Archive of SID

اکوهیدرولوژی

دورهٔ ۲، شمارهٔ ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص ۲۰۰-۱۹۱

بررسی تأثیر متغیرهای اقلیمی - هیدرولوژیکی بر تراز سطح ایستابی دشت عجب‌شیر

اسرا عصری[۱]، احمد فاخری‌فرد [۲*]، علی زینالی[۳]، اسماعیل اسدی[۴]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد مهندسی منابع آب، دانشگاه تبریز

۲. استاد گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

۳. کارشناس ارشد هیدروژئولوژی، دانشگاه شیراز

٤. استادیار گروه مهندسی آب، دانشگاه تبریز

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۰۳/۲۱ - تاریخ تصویب: ۱۳۹٤/۰٦/۲۰)

چکیده

شناخت صحیح منابع آب به‌منظور مدیریت آب‌های سطحی و زیرزمینی به‌عنوان دو سیستم تفکیک‌ناپذیر، امری مهم است. در این مطالعه با بررسی سری زمانی متغیرهای اقلیمی (بارش)، هیدرولوژیک (جریان و مصرف از منابع آب زیرزمینی) و تراز سطح ایستابی، ارتباط پارامترها با یکدیگر و با نوسان سطح ایستابی بررسی شد. به منظور شناخت این ارتباط، ابتدا ماتریس همبستگی اسپیرمن برای متغیرها تشکیل شد. بین بارش و دبی با سطح تراز ارتباط مستقیم، و بین مصارف آب زیرزمینی با سطح تراز ارتباط معکوس دیده شد. سپس با بررسی نمودار همبستگی متلاقی دو متغیر بارش و جریان با تراز سطح ایستابی، ارتباط تأخیری آنها مشخص شد. نتایج حاکی از آن بود که بارش با تراز سطح ایستابی با یک تأخیر، دبی با تراز سطح ایستابی به‌صورت همزمان و مصرف با سطح ایستابی با دو تأخیر زمانی بیشترین ارتباط دینامیکی در دشت عجب‌شیر داشته است. در نهایت رابطهٔ رگرسیونی بین متغیرها با تراز سطح ایستابی به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: بارش، تراز سطح ایستابی، دبی، همبستگی متلاقی.

[*] نویسندهٔ مسئول

Email: fakheri@tabrizu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

آب‌های زیرزمینی ارزشمندترین منابع آب به‌شمار می‌روند؛ بنابراین شناخت این منابع به‌منظور تدوین برنامهٔ بهره‌برداری بهینه و صحیح با هدف توسعهٔ پایدار یک منطقه به‌خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک ضرورت دارد. شناخت نادرست و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع، به خسارات جبران‌ناپذیری مانند افت شدید و برگشت‌ناپذیر سطح آب زیرزمینی، کاهش دبی چاه‌ها و قنات‌ها و تغییرات الگوی جریان آب منجر خواهد شد. بدین منظور یافتن تأثیرات بارندگی و بررسی تغییرات آن بر سطح آب زیرزمینی ضروری است [۱۲]. رودخانه‌ها از منابع مهم تغذیهٔ زیرزمینی هستند که با کاهش حجم آب و بارندگی یا خشک شدن آنها براثر خشکسالی، این منبع تغذیهٔ آب‌های زیرزمینی نیز کاهش می‌یابد یا به‌کلی قطع می‌شود. همچنین بر اثر خشکسالی، آب مخازن سدها کاهش می‌یابد و آب چشمه‌ها کم یا به‌طور کلی خشک می‌شود که اثر نامطلوبی بر سفره‌های آب زیرزمینی منطقهٔ تحت تأثیر خود خواهد داشت [۸]. نیاز به مدیریت آب زیرزمینی و سطحی به‌عنوان اجزای یک سیستم مربوط به هم، وقتی بحرانی است که نیاز به تأمین آب افزایش یابد. این موضوع بیشترین کاربرد را در مدیریت منابع آب در کشورهای نیمه‌خشک دارد. پمپاژ بیش از حد از آبخوان در نزدیک رودخانه سبب خشک شدن رودخانه می‌شود؛ برداشت بیش از حد از رودخانهٔ تغذیه‌کنندهٔ آبخوان نیز پیامدهای خود را بر آبخوان خواهد داشت. طی دوره‌ای که بارش بیش از حد معمول است انتظار می‌رود استفاده از آب سطحی در حد بیشینه باشد و قسمتی از بارش سبب افزایش ذخیرهٔ آب زیرزمینی و بالا رفتن تراز سطح ایستابی می‌شود. برعکس طی دورهٔ خشک و کم‌آبی، منابع سطحی، با پمپاژ از آب زیرزمینی جبران می‌شود و در نتیجه سطح آب زیرزمینی کاهش می‌یابد [۲]. فشار عوامل انسانی بر کل چرخهٔ هیدرولوژیکی تأثیر عمیقی بر هیدرولوژی جریان و محیط زیست آن داشته است. در خصوص سیستم جریان آب زیرزمینی در سفره‌های آبرفتی، عامل مؤثر رژیم بهره‌برداری آب‌های زیرزمینی است [۱۱]. بنابراین به‌طور کلی بارش و جریان رودخانه و رژیم برداشت و بهره‌برداری از آب زیرزمینی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار بر نوسانات تراز آب زیرزمینی است. ژوهنگ و همکاران [۱۷] رابطهٔ بین تغییرات اقلیمی و نوسانات سطح آب زیرزمینی آبخوان کربناتهٔ سطحی در کانادا را بررسی کردند. نتایج تحقیق آنها نشان داد که روند مدل‌شدهٔ متغیرها در محدودهٔ منطقهٔ وینی پگ حاکی از ارتباط بارش و متوسط درجهٔ حرارت سالیانه با تراز سالانهٔ سطح آب‌های زیرزمینی است و همچنین در مناطقی که آبخوان در عمق کمی قرار گرفته، اثر درجهٔ حرارت سالانه بر نوسانات سطح آبخوان بیش از بارش بوده است. آگیلِرا و همکاران [۹] تأثیرات تغییر اقلیم بر تغذیهٔ طبیعی آبخوان را براساس یک مدل ساده در چهار آبخوان کارستی در جنوب شرقی اسپانیا بررسی کردند. نتایج نشان داد که با گذشت زمان و با توجه به افزایش دمای منطقه، میزان تبخیر و تعرق افزایش و میزان اثر بارش بر آبخوان به‌دلیل کاهش حجم رواناب و نفوذ در طول زمان کاهش یافته است. در مطالعهٔ دیگری شهید و هازریکا تأثیر خشکسالی بر آب زیرزمینی در شمال غربی بنگلادش را بررسی کردند. یافته‌های آنها نشان داد که کاهش سطح آب زیرزمینی در طی سال‌های آتی چشمگیر خواهد بود. همچنین تحلیل هیدروگراف سطح آب زیرزمینی و سری زمانی بارندگی نشان داد که افزایش برداشت آب زیرزمینی برای آبیاری در فصل‌های خشک و بازگشت خشکسالی‌ها از عوامل افت سطح آب زیرزمینی در این منطقه است و اگر مداخلهٔ بشر در سیستم آب زیرزمینی وجود نمی‌داشت، یکی از عوامل اصلی خشکسالی آب زیرزمینی، کاهش بارندگی بود [۱۵]. در پژوهشی میکو و همکاران [۱۳] اثر تغییر اقلیم بر تغییرات مکانی تغذیهٔ آبخوان در حوضهٔ رودخانه گراند کانادا را با استفاده از برنامهٔ هیدرولوژیکی HELP3 بررسی کردند که براساس یافته‌های آنان، این برنامه توانست پتانسیل تغذیهٔ آب زیرزمینی را در منطقهٔ تحقیق با دقت بسیار زیاد برآورد کند. در مطالعهٔ دیگری عطایی و همکاران [۶] رابطهٔ بین نوسان‌های اقلیمی (بارش، تبخیر و رطوبت نسبی) با تراز آبخوان دهگلان را بررسی کردند. در این پژوهش، تحلیل آماری متغیرهای مستقل بارش، تبخیر و رطوبت نسبی هوا و متغیر وابسته تراز آبخوان انجام گرفت و رابطهٔ درون‌گروهی متغیرها و تغییرات زمانی آنها آنالیز شد. نتایج تحقیق حاکی از این است که با توجه به وجود تفاوت معنادار بین متغیرها در مقاطع مختلف زمانی، دوره‌های اقلیمی تفکیک‌پذیر است. نوسان‌های تبخیر و بارش موجب تغییر چشمگیر در تراز آبخوان می‌شود. با توجه به تأثیر پارامترهای اقلیمی و همچنین فعالیت‌های بشری بر نوسانات سطح

www.SID.ir

Archive of SID

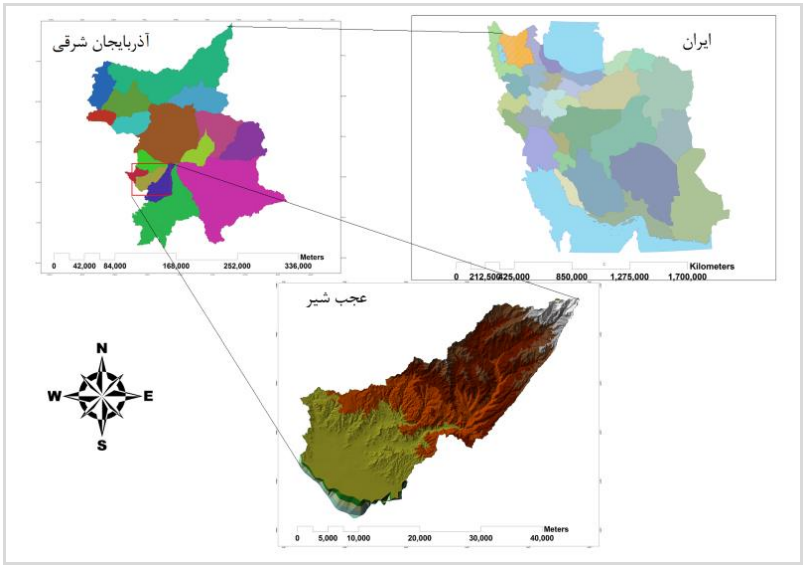
ایستابی، هدف پژوهش حاضر تحلیل تأثیر عوامل اقلیمی- هیدرولوژیکی بر نوسان‌های تراز سطح ایستابی دشت عجب‌شیر و تعیین چگونگی ارتباط بین این عوامل و فعالیت‌های انسانی برای تغییرات تراز سطح ایستابی است.

منطقهٔ تحقیق

حوضهٔ آبریز قلعه‌چای با مساحت ۷۳۸ کیلومترمربع در شمال غرب کشور در استان آذربایجان شرقی و در ۲۷ کیلومتری شمال شرقی شهرستان عجب‌شیر واقع شده است. دشت عجب‌شیر جزو حوضهٔ دریاچهٔ ارومیه است و در ۹۰ کیلومتری جنوب غربی شهرستان تبریز، در محدودهٔ طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۹ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۸ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۳ دقیقه تا ۳۷ درجه و ۳۳ دقیقه واقع شده است. وسعت این دشت در حدود ۱۳۰ کیلومتر مربع است و از لحاظ طبقه‌بندی اقلیمی آمبرژه، جزء مناطق خشک و سرد است. مهم‌ترین رودخانهٔ منطقه، رودخانهٔ فصلی قلعه‌چای است که از گسترهٔ شمال شرقی و جنوب غربی برخوردار است و یکی از مهم‌ترین منبع تغذیهٔ آب زیرزمینی دشت عجب‌شیر به‌شمار می‌آید. این دشت که در ساحل شرقی دریاچهٔ ارومیه قرار دارد، در سال‌های اخیر به‌علت برداشت بیش از حد مجاز منابع آب زیرزمینی، هیدروگراف واحد آن افتی معادل ۶ متر را طی سال‌های ۱۳۷۵ تا ۱۳۸۳ نشان داده است [۵].

مواد و روش‌ها

برای اجرای این تحقیق، ابتدا داده‌های لازم بررسی شد. در این تحقیق از آمار ماهانهٔ سه ایستگاه باران‌سنجی هرگلان، ینگجه و عجب‌شیر و دو ایستگاه هیدرومتری شیشوان و ینگجه استفاده شد. از ۳۰ پیزومتر اندازه‌گیری تراز سطح ایستابی نیز ۱۲ پیزومتر که در طول دورهٔ آماری ۱۳۸۰ تا ۱۳۹۰ دارای آمار و اطلاعات کاملی بودند استفاده شدند. در شکل ۲ موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و هیدرومتری منطقه آورده شده است. بررسی پیوستگی و هم‌پوشانی زمانی داده‌های بارش ماهانه و میزان سطح اثر ایستگاه‌های باران‌سنجی منطقه بر روی هفت ایستگاه مجاور و داخل منطقه انجام گرفت. سپس سه ایستگاه داخل منطقه که دارای آمار پیوستهٔ بارش و طول دورهٔ زمانی مشترک بودند انتخاب شدند. با استفاده از نرم‌افزار GIS، و از روش تیسن[1] متوسط ماهانهٔ بارش در طول دورهٔ آماری منطقه‌ای انتخاب شد.

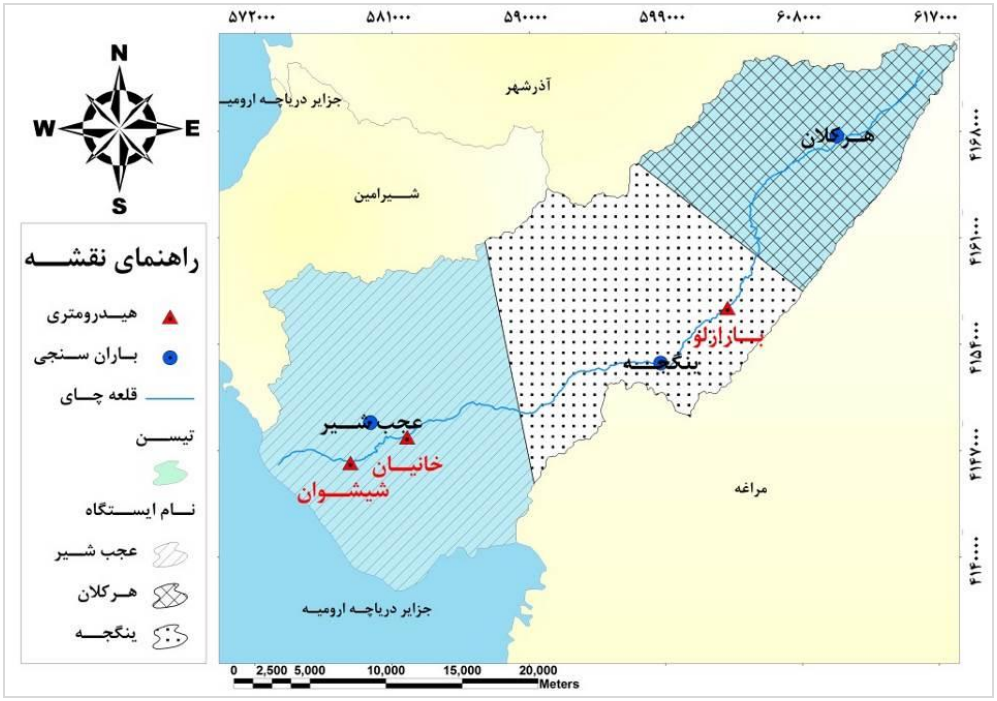


شکل ۱. موقعیت جغرافیایی عجب‌شیر

1. Thiessen polygons

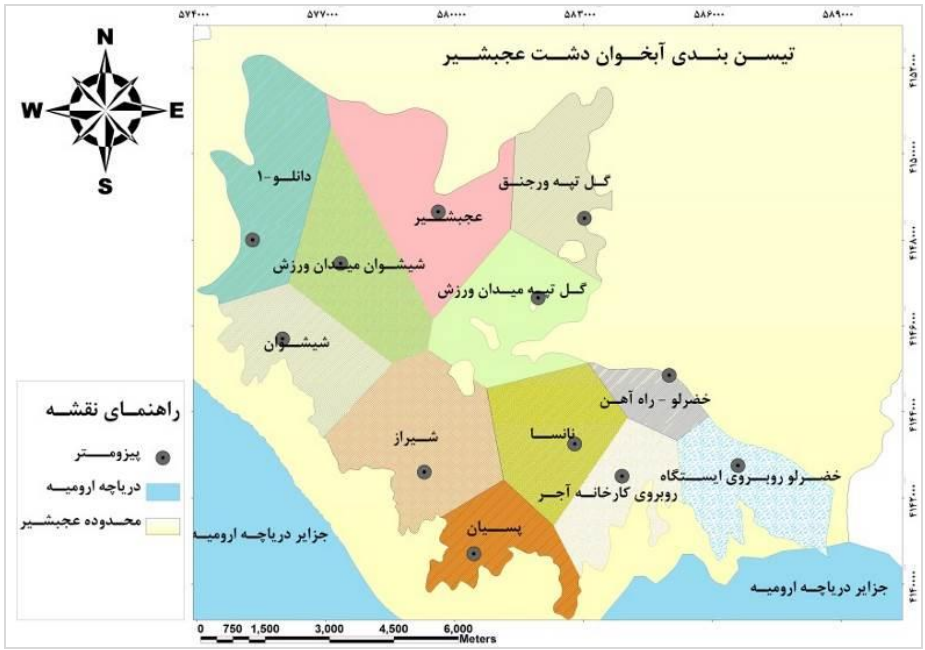
www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲. موقعیت ایستگاه‌های باران‌سنجی و تیسن‌بندی ایستگاه مورد مطالعه

نوسانات تراز آب‌های زیرزمینی از طریق تحلیل آماری تراز سطح آب ۱۲ چاهک مشاهده‌ای موجود در سطح دشت که دارای آمار پیوسته بودند بررسی شد. ابتدا نقشهٔ پراکنش چاهک‌ها در محیط GIS همانند شکل ۳ تهیه شد. سپس متناسب با شرایط منطقه‌ای و پراکنش چاه‌های مشاهده‌ای با روش تیسن، سطح اثر هر چاه در منطقه تعیین شده و همانند روش تیسن برای بارش، داده‌های تراز سطح ایستابی ۱۲ چاهک مشاهده‌ای به مقادیر متوسط منطقه‌ای در طول دورهٔ آماری تبدیل شد.

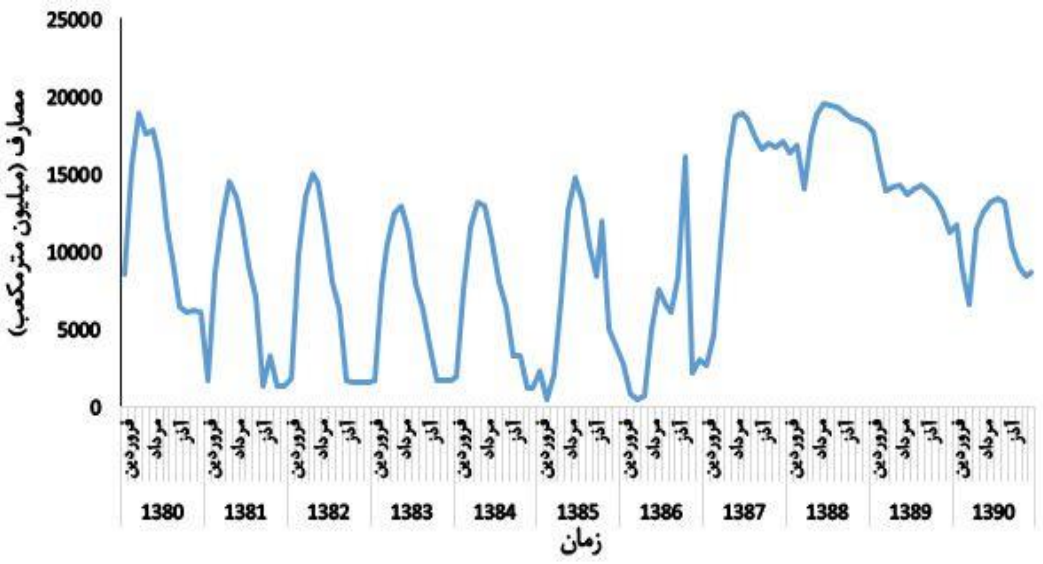


شکل ۳. موقعیت پیزومترها و تیسن‌بندی آبخوان دشت عجب‌شیر

www.SID.ir

Archive of SID

متوسط مقادیر جریان دو ایستگاه هیدرومتری ینگجه و شیشوان واقع بر رودخانهٔ قلعه‌چای به‌عنوان متوسط جریان عبوری از محدودهٔ دشت درنظر گرفته شد. آمار مصارف از منابع آب زیرزمینی محدودهٔ دشت از سازمان آب منطقه‌ای استان آذربایجان شرقی اخذ و استفاده شد. آمار مصارف از منابع آب زیرزمینی محدودهٔ دشت برای ۴ سال آماری موجود بود. سپس با استفاده از شبکهٔ عصبی مصنوعی[1]، سری زمانی داده‌ها برای سال‌های آتی و مقادیر مصرف با دقت ۰/۹۰ پیش‌بینی شد و از نتایج این پیش‌بینی استفاده شد. در نمودار شکل ۴ تغییرات مصرف و مقادیر پیش‌بینی‌شده آورده شده است. روند تغییرات و نوسانات بارش و جریان، مصارف و آب زیرزمینی بین سال‌های ۹۰-۱۳۸۰ مقایسه و تحلیل آماری و همبستگی نوسانات متغیرها به‌صورت ماهانه و بلندمدت بررسی شد. به‌منظور تعیین کمّی ارتباط این عناصر با تغییرات ماهانهٔ تراز سطح ایستابی دشت عجب‌شیر، ضریب همبستگی بین بارش ماهانه و تغییرات ماهانهٔ سطح ایستابی با استفاده از روش همبستگی پیرسون تعیین شد.



شکل ۴. نوسانات سری زمانی داده‌های مصرف دشت عجب‌شیر

به‌منظور تعیین همبستگی سری داده‌ها، با استفاده شاخص $z_{score}=\frac{x-\bar{x}}{\delta}$، سری داده‌ها ایستا شد. سپس با استفاده از روش پیرسون (رابطهٔ ۱)، همبستگی بین متغیرها تعیین شد.

$$r_{xy}=\frac{\sum_{r=1}^{n}(x_i-\bar{x})-(y_i-\bar{y})}{\sqrt{\sum_{t-i}^{n}(x_i-\bar{x})^2(y_i-\bar{y})^2}} \qquad (۱)$$

در این رابطه x وy متغیرهای مستقل و وابسته هستند و r به‌دست‌آمده عددی بین -۱ و +۱ خواهد بود که هرچه به این دو مقدار نزدیک‌تر باشد، رابطه قوی‌تر است [۱۰].

همچنین به‌منظور شناخت و درک بهتر تأثیر این متغیرها، از نرم‌افزار MINITAB ، نمودار همبستگی متلاقی[2](CCF) و ماکزیمم تأخیر زمانی این تأثیرات محاسبه شد. در نهایت با استفاده از نرم‌افزار SPSS[3] مدل رگرسیونی برای متغیرها پیش‌بینی شد. مدل رگرسیون خطی به‌صورت $y=a+bX_1+cX_2+dX_3$ است که در آن y متغیر مورد نظر وابسته، و X_1 ,X_2 ,X_3 به ترتیب بارش، دبی، مصرف و یا متغیرهای مستقل هستند.

نتایج و بحث

عامل اصلی و مهم تغذیهٔ آبخوان‌ها، آب نفوذیافته به درون زمین است که بخش زیادی از آن حاصل ذوب تدریجی برف ذخیره‌شده در زمستان است و بخشی از آن حاصل بارش است. میزان تغذیهٔ آبخوان در هرسال متفاوت بوده و تابع تغییرات رژیم‌های بارش سالانه، شدت بارندگی و فصل

1. Artificial Neural Network

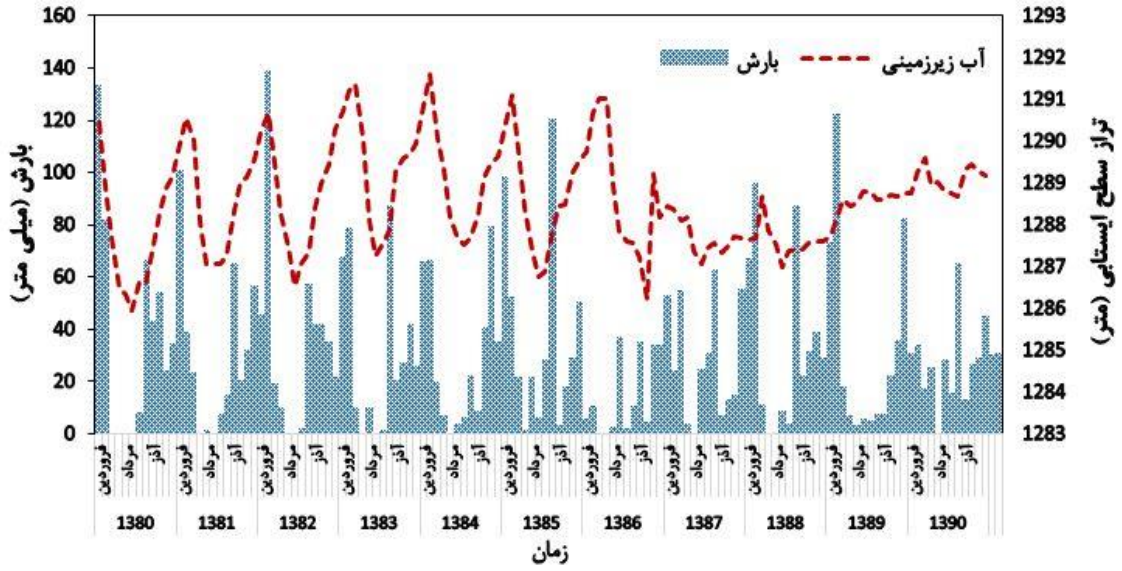
2. Cross correlation factor
3. Statistical package for social science

www.SID.ir

Archive of SID

بارش است. نوسانات بارش و تراز آب زیرزمینی در طول دورهٔ آماری ۱۳۹۰-۱۳۸۰ در شکل ۵ نشان داده‌شده است. در این شکل همان‌طور که مشاهده می‌شود روند کلی فراز و نشیب‌های دو منحنی بارش و تراز آبخوان تقریباً هم‌زمان هستند. با توجه به اینکه مقیاس محور طولی نمودار شکل ۵ ماهانه است، به دلیل کوچک‌مقیاس بودن محور زمان، تأخیر در بالا آمدگی تراز آبخوان نسبت به بارش برخلاف واقعیت موجود در این نمودار قابل تشخیص نیست. در عمل درصورتی که مقیاس زمانی تا حد ماهانه بسط داده شود تأخیر در بالاآمدگی تراز آبخوان در اثر بارش مشهود خواهد بود. در بررسی ارتباط دینامیکی همیشه افزایش تراز آبخوان با یک تأخیر زمانی نسبت به افزایش بارش همراه خواهد بود.

بنابراین نوسانات بارش به‌طرز محسوسی نوسانات تراز آبخوان را به‌دنبال دارد. در این مطالعه تراز سطح ایستابی به‌عنوان متغیر وابسته و بارش، مصرف و دبی به عنوان متغیر مستقل در نظر گرفته می‌شود. ماتریس همبستگی برای متغیرها که در جدول ۱ آورده شده است. همان‌طور که در جدول دیده می‌شود، تراز سطح ایستابی با بارش و جریان همبستگی نسبتاً قوی دارند و هر دو در سطح ۰/۰۱ معنادارند که نشان‌دهندهٔ اعتبار و قدرت زیاد رابطهٔ خطی بین آنها و میزان تأثیرپذیری نوسانات سطح ایستابی از بارش و جریان به‌صورت همزمان و خطی است. مصرف با نوسانات سطح ایستابی به‌صورت همزمان ارتباط معناداری ندارند که دلیل آن را می‌توان اثر غیرهمزمان این دو عامل دانست. در ادامه، با بررسی نمودار همبستگی متلاقی (CCF) این دو متغیر تأخیر زمانی دوماهه مشاهده می‌شود. همبستگی منفی نشان‌دهندهٔ رابطهٔ معکوس متغیرهای مستقل و تراز سطح ایستابی است و همبستگی مثبت رابطهٔ مستقیم را نشان می‌دهد.



شکل ۵. نوسانات سری زمانی داده‌های بارش و تراز سطح ایستابی ماهانهٔ دشت عجب‌شیر

جدول ۱. ماتریس همبستگی بین متغیرها

	تراز سطح ایستابی	بارش	مصرف	دبی
تراز سطح ایستابی	۱	۰/۳۱۰	-۰/۰۱	۰/۳۷۵
بارش	۰/۳۱۰	۱	-۰/۵۱۵	۰/۶۲۵
مصرف	-۰/۰۱	-۰/۵۱۵	۱	-۰/۲۵۰
دبی	۰/۳۷۵	۰/۶۲۵	-۰/۲۵۰	۱

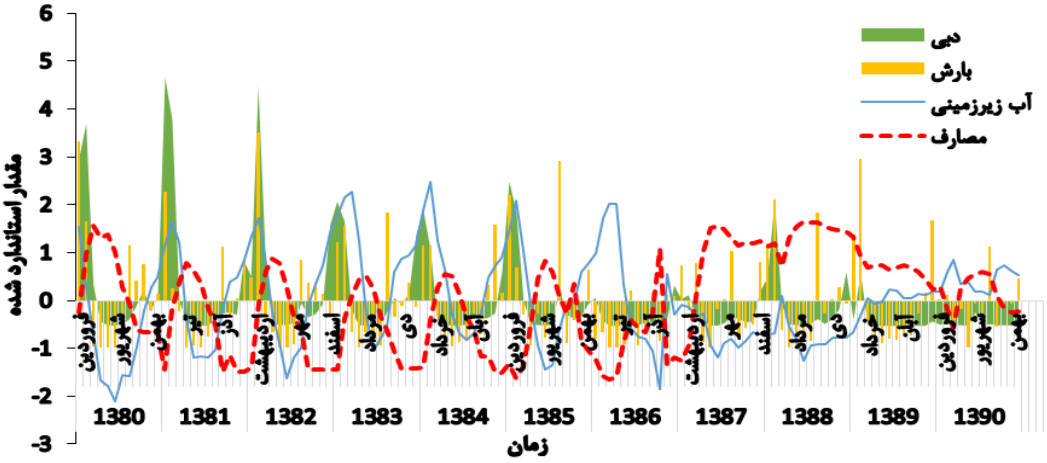
www.SID.ir

Archive of SID

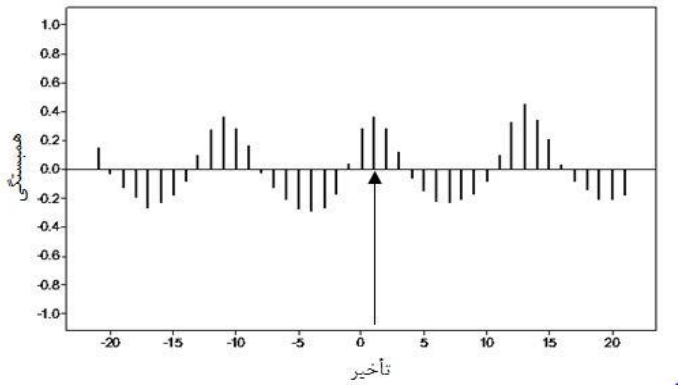
رابطهٔ بین تغییرات پارامترها و تراز سطح ایستابی

در شکل ۶ تغییرات پارامترهای بارش، جریان، مصارف آب زیرزمینی و تراز سطح ایستابی پس از ایستاسازی و استاندارد کردن در طول ده سال آماری ترسیم شده است. همان‌طور که در نمودار مشاهده می‌شود افزایش بارش سبب افزایش دبی و افزایش سطح تراز آب زیرزمینی می‌شود و به‌تبع آن افزایش مصرف اثر معکوس بر تراز سطح ایستابی دارد.

همان‌گونه که در شکل ۶ مشاهده می‌شود، در ماه‌هایی از سال که بارندگی بیشتر بوده ارتفاع سطح ایستابی نیز بیشتر شده است. که می‌توان علت را تغذیهٔ منابع آب زیرزمینی یا بارش ذکر کرد و اگر مصرف عمدهٔ منطقه مربوط به کشاورزی باشد، دیگر نیازی به آبیاری با منابع آب زیرزمینی در زمان بارش نیست، بنابراین برداشت از منابع آب زیرزمینی کاهش می‌یابد. ازاین‌رو با توجه به نمودار یادشده می‌توان نتیجه گرفت که افت سطح آب زیرزمینی در بعضی از سال‌ها ناشی از کمبود بارش و به عبارتی خشکسالی در آن سال‌ها بوده است که به‌دلیل این خشکسالی‌ها برداشت از چاه‌های بهره‌برداری نیز افزایش پیدا کرده که سبب افت سطح آب زیرزمینی شده است. براساس مطالعات آقاپور بناب [۱] از سال ۱۳۸۰ دورهٔ خشکسالی متوسط به طول پنج سال در منطقه وجود داشته است. در سال ۱۳۸۶ خشکسالی شدید و در سال ۱۳۸۷ خشکسالی بسیار شدید مشاهده شد. بنابراین به‌دلیل خشکسالی‌های متوالی و پی‌درپی و برداشت بی‌رویه، تعدادی از چاه‌ها خشک و غیرقابل بهره‌برداری شده‌اند بنابراین از سال ۱۳۸۷ به‌دلیل خشکسالی های شدید، مصارف بیشترین تأثیر را در نوسانات سطح ایستابی داشته است. با بررسی ضریب همبستگی، همبستگی متلاقی بین تراز سطح ایستایی و بارش در شکل ۷ حاکی از آن است که بارش به‌صورت همزمان بر سطح ایستایی تأثیر داشته و بیشترین تأثیر با تأخیر زمانی یک ماه اتفاق افتاده است.



شکل ۶. روند تغییرات زمانی متغیرهای بارش، جریان، مصرف و تراز ایستابی دشت عجب‌شیر



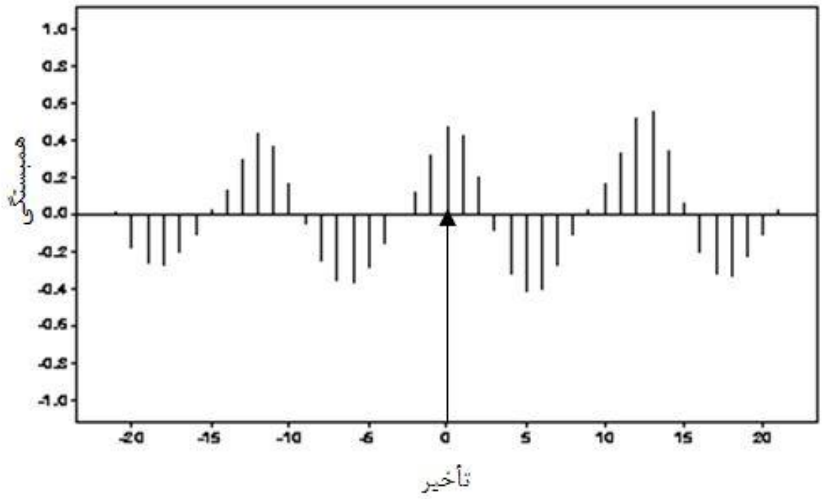
شکل ۷. همبستگی متلاقی بین بارش و تراز سطح ایستابی

www.SID.ir

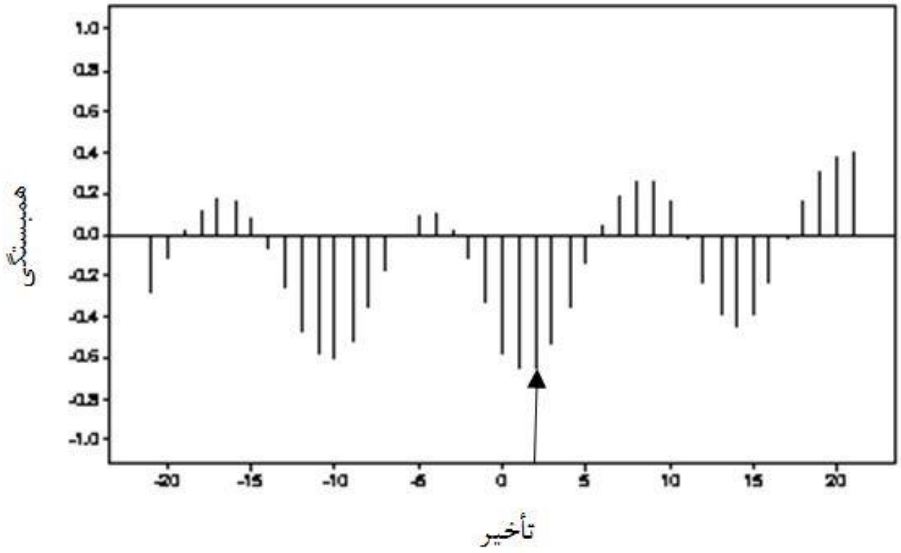
Archive of SID

بررسی شکل ۸ که نمودار همبستگی متلاقی (CCF) بین دبی و تراز سطح ایستابی است، تأثیر و ارتباط دینامیک آب سطحی و زیرزمینی را به‌خوبی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود بیشترین تأثیر در تأخیر صفر، یعنی کاملاً همزمان دیده می‌شود که بیانگر آن است که سیستم رودخانه و سفرهٔ آب زیرزمینی دو سیستم تفکیک‌ناپذیرند. همان‌طور که دیده می‌شود این سیستم هم یک سیستم حافظه‌دار[1] است و در طی ۶ ماه حافظهٔ سیستم برای جریان به صفر می‌رسد بدیهی است که در یک سیستم آبخوان رودخانه، بررسی و مدیریت آب زیرزمینی و سطحی به‌طور جداگانه به‌دلیل تبادلات آبی اقدامی نادرست است.

بررسی همبستگی متلاقی (CCF) بین مصرف و ارتفاع سطح ایستابی در شکل ۹ نشان می‌دهد که اثر همزمان مصرف روی سطح ایستابی ناچیز است و در یک تأخیر دوماهه به حداکثر می‌رسد. دلیل این تأخیر دوماهه، تمرکز مصرف در جای خاصی از سفره است. یعنی اگر مصرف در تمام سطح سفره یکنواخت باشد واکنش تراز سطح ایستابی به مصرف سریع‌تر بوده و دیگر تأخیر دوماهه نخواهد بود.



شکل ۸. همبستگی متلاقی بین دبی و تراز سطح ایستابی



شکل ۹. همبستگی متلاقی بین مصرف از آب زیرزمینی و تراز سطح ایستابی

www.SID.ir

Archive of SID

پارامترهای رگرسیون تراز سطح ایستابی (y) ناشی از اثر متغیرهای مورد بررسی از قبیل بارش X_1، جریان X_2 و مقدار مصرف یا برداشت از آبخوان X_3، با استفاده از روش حداقل مربعات برآورد شد و نتایج به‌دست‌آمده به‌صورت معادلهٔ ۲ حاصل شد. بر اساس این مطالعه دبی و بارش اثر مستقیم و معنی‌دار روی تراز سطح ایستابی و برداشت از منابع آب زیرزمینی اثری معکوس بر نوسان سطح ایستابی دارد؛ طوری که این سه متغیر درمجموع ۶۵/۹۵ درصد از تغییرات این متغیرهای وابسته را توضیح می‌دهند.

$$Y = ۱۲۸۹/۴۲ - ۰/۰۰۲۵۳x_۱ + ۰/۲۲۰۴x_۲ - ۰/۰۰۰۱۰۷x_۳$$
$$R^۲ = ۶۵/۹۵ \qquad (۲)$$
$$r = ۸۱/۲۰$$

به فرض ثابت بودن سایر عوامل، تقریباً ۱۴ درصد از پراکندگی مشاهده‌شده تغییرات تراز سطح ایستابی، به کمک متغیر بارش توجیه می‌شود. به‌عبارت دیگر، متغیرهای مستقل، رابطهٔ خطی با متغیر وابستهٔ تراز سطح آب را نشان می‌دهند که این رابطه قدرت زیادی ندارد و نشان می‌دهد عوامل دیگری چون، فعالیت انسانی و هیدرولوژی مانند برداشت از آب‌های زیرزمینی، سدسازی، تغییرات دبی رودخانه‌ها همچنین نقص در داده‌های مورد استفاده در کاهش تراز سطح ایستابی مؤثرند. در نتیجه در گام دوم تعیین ترسیم مدل پارامترهای هیدرولوژی اهمیت می‌یابد. به فرض ثابت بودن عوامل اقلیمی و در نظر گرفتن تأثیر دبی، مشخص شد که ۲۵/۳۳ درصد از نوسانات تراز سطح ایستابی ناشی از تغییرات دبی رودخانه‌های منطقه است، و با همین فرضیات برای مصرف ۴۰/۹ درصد از تغییرات تراز سطح ایستابی توجیه‌پذیر است. با بررسی مدل‌های رگرسیونی، استنباط می‌شود که تغییر در پارامترهای هیدرولوژی مرتبط با عوامل انسانی، بیشتر از عوامل اقلیمی در نوسانات تراز سطح ایستابی منطقه تأثیرگذار بوده است.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

ازآنجا که با بررسی مدل‌های رگرسیونی حدود ۴۱ درصد از تغییرات تراز سطح ایستابی با عامل مصرف توجیه‌پذیر است، می‌توان عامل اصلی ایجاد روند کاهشی مداوم تراز سطح ایستابی را برداشت بی‌رویهٔ آب برای مصارف مختلف برآورد کرد. در بررسی حاضر تراز آبخوان به‌عنوان یک متغیر وابسته مطرح است. بررسی همبستگی بین داده‌های تراز سطح ایستابی با عناصر اقلیمی و هیدرولوژیکی نشان داد که بین بارش، جریان و مصارف بر تراز سطح ایستابی آبخوان ارتباط معنادار وجود دارد. همچنین بررسی نمودار سری زمانی این متغیرها ارتباط آنها را با تأخیر زمانی به‌خوبی نشان داده است. بررسی همبستگی متلاقی این متغیرها، این تأخیر زمانی را برای هر یک از این عوامل نشان داد. نتایج این تحقیق نشان داد که بارش با یک تأخیر یکماهه و مصارف با دو تأخیر دوماهه و دبی به‌صورت همزمان با تراز سطح ایستابی ارتباط داشته‌اند. رابطهٔ رگرسیونی برآوردشده در حدود ۶۶ درصد از تغییرات متغیرهای وابسته بر تراز سطح ایستابی را توجیه می‌کند.

منابع

[۱]. آقاپور بناب، یونس؛ غفاری دهخوارگانی، مرتضی؛ علی داره، محمدعلی، ۱۳۹۲، بررسی تأثیرات خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی دشت عجب‌شیر و ارائهٔ راهکارهای مدیریتی کاهش اثرات آن، پنجمین کنفرانس مدیریت منابع آب ایران، بهمن ماه، تهران، ایران.

[۲]. اصغری مقدم، اصغر، ۱۳۹۰، اصول شناخت آب‌های زیرزمینی، انتشارات دانشگاه تبریز: ۲۴۰-۲۳۹.

[۳]. ایزدی، عزیزالله؛ داوری، کامران؛ علیزاده، امین؛ قهرمان، بیژن ،۱۳۸۷، کاربرد مدل داده‌های ترکیبی در پیش‌بینی سطح آب زیرزمینی، مجله آبیاری و زهکشی ایران، جلد ۲، شمارهٔ ۲: ۱۴۴-۱۳۳.

[۴]. بساطی، سعید، ۱۳۸۵، روند یابی و پهنه‌بندی دماهای میانگین حداکثر و بالاترین دماها در ایران. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد ، دانشکدهٔ جغرافیا و علوم طبیعی، دانشگاه رازی، ایران.

[۵]. بیگدلو، خیرالله، ۱۳۸۴، بررسی هیدروژئولوژی و هیدروژئوشیمی دشت عجب‌شیر، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشکدهٔ علوم طبیعی، دانشگاه تبریز.

[۶]. عطایی، هوشمند؛ قادری، ناصح؛ قادرزاده، حامد، ۱۳۹۰، بررسی رابطهٔ بین نوسانات اقلیمی با تراز آبخوان دهگلان، فصلنامهٔ تحقیقات جغرافیایی، سال ۲۶، شمارهٔ چهارم، زمستان ۱۳۹۰، شمارهٔ پیاپی ۱۰۳: ۲۰۸-۱۸۷.

www.SID.ir

Archive of SID

[۷]. کردوانی، پرویز، ۱۳۸۰، خشکسالی و راه‌های مقابله با آن در ایران، تهران، انتشارات دانشگاه تهران: ۳۹۲.

[۸]. قادری، ناصح؛ عطایی، هوشمند؛ قادرزاده، حامد، ۱۳۸۸، بررسی رابطهٔ نوسانات اقلیمی، هیدرولوژیکی و سفرهٔ آبخوان قروه در استان کردستان، پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه پیام نور اصفهان، ایران.

[9].Aguilera, H. and Murillo, M. J., 2009, The effect of possible climate change on natural groundwater recharge based on a simple model: a study of four karstic aquifers, in SE Spain, Environmental Geology, Volume 57, Issue 5, pp. 963-974.

[10]. Brunke, Matthias; Gonser, Tom, 1997, The ecological significance of exchange processes between rivers and groundwater. Freshwater Biology, Volume 37, Issue 1, pp. 1–33.

[11]. Khan, S. Gabriel, H. F. Rana, T., 2008, Standard precipitation index to track drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas. Irrigation and Drainage Systems, Volume 22, Issue 2, pp. 159-177.

[12]. Jyrkam, Mikko I; Sykes, Jon F, 2007, The impact of climate change on spatially varying groundwater recharge in the grand river watershed Ontario, Journal of Hydrology, Volume 338, pp237– 250.

[13]. Araki, Makoto; Shimizu, Akira; Kabeya, Naoki; Tatsuhiko, Nobuhiro; Ito, Eriko; Ohnuki, Yasuhiro; Tamai, Kohi; Toriyama, Jumpei; Tith, Bora; Pol, Sopheavuth; Lim, Sopheap; Khorn, Saret, 2008, Seasonal fluctuation of groundwater in an evergreen forest, central Cambodia: experiments and two-dimensional numerical analysis, Paddy and Water Environment Journal, Volume 6, pp. 37- 46.

[14]. Shahid, Shamsuddin; Hazarika, Manzul Kumar, 2009, Groundwater Drought in the Northwestern District of Bangladesh, Water Resources Management , Volume 24, Issue 10, pp 1989-2006.

[15]. Vicente-Serrano, S. M. and Lopez-Moreno J. I. ,2005, Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of the Standardized Precipitatio Index in a mountainous Mediterranean basin, Hydrology and Earth System Sciences, Volume 9,pp. 523–533.

[16]. Chen, Zhuoheng; Grasby, Stephen E; and Osadetz, Kirk G, 2004, Relationship between climate variability and ground Water Levels in the upper carbonate aquifer, southern, Manitoba, Canada. Journal of Hydrology, Volume 290, issues 1-2, pp. 43-62.

www.SID.ir