تحقیقات منابع آب ایران
Iran-Water Resources Research

سال نهم، شماره ۲، پائیز ۱۳۹۲
Volume 9, No. 2, Fall 2013 (IR-WRR)
۱۹-۲۶

آثار و پیامدهای خشکسالی اقلیمی بر تأخیر زمانی و تغییر رژیم آبدهی قنوات و چشمه‌ها (مطالعه موردی: دشت یزد- اردکان)

محمد اکرامی [۱*]، محمدرضا اختصاصی [۲] و حسین ملکی‌نژاد [۲]

چکیده

خشکسالی یک حادثه غیر مترقبه طبیعی است که در نواحی خشک و نیمه خشک کشور اثرات بیشتری به جا می‌گذارد، اولین و مهمترین تهدید خشکسالی در منابع آبی ظاهر می‌شود. لذا تحقیق در این زمینه و بررسی و کشف ارتباط بین تأخیرخشکسالی اقلیمی و هیدرولوژی به منظور مدیریت هرچه بهتر و بیشتر منابع آب سطحی و زیرزمینی به منظور کاهش خسارات خشکسالی و یا به عبارت دیگر مدیریت ریسک خشکسالی حائز اهمیت می‌باشد. در این پژوهش ضمن بررسی دوره‌های متوالی خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی با استفاده از دو شاخص خشکسالی SPI و GRI در دشت یزد-اردکان، تأخیر زمانی بین رخداد خشکسالی هواشناسی و به دنبال آن خشکسالی هیدرولوژیک نیز شناسایی شد. برای بررسی خصوصیات خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی از آمار بلند مدت بارندگی (۸۹-۱۳۵۹) ایستگاه‌های باران‌سنجی و آمار آبدهی قنوات دشتی، کوهپایه‌ای، کوهستانی و چشمه‌های مهم موجود در محدوده مورد مطالعه در دهه اخیر (۸۹-۱۳۸۰) استفاده شد. نتایج نشان‌دهنده افزایش شدت و تداوم خشکسالی‌های اقلیمی و هیدرولوژی بویژه در دهه‌ی اخیر می‌باشد به گونه‌ای که تکرار خشکسالی اقلیمی در دهه اخیر نسبت به چهار دهه گذشته، ۴ برابر شده است. همچنین نتایج حاکی از وجود تأخیر زمانی متفاوت بین وقوع خشکسالی اقلیمی و تأثیر آن بر آبدهی قنوات دشتی، کوهپایه‌ای، کوهستانی و چشمه‌ها می‌باشد. بطوری که این تأخیر در قنوات کوهپایه‌ای مورد مطالعه، بسته به شدت خشکسالی و نوع قنات، معمولاً کمتر از ۱ سال و در قنوات دشتی در حدود ۲ سال می‌باشد. نتایج این تحقیق مدیریت بحران ۲ ساله پس از هر دوره خشکسالی را در دشت یزد گوشزد می‌نماید.

کلمات کلیدی: خشکسالی اقلیمی، خشکسالی هیدرولوژی، قنات دشتی، قنات کوهپایه‌ای، یزد-اردکان.

تاریخ دریافت مقاله: ۱۲ تیر ۱۳۹۱
تاریخ پذیرش مقاله: ۸ اردیبهشت ۱۳۹۲

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد، ایران،
۲- دانشیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد، یزد، ایران
*- نویسنده مسئول

The Effects and Consequences of Climatic Drought on Time Delay and the Change in Water Discharge of Springs and Qanats (Case study : Yazd –Ardakan Plain)

M. Ekrami [1], M.R. Ekhtesasi [2] and H. Malekinezhad [2]*

Abstract

Drought is a natural event its impacts are more sever in arid and semiarid regions. Water resources are the first area being affected by the drought Therefore it is important to do researches and investigations in this field, and to explore the delay between climatic and hydrologic drought in order to achieve better management on ground- and surface-water resources and to reduce drought damages or in other words to manage the drought risks. In this study by examining the consecutive periods of climatic and hydrological drought using two drought indices of SPI and GRI in Yazd - Ardakan plain, central Iran, the delay time between climatic and hydrological drought were identified. For studying the characteristics of climatic and hydrological drought, long-term data (1980-2010) is used from rain-gauge stations and from discharge stations for the Qanats in plain, in hillslopes, and mountains as well as recent data for springs in the area (2001-2010). Results showed an increase in drought intensity and persistence of climatic and hydrological drought, particularly in recent decades such that the climatic drought in recent decades occurred in a frequency 4 times of that in the past four decades. The results also indicated the existence of different time delays between the climatic drought and its impact on discharge of plain, hillslopes, and mountains Qanats and springs. So that the delay in the mountainous Qanats, depending on the severity of the drought and the type of Qanat, usually is less than 1 year. This is less than 2 years for the Qanats in the plain. The results of this study warn about 2-year Crisis Management after each period of drought in Yazd Plain.

Keywords: Climatic Drought, Hydrologic Drought, Plain Qanats, Mountainous Qanats, Yazd- Ardakan Plain.

Received: July 2, 2012
Accepted: April 28, 2013

1- MSC., Watershed Management Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran, Email: Ekrami64@gmail.com
2- Associate prof., Faculty of Natural Resources, Yazd University, Yazd, Iran,
*- Corresponding Author

۱- مقدمه

کشور ایران به‌دلیل قرار گرفتن بر روی کمربند خشکی جهان و بارندگی کمتر از یک سوم متوسط جهانی، کشوری خشک است و از نظر منابع آب در وضعیتی نامطلوب‌تر نسبت به متوسط دنیا است و به این خاطر، خشکی جزء صفات ذاتی آن محسوب می‌شود (نعیمی و احقاقی، ۱۳۸۱). به دلیل غلبه شرایط آب و هوایی گرم و خشک بر بخش وسیعی از فلات ایران همه جای آن از منابع آب سطحی مطمئن برخوردار نیست. از این رو همچنان سهم عمده‌ای از آب مورد نیاز نیمه شرقی و مرکزی ایران از منابع تحت‌الارضی به‌وسیله فن قنات استحصال می‌شود، (زارع شاه آبادی و الفتی، ۱۳۸۸). از هزاره نخست پیش از میلاد، قنات‌ها بطور گسترده‌ای برای تهیه آب و آبیاری در خاورمیانه و غرب آسیا و به ویژه ایران استفاده شده و تا به امروز نیز قنات‌ها اهمیت و اعتبار خود را به عنوان منبع حیاتی تأمین آب حفظ کرده‌اند، (Hiscock et al. 2002). بسیاری از دانشمندان، قنات‌های ایران را از جمله عجایب جهان شناخته‌اند و سوابق تاریخی نیز نشان می‌دهد که این شیوه بهره‌برداری از آب زیرزمینی از کشور ایران به دیگر نقاط جهان (به‌ویژه مناطق خشک و کم باران) راه یافته است، (سمساریزدی، ۱۳۸۳). استان یزد نیز به علت حاکم بودن شرایط اقلیمی خشک و فراخشک در آن، از جمله مناطقی است که همواره از شرایط بی‌آبی و کم‌آبی در رنج و سختی بوده و مسئله آب در این استان کویری، همواره از اساسی ترین موضوعات بوده، که گواه تاریخی آن حفر طولانی‌ترین قنات‌های کشور در این مرزوبوم است. به گونه‌ای که برخی از این قنات‌ها بیش از ۵۰ کیلومتر طول و ۱۰۰ متر عمق دارند، (پویا، ۱۳۷۹). بطور کلی قنات‌ها را بر اساس طول راهرو و عمق مادر چاه و وضعیت آبدهی به سه دسته؛ کوهستانی، کوهپایه‌ای و دشتی طبقه بندی نموده‌اند، قنوات کوهستانی جزء کوتاه‌ترین و کم‌عمق ترین قنوات به شمار می‌روند و میزان آبدهی آن‌ها بسیار نوسانی و به اصطلاح هوابین است. در مورد قنات‌های کوهپایه‌ای (دامنه‌ای) هم، مانند قنات‌های کوهستانی، مادر چاه در کوهستان واقع است، ولی مظهر آن‌ها در اراضی جلگه‌ای است و در واقع طول و عمق مادر چاه قنات‌های کوهپایه‌ای از کوهستانی بلندتر و عمیق‌تر است. در حالی که قنوات دشتی دارای بیشترین طول، عمق مادر چاه و دارای آبدهی نسبتاً پایداری می‌باشند، (پویا، ۱۳۷۹). اما آنچه که حیات این قنوات را در سال‌های اخیر به خطر انداخته است، تداوم خشکسالی‌هایی با شدت و وسعت زیاد می‌باشد. به‌طور کلی خشکسالی یکی از وقایع محیطی و بخش جدایی ناپذیر نوسانات اقلیمی است. این پدیده از ویژگی‌های اصلی و تکرارشونده اقلیم‌های مختلف به شمار می‌رود، (Wilhite, 1997). با کمبود بارندگی و وقوع خشکسالی آثار زیان‌بار آن بیشتر در منابع آب ظهور خواهد کرد و همچنین تداوم این روند، تأثیر زیادی بر روی منابع آب در آینده خواهد داشت. دستیابی به یک شاخص که بتوان خشکسالی حوضه را ارزیابی کرد و هم ارتباط خشکسالی را با منابع آب حوضه توجیه کرد، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد، (Gibbs and Maher, 1976). پدیده خشکسالی در جهان به چهار دسته اصلی طبقه بندی شده است که عبارتند از؛ خشکسالی هواشناسی (اقلیمی)، خشکسالی هیدرولوژیک، خشکسالی کشاورزی و خشکسالی اقتصادی ـ اجتماعی، (Wilhite and Glantz, 1985). امروزه، تحلیل خشکسالی براساس داده‌های بارندگی به عنوان مهمترین عامل، برای بررسی انواع خشکسالی به‌کار می‌رود. Keyantash and Dracup (2002) ، بیان می‌دارند که بارندگی در شاخص‌های خشکسالی به تنهایی بیش از ۸۰ درصد تغییرات این شاخص‌ها را توصیف می‌کند. در حال حاضر شاخص (SPI)[1] به طور گسترده‌ای در امور تحقیقاتی و اجرایی در سراسر جهان جهت پایش خشکسالی استفاده می‌شود. این شاخص به‌علت سادگی محاسبات، استفاده از داده‌های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای هر مقیاس زمانی دلخواه و قابلیت بسیار زیاد در مقایسه‌ی مکانی نتایج، به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص، برای تحلیل خشکسالی به‌ویژه تحلیل‌های مکانی شناخته می‌شود. (Guttman, 1999 و Mishra and Singh, 2010 و لشنی‌زند، ۱۳۸۳).

مهمترین مزیت شاخص SPI قابلیت محاسبه در مقیاس‌های زمانی مختلف است که باعث می‌شود این شاخص بتواند اثرات دوره‌های کوتاه‌مدت ذخایر آب (از جمله رطوبت خاک که در تولیدات کشاورزی نقش مهمی دارد) و اثرات دوره‌های طولانی مدت منابع آب (از جمله ذخایر آب زیرزمینی، سطح آب مخازن و جریان رودخانه‌ای) را پایش نماید. کمبود بارش در مقیاس زمانی کوتاه مدت، سبب ایجاد نوسان در رطوبت خاک و دوره‌های طولانی‌تر باعث تغییرات در منابع آب زیرزمینی و سطح آب مخازن می‌شود، (Wu and Hayes, 2001)، (Mishra and Singh, 2010). چنانچه خشکسالی باعث کاهش رواناب، افت سطح آب سفره‌های زیرزمینی و کاهش دبی این منابع شود، خشکسالی هیدرولوژیکی بروز خواهد کرد (بهنیافر و همکاران، ۱۳۸۹).

در جهان برای تعیین خشکسالی هیدرولوژی و شدت آن شاخص‌های مختلفی ارائه شده است. Mendicino and Senatore (2008) در پژوهش خود ضمن معرفی شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI)[2]، این شاخص را برای سه حوزه آبریز با خصوصیات زمین شناسی متفاوت، در منطقه کالابریا در ایتالیا برای یک دوره ۴۵ ساله از سال

(۲۰۰۶-۱۹۵۹) محاسبه نمودند و سپس با شاخص SPI مقایسه کردند. آن‌ها دریافتند که خصوصیات لیتولوژی حوضه بر سطح ایستابی سفره‌های آب زیرزمینی و به تبع آن بر روی شاخص GRI مؤثر می‌باشد. آن‌ها با استفاده از روش همبستگی خودکار نشان دادند که اولاً رفتار GRI بسیار شبیه به رفتار SPI می‌باشد اما با یک تأخیر زمانی و این تأخیر را خصوصیات زمین شناسی و سنگ شناسی حوضه تعیین می‌کند. هدف اساسی در تحقیق حاضر، مطالعه و بررسی شدت، تداوم و فراوانی خشکسالی اقلیمی و تأثیر آن بر آبدهی برخی از قنوات دشتی، کوهپایه‌ای، کوهستانی و چشمه‌های مهم موجود در دشت یزد- اردکان، به منظور مدیریت منابع آب در این دشت می‌باشد.

۲- مواد و روش‌ها

۲-۱-منطقه مورد بررسی

دشت یزد- اردکان یکی از وسیع‌ترین دشت‌های استان یزد می‌باشد که در طول جغرافیایی ۵۳ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۵۰ دقیقه شرقی و در عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی قرار دارد. این منطقه جزء کمربند خشک فلات مرکزی ایران و تبخیر شدید بین ۲۲۰۰ تا ۳۲۰۰ میلی‌متر همراه با بارش‌های اندک و نامنظم که متوسط بارندگی در سطح حوضه ۱۱۸ میلی‌متر و اقلیم آن از نوع بیابانی و نیمه بیابانی می‌باشد. این دشت شهرهای اردکان، میبد، اشکذر، مهریز و یزد را در بر می‌گیرد (شکل ۱). مساحت حوزه آبخیز دشت یزد-اردکان ۱۱۷۷۵ کیلومتر مربع است که ۴۱۱۷ کیلومتر مربع آن را دشت اصلی شامل می‌شود. این منطقه یکی از وسیع‌ترین و مهمترین مناطق کشاورزی استان می‌باشد از لحاظ تشکیلات زمین‌شناسی جزیی از تشکیلات بزرگ فلات مرکزی می‌باشد که دارای قدیمی‌ترین تشکیلات زمین‌شناسی (پرکامبرین تا جوان‌ترین آن یعنی هلوسن) است که بخش اعظم رسوبات آن متعلق به دوره‌های مزوزئیک و سنوزوئیک می‌باشد که تقریباً انواع واحدهای ژئومرفولوژیکی یک حوزه متکامل فرسایشی مناطق خشک و بیابانی را شامل می‌شود. منبع تأمین کننده آب منطقه، آب‌های زیرزمینی است که از طریق حفر قنوات در گذشته و حفر چاه‌های عمیق و نیمه عمیق در حال حاضر مورد بهره برداری قرار گرفته است، (شریفی و همکاران، ۱۳۸۹).

در این تحقیق جهت بررسی و تحلیل کمی خشکسالی هواشناسی در محدوده مورد مطالعه از شاخص بارش استاندارد (SPI) و به منظور نشان دادن روند تغییرات آبدهی قنوات و تأخیر زمانی احتمالی بین خشکسالی اقلیمی و هیدرولوژیکی از شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) استفاده گردید .

شکل ۱- موقعیت حوزه دشت یزد- اردکان

۲-۲- شاخص بارندگی استاندارد (SPI)

شاخص (SPI) برای هر منطقه بر اساس ثبت بارندگی‌های طولانی‌مدت آن محاسبه می‌شود. در ابتدا توزیع آماری مناسب بر آمار بلندمدت بارندگی برازش داده می‌شود؛ معمولاً برای این کار توزیع گاما در نظر گرفته می‌شود، سپس تابع تجمعی توزیع با استفاده از احتمالات مساوی به توزیع نرمال تبدیل می‌گردد، (Mckee et al. 1993; Sonmez et al. 2005) . مقادیر مثبت SPI نشان دهنده بارندگی بیشتر از بارش متوسط و مقادیر منفی آن معنای عکس را دارد. طبق این روش دوره خشکسالی هنگامی اتفاق می‌افتد که SPI به طور مستمر منفی و به مقدار ۱- یا کمتر برسد و هنگامی پایان می‌یابد که SPI مثبت گردد، (Mckee et al.,(1995. برای محاسبه این شاخص از رابطه (۱) استفاده می‌گردد:

$$SPI_n = \frac{[P_o + \sum(P_{-i}) - \mu_n]}{\delta_n} \qquad (۱)$$

که در این رابطه، n تعداد ماه‌هایی که بارندگی تجمعی برای آنها محاسبه شده است، Po مقدار نرمال شده بارندگی ماه فعلی، P_{-i} مقدار نرمال شده بارندگی ماه قبل، μ_n میانگین تعداد تجمعی بارندگی برای n ماه و δ_n انحراف معیار بارندگی n ماه می‌باشد. طبقات مختلف SPI بر اساس نتایج Mckee et al. (1993) در جدول ۱ ارائه شده است. در این تحقیق از داده‌های آماری بلند مدت بارندگی (در بازه زمانی ۸۹-۱۳۴۰) به منظور محاسبه شاخص SPI

در محدوده مورد مطالعه استفاده شد. لازم به ذکر است که، محاسبه شاخص SPI در تحقیق حاضر از طریق نرم افزار DIP[3] انجام شده است.

جدول ۱- طبقه‌بندی خشکسالی در شاخص SPI

طبقات خشکسالی	مقادیرSPI
ترسالی بسیار شدید	۲ یا بیشتر
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی متوسط	۱تا ۱/۴۹
نرمال	۰/۹۹- تا ۰/۹۹
خشکسالی متوسط	۱/۴۹- تا ۱-
خشکسالی شدید	۱/۹۹- تا ۱/۵-
خشکسالی بسیار شدید	۲- و کمتر

۳-۲- شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI)

شاخص منبع آب زیرزمینی GRI در سال ۲۰۰۸ درکالابریای ایتالیا ایجاد و مورد آزمایش قرارگرفت. این شاخص می‌تواند جهت ارزیابی وضعیت مخزن سفره آب زیرزمینی و همچنین ارزیابی واقعی از میزان ذخیره آبخوان به کار رود. این شاخص در مقیاس ماهانه و سالانه قابل محاسبه بوده و از نتایج آن می‌توان جهت پیش بینی اهداف و تصمیم‌گیـــری‌های مدیریت آبخوان استفاده کرد (Mendicino and Senatore, 2008). در این تحقیق از داده‌های مربوط به آبدهی برخی از قنوات انتخابی در بازه زمانی (۸۹-۱۳۸۰) به منظور محاسبه این شاخص استفاده گردید.

این شاخص GRI از رابطه زیر محاسبه می‌شود:

$$GRI_{y,m} = \frac{D_{y,m} - \mu_{D,m}}{\delta_{D,m}} \qquad (۲)$$

که در این رابطه، $GRI_{y,m}$: رقوم شاخص در ماه m از سال y و $D_{y,m}$: رقوم آبدهی قنوات در ماه m از سال y می‌باشد.

$\mu_{D,m}$ و $\delta_{D,m}$ به ترتیب میانگین و انحراف معیار داده‌های آبدهی قنوات ماه m برای D سال است. طبقه بندی شاخص GRI نیز مانند شاخص SPI می‌باشد که در جدول ۱ ارائه شده است.

جهت بررسی روند تغییرات آبدهی قنوات در بازه زمانی طولانی مدت، نیاز به وجود آمار بلند مدت آبدهی قنوات می‌باشد، با توجه به اینکه در محدوده مورد مطالعه، آمار برداری از قنوات قبل از سال ۱۳۸۰ به صورت دوره‌ای بوده است و این دوره‌های آماربرداری مربوط به سال‌های۱۳۵۰، ۱۳۵۹، ۱۳۷۰و ۱۳۷۶ می‌باشد. اما پس از سال ۱۳۸۰ برخی از قنوات به عنوان قنوات انتخابی هر سه ماه یک‌بار آبدهی آن‌ها اندازه‌گیری شده است، لذا در این تحقیق روند تغییرات آبدهی قنوات انتخابی دشتی و کوهپایه‌ای در دوره آماری موجود بررسی گردید. لازم به ذکر است که مشخصات چشمه‌های مهم و قنوات انتخابی موجود در محدوده دشت یزد- اردکان در ادامه آورده شده است (جداول ۲ و ۳).

جدول ۲- مشخصات چشمه‌های مهم دشت یزد – اردکان

ردیف	نام چشمه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	محدوده
۱	طزنج	۳۵۰۳۶۶۹	۲۳۸۳۴۷	یزد ـ اردکان
۲	غربالبیز	۳۴۹۰۷۳۳	۲۵۳۳۵۵	یزد ـ اردکان

۳- نتایج

۳-۱-وضعیت خشکسالی هواشناسی در محدوده مطالعاتی

نتایج حاصل از شاخص خشکسالی اقلیمی SPI، در تبیین شرایط خشکسالی محدوده مورد مطالعه در دوره ۴۹ ساله آماری (۱۳۸۹-۱۳۴۰) مربوط به ایستگاه هواشناسی سینوپتیک یزد، که دارای طولانی‌ترین دوره آماری در دشت یزد- اردکان می‌باشد، نشان داد که در طی نیم قرن اخیر، وضعیت خشکسالی اقلیمی نسبت به ترسالی اقلیمی، در محدوده مورد مطالعه، حدود ۱/۳ برابر بوده است. همچنین تکرار خشکسالی اقلیمی در دهه اخیر نسبت به چهار دهه گذشته، ۴ برابر شده است (شکل۲).

۳-۲- روند تغییرات آبدهی قنوات دشت یزد- اردکان دردوره بلندمدت آماری

نتایج بررسی روند تغییرات آبدهی قنوات انتخابی (اعم از دشتی و کوهپایه‌ای) در کل دشت یزد- اردکان، در بازه زمانی (۸۹-۱۳۵۰)، توسط شاخص GRI حاکی از آن است که روند تغییرات میانگین سالانه دبی قنوات موجود در محدوده مطالعاتی دارای سیر نزولی با شیب خط منفی می‌باشد. و این سیر نزولی روند، در بازه زمانی (۸۹-۱۳۷۰) به صورت پیوسته تداوم یافته است. همچنین نتایج مؤید آن است که خشکسالی هیدرولوژی در قنوات دشت یزد- اردکان، از سال ۱۳۸۴ شروع شده و تا سال ۱۳۸۹ ادامه یافته است، که شدیدترین خشکسالی هیدرولوژی در سال ۱۳۸۹ به وقوع پیوسته است (شکل۳).

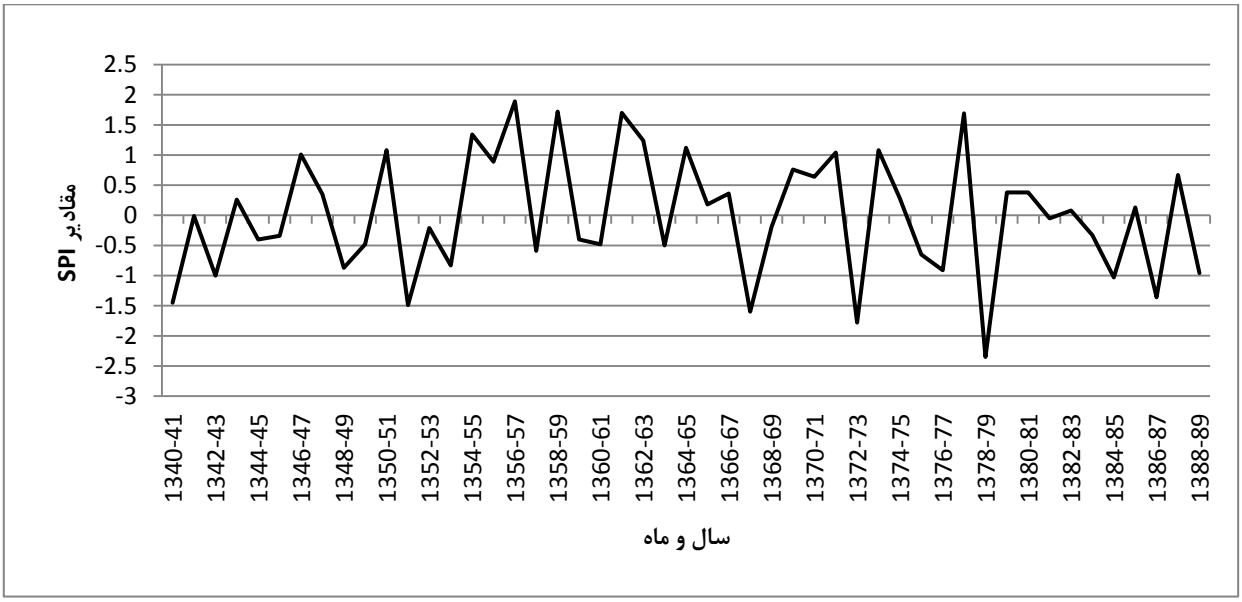
۳-۳- رابطه بین خشکسالی هواشناسی و تغییرات آبدهی در قنوات دشتی

با توجه به این‌که شاخص اصلی ارزیابی خشکسالی هواشناسی میزان بارندگی است و شاخص اصلی خشکسالی هیدرولوژیکی، میزان

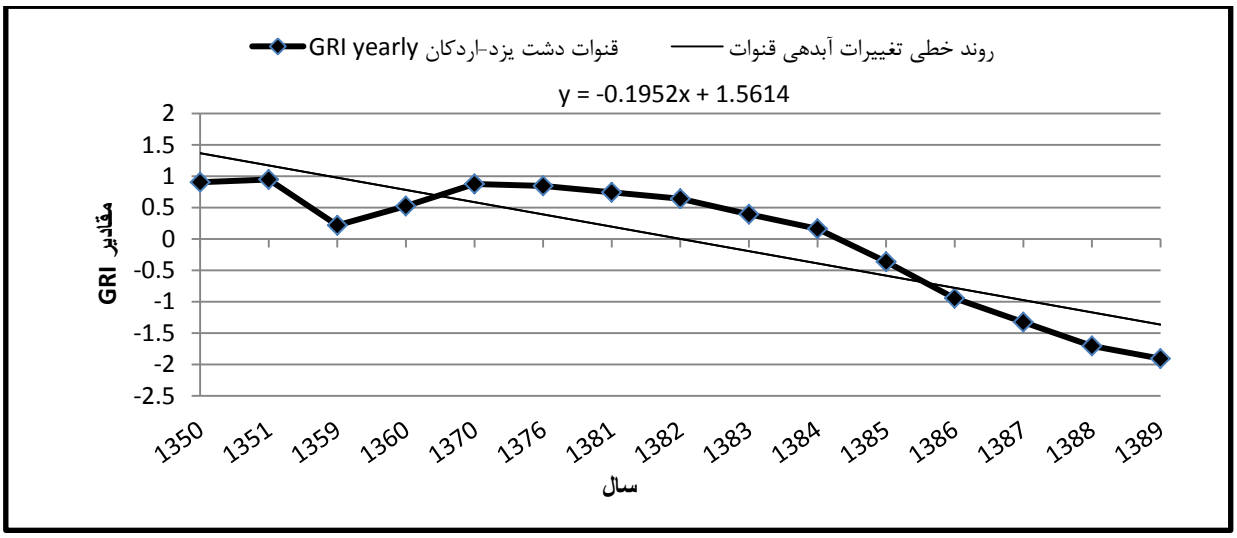
آبدهی قنوات می‌باشد، لذا به منظور نشان دادن ارتباط این دو مقوله، مقایسه‌ای بین شاخص خشکسالی بارش استاندارد SPI و شاخص منابع آب زیرزمینی GRI برای برخی از قنوات دشتی و کوهپایه ای موجود در دشت یزد- اردکان انجام گرفت. شکل‌های ۴ تا ۶ رابطه بین خشکسالی اقلیمی و آبدهی قنوات دشتی را نشان می‌دهد. شکل ۴ در بازه زمانی (۸۸-۱۳۸۷) نشان دهنده افزایش بارش می‌باشد در حالی که آبدهی قنات تقی آباد اردکان (که از نوع قنات دشتی می‌باشد) در این بازه روند نزولی و کاهشی داشته است، ولی در سال بعد عدم کاهش دبی مشاهده می‌شود. همچنین وجود تأخیر زمانی بین تغییرات بارش و آبدهی در قنوات یخدان میبد و سرچشمه زارچ که جزء قنوات دشتی محدوده مورد مطالعه به شمار می‌روند نیز، کاملاً مشهود می‌باشد. به طوری که در شکل ۵، بارش در بازه زمانی (۸۷-۸۶ و ۸۷-۸۸) روند افزایشی و صعودی دارد، ولی تغییرات آبدهی در سال ۸۸ به بعد قابل مشاهده می‌باشد به گونه‌ای که، روند کاهشی آبدهی قنات یخدان میبد نسبت به سال‌های پیشین کاهش شیب داشته است.

جدول ۳- مشخصات قنوات انتخابی موجود در محدوده دشت یزد – اردکان

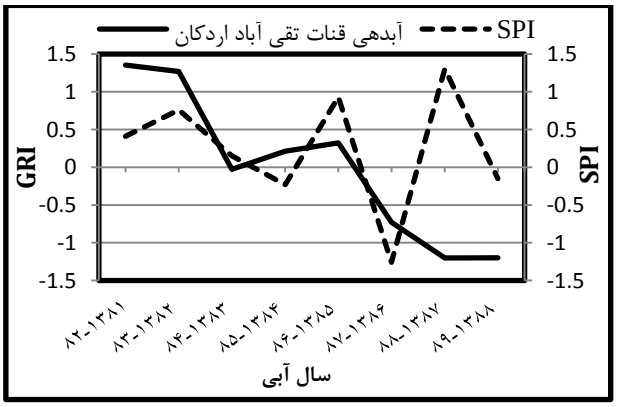
ردیف	نام قنات	نام محل	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نوع قنات
۱	تقی آباد	اردکان	۲۲۰۰۷۳	۳۵۸۶۳۷۹	دشتی
۲	عیش آباد	اردکان	۲۱۷۹۶۶	۳۵۸۷۲۴۳	دشتی
۳	کجیپ	اردکان	۲۲۰۱۴۹	۳۵۸۰۸۰۴	دشتی
۴	شیخ ابوالقاسم	میبد	۷۸۰۸۳۹	۳۵۷۵۴۰۷	دشتی
۵	یخدان	میبد	۲۱۸۵۸۷	۳۵۷۴۳۳۶	دشتی
۶	سرچشمه	زارچ	۲۴۰۸۱۴	۳۵۴۱۴۱۶	دشتی
۷	ابراهیم آباد	ابراهیم آباد	۲۴۶۳۷۴	۳۵۰۳۷۳۴	کوهپایه‌ای
۸	خضرآباد	خضرآباد	۷۷۹۳۶۳	۳۵۲۹۴۱۴	کوهپایه‌ای
۹	باقی آباد	ده بالا	۲۳۳۲۰۸	۳۵۰۱۱۱۹	کوهپایه‌ای
۱۰	نوهنزا	هنزا	۲۳۴۱۸۱	۳۵۰۱۴۲۳	کوهپایه‌ای
۱۱	جعفر آباد	مهریز	۲۵۵۴۴۶	۳۴۹۰۷۵۱	کوهپایه‌ای (هوابین)
۱۲	خیرآباد	سریزد	۲۶۲۹۰۳	۳۴۹۸۳۵۳	کوهپایه‌ای (هوابین)



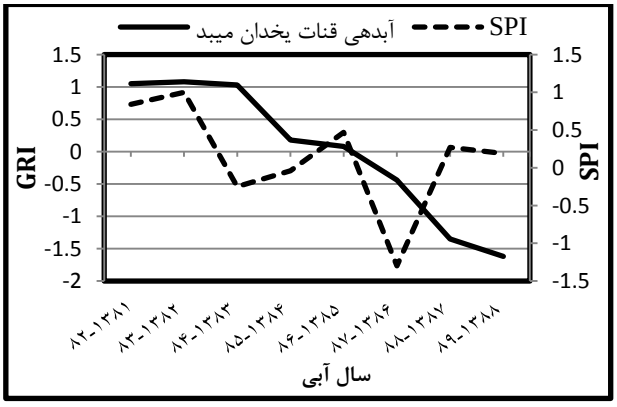
شکل ۲- تغییرات شاخص SPI در مقیاس زمانی سالانه در ایستگاه سینوپتیک یزد (۱۳۸۹-۱۳۴۰)



شکل۳- روند تغییرات میانگین سالانه دبی قنات‌های موجود در دشت یزد-اردکان

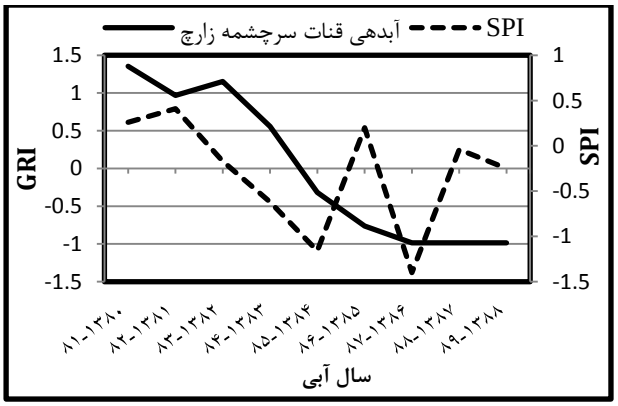


شکل ۴- رابطه بین خشکسالی اقلیمی وآبدهی قنات تقی آباد



شکل ۵- رابطه بین خشکسالی اقلیمی و آبدهی قنات یخدان میبد

همچنین در شکل ۶، همان طور که ملاحظه می‌گردد، در سال (۸۷- ۸۶) قنات سرچشمه زارچ خشک شده است ولی با وجود افزایش بارش در سال (۸۸-۸۷) خشکیدگی این قنات حتی تا یک سال پس از آن نیز تداوم یافته است. که علت اصلی این تأخیر، عدم کفایت تغذیه توسط بارش یک سال آبی در جبران کسری سفره آب زیرزمینی می‌باشد (صمدی بروجنی و همکاران، ۱۳۸۹). این مسئله خطری است که تمامی قنوات دشت یزد- اردکان را تهدید می‌کند و این یعنی تهدید بخش عظیمی از کشاورزی استان یزد که وابسته به قنوات می‌باشد. به طور کلی نتایج، حاکی از آن است که بین وقوع خشکسالی اقلیمی و هیدرولوژیکی، همیشه یک تأخیر زمانی وجود دارد و این تأخیر در قنوات دشتی مورد مطالعه، بسته به شدت خشکسالی و نوع قنات بین۱ تا ۲ سال متفاوت می‌باشد.

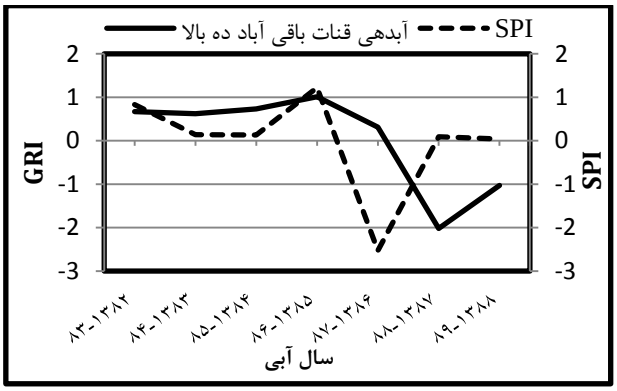


شکل ۶-رابطه بین خشکسالی اقلیمی و آبدهی قنات سرچشمه زارچ

۳-۴- رابطه بین خشکسالی هواشناسی و تغییرات آبدهی در قنوات کوهپایه‌ای

نتایج حاصل از بررسی تأثیر خشکسالی اقلیمی بر آبدهی قنوات کوهپایه‌ای نشان می‌دهد که، تبعیت روند تغییرات آبدهی این قنوات از تغییرات بارندگی سالانه نسبت به قنوات دشتی به مراتب بیشتر می‌باشد و کاهش آبدهی قنوات کوهپایه‌ای (خشکسالی

هیدرولوژیکی)، عموماً با تأخیر حدود یک سال، نسبت به وقوع خشکسالی اقلیمی رخ می‌دهد که این مقدار در قنوات مختلف، با طول، عمق مادرچاه و شرایط زمین شناسی متفاوت، متغییر می‌باشد. در ادامه نتایج مربوط به قنات باقی‌آباد ده بالا به عنوان نمونه‌ای از قنات کوهپایه‌ای در شکل ۷ آمده است.



شکل۷- رابطه بین خشکسالی اقلیمی وآبدهی قنات باقی آباد

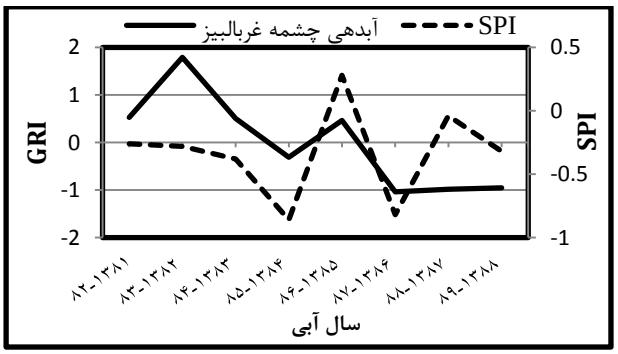
همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود در بازه زمانی (۸۸-۱۳۸۷)، بارش روند صعودی داشته ولی آبدهی قنات در سال بعد از آن دارای روند صعودی می‌باشد که این فرایند نشان‌دهنده تأخیر حدود یک سال بین بارندگی و آبدهی قنوات کوهپایه‌ای می‌باشد.

۳-۵- رابطه بین خشکسالی هواشناسی و تغییرات آبدهی در چشمه‌ها و قنوات کوهستانی

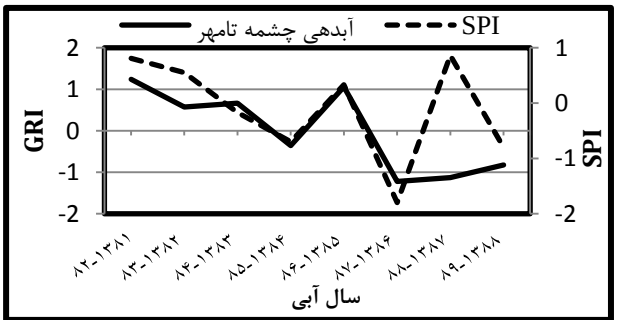
نتایج حاصل از بررسی تأثیر خشکسالی اقلیمی بر آبدهی چشمه‌ها نشان می‌دهد که روند تغییرات آبدهی چشمه‌ها از روند تغییرات بارندگی سالانه تبعیت می‌کند، لازم به ذکر است که این نتیجه در مورد قنوات کوهستانی نیز صادق می‌باشد و این امر به علت هوابین بودن و وابستگی شدید چشمه‌هـا و قنوات کوهستانی به نزولات جوی سالانه می‌باشد. نمودار حاصل از بررسی تأثیر خشکسالی اقلیمی بر آبدهی چشمه‌های غربالبیز و تامهر (که در مجاورت محدوده مورد مطالعه قرار دارد) به عنوان نمونـه در ذیـل آمده است (شکل‌های ۸ و ۹).

۴- نتیجه‌گیری

در یک جمع بندی کلی مربوط به اثرات خشکسالی اقلیمی بر خشکسالی هیدرولوژیکی بر منابع آبی دشت یزد می‌توان به این نتیجه رسید که بین وقوع خشکسالی اقلیمی و خشکسالی هیدرولوژیکی (خشکسالی آب‌های زیرزمینی) همواره یک تأخیر زمانی وجود دارد. که این تأخیر تحت تأثیر خصوصیات زمین شناسی و آبرفت منطقه مورد مطالعه در مناطق مختلف متفاوت است. همچنین نتایج نشان داد که تغییرات بارندگی سالانه بر میزان آبدهی قنوات نیز تاثیر مستقیم می‌گذارد. شدت و تأخیر زمانی بین کاهش بارش‌ها و کاهش آبدهی در قنوات دشتی، کوهپایه‌ای و کوهستانی متفاوت است. معمولاً در قنوات کوهستانی و چشمه‌ها، اغلب بدلیل هوابین بودن تغییر بارندگی و دبی قنات همزمان است ولی این تأخیر در قنوات کوهپایه‌ای مورد مطالعه، بسته به شدت خشکسالی و نوع قنات، با یک تأخیر زمانی کوتاه در حد کمتر از یک سال و در قنوات دشتی تا دو سال می‌باشد..



شکل ۸-رابطه بین خشکسالی اقلیمی وآبدهی چشمه غربالبیز



شکل ۹-رابطه بین خشکسالی اقلیمی وآبدهی چشمه تامهر

همچنین با توجه به نتایج بدست آمده در خصوص وجود تأخیر زمانی خشکسالی هیدرولوژیکی نسبت به هواشناسی، این امر باید در برنامه‌ریزی‌ها و مدیریت خشکسالی مورد توجه مدیران استان در بخش آب قرار گیرد و با توجه به وقوع خشکسالی‌های طولانی مدت، در مدیریت منابع آب این دشت نگرش‌های بلندمدت و حداقل دو ساله برای هر دوره پس از خشکسالی لحاظ شود.

پی نوشت‌ها

1- Standardized Perecipitation Index
2- Ground water Resource Index

3- Drought Indices Package

۵- مراجع

بهنیافر ا، حبیبی نوخندان م ، دولتی ر (۱۳۸۹) آثار و پیامدهای خشکسالی بر منابع آب حوضه مرکزی گناباد طی دوره ۸۵-۱۳۶۵- فصل نامه جغرافیای طبیعی سال سوم، شماره ۷، بهار ۸۹ : ۶۶-۵۳.

پویا ع (۱۳۷۹) آبنامه یزد، جلد اول (شناخت سرزمین)، چاپ اول، انتشارات آوای نور، صاحب امتیاز: شرکت سهامی آب منطقه‌ای یزد.

زارع شاه آبادی ع ، الفتی س (۱۳۸۸) بررسی قنات‌ها، قلعه‌ها وآسیاب‌ها از دیدگاه جغرافیاییِ اکولوژیک (مطالعه موردی: گاریزات تفت)- فصلنامه پژوهشی جغرافیای انسانی – سال اول، شماره سوم، تابستان ۸۸ : ۳۸-۲۷.

سمساریزدی ع ا (۱۳۸۳) تدوین تجربیات خبرگان قنات، چاپ اول، صاحب امتیاز: شرکت سهامی مدیریت منابع آب ایران.

شریفی ذ، ملکی نژاد ح، اختصاصی م ر ، نژادکورکی ف (۱۳۸۹) بررسی و اندازه‌گیری کیفی آب زیرزمینی در دشت یزد- اردکان. چهارمین همایش تخصصی مهندسی محیط زیست.

صمدی بروجنی ح ، ابراهیمی ع (۱۳۸۹) پیامدهای خشکسالی و راه‌های مقابله با آن (در استان چهارمحال و بختیاری). مرکز تحقیقات منابع آب (دانشگاه شهرکرد). شماره انتشار: ۱۰۲-۸۹.

لشنی زند م (۱۳۸۳) بررسی اقلیمی خشکسالی‌های ایران . پایان نامه دکترای جغرافیای طبیعی ،دانشگاه اصفهان.

نعیمی م و احقاقی ا (۱۳۸۱) بررسی و مدیریت خشکسالی در ایران. مرکز اطلاعات و مدارک علمی ایران، شماره ۴۸۴۲۴.

Gibbs UWJ and Maher JV (1976) Rain all Deciles as Drought Indicators, Australia. Bureau of Meteorology, Bulletin No 48.

Guttman NB (1999) Accepting the standardized precipitation index: a calculation algorithm. Journal of the American Water Resources Association, 35: 311–322.

Hiscock KM, Rivet MO and Davison RM (2002) Sustainable Groundwater Development.Geological Society, London, UK, Special Publication 193: 1-14.

Keyantash J , Dracup JA (2002) The Quantification of Drought Indices. American Metrological Society 83 (8): 1167-1180.

Mckee TB, Doseken NG , J 26leist (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scale. In Pros. 8th Conf. on Applid climatology, American Meteorogical Society, Massachusetts: 179-184.

Mckee TB, Doseken Nj , Kleist J (1995) Drought monitoring with multiple time scales. Preprints, 9th Conference, 15-20 January,Dallas TX: 233-236.

Mendicino G , Senatore A (2008) A Ground water resorce index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate. J. of Hydrology 357: 282-302

Mishra AK , Singh VP (2010) A review of drought concepts. Journal of Hydrology 391: 202–216

Sonmez FK, Komuscu AU, Erkan A , Turgu E (2005) An analysis of spatial and temporal dimension of drought vulnerability in Turkey using the standardized precipitation index. Natural Hazards 35: 243-264.

Wilhite DA (1997) Responding to Drought: Common threads from the past, Vision for the future. Journal of the American Water Resources Association 33(5): 951-959.

Wilhite DA and Glantz MH (1985) Understanding the drought phenomenon: The role of definitions, Water International 10(3): 111-120.

Wu H , Hayes MJ (2001) An evaluation of the standardized precipitation index, the China index and statistical Z- Score. International Journal of Climatology 21: 741-758.