نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 5، جلد 10، آذر - دی 1395، ص. 635-622

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 10, Nov.-Dec. 2016, p. 622-635

تاثیر خشکسالی‌های اخیر بر منابع آب‌های زیرزمینی دشت یزد-اردکان

دکتر کمال امیدوار[1]، مجید زارع[2]، رضا ابراهیمی[3*]

تاریخ دریافت: 1394/10/6 تاریخ پذیرش: 1395/9/7

چکیده

خشکسالی از پدیده‌های جوی است که می‌تواند در هر ناحیه‌ای رخ دهد و منجر به خسارت‌های عمده اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی شود. این پدیده بخش‌های مختلف محیطی از جمله منابع آب‌های زیرزمینی را در طول دوره‌ی حاکمیت خود تحت تاثیر قرار می‌دهد. اثر خشکسالی بر روی منابع آب‌های زیرزمینی کم‌تر مورد توجه قرار گرفته است. در این پژوهش با استفاده از شاخص استاندارد بارش[4] و شاخص سطح آب استاندارد زیرزمینی[5] تاثیر خشکسالی بر منابع آب زیرزمینی دشت یزد-اردکان طی سال‌های آبی82-1381 تا 91-1390 برای کلیه‌ی چاه‌های موجود و آمار بیست ساله برای 8 چاه منتخب حوضه ی مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی توزیع مکانی شدت خشکسالی بر افت سطح سفره آب زیرزمینی منطقه نقشه‌های مربوطه با استفاده از نرم افزار GIS ترسیم شد. روند خشکسالی نیز در سطح ایستگاه‌های مورد مطالعه با روش من-کندال تعیین گردید. نتایج تحقیق نشان داد که درسال‌های آبی 79-1378 و 87-1386 خشکسالی در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه واقع شده است. همچنین در بررسی تاثیر خشکسالی هیدرولوژیکی بر سطح ایستابی چاه‌ها از شاخص SWI استفاده شده است که نتایج به دست آمده نشان می‌دهد خشکسالی‌های اخیر، باعث افت سطح ایستابی و سطح آب‌های زیرزمینی کلیه چاه‌های مورد مطالعه در دشت یزد-اردکان شده است. در نهایت با تعیین ضریب همبستگی بین عمق سطح ایستابی چاه‌ها و بارندگی در مقیاس زمانی سالیانه، بالاترین ضریب همبستگی مربوط به چاه شحنه و چرخاب بود.

واژه‌های کلیدی: آب‌های زیرزمینی، خشکسالی، دشت یزد-اردکان، SPI، SWI

مقدمه

آب در هر کشور و منطقه‌ای سرمایه‌ی ملی محسوب می‌شود و دارای چنان ارزشی است که زندگی انسان به آن وابسته است. امروزه آب مهم‌ترین چالش بین المللی در اکثر کشورهای جهان می‌باشد به طوری که در سال 2000 میلادی 26 کشور جهان با 300 میلیون جمعیت با کمبود آب درگیر بوده و تا سال 2050 میلادی نیز بیش از 66 کشور با داشتن حدود $\frac{2}{3}$ جمعیت کره زمین با مشکل کم آبی مواجه خواهند بود (امیدوار وهمکاران، 1388). حوضه‌ی آب‌های زیرزمینی مهم‌ترین منبع تامین آب در مناطق خشک و نیمه خشک بخش مرکزی ایران محسوب می‌شوند. بدیهی است که وقوع خشکسالی‌های متوالی اقلیمی بر منابع آب زیرزمینی تاثیر می‌گذارد . شناخت و آگاهی از تاثیر زمانی بین دو پدیده‌ی خشکسالی و خشکسالی آب شناختی، می‌تواند به مدیران و برنامه‌ریزان بخش آب کمک زیادی کند. در مناطق مختلف ایران، خشکسالی‌های شدید اتفاق افتاده، به طوری که نمودار بارندگی 32 ساله در ایران، نمایانگر آن است که کشورمان در خلال این دوره، با شش خشکسالی شدید و 17 بار خشکسالی خفیف و متوسط مواجه شده و پنج بار نیز تا آستانه‌ی خشکسالی پیش رفته است (اکرامی،1392). منابع آب دنیا در حال کاهش است و از آن‌جا که 85% آب شیرین دنیا در بخش کشاورزی مصرف می‌شود، در کاهش سریع کمیت و کیفیت آب سهیم می باشد (Gonzalez et., 2010 al). تاثیر خشکسالی هواشناسی در سیستم آب‌های زیرزمینی، به طور کلی در مقیاس زمانی ماهانه و سالانه اتفاق می افتد (VanLanen et al., 2000, Bhuiyan et all., 2006)

ایران کشوری است، که در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان قرار گرفته و این موضوع سبب شده به طور طبیعی مقدار بارندگی در برخی از سال‌ها از میانگین دراز مدت آن کم‌تر باشد، بنابراین پایش وضعیت خشکسالی شرایطی را ایجاد می‌کندکه با مدیریت صحیح و بهینه‌ی منابع آب سطحی و زیرزمینی، بتوان مدیریت خطر که سیستم پیش

1- استاد اقلیم شناسی دانشگاه یزد دانشکده علوم انسانی
2- دانشجوی کارشناسی ارشد اقلیم شناسی کاربردی
3- دانشجوی دکتری آب و هواشناسی دانشگاه یزد
(* - نویسنده مسئول: Email: ebrahimireza7679@yahoo.com)

4- standard precipitation index
5- Standardized Water Level Index

آگاهی است را جایگزین مدیریت بحران نمود(محمدی و مرادی، 1389).

شاخص (SPI) به عنوان یکی از رایج‌ترین شاخص‌های خشکسالی در مطالعات خشکسالی و تحلیل آن در مقیاس‌های زمانی متفاوت مورد استفاده قرار می‌گیرد(Hisdal et all., 2003) این شاخص به دلیل سادگی در محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی و هر نوع شرایط اقلیمی، چندکاره بودن جهت پایش شرایط خشکسالی از نظر هواشناسی، کشاورزی و هیدرولوژیکی، توزیع نرمال آن و عدم وابستگی به رطوبت خاک و امکان استفاده از آن در تمامی سال، به عنوان مناسب‌ترین شاخص شنا خته می‌شود (امیدوار، 1390) فعالیت-های بشری مانند مصرف آب زیرزمینی به وسیله پمپاژ زیاد، باعث آسیب رساندن به منابع آب زیرزمینی می‌گردد. شرایط آب و هوایی خشک و طولانی مدت حتی ممکن است ویژگی‌های هیدرولوژیکی یک سفره را تغییر دهد. ارزیابی این تاثیرات بسیار مشکل است زیرا تاثیر تغییرات آب و هوا بر روی سطح آب زیرزمینی را نمی‌توان بلافاصله تشخیص داد. سیستم‌های جریان آب زیرزمینی توانایی به تعویق انداختن دارند که از این خاصیت به منظور نگهداری و انتقال آب استفاده می‌شود. مدت زمان اقامت آب درون زمین می‌تواند از روزها تا ده‌ها هزار سال طول بکشد که این موضوع احتمال تاثیر تغییرات آب‌وهوا بر روی سطح آب زیرزمینی را به دنبال دارد (مردانه، 1391). استان یزد به علت حاکم بودن شرایط اقلیمی خشک و فرا-خشک در آن، از جمله مناطقی است که همواره از شرایط بی‌آبی و کم‌آبی در رنج و سختی بوده است. همچنین وقوع خشکسالی‌های پی در پی و به دنبال آن برداشت بی رویه از سفره‌ی آب زیرزمینی به عنوان تنها منبع تامین آب، موجب افت شدید سطح ایستابی و تغییر در کیفیت آب گردیده است. (singh., 2010). مطالعه چمن‌زارهای کانادا نشان داد که تحت تاثیر شرایط طبیعی، نوسان سطح آب زیرزمینی و روند طولانی مدت آن، بستگی به پرشدن مجدد سفره‌ی آب زیرزمینی دارد که عملکردی از بارندگی و تبخیر و تعرق است (Rutulis., 1989)وقوع خشکسالی در مناطق تغذیه‌ی آب‌های زیر زمینی را با تاکید بر شدت و مدت خشکسالی‌ها و سطح آستانه‌ی بالا بررسی شد. نتایج نشان می‌دهد که تاثیر تغذیه در آب‌های زیرزمینی، سبب جابه‌جایی بیش‌ترین افت از دوره‌ی جریان‌های سطحی حداکثر به جریان‌های حداقل شده است و در بیش‌تر نقاط مورد مطالعه، تضعیف چرخه‌ی آب زیرزمینی موجب کاهش طول دوره‌ی لازم برای وقوع خشکسالی شدید شده است (Peters., 2003). روابط بین متغیرهای آب‌وهوایی و تراز آب زیرزمینی را در سفره آب زیرزمینی در ایالت مانیتوبا در کانادا بررسی شد. روند مدل‌سازی متغیرهای اقلیمی در منطقه وینیپگ نشان داد که متوسط درجه حرارت سالانه تا حدود یک درجه سانتی‌گراد طی 105 سال گذشته افزایش یافته است. نتایج نشان داد که بارش و میانگین دمای سالانه در این منطقه همبستگی بالایی با تراز آب زیرزمینی سالانه دارد و در مناطقی که آبخوان کم عمق باشد درجه حرارت تاثیر بیش‌تری از بارش بر سطح آب‌های زیرزمینی دارد.(Chen et al., 2004) . به منظور ارزیابی رابطه زمانی-مکانی بین جریان سطحی، بارندگی و آب زیرزمینی از داده-های تاریخی طولانی مدت با استفاده از آزمون من-کندال در حوضه-ی هاوایی استفاده کردند. نتایج تحقیق حاکی از کاهش معنی‌دارجریان پایه‌ی آب‌های سطحی از سال 1960 به بعد بود، در حالی که بارندگی روند معنی‌داری را در این دو دوره نشان نداده است. همچنین آبکشی از آب‌های زیرزمینی بطور معنی‌داری از سال 1960 به بعد افزایش یافته و نتایج نشانگر اثر معنی داری آن بر کاهش بده‌ی پایه می‌باشد (Fares and Mair., 2010).

اثرات خشکسالی‌های اقلیمی را بر منابع آب‌های زیر زمینی دشت‌های شمال همدان با استفاده از GIS، در مقیاس ماهانه طی 17 سال دوره‌ی آماری 1379-1363 مطالعه شد. نتایج نشان داد که شدیدترین افت در فصل بهار و در مرکز دشت اتفاق می‌افتد و مناطق حاشیه دشت‌ها (محل اتصال دشت به ارتفاعات) از افت کم‌تری برخوردارند (شمسی پور وحبیبی، 1382). با بررسی تاثیر خشکسالی بر آب‌های زیرزمینی منطقه‌ی دماوند، به این نتیجه رسیدند که با این‌که کاهش بارندگی در سال آبی 80-1379 نسبت به سال آبی 78-1377 و 79-1378 افزایش داشته، آب‌های زیرزمینی کاهش چشم‌گیری داشته و بیش‌ترین افت مربوط به سال آبی 79-1378 است که حدود 3/5 متر است و به علت کوچکی ابعاد سفره، امکان بهره‌برداری در این منطقه وجود ندارد (اربابی وبیات، 1384).

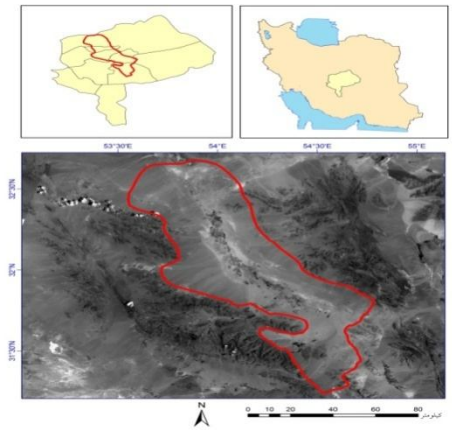
با بررسی اثرات زیست محیطی افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت زرند به این نتیجه رسیدندکه سطح آب زیرزمینی دشت زرند به دلیل برداشت زیاد، همه ساله دارای افت است و به دلیل تفاوت در میزان تغذیه و تخلیه‌ی سفره‌ی آب زیرزمینی و جنس زمین، میزان افت در همه جا یکسان نیست. پمپاژ بیش از حد از سفره آب زیرزمینی دشت زرند پیامدهای نامطلوبی همچون کاهش حجم ذخایر آبی، افزایش اجباری عمق چاه‌ها، خشک شدن منابع آبی، افزایش مصرف انرژی استحصال آب زیرزمینی، نشست زمین و ایجاد درز و شکاف در سطح زمین و ابنیه و خسارت به تاسیسات و خشک شدن برخی از مزارع و باغات است. (شاهی دشت و عباس نژاد، 1389). بررسی ارتباط بین خشکسالی‌های هواشناسی و آب‌های زیرزمینی در دشت اراک با استفاده از روش SWI واکاوی شد. نتایج نشان داد که بخش-های شمال‌شرقی و شرق حوضه از نظر تداوم خشکسالی هواشناسی حساسیت بیش‌تری نسبت به سایر نواحی دارد و از آن‌جایی که وضعیت پراکنش بارش در منطقه ناهمگن می‌باشد، نواحی شرقی حوضه دارای نوسانات بارشی بیش‌تری بوده که طولانی‌ترین تداوم‌ها در خشکسالی آب‌های زیرزمینی در غرب حوضه اتفاق افتاده است

(محمدی وهمکاران، 1391).

هدف از انجام این پژوهش در درجه اول تعیین روند بارش و خشکسالی در ایستگاه‌های مورد مطالعه می‌باشد در ادامه به واکاوی تفکیک خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها و تداوم و شدت این فراسنج‌ها در دوره‌ی آماری مورد نظر در حوضه دشت یزد-اردکان پرداخته شده است. در نهایت بعد از انجام مراحل ذکر شده، تاثیر خشکسالی هواشناسی بر سطح منابع آب زیرزمینی و محاسبه شاخص سطح استاندارد شده، مورد واکاوی قرار گرفت.

موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

دشت یزد-اردکان یکی از وسیع‌ترین دشت‌های استان یزد می‌باشدکه در طول 53 درجه 24 دقیقه تا 54 درجه و 58 دقیقه طول شرقی و 31 درجه و 13 دقیقه تا 35 درجه و 32 دقیقه عرض شمالی در فلات مرکزی ایران واقع شده است. مساحت این حوضه 11775 کیلومترمربع است که 4117 کیلومتر آن، دشت اصلی و 3000 کیلومترمربع آن ارتفاعات و 895 کیلومترمربع نواحی تپه ماهور، شوره‌زار و تلماسه‌ها و بقیه دشت‌های منفرد حاشیه‌ای و میان‌کوهی تشکیل می‌دهد. سطح ایستابی در پاره‌ای از نواحی جنوبی دشت بیش از 100 متر و در نواحی شمالی به کم‌تر از 10 متر می‌رسد. بر اساس ارزیابی‌های انجام شده تراز آبی حوضه منفی و توان آبی آن نیز ضعیف اعلام شده است. بزرگ‌ترین ذخیره‌ی آبی استان یزد نیز در آبخانه‌های این دشت جای دارد و جهت جریان آب در این دشت، از جنوب به شمال است. هر چند این حوزه به طور اصولی از جریان‌های دایمی بی‌بهره است، اما چند رشته از بزرگ‌ترین روان‌آب‌های دره‌ها و دامنه‌های شمالی شیرکوه از دو مسیر عمده تفت و مهریز و دشت‌های اطراف وارد این حوزه می‌گردد (پویا، 1379).



شکل1- موقعیت کشوری و استانی دشت یزد-اردکان

دشت یزد-اردکان دارای 1085 حلقه چاه‌عمیق با تخلیه سالانه 260182 هزار مترمکعب و 255 حلقه چاه نیمه‌عمیق با تخلیه سالانه 19764 هزار مترمکعب و 827 رشته قنات با تخلیه‌ی سالانه 104124 هزار مترمکعب، 45 دهنه چشمه با تخلیه سالانه‌ی 4835 هزار مترمکعب و تخلیه کل چاه‌ها و قنات و چشمه 388/89 میلیون مترمکعب می‌باشد. در حال حاضر میزان بهره‌برداری از حوضه یزد-اردکان 515/5 میلیون مترمکعب در سال بوده که کسری بیلان 132 میلیون مترمکعب را به همراه داشته است (گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد، 1388).

به نظر می‌رسد مهم‌ترین دلیل افت سطح آب‌های زیرزمینی در منطقه‌ی مورد مطالعه حفر چاه‌های متعدد است. آب استحصالی این چاه‌ها به مصارف کشاورزی، شرب و صنعت می‌رسد. رشد صنعت نیز مقوله دیگری است که دارای نقش دوگانه است. صنعت از یک طرف باعث جذب جمعیت و از طرف دیگر سبب مصرف آب می‌شود. احداث کارخانه فولاد یزد و کارخانه سیمان از جمله صنایعی هستند که دارای مصرف فوق العاده آب هستند، ضمن آن‌که در جذب جمعیت نیز نقش زیادی داشته‌اند. اسفناج وحشی نیز عامل دیگری برای افت آب‌های زیرزمینی بشمار می‌رود. دلیل کاشت این گیاه بیابان‌زدایی می‌باشد (حیدری نوشهر، 1388).

مواد و روش‌ها

جهت بررسی روند تغییرات سطح ایستابی منابع آب زیرزمینی منطقه و تحلیل کمی خشکسالی‌های هواشناسی و آب شناختی، از شاخص خشکسالی هواشناسی (SPI) و شاخص تعیین سطح استاندارد آب (SWI) استفاده گردید. داده‌های بارش ماهانه 30 ساله (1390-1360) از سازمان هواشناسی کشور و داده‌های مربوط به آب‌های زیرزمینی طی دوره ده ساله (1391-1381) دشت اردکان یزد از وزارت نیرو استان دریافت گردید. برای تکمیل نواقص آماری اقدام به بازسازی داده‌ها با استفاده از روش همبستگی بین ایستگاه‌ها و مدل رگرسیونی گردید داده‌های ایستگاه ناقص با استفاده از نرم افزار SPSS مورد بازسازی قرار گرفت.

در این پژوهش، محاسبه شاخص SPI در مقیاس‌های زمانی 6، 12، 24، 48 و سالانه بین دوره آماری (1390-1360) با استفاده از نرم افزار DIP[1] برای 30 ایستگاه هواشناسی وزارت نیرو انجام شد.

شاخص بارش استاندارد (SPI)

این شاخص در سال 1993 توسط مکی‌کی[2] و همکارانش معرفی و برای اولین بار، در ایالت کلرادو مورد استفاده قرار گرفت. آن‌ها توزیع گامای دو پارامتره را توزیع مناسب (برای بارش‌های نواحی خشک به

1-Drought Indices Package
2- McKee

منظور نرمال کردن داده‌های بارش) شناخته شد. این شاخص در محدوده 2+ و یا بیش‌تر برای ترسالی حاد تا 2- و یا کم‌تر برای خشکسالی حاد، درجه بندی شد (جدول شماره 1). محاسبه این شاخص به نحو معادله شماره 1 می‌باشد.

$$SPI = \frac{P_{ik} - P_i}{\sigma_i} \quad (1)$$

Pik مقادیر بارش ایستگاه i در k امین مشاهده به میلی‌متر، Pi میانگین بارش بلند مدت ایستگاه به میلی‌متر و σ_i انحراف معیار داده‌های بارش بلند مدت ایستگاه i (امیدوار، 1390).

جدول1- طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI

وضعیت خشکسالی	شاخص SPI
ترسالی بسیار شدید	2+ و بیش‌تر
ترسالی شدید	1/99 تا 1/5
ترسالی متوسط	1/49 تا 1
نزدیک به نرمال	0/99 تا 0/99-
خشکسالی متوسط	1- تا 1/49-
خشکسالی شدید	1/5- تا 1/99-
خشکسالی بسیار شدید	2- و کم‌تر

شاخص سطح آب استاندارد(SWI)

شاخص SWI به عنوان مقیاسی جهت تعیین میزان کاهش تغذیه در آب‌های زیرزمینی می‌تواند باشد که با استفاده از رابطه 2 محاسبه می‌شود.

$$SWI = \frac{W_{ij} - W_{im}}{\sigma} \quad (2)$$

که در این رابطه:

W_{ij} = سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری i تا j

W_{im} = میانگین ماهانه سطح ایستابی

σ = انحراف معیار

از آن‌جایی که سطح آب‌های زیرزمینی از سطح زمین به پایین اندازه‌گیری می‌شوند، مقادیر مثبت SWI نشان دهنده‌ی خشکسالی و مقادیر منفی آن نشان دهنده‌ی عدم خشکسالی یا شرایط نرمال است. داده‌های این شاخص نیز بین دوره آماری (1390-1381) مورد استفاده قرار گرفت.

در این تحقیق برای تعیین تصادفی بودن، وجود یا عدم وجود روند در سری‌های زمانی مورد مطالعه، از آزمون ناپارامتریک من کندال استفاده گردید در ابتدا آماره آزمون من کندال برای خشکسالی در دو دوره مشترک مورد بررسی و محاسبه قرار گرفت سپس معنی داری این آماره‌ها در سطح احتمال 95 % مورد آزمون قرارگرفت.

آزمون من کندال

یکی از متداول‌ترین روش‌های همبستگی رتبه‌ای، استفاده از ضریب همبستگی من کندال است

نشان داده(τ) این ضریب همبستگی با حرف یونانی می شود

محاسبه ضریب همبستگی کندال از معادله 3 است

$$\tau = \frac{2S}{N(N-1)} \quad (3)$$

که در آن S مجموع ضرایب همبستگی جفت‌وجور شده اعضا دو جامعه مورد نظر می‌باشد. (مسعودیان و همکاران، 2014، مهدوی و همکاران، 2011)

جدول2- طبقه‌بندی‌شاخص‌سطح‌استانداردشده(SWI)، (Boyan., 2004)

طبقه خشکسالی	SWI
خشکسالی بسیار شدید	2 و بیشتر
خشکسالی شدید	1/5 تا 1/99
خشکسالی متوسط	1 تا 1/49
خشکسالی ملایم	0 تا 0/99
بدون خشکسالی	کمتر از 0

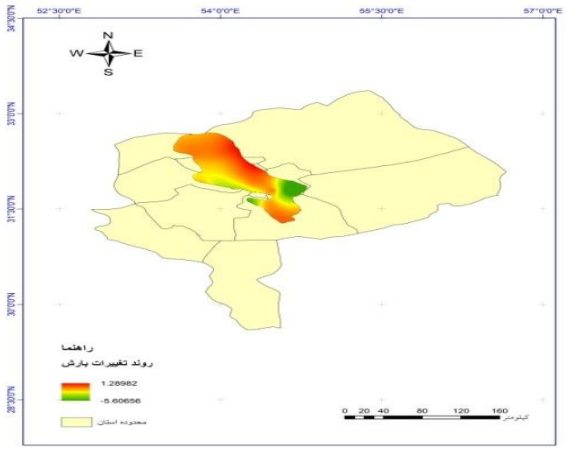
ضریب همبستگی

گاهی رابطه بین دو متغیر به گونه‌ای است که تغییر مقادیر یکی از متغیرها با تغییر دیگری صورت می‌گیرد به این هم‌تغییری همبستگی می‌گویند که معمولا از صفر تا 1+ و از صفر تا 1- تغییر می‌کند درادامه جهت محاسبه بهره ضریب همبستگی بین بارش سالانه و سطح آب چاه‌های پیزومتری ازنرم افزار SPS استفاده شد نمودارهای مربوطه نیز با استفاده از نرم افزارExcel و نقشه پهنه-بندی روند کاهشی یا افزایشی بارش در نرم‌GIS به روش کریجینگ ترسیم شد

نتایج و بحث

روند سالانه بارش طی دوره 30 ساله (1390-1360) برای ایستگاه‌های مورد مطالعه ترسیم شد (شکل 2). به طور کلی نتایج گویای روند نزولی بارش در بازه زمانی مورد مطالعه می‌باشد. بنابراین

شیب خط روند برای اکثر مناطق مورد مطالعه منفی است (شکل2).



شکل2- روند بارش سالانه در ایستگاه‌های مورد مطالعه دشت یزد-اردکان

همان‌گونه که در شکل فوق مشخص است بارش در ایستگاه‌های مورد مطالعه به سمت جنوب و جنوب‌شرقی حوضه، روند کاهشی دارد و بارش این ایستگاه‌ها نسبت به آمار طولانی مدت آن‌ها کاهش یافته است. نتایج حاصل از شاخص استاندارد بارش در مقیاس سالانه نشان می‌دهد، در دهه‌های اخیر خشک‌ترین سال‌های آبی مربوط به سال آبی 79-1378 و 87-1386 است و فراوانی رخداد خشکسالی‌های شدید در دهه‌های اخیر منتهی به سال 1391 رشد فزاینده‌ای داشته است که این نتایج با مطالعات صمدی بروجنی و ابراهیمی در استان چهارمحال‌وبختیاری مطابقت دارد. درجدول3 خلاصه وضعیت خشکسالی ایستگاه‌های منطقه، در بازه زمانی مورد مطالعه ارائه شده است. بررسی خشکسالی در مقیاس‌های زمانی6، 12، 24، 48 ماهه، در بازه مورد مطالعه نشان می‌دهد بیش‌ترین فراوانی خشکسالی‌ها در مقیاس زمانی 6 ماهه رخ داده است به طوری که این مقیاس زمانی 6 ماهه طی دوره مورد مطالعه در ایستگاه‌های یزد و پاچنار، 64 ماه دارای خشکسالی متوسط تا بسیار شدید با حداکثر شدت (2/63- و 4/23-) و حداقل‌خشکسالی مربوط به ایستگاه قوام‌آباد با حداکثر شدت (2/28-) می‌باشد. لازم به ذکر است که بررسی نمودارهای مربوط به شاخص خشکسالی (**SPI**) نشان می‌دهد که شرایط نزدیک به نرمال نسبت به سایر وضعیت‌ها از فراوانی بیش‌تری برخوردار است. اما به طور کلی با توجه به روند نزولی بارش به ویژه در طی سال‌های اخیر در منطقه مورد مطالعه رخداد خشکسالی‌ها بر تر سالی‌ها حاکمیت داشته است.

طبق جدول4 نیز شاخص بارش استاندارد سالیانه ایستگاه‌های منتخب هر شهرستان آورده شده است که طبق این جدول بیش‌ترین فراوانی خشکسالی‌های شدید سالیانه در دوره آماری مورد مطالعه مربوط به ایستگاه اردکان است و کم‌ترین میزان خشکسالی شدید مربوط به ایستگاه مهریز است. بیش‌ترین درصد فراوانی نزدیک به نرمال نیز مربوط به ایستگاه یزد می‌باشد. لازم به ذکر است در همه ایستگاه‌های منتخب به جز ایستگاه مهریز، یک سال خشکسالی بسیار شدید مشاهده شده است.

جهت بررسی دقیق‌تر نحوه تاثیرگذاری خشکسالی هواشناسی بر تغییرات سطح آب زیرزمینی در دشت یزد-اردکان، مقایسه‌ای بین نمایه خشکسالی هواشناسی(SPI) و شاخص منابع آب زیرزمینی SWI در منطقه مورد مطالعه انجام شد. در ادامه با استفاده از مقادیر نقطه‌ای شاخص SWI که مربوط به هر چاه می‌باشد، نقشه‌ی پهنه-بندی خشکسالی با استفاده از تکنیک درون‌یابی در محیط GIS تهیه و تولید شدند. مقادیر محاسبه شده SWI با توجه به‌طبقه‌بندی و شدت خشکسالی آن مشخص گردید.

از بهترین روش‌های محاسبه کمی تغییرات آب‌های زیرزمینی، استفاده ازتغییرات سطح ایستابی چاه هاپیزومتری (مشاهده‌ای) می-باشد. این چاه‌ها صرفا به منظور اندازه‌گیری تغییرات سطح آب درسفره‌های آب زیرزمینی حفرمی‌شوند و چون گسترش مناسبی در دشت داشته و عمق حفر و همچنین فاصله آن‌ها ازمنابع مجاور دارای شرایط تعریف شده‌ای است، مناسب‌ترین وسیله برای اندازه‌گیری تغییرات سطح آب زیرزمینی وتغییرات حجم مخازن آب زیرزمینی به شمار می‌روند. به طور کلی، به منظور برآورد خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی، نیازبه آمار بلندمدت عمق سطح آب درچاه‌های پیزومتری و بارش بلندمدت (حداقل 30 سال) ایستگاه‌های هواشناسی می‌باشد. دراین تحقیق به منظور بررسی خشکسالی هیدرولوژیکی ازآمار چاه‌هایی استفاده شده است که علاوه بر پراکنش مناسب درمحدوده‌ی مورد مطالعه، دارای آمار بلندمدت نیز هستند. لازم به ذکراست که تغییرات سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری با آمارکوتاه‌مدت از سال1381 تا 1391 نیز محاسبه گردید، ولی به دلیل اینکه روند افت آن‌ها نیز مانند نمونه‌های اشاره شده می‌باشد، بنابراین به منظور عدم تکرار نتایج مشابه، از آوردن جداول و نمودارهای مربوطه صرف نظر شد. درادامه نتایج حاصل از بررسی تغییرات سطح آب زیرزمینی دردشت یزد-اردکان توسط شاخصSWI در مقیاس زمانی سالانه، برای چاه‌های پیزومتری چاه چرخاب، چاه خوید،کوچاه و انبارکوچاه دهنو به عنوان نمونه آمده‌است (شکل‌های 3 الف، ب، ث و ج).

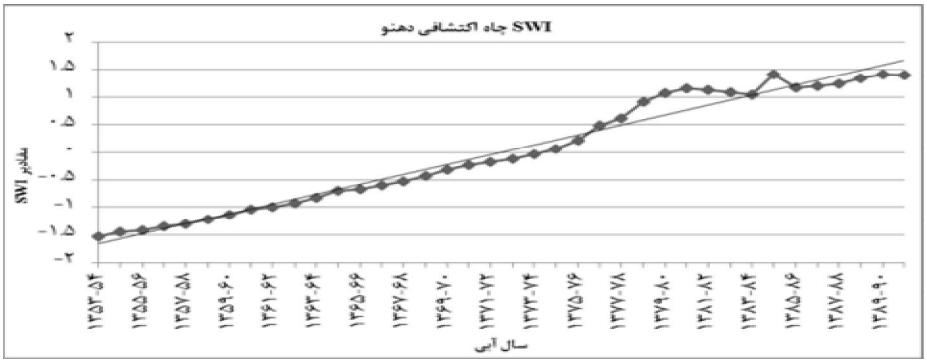
لازم به ذکر است که شکل 3 مرتبط با چاه‌هایی با آمار طولانی مدت هستند که 4 مورد از آن‌ها به عنوان نمونه آورده شده است.

جدول3- فراوانی و حداکثرخشکسالی درمقیاس زمانی(6، 12، 24، 48 ماهه) بااستفاده ازشاخصSPI

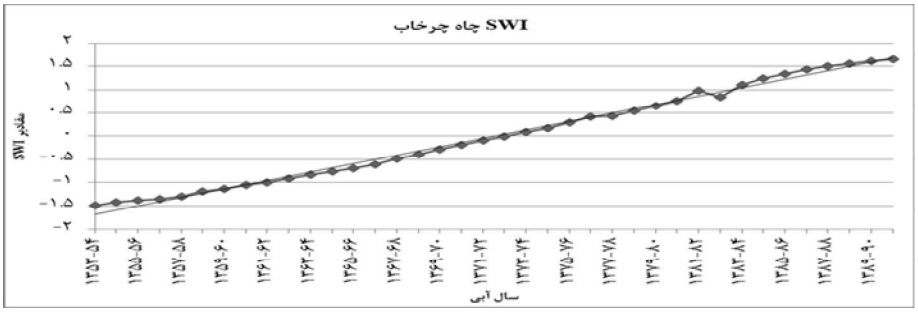
نام ایستگاه	مقیاس زمانی (6 ماهه)		مقیاس زمانی (12 ماهه)		مقیاس زمانی (24 ماهه)		مقیاس زمانی (48 ماهه)	
	تعداد خشکسالی	حداکثر شدت	تعداد خشکسالی	حداکثر شدت	تعداد خشکسالی	حداکثر شدت	تعداد خشکسالی	حداکثر شدت
اسلامیه	55	-2/87	66	-2/7	54	-2/67	55	-2/57
اشکذر	50	-3/38	63	-2/81	62	-1/96	66	-2/16
پاچنار تفت	64	-4/23	71	-3/42	49	-3/52	64	-3/28
تفت	50	-2/87	60	-2/81	52	-2/89	50	-2/61
خویدک	54	-2/61	68	-2/68	73	-2/28	57	-2/36
دهشیر	38	-2/79	49	-2/75	55	-2/02	47	-2/22
محمد آباد	45	-2/44	62	-2/72	59	-2/47	52	-2/65
یزد	64	-2/63	72	-2/71	77	-2/04	77	-1/83
مزرعه آقا خرانق	49	-3/09	35	-2/79	49	-2/4	80	-2/02
اردکان	43	-2/82	48	-2/78	40	-2/85	43	-3/02
باغستان	35	-2/46	34	-2/34	34	-2/46	24	-2/27
چادرملو	42	-2/52	34	-2/68	29	-2/49	23	-2/08
دامک علی آباد	42	-3/31	36	-2/83	36	-2/54	35	-2/16
ده بالا	40	-3/49	34	-3/12	45	-2/53	28	-2/84
طزرجان	36	-3/34	38	-3/17	36	-2/15	28	-2/39
علیقلی بردستان	28	-3/15	29	-2/78	39	-2/55	30	-2/48
تنگ چنار	34	-2/67	47	-2/78	38	-2/6	37	-1/96
خودسفلی	30	-2/44	31	-2/76	31	-2/19	28	-2/67
شمس آباد	36	-2/81	43	-2/43	39	-2/47	41	-2/25
صدر آباد	33	-2/01	31	-2/43	45	-2/12	25	-1/94
طزنج	31	-2/71	41	-2/38	48	-2/04	34	-2/58
کذاب	37	-2/89	45	-2/76	50	-2/12	46	-2/18
منشاد	41	-3/16	36	-2/74	35	-2/16	35	-2/61
مهریز	33	-3/07	41	-2/43	39	-2/1	39	-2/04
فهرج	19	-2/45	22	-2/37	30	-1/78	24	-1/92
میبد	24	-2/61	28	-2/59	24	-2/83	24	-2/4
چاه متک	20	-2/71	25	-2/52	32	-1/93	28	-1/88
زرجوع عقدا	19	-1/8	29	-1/87	33	-1/54	21	-1/84
قوام آباد	17	-2/28	29	-2/34	23	-2/38	24	-1/94
خضرآباد	21	-2/82	23	-2/54	24	-2/23	21	-1/87
ندوشن	23	-2/84	25	-2/19	24	-1/81	23	-1/7

جدول4- خلاصه مقادیر شاخص بارش استاندارد سالیانه در بازه زمانی مورد مطالعه در ایستگاه‌های منتخب مورد مطالعه

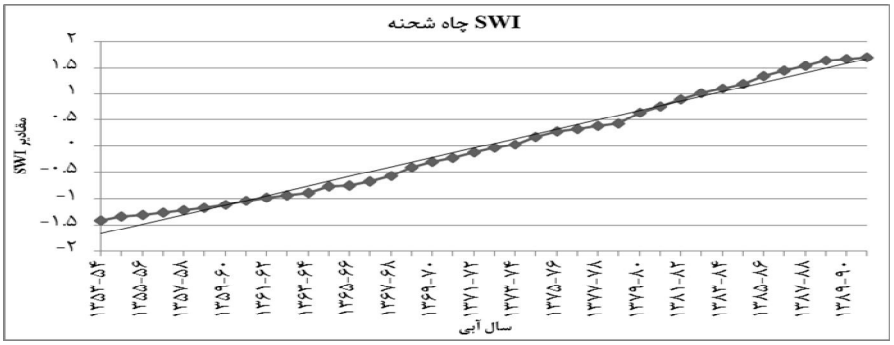
ایستگاه	خشکسالی بسیار شدید	خشکسالی شدید	خشکسالی متوسط	نزدیک به نرمال	کل ترسالی ها
اردکان	1	10	2	19	4
میبد	1	ـــــ	1	14	2
اشکذر	1	2	3	23	5
یزد	1	2	3	26	9
مهریز	ـــــ	1	4	13	3
تفت	1	2	3	22	3



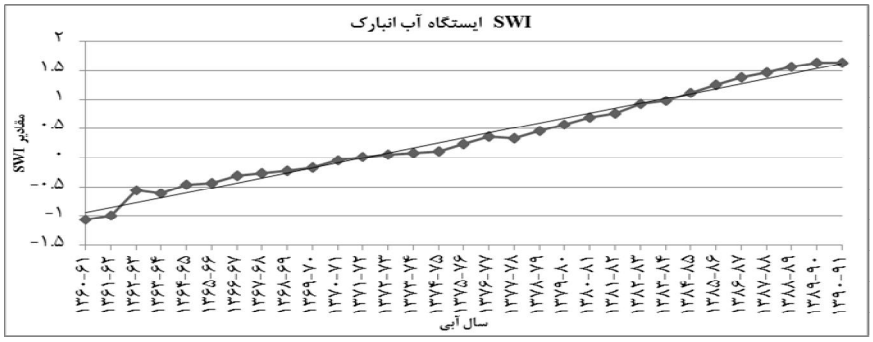
شکل3-الف: شاخص سالیانه SWI ایستگاه‌های با آمار طولانی مدت



شکل3-ب: شاخص سالیانه SWI ایستگاه‌های با آمار طولانی مدت



شکل3-ث: شاخص سالیانه SWI ایستگاه‌های با آمار طولانی مدت



شکل3-ج: شاخص سالیانه SWI ایستگاه‌های با آمار طولانی مدت

بررسی هیدروگراف سطح آب زیرزمینی دشت یزد-اردکان

به منظورارزیابی بهتر روند تغییرات سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری دشت یزد-اردکان، ازچاه‌هایی که دارای آمار طولانی مدت بودند استفاده شد و نمودارهای مربوطه ترسیم گردید. همان‌طورکه دراین نمودارها مشاهده می‌گردد درطول دوره‌ی آماری روند افت سطح ایستابی چاه‌ها رو به افزایش بوده و در تمامی چاه‌ها این روند قابل مشاهده است.که این افت می‌تواند دلایل زیادی ازجمله تداوم دوره‌ی خشکسالی‌ها باشد و همچنین بهره‌برداری بیش ازحد، از منابع آب زیرزمینی چه درجهت کشاورزی، صنعت، شرب و بهداشت دانست.

بررسی رابطه بین بارندگی و سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری

به منظور بررسی رابطه بین خشکسالی و افت سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری، بین بارندگی ایستگاه‌های هواشناسی و نزدیک-ترین چاه به این ایستگاه‌ها همبستگی به روش پیرسون اندازه گرفته شد (جدول 5) و نتایج نشان از رابطه‌ی معنی‌داری بین بارندگی و افت سطح ایستابی در 5 چاه پیزومتری دارد.

جدول5- ضریب همبستگی سالانه بین بارش نزدیک‌ترین ایستگاه هواشناسی با چاه پیزومتری

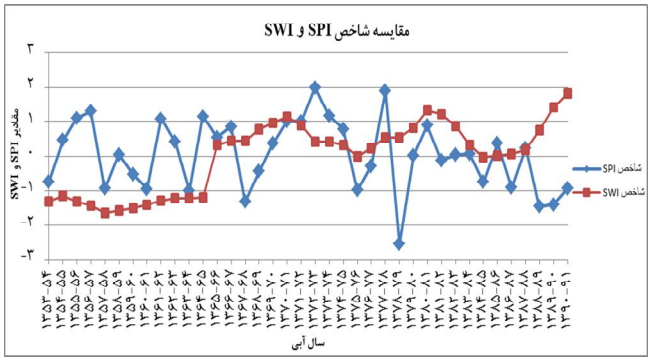
نام ایستگاه	نام چاه پیزومتری	ضریب همبستگی
خویدک	دهنو	-0/222
خویدک	هرفته	-0/020
خویدک	خویدک	-0/326
کذاب	قوام آباد	-0/102
محمدآباد	جمشید امانت	-0/387*
یزد	آب انبارک	-0/398*
یزد	چرخاب	-0/418**
یزد	شحنه	-0/414**

به طورکلی براساس نتایج بدست آمده از جدول 4 رابطه معنی-داری بین بارش و سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری وجود دارد، بنابراین تغییرات بارندگی سالانه در اثر خشکسالی و ترسالی، می‌تواند بر عمق سطح ایستابی اثر بگذارد. ولی علت پایین بودن ضریب همبستگی بین این دو مولفه، می‌تواند غلبه عوامل دیگر، ازجمله برداشت بی‌رویه ازمنابع آب زیرزمینی باشد. لازم به ذکراست علت منفی شدن ضرایب همبستگی متفاوت بودن نوع طبقه‌بندی درشاخص SPI و SWI است که شاخص SWI برعکس شاخص SPI طبقه‌بندی می‌شود. بدین صورت که با رخداد خشکسالی شاخص SWI حالت صعودی و با رخداد ترسالی شاخص SWI حالت نزولی پیدا می‌کند.

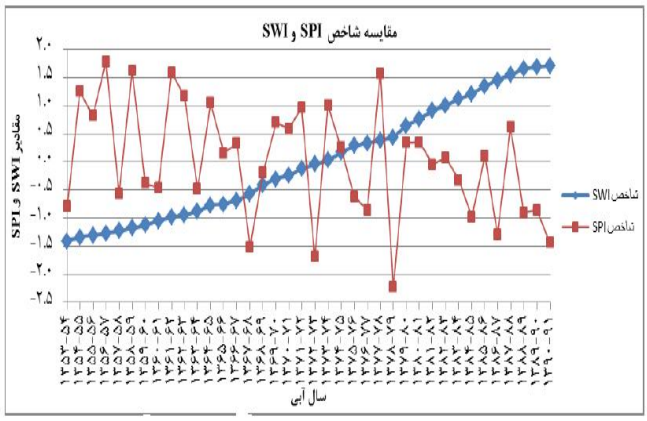
بررسی رابطه SPI و SWI

در این قسمت برای نشان دادن رابطه SPI و SWI ،دو شاخص در مقیاس زمانی سالانه برای محدوده مطالعاتی در دوره‌ی زمانی مورد مطالعه قرار گرفت. سپس با استفاده از نمودار، مقایسه این دو شاخص انجام گرفت. که در ادامه به سه مورداشاره می‌شود. ارتباط تقریبا نزدیک این دو شاخص خشکسالی برای ایستگاه یزد و چاه هرفته در شکل 4 ترسیم شد. همان‌طور که از مقایسه این دو شاخص مشخص است، از لحاظ ارزشی تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. با توجه به این شکل خشک‌ترین سال آبی 79-1378 بوده است که خشکسالی هیدرولوژیکی با یکسال تاخیر خود را نشان داده است و آثار این خشکسالی تا سال آبی 81-1380 ادامه داشته است و از آن سال به بعد خشکسالی هیدرولوژیکی کاهش یافته است و از سال 89-1388 روند افزایشی پیدا کرده است.

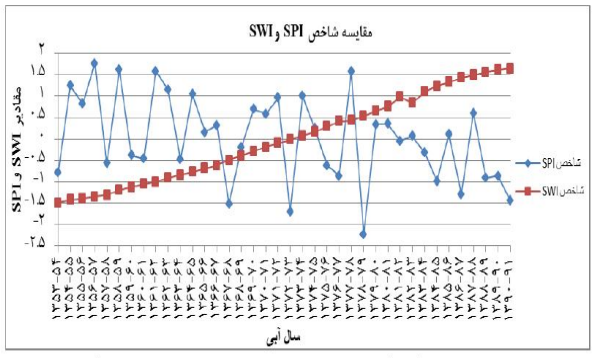
مقایسه دو شاخص در شکل‌های 5 و 6 نیز در چاه شحنه و چرخاب گویای روند افزایشی خشکسالی به ویژه در دوره آماری 1388-1378، نمایان است که این روند در سال‌های اخیر نیز ادامه داشته است.



شکل4- نمودار مقایسه SPI و SWI ایستگاه یزد با چاه هرفته



شکل5- نمودار مقایسه SPI و SWI ایستگاه یزد با چاه شحنه



شکل6- نمودار مقایسه SPI و SWI ایستگاه یزد با چاه چرخاب

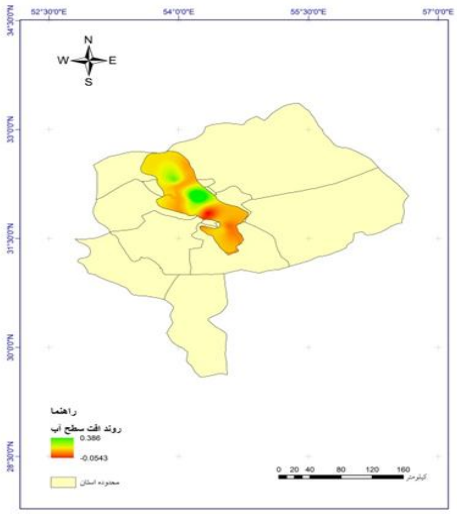
برای بررسی دقیق‌تر نحوه‌ی تاثیرگذاری خشکسالی بر تغییرات سطح ایستابی چاه‌های منطقه جدول ضریب همبستگی بین مقادیر SPI ماهانه و SWI ماهانه (جدول 4 تا 6) درمقیاس زمانی مختلف محاسبه شد.

بررسی افت آب زیرزمینی درنقاط مختلف دشت یزد-اردکان

با استفاده ازنرم افزارGIS نقشه میان‌یابی، افت سطح آب زیرزمینی و تغییرات بارش ترسیم شد که با توجه به شکل 5 مشاهده می‌گردد در قسمت مرکزی دشت یزد-اردکان افت سطح ایستابی چاه‌ها بیش‌تر از سایر نواحی بوده و همچنین در قسمت‌هایی از شمال دشت نیز میزان افت سطح ایستابی چاه‌ها دارای روند مثبت است.

جدول6 - ضریب همبستگی ماهانه شاخص SPI و SWI ایستگاه و چاه‌های مورد مطالعه

ایستگاه / چاه	ضریب همبستگی مقادیر SPI و SWI			
	SPI 6 ماهه	SPI 12 ماهه	SPI 24 ماهه	SPI 48 ماهه
خویدک-خویدک	-0/082	0/098	0/048	0/107*
خویدک-دهنو	-0/032	0/067	0/127**	0/088
خویدک-هرفته	0/003	0/127**	0/051	0/019
کذاب-قوام آباد	-0/023	0/017	0/015	0/099
محمدآباد-جمشید امانت	-0/045	-0/005	-0/085	-0/081
یزد-آب انبارک	-0/109*	0/083	0/106*	0/088
یزد-چرخاب	-0/066	0/071	0/098*	0/124**
یزد-شحنه	0/037	0/063	0/100*	0/081



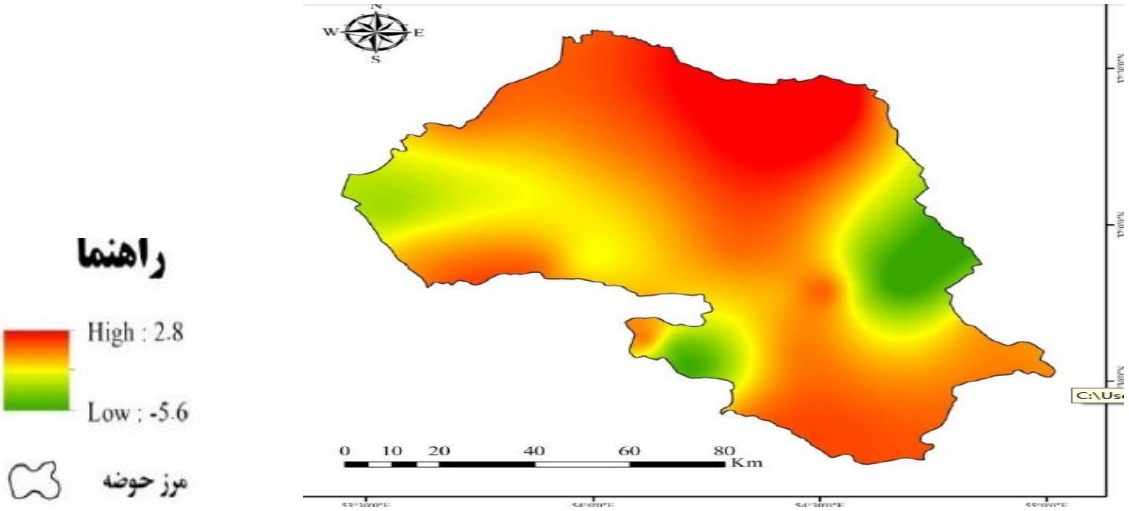
شکل7- افت سطح آب زیرزمینی دردشت یزد-اردکان

از نظر روند بارش نیز بیش‌ترین روند کاهشی بارش در نواحی جنوب‌شرق و قسمتی از جنوب حوضه مشاهده می‌گردد (شکل7). در قسمت مرکزی دشت یزد اردکان افت سطح ایستابی چاه‌ها بیش‌تر از سایر نواحی بوده و همچنین در قسمت‌هایی از شمال دشت نیز میزان افت سطح ایستابی چاه‌ها دارای روند مثبتی است بنابراین هر چه از مرکز به سمت جنوب حوضه می‌رویم میزان افت کم‌تر و در قسمت جنوب‌شرقی حوضه نیز میزان افت کم‌تری نسبت به سایر نقاط دشت دیده می‌شود (شکل7).

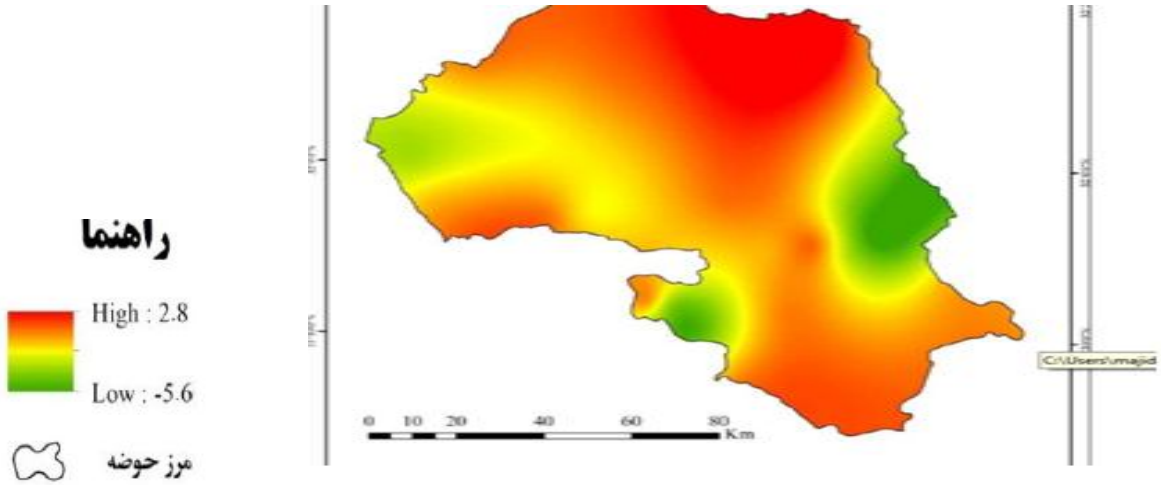
نتیجه گیری

در این تحقیق با بررسی خشکسالی هواشناسی با استفاده از روش شاخص استاندارد بارش (SPI) در ایستگاه‌های مورد مطالعه مشاهده شد که در کلیه ایستگاه‌های مورد مطالعه خشکسالی در سال‌های اخیر افزایش یافته و شدیدترین خشکسالی در دهه‌های اخیر در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه، مربوط به سال‌های آبی 79-1378 و 87-1386 است همچنین درصد فراوانی خشکسالی رخداده در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه بیش‌تر از درصد فراوانی ترسالی‌ها بوده است و بیش‌ترین فراوانی وقوع خشکسالی‌های شدید 30 سال اخیر در بازه زمانی 1375 تا 1391 رخداده است به عبارت دیگر فراوانی رخداد خشکسالی‌های شدید در 15 سال منتهی به سال 1391 رشد بیش‌تری داشته است. لازم به ذکر است که بررسی نتایج تحقیق نشان می‌دهد که بارندگی در اکثر ایستگاه‌های مورد مطالعه به ویژه درایستگاه‌های با آمار طولانی مدت، روند نزولی داشته است. بررسی شاخص خشکسالی SPI در مقیاس زمانی ماهانه در محدوده مورد مطالعه، نشان می‌دهد که با افزایش مقیاسه‌ای زمانی، دوره‌های خشک بزرگ‌تر شده ولی تکرار وقوع آن‌ها کم‌تر و تداوم خشکسالی-ها نیز بیش‌تر نمایان می‌شود که تاحدودی از شدت آن‌ها کاسته می-

شود. درضمن فراوانی طبقات مختلف خشکسالی برای کلیه ایستگاه-های مورد مطالعه محاسبه گردید و درمجموع نتایج نشان می‌دهد که شرایط نزدیک به نرمال این شاخص از فراوانی بیش‌تری نسبت به سایر طبقات برخوردار است.



شکل8- تغییرات بارش دردشت یزد-اردکان



شکل9- افت سطح ایستابی چاه‌ها دردشت یزد-اردکان

نتایج بررسی تغییرات سطح ایستابی چاه‌های پیزومتری نیزدربازه زمانی مورد مطالعه چه در کوتاه مدت و چه در بلندمدت حاکی از آن است که درکلیه ایستگاه‌ها، خشکسالی هیدرولوژیکی نیز با روند افزایشی در حال رخدادن است که علت این افت، علاوه برتداوم خشکسالی‌های اخیر، بهره‌برداری بیش از حد منابع آب زیرزمینی نیزمی‌باشد. به طورکلی نتایج حاصل از بررسی رابطه بین بارندگی نزدیک‌ترین ایستگاه به چاه پیزومتری نشان می‌دهدکه بین سطح ایستابی سالانه سفره آب زیرزمینی و میزان بارش سالانه در بازه زمانی مورد مطالعه رابطه معناداری وجوددارد، بنابراین تغییرات بارندگی سالانه در اثر خشکسالی‌ها و ترسالی‌ها، می‌تواند بر عمق سطح ایستابی چاه‌ها تاثیرگذارد. ضریب همبستگی این دو پارامتر برای هر چاه متفاوت است اما در بیش‌تر چاه‌ها رابطه متوسط تا ضعیفی درسطح معنی‌داری 95 درصد وجود دارد. بیش‌ترین همبستگی بین دو شاخص SPI و SWI نیزمربوط به مقیاس زمانی 24 ماهه است که می‌تواند ناشی از تاخیر زمانی در بروز خشکسالی بر روی منابع آب زیرزمینی باشد.

پیشنهادات

از آن‌جایی که هر ساله بر جمعیت این دشت بزرگ و مهم

(استان یزد) افزوده می‌شود و صنایع نیز در این منطقه در حال رشد هستند، منابع آب زیرزمینی کفایت لازم برای این دشت را ندارد و باید به فکر تامین منبع آب جدیدی برای این حوضه افتاد. سطح آب زیرزمینی در دشت یزد-اردکان نیز در سال‌های اخیر افت قابل ملاحظه‌ای داشته که نیازمند راهکارهای می‌باشد از جمله این راهکارهای که می توان انجام داد به شرح است:

استفاده مستقیم از فاضلاب‌های تصفیه نشده برای مصارف کشاورزی.

بهره‌برداری بیش‌تر از منابع آب کارستیک و آب‌های فسیلی.

تعمیر و مرمت قنات‌های کم آب.

محدودیت در حفر چاه‌های جدید و جلوگیری از عمیق‌ترکردن چاه‌ها.

انجام برنامه‌ریزی‌های کوتاه مدت و بلند مدت جهت کمک مالی به کشاورزان خسارت دیده از خشکسالی.

استفاده از روش‌های نوین آبیاری از جمله آبیاری قطره‌ای و آموزش درست کشاورزان در زمان آب‌دهی به محصولات.

7- محدودیت زمانی و مکانی در میزان برداشت آب از چاه‌های موجود دشت یزد-اردکان.

منابع

اکرامی،م.، ملکی نژاد،ح.، اختصاصی،م.1392. بررسی تاثیر خشکسالی‌های اقلیمی و آب شناختی بر منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت یزد-اردکان). نشریه علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. 7. 20 :54-47.

امیدوار،ک. 1390. مخابرات طبیعی. انتشارات دانشگاه یزد، 311 صفحه.

امیدوار،ک.، صفرپور،ف.، احمدی،ح. 1388. بررسی خشکسالی هیدرولوژی حوضه آبریز رودخانه قزل اوزن. اولین همایش ملی آب، مدیریت و نوآوری، دانشگاه پیام نور مهریز، خرداد.

پویا،س. 1379. آب‌نامه یزد (شناخت سرزمین). انتشارات آوای نور، 204 صفحه.

حیدری،ن.، حیدری نوشهر،ن. 1388. بررسی افت سطح آب‌های زیرزمینی و نشست زمین در دشت یزد-اردکان. اولین همایش ملی آب، مدیریت و نوآوری، دانشگاه پیام نور مهریز، 11 صفحه.

شاهی دشت،ع.، عباس‌نژاد،ا. 1389. ارزیابی اثرات زیست محیطی افت سطح آب‌های زیرزمینی در دشت زرند و ارائه راهکارهای مدیریتی. مجله پژوهش آب ایران. 4. 7 :124-119.

شمسی پور،ع.، حبیبی،ک. 1386. ارزیابی اثرات خشکسالی‌ها بر منابع آب زیرزمینی (مطالعه موردی دشت‌های شمال همدان). همایش ژئوماتیک، 9صفحه.

محمدی،م.، مرادی،ح. 1389. پهنه‌بندی خشکسالی آب‌های زیرزمینی حوزه میقان درمحیطGI جهت مدیریت منابع آب زیرزمینی. فصلنامه جنگل و مرتع. 85: 59-56.

محمدی،م.، مرادی،ح.، وفاخواه،م. 1391. توزیع مکانی و ارتباط بین خشکسالی‌های هواشناسی و آب‌های زیرزمینی در دشت اراک. فصل‌نامه جغرافیای طبیعی.5. 15: 84-77.

مردانه،م.، افلاطونی،م و بوستانی،ف. 1391.بررسی بین همبستگی بین بارندگی و سطح آب زیرزمینی در دشت شیراز. مجله مهندسی منابع آب.5: 79-71.

مسعودیان،ا.، ابراهیمی،ر.، یاراحمدی،ا. 1393. واکاوی مکانی-زمانی میزان روند ماهانه درجه روز گرمایش در قلمرو ایران زمین، مجله جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای. 12 .23: 1-18.

مهدوی،م.، طاهرخانی،م. 1390. کاربرد آمار در جغرافیا انتشارات قومس، 420 صفحه.

گزارش شرکت سهامی آب منطقه‌ای استان یزد، سال 1388.

Bhuiyan,C., singh,R.P and Kogan,F.N. 2006. Monitoring Drought Dynamics in The Aravalli Region (India) Using Different Indices Based on Ground and Remot sensing Data, international Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation. 8: 289-302.

Zhuoheng, C,Stephen E. G, Kirk ,G. .

Relation between climate variability and groundwater level in the upper carbonate aquifer, south Manitoba,2004, Canada. Journal of Hydrology 290: 43-62.

Gonzalez,D.V., Durand,J.L and Gastal,F. 2010. Water deficit and nitrogen nutrition of crops. A review. Agronomy for Sustainable Development 30: 529-544.

Hisdal,H and Tallaksen,L.M. 2003. Estimation of regional meteorological and hydrological drought characteristics: a case study for Denmark. Journal of hydrology 281: 230-247.

Mair,A and Fares,A. 2010. Influence of groundwater pumping and rainfall spatiote-mporal variation of stream flow. Journal of Hydrology. 393:287-308.

Mishra,A.k and singh,V.P. 2010. A review of drought concepts. Journal of hydrology. 391: 202-216.

Peters,E., Torfs,P.J.J.F and Van lanen,H.A.J., Bier,G. 2003. Propagation of Drought Through Ground Water, A New Approach Using Linear Reservoir Theory, Johan Wiley. 17:3023-3040.

Rutulis,M. 1989. Groundwater Drought Sensitivity of Southern Manitoba. Canadian Water Resources Journal 14:18-33.

Van Lanen,H.A.J and Peters,E. 2000. Definition Effects and Assessment of Ground water Drought. Canadian Water Resources Journal .

Vogt,J.V.,and Somma,F. (Eds.). Drought and Drought Mitigation in Europe, Kluwer, Dordrecht. 49-61.

Iranian Journal of Irrigation and Drainage
No. 5, Vol. 10, Nov.-Dec. 2016, p. 622-635

نشریه آبیاری و زهکشی ایران
شماره 5، جلد 10، آذر - دی 1395، ص. 635-622

The Effect of Recent Droughts on Groundwater Resources in Yazd-Ardakan Plain

K. Omidvar[1], M. Zareh[2],R. Ebrahimi[3]*

Recived: Mar.27, 2016 Accepted: Nov.27, 2016

Abstract

One of the drought atmospheric phenomena that can in any area done and led to major losses economical, social and environmental. This phenomenon from various sectors of environmental, including the ground water resources during the period of its sovereignty. Effect Drought on groundwater resources far less attention. In this study using the SPI index and the water table level underground standard (SWI data) affected by the drought on underground water resources the Yazd ardakan blue years 82 1381 to 91 1390 for all existing wells and long term statistics for 8 basin has been selected. in the intensity of the spatial . In examining the spatial distribution of drought severity of the decline in the aquifer using map sowftward Gis. The drought in the stations studied were determined by Mann-Kendall. The results showed that in the year 79-1378 and 87-1386 in the water during the worst drought in most of the stations were located. It also examines the impact on the level of ground water hydrological drought of SWI index is used. It also examines the impact on the level of ground water hydrological drought of SWI index is used when the results show the recent drought, caused a drop in water table and groundwater levels are all well studied in Yazd-Ardakan. finally, the correlation coefficient between the depth of the groundwater level and the time scale of annual rainfall, the highest correlation coefficient was found to well Shahneh and Charkhab.

Key words: Drought, SPI and SWI data, Subterranean waters, the Yazd - ardakan

1- Professor of Climatology, University of Yazd
2- Climatology MA. student, University of Yazd
3- Climatology Ph.D. Student, University of Yazd
(*- Corresponding Author Email: ebrahimireza7679@yahoo.com)