسط هر ماه در سال‌های مختلف آبی در مقابل آب نمود ترسیم شده که در شکل ۵ نشان داده شده است.
منحنی‌های هم‌افت دشت گرهایگان: این منحنی‌ها در محیط Surfer10 و با استفاده از داده‌های چهار پیژومتر منطقه ترسیم شد که در شکل ۶ نشان داده شده است.

تعداد چاه‌های منطقه: افزایش سطح آب با شروع عملیات پخش سیلاب و تغذیه مصنوعی، باعث افزایش حفر چاه به صورت مجاز و غیرمجاز در منطقه گرهایگان شده است (شکل ۷).

مقایسه وقایع بارندگی، سیلاب و سطح آب در چاه‌های پیژومتري: اطلاعات مربوط به بارندگی منجر به سیل و حجم سیلاب‌ها از سال آبی ۷۲-۷۱ تا سال آبی ۹۲-۹۱ در مقابل داده‌های سطح آب در چاه‌های پیژومتر قرار گرفت (شکل ۴).

بررسی داده‌های بارندگی: با توجه به وجود ایستگاه اقلیم‌شناسی در منطقه گرهایگان، جهت بررسی داده‌های بارندگی از آمار ۲۱ ساله ایستگاه مربوط به سال‌های آبی ۷۲-۷۱ تا ۹۲-۹۱ استفاده شد.

تهیه نمودار تغییرات سطح آب چاه‌های پیژومتري: تغییرات سطح آب در چهار پیژومتر منطقه در سال‌های آبی مختلف بررسی و از کسر آن از نقاط نشانه هر چاه، سطح آب نسبت به سطح آزاد آب دریا محاسبه و در نرم‌افزار اکسل در مقابل سال‌های آماری قرار گرفت.

تهیه آب نمود محدوده عمل پخش سیلاب: متوسط ارتفاع ماهانه سطح آب چاه‌های پیژومتري، تعیین و با استفاده از نرم‌افزار Surfer محدوده‌های همگن سطح آب زیرزمینی دشت ترسیم و با روش میانگین وزنی، میانگین سطح ایستابی محدوده پخش سیلاب در هر ماه محاسبه شد. به کمک این داده‌ها، آب نمود دشت ترسیم شد.

تهیه نمودار تغییرات هم‌زمان بارندگی و میانگین سطح آب چاه‌های پیژومتري: میانگین سطح آب چهار پیژومتر در سال‌های آبی مختلف محاسبه و در مقابل بارندگی سالانه قرار گرفت و نمودار آن‌ها در سال‌های آبی مختلف ترسیم شد.

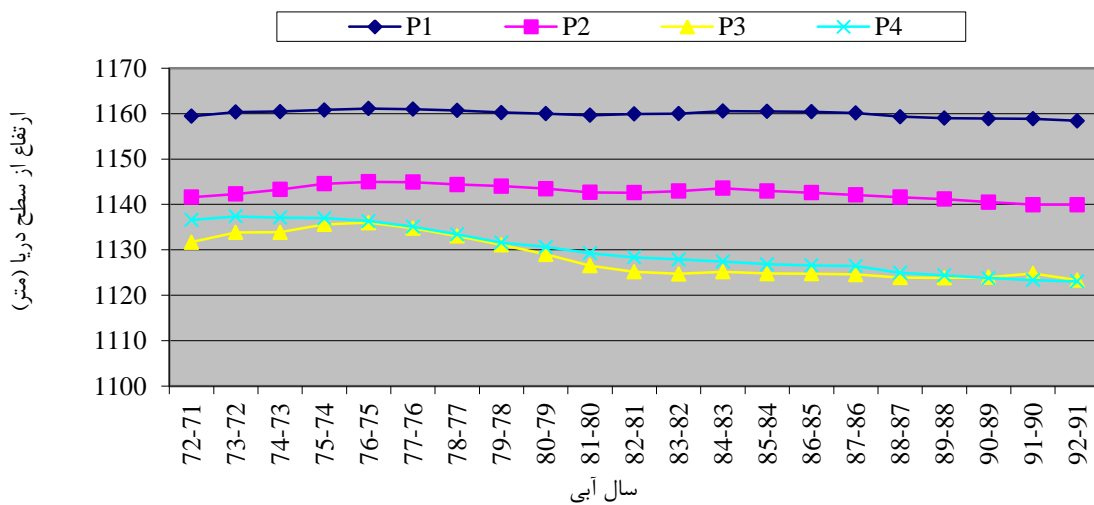
ترسیم منحنی‌های هم‌افت آب زیرزمینی دشت: جهت این کار، افت سطح آب در چهار پیژومتر از تفاضل سطح آب تراز شده سال ۱۳۷۱ و ۱۳۹۲ به دست آمد. با استفاده از نرم‌افزار Surfer منحنی‌های هم‌افت دشت تهیه شد.

بررسی تأثیر وقوع سیلاب بر سطح آب پیژومترها در سال‌های خشک‌سالی و ترسالی: اطلاعات مربوط به بده و حجم آبیگری سیلاب‌های به وقوع پیوسته در منطقه گرهایگان از سال ۱۳۸۱ در دسترس می‌باشد. وضعیت سطح آب در سه سال آبی متوالی در زمان‌های خشک‌سالی و همچنین، مربوط به سه سال آبی در زمان‌های ترسالی مورد بررسی قرار گرفت.

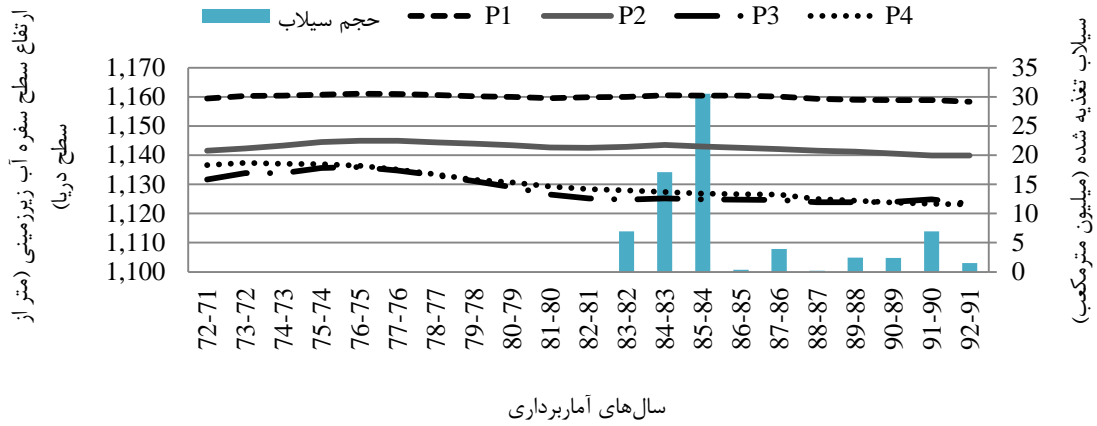
تحلیل آماری تغییرات سطح آب زیرزمینی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی: این تحلیل جزء

جدول ۲- داده‌های پیزومتری میانگین گیری شده در هر چاه

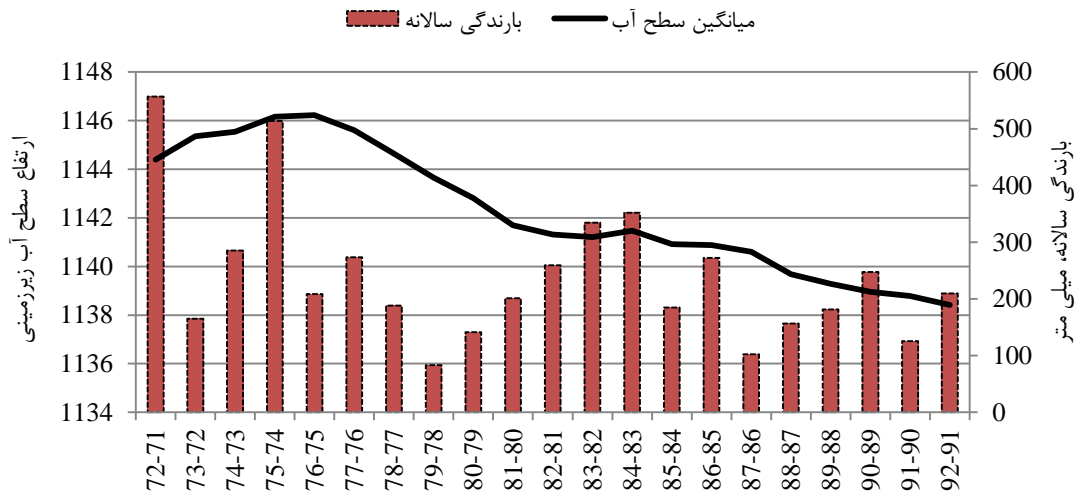
حجم سیلاب (میلیون مترمکعب)	بارندگی سالیانه (میلی متر)	داده‌های پیزومتری میانگین گیری شده (متر از سطح دریا)				سال آبی
		P1	P2	P3	P4	
فاقد اندازه‌گیری	۵۵۶/۵	۱۱۵۹/۴۳	۱۱۴۱/۶۰	۱۱۳۱/۷۰	۱۱۳۶/۶۱	۷۱-۷۲
فاقد اندازه‌گیری	۱۶۵	۱۱۶۰/۳۵	۱۱۴۲/۳۲	۱۱۳۳/۸۴	۱۱۳۷/۳۶	۷۲-۷۳
فاقد اندازه‌گیری	۲۸۵	۱۱۶۰/۴۴	۱۱۴۳/۳۰	۱۱۳۳/۸۹	۱۱۳۷/۰۹	۷۳-۷۴
فاقد اندازه‌گیری	۵۱۴	۱۱۶۰/۸۰	۱۱۴۴/۵۵	۱۱۳۵/۶۱	۱۱۳۶/۹۷	۷۴-۷۵
فاقد اندازه‌گیری	۲۰۸/۵	۱۱۶۱/۱۲	۱۱۴۵/۰۰	۱۱۳۶/۰۰	۱۱۳۶/۳۶	۷۵-۷۶
فاقد اندازه‌گیری	۲۷۳/۵	۱۱۶۰/۹۶	۱۱۴۴/۹۳	۱۱۳۴/۷۵	۱۱۳۵/۱۳	۷۶-۷۷
فاقد اندازه‌گیری	۱۸۸	۱۱۶۰/۷۱	۱۱۴۴/۳۸	۱۱۳۳/۰۷	۱۱۳۳/۴۳	۷۷-۷۸
فاقد اندازه‌گیری	۸۳	۱۱۶۰/۲۴	۱۱۴۴/۰۳	۱۱۳۱/۱۲	۱۱۳۱/۶۱	۷۸-۷۹
فاقد اندازه‌گیری	۱۴۱/۵	۱۱۶۰/۰۰	۱۱۴۳/۴۷	۱۱۲۹/۰۲	۱۱۳۰/۶۵	۷۹-۸۰
فاقد اندازه‌گیری	۲۰۱	۱۱۵۹/۶۲	۱۱۴۲/۶۶	۱۱۲۶/۵۳	۱۱۲۹/۲۷	۸۰-۸۱
۶/۹۵	۲۵۹/۴	۱۱۵۹/۹۰	۱۱۴۲/۵۹	۱۱۲۵/۲۰	۱۱۲۸/۳۷	۸۱-۸۲
۱۷/۰۹	۳۳۴/۳	۱۱۶۰/۰۰	۱۱۴۲/۹۳	۱۱۲۴/۷۴	۱۱۲۷/۹۰	۸۲-۸۳
۳۰/۵۵	۳۵۲	۱۱۶۰/۵۴	۱۱۴۳/۵۹	۱۱۲۵/۲۰	۱۱۲۷/۴۴	۸۳-۸۴
۰/۳۴	۱۸۴/۵	۱۱۶۰/۴۸	۱۱۴۲/۹۸	۱۱۲۴/۸۲	۱۱۲۶/۸۵	۸۴-۸۵
۳/۹۲	۲۷۲/۵	۱۱۶۰/۴۲	۱۱۴۲/۵۹	۱۱۲۴/۷۷	۱۱۲۶/۵۹	۸۵-۸۶
۰/۱۹	۱۰۲/۵	۱۱۶۰/۱۳	۱۱۴۲/۰۹	۱۱۲۴/۶۰	۱۱۲۶/۴۷	۸۶-۸۷
۲/۴۳	۱۵۶/۵	۱۱۵۹/۳۳	۱۱۴۱/۶۰	۱۱۲۳/۹۳	۱۱۲۴/۹۷	۸۷-۸۸
۲/۴۱	۱۸۱/۵	۱۱۵۸/۹۸	۱۱۴۱/۱۸	۱۱۲۳/۸۷	۱۱۲۴/۴۰	۸۸-۸۹
۶/۹۲	۲۴۷/۵	۱۱۵۸/۸۸	۱۱۴۰/۵۲	۱۱۲۳/۹۹	۱۱۲۳/۸۳	۸۹-۹۰
۱/۵۱	۱۲۵/۵	۱۱۵۸/۸۶	۱۱۳۹/۹۶	۱۱۲۴/۸۲	۱۱۲۳/۳۸	۹۰-۹۱
۵/۳۴	۲۰۹/۸	۱۱۵۸/۴۰	۱۱۳۹/۹۳	۱۱۲۳/۳۷	۱۱۲۳/۱۰	۹۱-۹۲



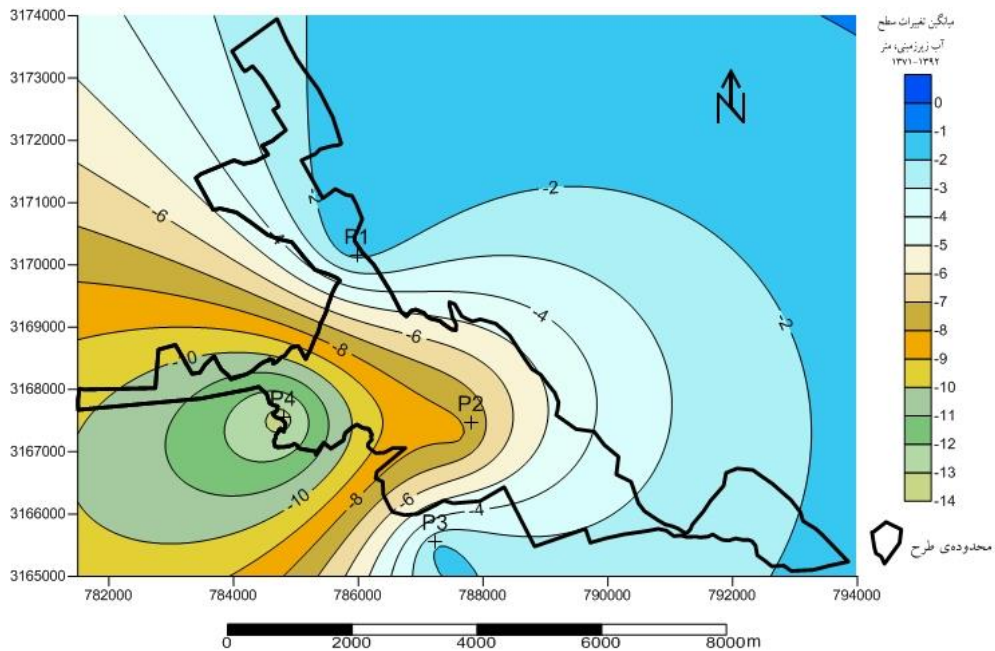
شکل ۳- نمودار تغییرات آب چاه‌های پیزومتری



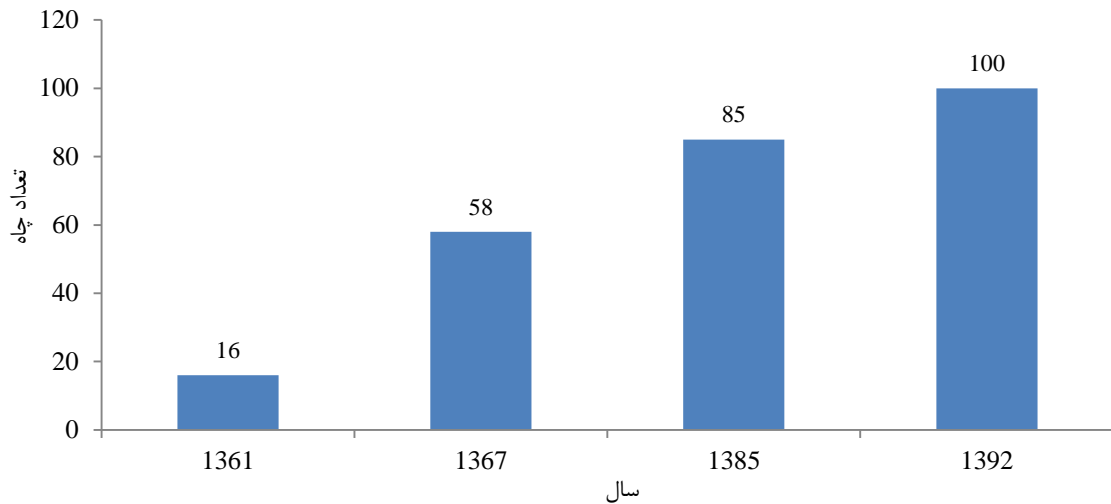
شکل ۴- نمودار تغییرات آب چاه‌های پیژومتری منطبق با حجم سیلاب تغذیه شده



شکل ۵- آب‌نمود دشت در مقابل بارندگی



شکل ۶- نقشه هم‌افت دشت گربایگان فضا



شکل ۷- نمودار افزایش چاه‌های بهره‌برداری در دشت گرباگان

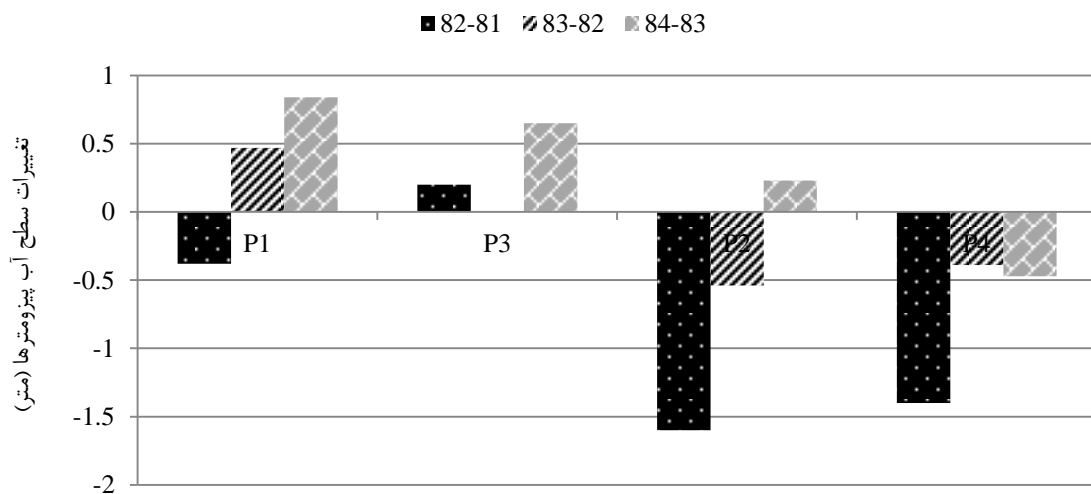
سطح آب زیرزمینی و سیلاب، در این سال‌ها متوسط‌گیری شده و برای هر پیزومتر در جدول ۳ و شکل ۸ نشان داده شده است.

با توجه به این که آمار بده و حجم سیلاب از سال آبی ۸۱-۸۲ به بعد موجود می‌باشد، در این بازه زمانی وضعیت سطح آب چاه‌های پیزومتر در سه سال آبی متوالی در زمان‌های خشکسالی و همچنین، مربوط به سه سال آبی در زمان‌های ترسالی به صورت زیر بررسی شد.

جدول ۳- تغییرات سطح آب زیرزمینی پیزومترها در سه سال آبی متوالی، منطبق با سال‌های افزایش سیلاب

چاه پیزومتر	سال آبی ۸۱-۸۲	سال آبی ۸۲-۸۳	سال آبی ۸۳-۸۴
P1	-۰/۳۸	۰/۴۷	۰/۸۴
P3	۰/۲	۰	۰/۶۵
P2	-۱/۶	-۰/۵۴	۰/۲۳
P4	-۱/۴	-۰/۳۹	-۰/۴۷

بررسی زمان‌های منطبق با افزایش بارندگی و سیلاب: با بررسی کلیه داده‌ها، سال‌های آبی متوالی ۸۱-۸۲ تا ۸۳-۸۴ به عنوان سال‌هایی که هم‌زمان با افزایش بارندگی، سیلاب‌های با دبی و حجم زیاد در منطقه گرباگان به وقوع پیوسته، انتخاب شد. داده‌های



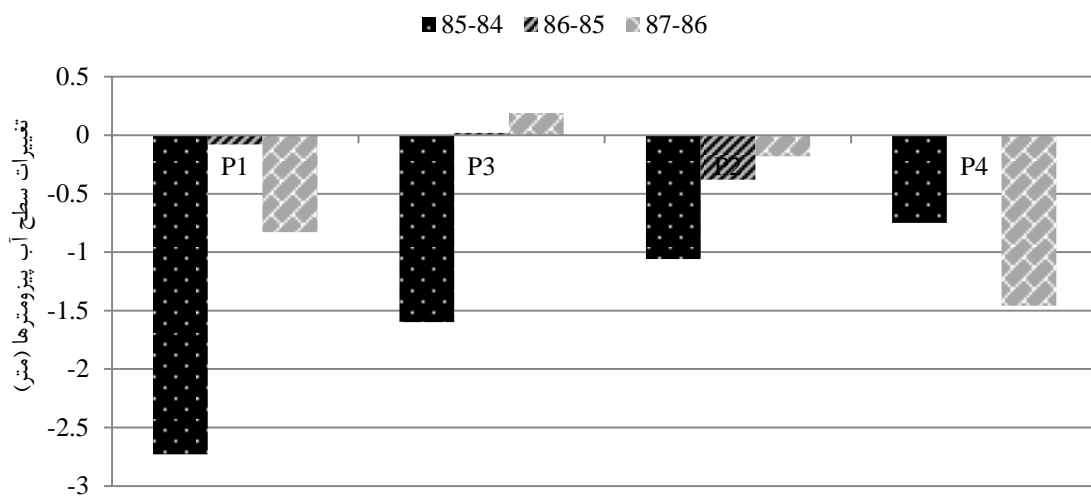
شکل ۸- تغییرات سطح آب زیرزمینی پیزومترها در سه سال آبی متوالی، منطبق با سال‌های افزایش سیلاب

متوسط‌گیری شده و برای هر پیژومتر در جدول ۴ و شکل ۹ نشان داده شده است.

بررسی زمان‌های منطبق با کاهش بارندگی و سیلاب: در این مرحله داده‌های سطح آب زیرزمینی و سیلاب، در سه سال آبی متوالی ۸۴-۸۵ تا ۸۶-۸۷

جدول ۴- تغییرات سطح آب زیرزمینی پیژومترها در سه سال آبی متوالی، منطبق با سال‌های کاهش سیلاب

سال آبی ۸۶-۸۷	سال آبی ۸۵-۸۶	سال آبی ۸۴-۸۵	چاه پیژومتر
-۰/۸۳	-۰/۰۸	-۲/۷۳	P1
۰/۱۹	۰/۰۲	-۱/۶	P3
-۰/۱۸	-۰/۳۸	-۱/۰۶	P2
-۱/۴۶	۰	-۰/۷۵	P4



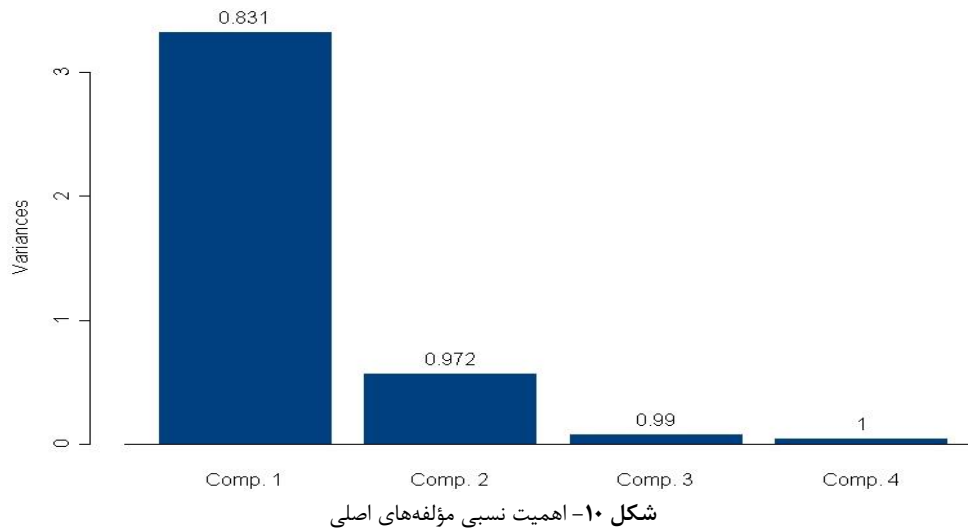
شکل ۹- تغییرات سطح آب زیرزمینی پیژومترها در سه سال آبی متوالی، منطبق با سال‌های کاهش سیلاب

که ۱۰۰ درصد پراش داده‌ها را تبیین می‌کنند، استخراج شد. نتایج حاصله از تجزیه ماتریس همبستگی در جدول ۵ و شکل ۱۰ دیده می‌شود. بارهای مؤلفه‌های اصلی در نرم‌افزار S-Plus 2000 تعیین شد و بر اساس مؤلفه اول که بیشترین پراش داده‌ها را تبیین می‌کند، مرتب شد. مؤلفه اول با بیان ۸۳/۱ درصد از پراش داده‌ها، مهم‌ترین و مؤثرترین شاخص افت سطح آب زیرزمینی را در منطقه گرباگان نشان می‌دهد (جدول ۶ و شکل ۱۱).

تحلیل آماری تغییرات سطح آب زیرزمینی با استفاده از تحلیل مؤلفه‌های اصلی: در تحلیل مؤلفه‌های اصلی برای هر یک از متغیرهای اولیه یک مؤلفه اصلی محاسبه می‌شود که در مجموع صد درصد تغییرات داده‌ها را تبیین می‌کنند. ولی غالباً مؤلفه اول بخش بزرگی از پراش داده‌ها را تبیین می‌کند و مؤلفه‌های بعدی بخش‌های کوچک‌تری از پراش را توضیح می‌دهند. با اعمال تحلیل مؤلفه‌های اصلی بر روی ماتریس داده‌ها (مقادیر تغییرات سطح آب زیرزمینی در چهار چاه پیژومتری)، چهار مؤلفه اصلی

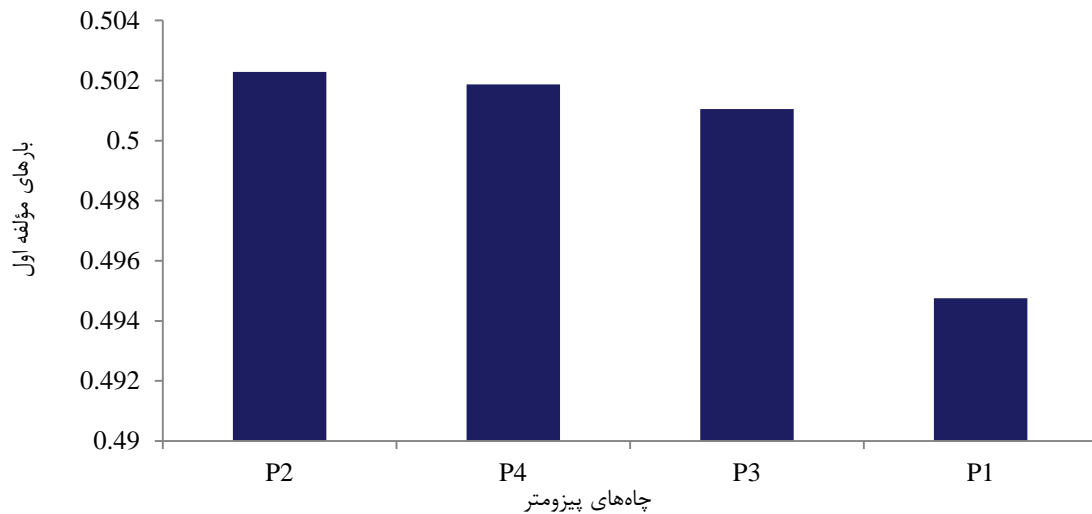
جدول ۵- اهمیت نسبی مؤلفه‌ها

مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم	
۸۳/۱	۱۴/۱	۱/۸	۱	درصد پراش
۸۳/۱	۹۷/۲	۹۹	۱۰۰	درصد تجمعی پراش



جدول ۶- بارهای مؤلفه‌های اصلی روی چاه‌های پیزومتري دشت گربایگان

مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم	مؤلفه چهارم	پیزومتر
۰/۵۰۲۲	۰/۴۹۷۰	-۰/۲۹۷۶	۰/۶۴۲۰	P2
۰/۵۰۱۹	۰/۴۹۸۳	-۰/۳۲۷۳	-۰/۶۲۶۷	P4
۰/۵۰۱۱	-۰/۴۸۱۵	-۰/۶۴۴۹	-۰/۳۱۸۳	P3
۰/۴۹۴۸	-۰/۵۲۲۴	۰/۶۲۳۳	۰/۳۰۶۳	P1



شکل ۱۱- نمودار بارهای مؤلفه اول روی چاه‌های پیزومتري دشت گربایگان

نتیجه‌گیری

به آب‌نمود دشت تا سال ۱۳۸۲ ادامه می‌یابد که این شکل آب‌نمود، نشانگر فوق بحرانی بودن آبخوان دشت است. در سال ۱۳۸۳ افزایش سطح آب در آب‌نمود دشت دیده می‌شود که علت آن را می‌توان با وقوع سیلاب‌های زیاد سال ۱۳۸۲ مرتبط دانست. مقایسه آب‌نمود دشت در برابر بارندگی در شکل ۵ نشان می‌دهد که توزیع زمانی بارندگی در سال‌های مختلف کاملاً متفاوت است و تغییرات سالانه بارش با تغییرات

شکل ۵، نشان‌دهنده آب‌نمود دشت می‌باشد. این نمودار، افزایش سطح آب زیرزمینی از ابتدای دوره آماری (۷۲-۷۱) تا سال ۱۳۷۵ را نشان می‌دهد. شکل ۳ نیز این روند را برای کلیه چاه‌های پیزومتري نشان می‌دهد. در سال ۱۳۷۵ با افزایش چاه‌های بهره‌برداری (شکل ۷)، در پیزومترهای سه و چهار، افت سطح آب دیده می‌شود. روند کاهش سطح آب زیرزمینی با توجه

می‌دهند. پیژومترهای دو و چهار به ترتیب به علت اثر تبخیر و تعرق درختان جنگلی و استحصال بیش از حد آب کشاورزی در آن محدوده، بیشترین افت را نشان می‌دهند. شکل ۹، تغییرات سطح آب زیرزمینی پیژومترها منطبق با سال‌های کاهش سیلاب را نشان می‌دهد. پیژومترهای یک، دو و سه در کلیه سال‌ها، افت سطح آب زیرزمینی را نشان می‌دهند که این امر تأثیر مثبت پخش سیلاب بر تغذیه آبخوان را مشخص می‌سازد. پیژومتر سه که تحت تأثیر شبکه‌های پخش سیلاب قرار دارد، به‌رغم کاهش سیلاب، افزایش سطح آب را نشان می‌دهد.

برای این‌که تغییرات سطح آب زیرزمینی دشت به روشنی مشخص شود، تحلیل آماری مؤلفه‌های اصلی بر روی داده‌های سطح آب چهار پیژومتر به‌صورت ماهیانه انجام پذیرفت. نتایج نشان می‌دهد که مؤلفه اول با بیان بیش از ۸۳ درصد از پراش داده‌ها، مهم‌ترین و مؤثرترین شاخص افت سطح آب در منطقه می‌باشد. مرتب‌سازی بارهای مؤلفه‌های اصلی بر اساس مؤلفه اول، نشان‌دهنده میزان افت زیاد در پیژومترهای دو و چهار می‌باشد که با نتایج حاصل از بررسی نقشه هم‌افت دشت مطابقت دارد.

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق با نتیجه Hosseinimrandi (۲۰۱۱) مطابقت دارد. در تحقیق مزبور، طی پنج سال (۱۳۸۹-۱۳۸۴)، نوسانات سطح سفره آب زیرزمینی به‌صورت ماهانه با استفاده از دستگاه عمق‌یاب اندازه‌گیری شد. میانگین افت سطح سفره در چاه‌های مشاهده‌ای طی دوره پایش بین ۱/۱۶ تا ۵/۵۱ متر متغیر بوده است. کل افت سطح سفره در این دوره ۲/۲۵ متر برآورد شده است. روند نزولی منحنی افت در شبکه‌های پخش سیلاب (تا بیش از ۵/۵ متر)، تعیین شده که علت آن وجود درختان جنگلی و تبخیر و تعرق زیاد ذکر شده است.

جهت دستیابی به داده‌های بیشتر و دقیق‌تر، پیشنهاد می‌شود که شبکه پایش تغییرات کمی آب زیرزمینی دشت، تقویت و به دستگاه‌های خودکار (سنسورهای اندازه‌گیری سطح آب و کیفیت آب) مجهز شوند. همچنین، جهت جلوگیری از افزایش بحران وضعیت آب زیرزمینی منطقه و مهاجرت

سطح آب زیرزمینی دارای روند مستقیم نمی‌باشد. علی‌رغم افزایش بارندگی در سال‌های ۸۵ و ۸۹، افت سطح آب زیرزمینی قابل ملاحظه است و دلیل عمده آن برداشت بی‌رویه از آبخوان است.

بررسی منحنی‌های هم‌افت دشت (شکل ۶) نشان می‌دهد که کمترین افت در بخش شمالی و جنوبی منطقه، مربوط به پیژومترهای یک و سه، و بیشترین افت، در بخش مرکزی و حاشیه غربی منطقه بوده که پیژومترهای دو و چهار در آن قرار دارند. اختلاف سطح آب در پیژومتر یک نسبت به پیژومتر دو بسیار زیاد است. در بررسی‌های انجام شده (Hashemi, ۲۰۰۸)، وجود یک گسل که از کوه گر شروع و در امتداد این چاه ادامه دارد، می‌تواند باعث تغذیه این بخش از آبخوان شده و سطح آب را در این محدوده بالا بیاورد. پیژومتر دو به‌رغم قرار گرفتن در شبکه پخش سیلاب، افت زیاد ۷/۵ متری را نشان می‌دهد. این وضعیت با دو پیژومتر یک و سه اختلاف زیادی دارد. علت این افت را می‌توان به قرار گرفتن این چاه در شبکه جنگلی با پوشش درختی متراکم و تبخیر و تعرق زیاد درختان اوکالیپتوس در ارتباط دانست. مصرف درختان اوکالیپتوس در هر هکتار (با حدود ۹۰۰ اصله درخت)، ۲۰۰۰۰ مترمکعب در سال محاسبه شده است (Edraki, ۱۹۹۱). پیژومتر چهار در محدوده اراضی کشاورزی واقع شده و به‌علت کیفیت مطلوب‌تر آب در این قسمت، استحصال بیش از حد از منابع آب زیرزمینی صورت می‌گیرد. این امر باعث افت شدید سطح آب (۱۳/۵ متر) در این قسمت شده است.

روند عمومی سطح آب زیرزمینی دشت، به‌رغم عملکرد پخش سیلاب، حالت نزولی را نشان می‌دهد. بنابراین، برای این‌که نقش پخش سیلاب در تغذیه آبخوان نشان داده شود، تغییرات سطح آب زیرزمینی در سال‌های با افزایش سیلاب و همچنین، سال‌های با کاهش سیلاب بررسی شد. شکل ۸، نمودار تغییرات سطح آب زیرزمینی پیژومترها در سه سال آبی متوالی، منطبق با سال‌های افزایش سیلاب را نشان می‌دهد. کمترین افت مربوط به پیژومترهای یک و سه و بیشترین افت مربوط به پیژومترهای دو و چهار می‌باشد. پیژومتر یک به‌علت تأثیر گسل و پیژومتر سه به‌علت تأثیر پخش سیلاب کمترین افت را نشان

کشاورزان، پیشنهاد می‌شود تا ضمن بستن چاه‌های غیرمجاز، استخراج از سایر چاه‌ها نیز محدود شود.

منابع مورد استفاده

1. Anonymous, C. 2002. Conservation practice standard for water spreading. Natural Resources Conservation Service, Washington, 4 pages.
2. Arshad, M., N. Ahmed and J.M. Cheema. 2008. Modeling approach for the assessment of recharge contribution to groundwater from surface irrigation conveyance system. *Irrigation Drainage System*, 22: 67-77.
3. Attarzadeh, A. and J. Barand. 1971. Artificial recharge of Qazvin plain. *National Committee on Irrigation and Drainage, Annual Journal of Irrigation and Drainage*, 2: 120-126.
4. Bize, j. 1979. Artificial groundwater recharge at Varamin and Garmsar, Iran, results of infiltration experiments. *International Symposium, Artificial Groundwater Recharge, Dortmund*, 17: 1-3.
5. Chyan Deng, J., T. Hsien and L. Wei Cheng. 2007. Effect of rainfall intensity and distribution on groundwater level fluctuations. *Journal of Hydrology*, 332: 348-360.
6. Edraki, M. 1991. Determination of water requirements of *Eucalyptus camaldulensis* in a floodwater spreading system, Gareh Bygone, Fasa. MSc Thesis, Tehran University, 123 pages (in Persian).
7. Fatehi Marj, A., A. Telvari, A. Gouhari and M. Khayrkah. 2000. Determination of Floodwater spreading effect with statistical model HST-D in Gareh Bygone Plain. Final report of research project, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, 112 pages (in Persian).
8. Ghahari, Gh.R. and M. Pakparvar. 2007. Effect of floodwater spreading and consumption on groundwater resources in Gareh Bygone Plain. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 14: 368-390 (in Persian).
9. Hall, D.W. and D.W. Risser. 1993. Effect of agricultural nutrient management on nitrogen fate and transport in Lancaster County, Pennsylvania. *Journal of the American Water Resources Association*, 29: 55-76.
10. Hashemi, H. 2008. Quantitative estimates of recharge and effect of floodwater spreading on groundwater resources in Gareh Bygone Plain. MSc Thesis, Shiraz University, 134 pages (in Persian).
11. Healy, R.W. and P.G. Cooke. 2002. Using groundwater levels to estimate recharge. *Hydrogeology Journal*, 10: 91-109.
12. Hosseinimrandi, H. 2011. The investigation of floodwater spreading effects on the groundwater quantity in the Gareh Baygone Plain. Final report of research project, Fars Research Center for Agriculture and Natural Resources, 88 pages (in Persian).
13. Kowsar, S.A. 1993. Floodwater spreading for desertification control: An integrated approach. *Fars Research Center for Natural Resources and Animal Husbandry*, 58 pages.
14. Maddah Arefi, H. and M. Darvish. 1996. Optimum utilization of irrigation potential desertification control doctrine. 2nd National Conference on Desertification and Desertification Control Methods, Kerman.
15. Meinzer, O.E. and N.D. Stearns. 1929. A study of ground water in the Pomperaug Basin, Connecticut, with special reference. *US Geological Survey, Water-Supply Paper*, 597 pages.
16. Pierson, R.K. 1955. Groundwater spreading as a range improvement practice. *Journal of Range Management*, 8: 155-158.
17. Rasmussen, W.C. and G.E. Andreassen. 1959. Hydrologic budget of the Beaverdam Creek Basin. *US Geological Survey, Water-Supply Paper*, 1472: 106- 118.
18. Sarah, T., L. Marc, C. Ian, F. Guillaume and L. Christian. 2011. Arid zone groundwater recharge and stalination processes; an example from the Lake Eyre Basin, Australia. *Journal of Hydrology*, 408: 257-275.
19. Scanlon, R.B., R.W. Healy and P.G. Cook. 2002. Choosing appropriate techniques for quantifying groundwater recharge. *Hydrogeology Journal*, 10: 18-39.

Effect of aquifer management on groundwater changes in Gareh Bygone Plain

Gholamreza Ghahari^{*1} and Amir Gandomkar²

¹ Scientific Board, Agricultural and Natural Resources Research Center, Fars, Iran and ² Assistant Professor, Najafabad Unit, Islamic Azad University, Iran

Received: 16 June 2014

Accepted: 03 December 2014

Abstract

In undeveloped and less developed countries of arid zones, the easiest way for water supply is withdrawal of groundwater. The negative perception of this method of water discharge is clear. Spreading floodwater is one of the water resources management strategies in arid and semi-arid zones that has positive impacts on groundwater resources. The aim of this research was to demonstrate the impact of floodwater spreading on quantity of groundwater in Gareh Bygone Plain, Fasa, Fars province, Iran. Annual changes of water level was determined by reviewing water level of monthly data (1992-2013) of four piezometric wells. Despite to the spreading floodwater, the general trend of groundwater level was declining. Thus, for demonstrating the role of the floodwater spreading in groundwater recharge, changes in groundwater levels were investigated in the years of increases and decreases of floodwater. Results showed that the least recession is in piezometric wells 1 and 3. Piezometric well 1 due to the effect of fault and piezometric well 3 due to the effect of floodwater spreading. Results of Principal Components Analysis (PCA) of monthly water level in four piezometric wells showed that the first component as the most important indicator of recession of water level in the region is more than 83% of the variance. Sorting PCA loadings on the first component, represents a high recession in piezometric wells 2 and 4 that corresponds with the results of recession map of the plain. Piezometric well 2 due to evapotranspiration of trees and piezometric well 4 due to excessive extraction of water for agriculture in the area showed the most recession.

Keywords: Fasa, Floodwater spreading, Groundwater recession, Hydrograph, Principle component analysis

* Corresponding author: ghahari@farsagres.ir