Archive of SID

دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر
فصلنامه‌ی علمی- پژوهشی فضای جغرافیایی

سال چهاردهم، شماره‌ی ۴۸
زمستان ۱۳۹۳، صفحات ۱۹-۱

فرامرز خوش‌اخلاق[۱]
سجاد باقری سیدشکری[۲]
طاهر صفرراد[۳]

واکاوی تاثیرگذاری خشک‌سالی‌های شدید بر آب‌دهی چشمه‌های کارستی استان کرمانشاه (مطالعه موردی: خشک‌سالی شدید سال ۸۷-۱۳۸۶)[۴]

تاریخ دریافت مقاله: ۹۱/۰۹/۰۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۹۲/۰۱/۱۷

چکیده

استان کرمانشاه به دلیل ویژگی‌های زمین‌شناختی، ژئومورفولوژیکی و اقلیمی دارای منابع آب کارست غنی می‌باشد. به علت ویژگی‌های متفاوت پهنه‌های کارستی زاگرس چین‌خورده و شکسته، رفتار چشمه‌های کارستی نسبت به رخداد خشک‌سالی‌ها متفاوت است. هدف این پژوهش، شناخت نوسانات آب‌دهی و رفتار چشمه‌های کارستی زون-های زاگرس چین‌خورده و شکسته نسبت به رخداد خشک‌سالی می‌باشد. در همین راستا با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده (SPI) سال ۸۷-۱۳۸۶ به‌عنوان دوره خشک‌سالی شدید تعیین گردید. در ادامه، با واکاوی بارش نگارها و آب‌نگارها، محاسبه ضریب تغییرات آب‌دهی و دامنه تغییرات آن و نیز محاسبه ضریب α، نوع سامانه چشمه‌ها از نظر افشان یا مجرایی بودن تعیین و در نهایت چگونگی تاثیرپذیری چشمه‌های مورد مطالعه از رخداد خشک‌سالی

۱- استادیار اقلیم شناسی دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران. E- mail: fkhosh@ut.ac.ir
۲- دانشجوی دوره دکتری ژئومرفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
۳- دانشجوی دوره دکتری اقلیم شناسی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.
٤- این تحقیق مستخرج از طرح پژوهشی شماره ٤٨٠١٠٠٥/١/٢ می‌باشد که در دانشکده جغرافیا با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه تهران اجرا شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

مشخص گردید. نتایج تحقیق نشان می‌دهد که چشمه‌های زاگرس شکسته از نوع مجرایی و چشمه‌های زاگرس چین‌خورده از گونه افشان هستند. تاثیر خشک‌سالی بر آب‌دهی تمامی چشمه‌ها بدون تاخیر زمانی و تقریبا همزمان رخ داده است. چشمه‌های زون زاگرس شکسته با یک تاخیر زمانی ۳ ماهه نسبت به حداکثر بارش واکنش نشان داده و تقریبا به‌طور کامل خشک گردیده‌اند. ولی تاثیرپذیری چشمه‌های زاگرس چین‌خورده از خشک‌سالی محدود به کاهش آب دهی بوده و نمی‌توان دوره زمانی کاملا مشخصی برای واکنش چشمه‌های زاگرس چین‌خورده به رخداد خشک‌سالی تعیین کرد. با این توضیح تاثیرپذیری چشمه‌های زاگرس شکسته به خشک‌سالی بسیار بیش‌تر بوده و از این‌رو چشمه‌های زاگرس چین‌خورده به منظور استفاده و مدیریت بهینه منابع آب، مناسب‌ترند.

کلید واژه‌ها: خشک‌سالی شدید، چشمه‌های کارستی زاگرس، بارش نگار، آب نگار، استان کرمانشاه.

مقدمه

خشک‌سالی در بین مخاطرات طبیعی از نظر تعداد جوامع آسیب‌دیده دارای مقام اول می‌باشد (میشرا و سینگ، ۲۰۵ :۲۰۱۰). خشک‌سالی به کاهش غیرطبیعی میزان بارش گفته می‌شود و منظور از غیرطبیعی، انحراف کاهشی بارش از نرمال آن می‌باشد. با توجه به تعریف قبل خشک‌سالی هیدرولوژیکی به مفهوم کمبود جریان‌های سطحی و زیرزمینی نسبت به مقدار نرمال آن تعریف می‌شود و از رخدادهای طبیعی و تکرارپذیر در هر شرایط اقلیمی است (خزایی و همکاران، ۱۳۸۲: ٤٥). گفتنی است که خشک‌سالی هیدرولوژیکی غالباً در فاصله زمانی معینی بعد از خشک‌سالی آب و هوایی و تاثیر کمبود بارش بر منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی رخ می‌دهد (خوش‌اخلاق، ۱۳۷۷: ١٦). یکی از مخاطرات جدی ناشی از پدیده خشک‌سالی کاهش منابع آب موجود است که بهره‌برداری قابل اطمینان از آب‌های سطحی و زیرزمینی را دچار مشکل می‌سازد. چشمه‌های کارستی نیز به رخداد و شدت خشک‌سالی حساس بوده و با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی پهنه‌های کارستی به خشک‌سالی واکنش نشان می‌دهند. امروزه نیاز به تامین آب برای رفع نیاز جوامع انسانی و زیست سامانه‌های طبیعی به‌طور فزاینده‌ای در سطح جهان شناخته شده است (گوند و همکاران، ۲۰۱۱: ۲۰٤). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، آب نقش بسیار مهم و تعیین‌کننده‌ای در توسعه اقتصادی و اجتماعی دارد و پیامدهای اقتصادی آن بخش‌های مختلف جامعه را درگیر می‌کند (دی جونگ و همکاران، ۲۰۰۸: ۲۲۸). سفره‌های آب کارست به علت ویژگی‌های هیدرولوژیکی خاص خود متمایز از دیگر سفره‌های آبی هستند (مادرا و آندریو، ۲۰۱۱: ٤٦٤). آب‌دهی آبخوان‌های کارستی در یک سال هیدرولوژیکی، از رژیم آب و هوایی، ویژگی‌های زمین‌شناختی از جمله پهنه‌های کارست موجود تاثیر می‌پذیرد (فیوریلو، ۲۰۰۹: ۲۹۰). با توجه به وجود

www.SID.ir

Archive of SID

سازندهای آهکی، شرایط اقلیمی گذشته و حال و ویژگی‌های زمین ساخت و ژئومورفولوژیکی، پهنه‌های کارستی استان کرمانشاه دارای منابع باارزش آب زیرزمینی می‌باشد. حجم خروجی سالانه از آبخوان‌های این پژوهش یعنی چشمه‌های کارستی گیلان‌غرب، هرسم، شیان، ورمنجه، سرابله و یاوری، به ٥٦ میلیون مترمکعب در سال می‌رسد که منبع اصلی تامین آب شرب و کشاورزی شهرها و روستاهای اطراف این چشمه‌ها است؛ بنابراین در راستای مدیریت منابع آب استان، شناخت چگونگی تاثیرپذیری چشمه‌های کارستی از پدیده خشک‌سالی از لحاظ ترازنامه آبی منطقه ضرورت پیدا می‌کند. از این رو شناخت تغییرات کمی آب چشمه‌های کارستی در اثر شرایط جوی و اقلیمی به‌ویژه خشک‌سالی و مدیریت بهینه برای استفاده صحیح از این منابع با در نظر گرفتن ویژگی‌های چشمه‌ها و چگونگی پاسخ آن‌ها به پدیده خشک‌سالی اهمیت می‌یابد. هدف از این پژوهش شناخت ارتباط بین پدیده خشک‌سالی و نوسانات آب دهی چشمه‌ها و در نهایت آشکارسازی مقایسه‌ای رفتار چشمه‌های کارستی زاگرس در زون‌های زمین ساخت چین‌خورده و شکسته در زمان رخداد خشک‌سالی شدید است. در زمینه تاثیر خشک‌سالی بر آبخوان‌های کارستی در سطح جهان و ایران مطالعاتی انجام پذیرفته که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: کوالوسکی و افرامنکو (۱۹۹۳) در پژوهشی در منطقه کوهستانی کریمه[5] در روسیه به بررسی ارتباط بارش سالانه با افزایش یا کاهش آب دهی چشمه‌های کارستی پرداختند و در نهایت رژیم بلندمدت حاکم بر منابع آب کارستی منطقه را مشخص کردند. بوناسی (۱۹۹۵) در پژوهشی رفتار چشمه اومبلا[6] در کشور کرواسی را مورد بررسی قرار داد و با در نظر گرفتن ارتباط متقابل بین ارتفاع سطح ایستابی در چاه‌ها و آب دهی چشمه‌های کارستی در طی دوره‌ی کم آبی و پُرآبی گردش آب در نواحی کارستی را تحت شرایط متفاوت هیدرولوژیکی تبیین کرد. سامانی (۲۰۰۱) به بررسی رابطه بین بارش و ارتفاع سطح ایستابی و آب دهی چشمه‌های کارستی حوضه مهارلو به کمک فنون سری زمانی دوگانه پرداخت و نتایج تحقیق حاکی از آن است که یک تاخیر زمانی ۱ تا ۳ ماهه بین رخداد بارش و پاسخ سطح ایستابی در چاه‌ها و آب دهی چشمه‌ها وجود دارد. اوره هوا (۲۰۰٤) با بررسی خشک‌سالی بلندمدت طی دوره‌ی آماری ۱۹۸۲-۱۹۹٤ در بلغارستان مشخص کرد که آب دهی چشمه‌های کارستی و ارتفاع سطح ایستابی در آبخوان‌های کارستی کاهش قابل‌توجهی داشته است و این منابع در مقابل خشک‌سالی‌ها آسیب‌پذیر هستند. فیوریلو و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی آب‌نگار چشمه‌های کارستی و دوره‌های کم باران در منطقه‌ای در جنوب ایتالیا پرداختند و نشان دادند که در دوره‌های خشک‌سالی از آب‌دهی چشمه‌های کارستی کاسته شده و آب‌نگار چشمه‌ها فاقد نقطه اوج بوده و آب‌دهی چشمه‌های کارستی در هر سال وابسته به وضعیت بارش سال قبل از آن می‌باشد. فتوت و مهرابی

5- Krime
6- Ombla

www.SID.ir

Archive of SID

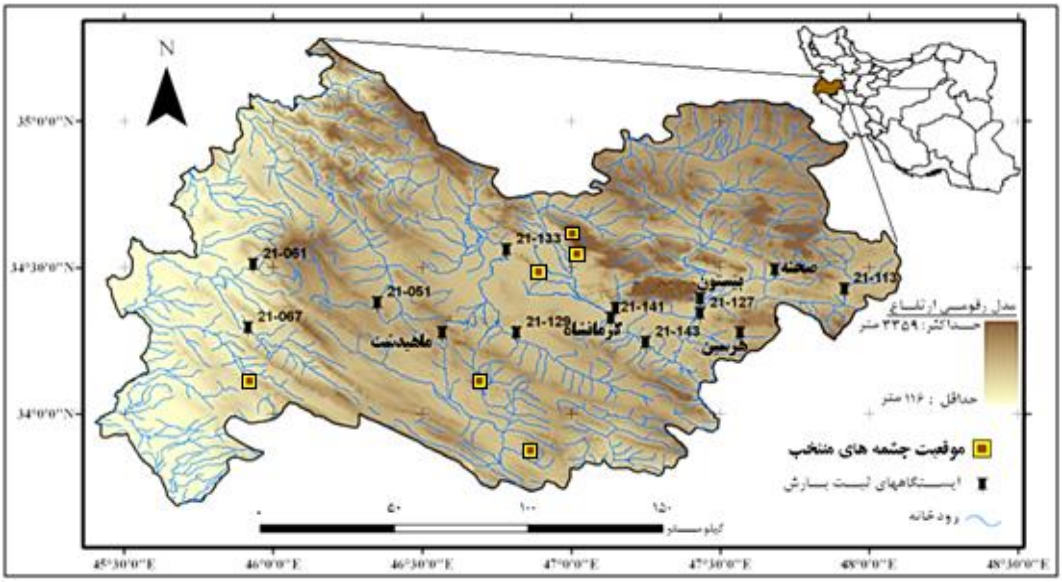
(۱۳۸٦) به مطالعه تاثیر خشک‌سالی و واکنش چشمه کارستی سراب نیلوفر در کرمانشاه پرداخت. نتایج وی حاکی از آن است که چشمه دارای سامانه افشان و رژیم پایدار است که نسبت به خشک‌سالی‌ها کم‌تر واکنش نشان می‌دهد. عابدینی (۱۳۸۹) به بررسی ارتباط خشک‌سالی و منابع آب کارستی در حوضه مهارلو پرداخت و نتایج وی حاکی از آن است که نوسانات سطح ایستابی و آب دهی چشمه‌ها در آبخوان‌های کارستی منطقه پژوهش مستقل از رخدادهای کوتاه مدت و بیش‌تر متأثر از رخدادهای بلندمدت خشک‌سالی است.

منطقه مورد مطالعه

استان کرمانشاه با وسعت حدود ۲٤۷۰۰ کیلومترمربع در غرب میانی ایران، بین عرض‌های ′۳۶ °۳۲ و ′۱۵ °۳۵ شمالی و ′۲٤ °٤۵ تا ′۳۰ °٤۸ طول شرقی قرار گرفته است. شکل (۱) موقعیت چشمه‌های مورد مطالعه و ایستگاه‌های باران‌سنجی را در استان کرمانشاه نشان می‌دهد. استان کرمانشاه از نظر زمین‌شناسی از دو واحد ساختمانی سنندج سیرجان و زاگرس تشکیل شده است. نقشه‌های زمین‌شناسی نشان می‌دهد که بیش‌ترین بخش استان کرمانشاه جزء حوضه رسوبی – ساختاری زاگرس است که به دو واحد زاگرس مرتفع (با ساختاری شکسته و خُردشده) و زاگرس چین‌خورده تقسیم می‌شود. زاگرس شکسته (مرتفع) از سنگ‌های آهکی و رادیولاریتی به‌خصوص سازند بیستون با خلوص بالا با سن کرتاسه که بیش‌ترین پتانسیل کارستی شدن را دارا می‌باشد، تشکیل شده و زاگرس چین‌خورده متشکل از سنگ‌های آهکی و دولومیتی و مارنی می‌باشد. سازند آهک آسماری و شهبازان بیش‌ترین پتانسیل برای ایجاد اشکال ناهمواری کارستی را در زاگرس چین‌خورده دارا بوده و چون شکل‌گیری آن‌ها مربوط به گذشته دور می‌باشد از نوع پالئوکارست هستند. با توجه به وجود اشکال کارستی تحول‌یافته در منطقه عوامل مهم در تکوین و گسترش کارست در منطقه عبارتند از: وضعیت سنگ شناختی به‌صورت لایه‌های آهکی با ضخامت زیاد و خلوص بالای آهک، زمین ساخت، اقلیم، شیب و سیمای شیب، درجه ناهمواری و ارتفاع.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱: موقعیت چشمه‌های منتخب و ایستگاه‌های ثبت بارش در استان کرمانشاه

مواد و روش‌ها

این پژوهش یک تحقیق کاربردی است که مبتنی بر روش‌های کتابخانه‌ای، محاسبه فراسنج‌های ژئوهیدرولوژیکی و واکاوی آماری است. با توجه به هدف پژوهش به منظور شناخت واکنش چشمه‌های کارستی زون‌های زاگرس چین‌خورده و شکسته به رخداد خشک‌سالی، در زون زاگرس چین‌خورده سه چشمه گیلان‌غرب، هرسم، شیان و در زون زاگرس شکسته سه چشمه ورمنجه، سرابله و یاوری به‌عنوان نمونه‌های موردی انتخاب و داده‌های آب دهی مربوط به هر یک از چشمه‌ها به نحو مقتضی تهیه گردید. در ادامه ضریب تغییرات آب‌دهی با استفاده از رابطه

$$[QVC = (Q_{\max} - Q_{\min} / Q_{mean}) \times 100]$$

(کریمی وردنجانی، ۱۳۸۹) محاسبه گردید، در رابطه قبل Q_{max} آب دهی بیشینه، Q_{min} آب دهی کمینه و Q_{mean} آب دهی میانگین در دوره زمانی مورد مطالعه است. برای درجه‌بندی چشمه‌ها از تقسیم‌بندی مایتزر[۷] استفاده شد (جدول ۳). در ادامه آب‌نگار میانگین ۱۱ ساله چشمه‌ها ترسیم و ضریب تغییرات آب‌دهی و دامنه تغییرات آب‌دهی آن‌ها محاسبه گردید. با رسم منحنی‌های تاریسمان چمشه‌های مورد مطالعه ضریب α چشمه‌های منطقه با استفاده از رابطه

$$\alpha = \frac{\log Q_0 / Q_t}{0.4343 \times t}$$

7- Maitzer

www.SID.ir

Archive of SID

(همان منبع) محاسبه گردید. در این رابطه Q_0 ، آب دهی اولیه بر روی منحنی تاریسمان و Q_t آب دهی ثانویه که در نقطه‌ای به فاصله زمانی t انتخاب می‌گردد، t مدت زمان بین دبی اولیه و ثانویه بر حسب روز است. هرچه میزان ضریب α بیش‌تر باشد، حاکی از شیب بیش‌تر آب‌نگار، فروکش کردن جریان و در نتیجه بیانگر سرعت تأثیرپذیری بیش‌تر دبی از بارش خواهد بود. بر این اساس اگر مقدار α بین ۰/۰۰۱ تا ۰/۰۰۳ باشد، ضریب فرود ملایم، اگر α بین ۰/۰۰۵ تا ۰/۰۰۸ باشد، ضریب فرود متوسط و اگر α بین ۰/۰۱۱ تا ۰/۰۲۶ باشد، ضریب فرود از نوع تند است. با توجه به نتایج به‌دست آمده از فراسنج‌های ژئوهیدرولوژیکی، مجرایی[8] یا افشان[9] بودن سامانه کارستی چشمه‌ها تعیین گردید. سپس با استفاده از آمار ایستگاه‌های هواشناسی، دوره‌های خشک‌سالی در بازه ۱۱ ساله با استفاده از شاخص بارش استاندارد شده[10] مشخص شد و در نهایت سال ۸۷-۱۳۸۶ به عنوان خشک‌سالی شدید انتخاب گردید. در ادامه با استفاده از آمار ایستگاه‌های هواشناسی منتخب و آب دهی چشمه‌ها در دوره خشک‌سالی و ترسیم آب نگارها و بارش نگارها، تغییرات آب‌دهی چشمه‌ها متاثر از رخداد خشک‌سالی و در نهایت دوره‌های زمانی واکنش چشمه‌ها به تغییرات بارش مشخص شد. آمار ایستگاه‌های هواشناسی و آب دهی چشمه‌ها به عنوان داده‌های اصلی تحقیق مورد استفاده قرار گرفت و از نرم افزار SPSS و Excel برای پردازش داده‌ها استفاده گردید.

یافته‌ها و بحث

شاخص بارش استاندارد شده (SPI)

مک کی[11] و همکاران (۱۹۹۳) شاخص بارش استانداردشده (SPI) را جهت تعیین خشک‌سالی پیشنهاد کرده‌اند که از تفاضل بارش رخ داده از میانگین بارش تقسیم بر انحراف معیار آن به‌دست می‌آید و از طریق برازش توزیع احتمال مناسب بر سری بارش‌های ماهانه در بازه زمانی معین حاصل می‌گردد. بدین ترتیب، احتمال عدم تجاوز مقادیر بارش از روی تابع توزیع تجمعی مناسب (توزیع گاما) تعیین و احتمال به‌دست آمده از این طریق به متغیر تصادفی نرمال استاندارد تبدیل می‌شود (برگرفته از بذرافشان، ۱۳۸۹). پس از برازش توزیع گاما و به‌دست آوردن احتمال تجمعی، مقادیر Z یا نمره استاندارد [از رابطه $z = \frac{p_i - \bar{p}}{\sigma}$ به‌دست می‌آید که در آن p_i بارش رخ داده، $\bar{P}$ متوسط بارش و σ،

8- Conduit System
9- Diffuse System
10- Standardized Precipitation Index (SPI)
11- McKee

www.SID.ir

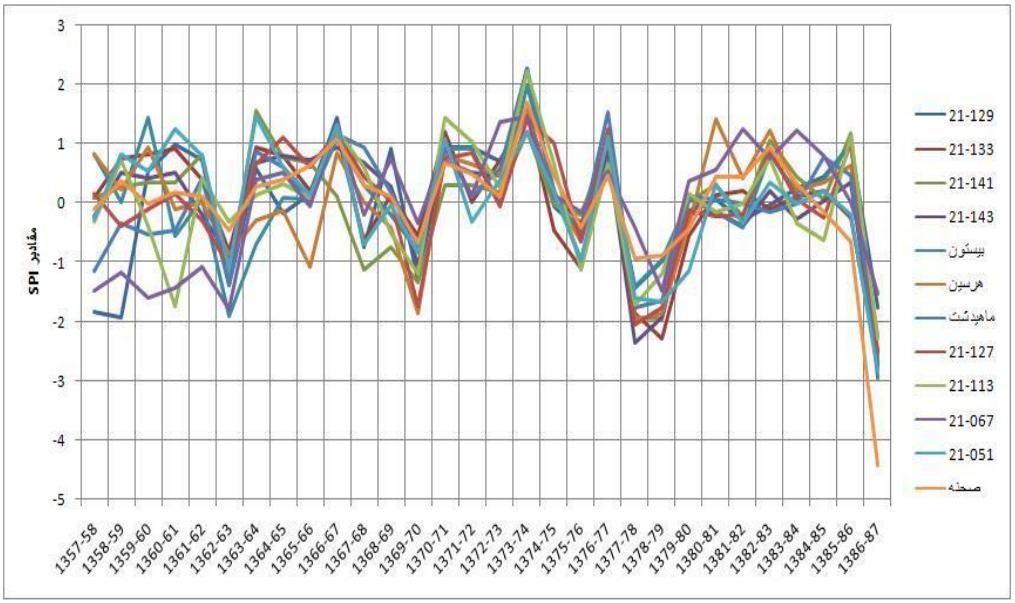
Archive of SID

انحراف معیار بارش است]. از طریق احتمال تجمعی استاندارد توزیع گاما محاسبه می‌گردد که همان SPI است (جدول ۱).

خشک‌سالی‌های رخ داده در استان با توجه به مقادیر SPI (شکل ۲)، طی دوره ۳۰ ساله منتخب، شناسایی شدند و سال ۱۳۸٦–۸۷ (۲۰۰۸) به‌عنوان خشک‌ترین سال تعیین گردید که در شکل (۲) ارائه شده است.

جدول ۱- طبقات خشک‌سالی بر مبنای شاخص SPI (مکی و همکاران، ۱۹۹۳)

مقدار SPI	طبقات خشک‌سالی	بازه زمانی طبقات
۰ تا ۰/۹۹-	خشک‌سالی ملایم	۲٤ درصد
-۱ تا ۱/٤۹-	خشک‌سالی متوسط	۹/۲ درصد
-۱/۵ تا ۱/۹۹-	خشک‌سالی شدید	۹/۲ درصد
کمتر از ۲-	خشک‌سالی حاد	۲/۳ درصد



شکل ۲: نمودار تغییرات شاخص SPI برای ایستگاه‌های منتخب، طی دوره آماری

ویژگی چشمه‌های مورد مطالعه

دو نوع اصلی از چشمه‌های کارست را می‌توان بر اساس میزان تاثیرپذیری از بارش مشخص کرد. در چشمه‌های با سامانه مجرایی واکنش به بارش بسیار سریع است. سامانه کارست نوع مجرایی به خوبی توسعه یافته است و شبکه کارستی باعث حرکت سریع آب در آبخوان می‌گردد (فیوریلو ۲۰۰۹: ۲۹۰). اتکینسون (۱۹۷۷)، پادیلا و همکاران (۱۹۹٤)، بوناسی (۱۹۹۳) و گان (۱۹۸٦) از سامانه مجرایی به عنوان سامانه‌های جریانی سریع یاد می‌کنند. در آب‌نگار ایجادشده توسط چشمه‌های این سامانه، اوج آب‌دهی بلافاصله بعد از رخداد بارش روی می‌دهد (فیوریلو،

www.SID.ir

Archive of SID

۲۰۰۹: ۲۹۰). در چشمه‌های با سامانه افشان، شبکه کارستی به خوبی توسعه نیافته و بنابراین آب‌های زیرزمینی نیاز به زمان بیش‌تری برای جابجایی در آبخوان دارند. در آب نگار چشمه‌های با سامانه‌های افشان، اوج جریان (Peak) خروجی چشمه پس از یک تاخیر زمانی نسبت به فصل بارش رخ می‌دهد (فیوریلو، ۲۰۰۹: ۲۹۰). جدول (۲) ویژگی‌های آب دهی چشمه‌های منتخب را در بازه زمانی ۱۱ ساله نشان می‌دهد.

جدول ۲- ویژگی آب دهی چشمه‌های منتخب طی دوره آماری ۱۳۷۸-۱۳۸۸

چشمه	حداقل آب دهی (لیتر در ثانیه)	حداکثر آب دهی (لیتر در ثانیه)	متوسط آب دهی (لیتر در ثانیه)
گیلان غرب	٤٢٢	٢٩١٨	٨٧٢
شیان	٥٤	٥٨٩	٢٧٥
هرسم	٢١	٣٤٦	١١٧
ورمنجه	٨	٢٢٥١	١٨١
سرابله	٠	٢٢٣٤	١٨٩
یاوری	٠	٤٩٨	١٢٠

جدول ۳- ویژگی‌های هیدروژئولوژیکی چشمه‌های منتخب

چشمه	ضریب تغییرات	درجه‌بندی چشمه بر اساس دبی متوسط (لیتر/ثانیه)	درجه چشمه-های مورد مطالعه	α_1	α_2	α_3	مقادیر ضریب α
گیلان غرب	٪۲۸/٦۲	درجه ۱ Q>10000	۳	۰/۰۰۲	-	-	ملایم
شیان	٪۱۹/٤٥	درجه ۲ 1000<Q<10000	۳	۰/۰۰۲	-	-	ملایم
هرسم	٪۲۱/۲٥	درجه۳ 100<Q<1000	۳	۰/۰۰۱	-	-	ملایم
ورمنجه	٪۱۲۳/۹	درجه ٤ 10<Q<100	۳	۰/۰۲٦	۰/۰۱۳	-	تند- تند
سرابله	٪۱۱۸/۲	درجه ٥ 1<Q<10	۳	۰/۰۱٦	۰/۰۱۱	۰/۰۰۱	تند- تند- ملایم
یاوری	٪٤۱/٥	درجه ٦ 1<Q<0.1	۳	۰/۰۰۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰٥	ملایم- ملایم- ملایم

با محاسبه رابطه مایتزر چشمه‌های منتخب دسته‌بندی گردیدند (جدول ۳). بر اساس آب نگار سال ۸۷-۱۳۸٦ و هم‌چنین آب نگار متوسط ۱۱ ساله (شکل ٥) و محاسبه ضریب تغییرات آب‌دهی و دامنه تغییرات آب‌دهی بر اساس رابطه QVC و محاسبه ضریب α (جدول ۳) چشمه‌های ورمنجه، یاوری و سرابله، از نوع مجرایی و چشمه‌های گیلان‌غرب، هرسم و شیان از گونه افشان شناسایی شد.

www.SID.ir

Archive of SID

تاثیرات بارش بر چشمه‌ها

واکاوی ضریب α

در نواحی غیرکارستی یا کم‌تر توسعه‌یافته کارستی، به‌طورمعمول چشمه‌ها منحنی فرود[۱۲] با روند خطی یکنواخت را نشان می‌دهند، اما در نواحی با توسعه‌یافتگی زیاد اشکال کارستی، چشمه‌ها دارای سه شکست یا ضریب فرود متفاوت‌اند که در حالت معمول آن، میزان α_1 (ضریب فرود اولی) کم‌تر از α_2 (دومی) و بیش‌تر از α_3 (سومی) می‌باشد (آغاسی، ۱۳۷۸: ۳۱۸). هنگامی که منحنی فرود دارای شیب کم و تک ضریب باشد، چشمه دارای ذخیره دینامیکی زیاد بوده و آبخوان آن از نوع دائمی است و کم‌تر تحت تاثیر بارش قرار می‌گیرد؛ اما وقتی ضریب α زیاد باشد، منحنی فرود دارای شیب تند بوده و ذخایر دینامیکی در این حالت موقتی بوده و خیلی سریع تخلیه می‌شوند (کریمی وردنجانی، ۱۳۸۹: ۲۸۰). این نوع چشمه‌ها به شدت تحت تاثیر بارش قرار دارند و در زمان بسیار کم‌تری نسبت به چشمه‌های با ضریب α کم‌تر به بارش واکنش نشان می‌دهند. محاسبه ضرایب α چشمه‌های منتخب نشان می‌دهد (جدول ۳) که چشمه‌های زاگرس چین‌خورده (گیلان‌غرب، هرسم، شیان) دارای یک ضریب α با مقادیر کم هستند که حاکی از تأثیرپذیری کم‌تر این چشمه‌ها از خشک‌سالی‌های کوتاه مدت است؛ اما چشمه‌های زون زاگرس شکسته (ورمنجه، یاوری، سرابله) دارای دو یا سه ضریب α هستند که در کل حاکی از تاثیرپذیری بالای این چشمه‌ها از خشک‌سالی کوتاه مدت است. چشمه‌های ورمنجه و سرابله نسبت به چشمه یاوری تاثیرپذیری بیش‌تری از بارش دارند که مقادیر ضریب α این حالت را تایید می‌کند (جدول ۳).

واکاوی آب‌نگارها

شکل و نرخ فرود آب‌نگار چشمه‌ها اطلاعات قابل‌توجهی در مورد ذخیره و خصوصیات آبخوان‌ها ارائه می‌دهد. در حقیقت آب‌نگار یک چشمه، بازتابی از پاسخ آبخوان نسبت به تغذیه می‌باشد (کریمی وردنجانی، ۲۷٦: ۱۳۸۹). برای بررسی تاثیر بارش بر آب‌دهی چشمه‌های منتخب از آمار ایستگاه‌های باران سنجی سازمان هواشناسی استان کرمانشاه استفاده شده است (شکل ۱). در جدول (٤) ویژگی‌های بارشی ایستگاه‌ها و چشمه‌های منتخب ارائه شده است.

12- Froude Curve (Froude Number)

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤- ویژگی‌های بارشی ایستگاه‌های منتخب

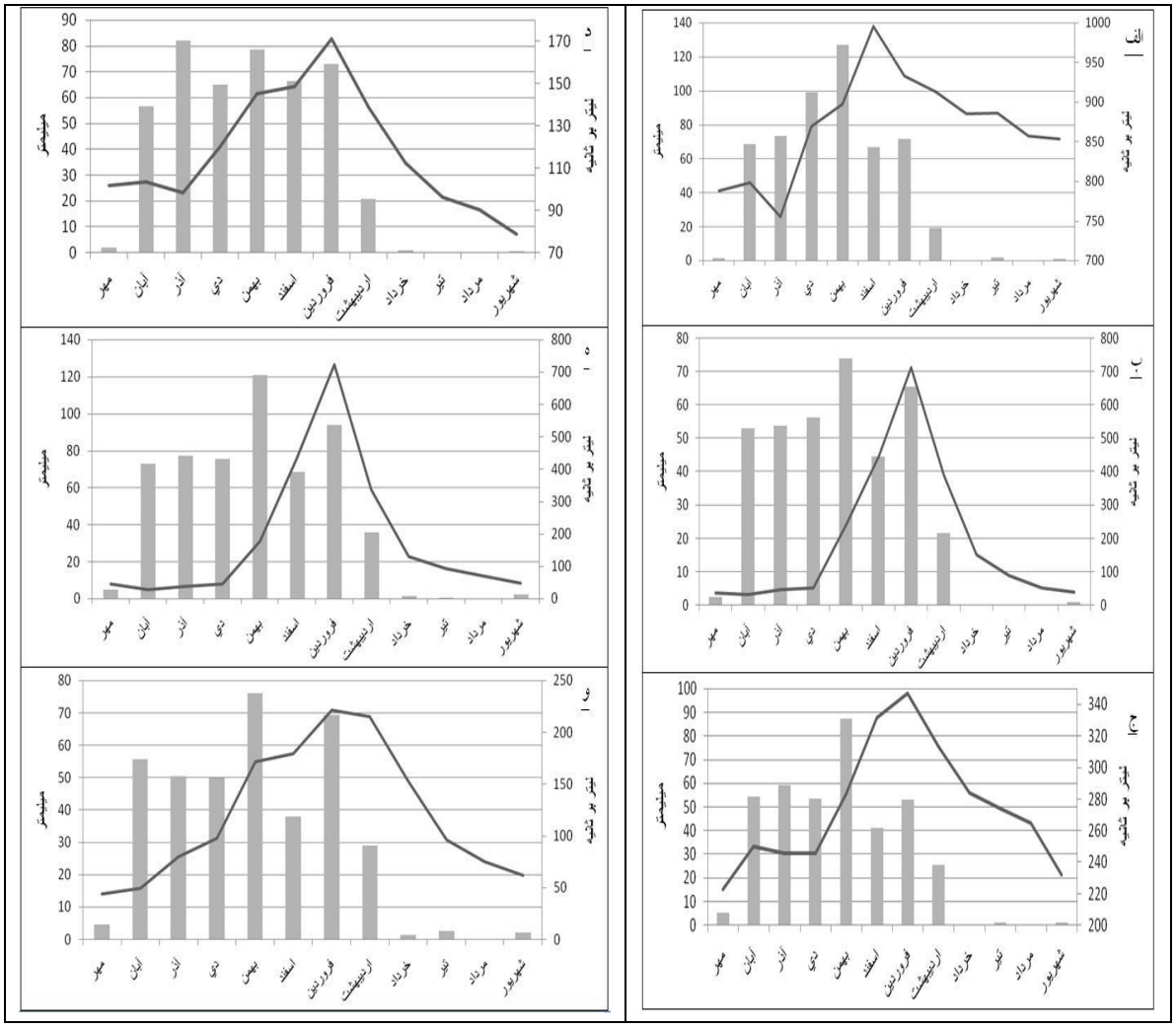
ایستگاه	چشمه	بارش سالانه (mm)	پربارش‌ترین ماه (mm)	کم بارش‌ترین ماه (mm)
چشمه پهن	گیلان‌غرب	٥٢٦/٧	بهمن- ١٢٧	خرداد، مرداد- صفر
کله جوب	شیان	٣٨٢/٤	بهمن- ٨٦	شهریور، خرداد- صفر
هرسم	هرسم	٤٤٦/١	آذر- ٨٢/١	تیر- صفر
گوهر چقا	سرابله	٣٨٩/٧	بهمن- ٧٤	خرداد، تیر، مرداد- صفر
رحمت آباد	یاوری	٣٩٣/٨	بهمن- ٧٦	مرداد- صفر
ورله	ورمنجه	٥٨٢/٢	بهمن- ١٢٧	مرداد- صفر

شکل (۳) آب نگار و بارش نگار میانگین ۱۱ ساله چشمه‌های مورد مطالعه و ایستگاه‌های منتخب را نشان می‌دهد. بررسی‌ها نشان می‌دهد که در تمامی ایستگاه‌ها حداکثر بارش در بهمن رُخ می‌دهد و حداکثر آب‌دهی چشمه‌ها به‌جز چشمه گیلان‌غرب که اسفند است، بقیه چشمه‌ها فروردین می‌باشد. چشمه گیلان‌غرب دارای تاخیر زمانی یک ماه نسبت به حداکثر بارش و بقیه چشمه‌ها دارای تاخیر زمانی دو ماه نسبت به حداکثر بارش هستند. کم بودن تاخیر زمانی در چشمه گیلان‌غرب را می‌توان به شرایط گرم‌تر منطقه و ذوب برف در ارتفاعات در اسفند نسبت داد.

بررسی شکل آب‌نگار چشمه‌ها نشان می‌دهد که آب‌نگار چشمه‌های زاگرس شکسته زنگوله‌ای بوده و بیش‌ترین مقدار آب‌دهی در فاصله زمانی کوتاهی تخلیه می‌شود که این وضعیت برعکس چشمه‌های زاگرس چین‌خورده است. چشمه‌های گیلان‌غرب، شیان و هرسم به ترتیب در ۷، ٦ و ٥ ماه که آب‌دهی آن‌ها بیش از میانگین می‌باشد به ترتیب ٦١، ٥١ و ٥٢ درصد از مجموع آب‌دهی سالانه را در این ماه‌ها دارند، درحالی‌که چشمه‌های ورمنجه، سرابله و یاوری به ترتیب در ٣، ٤ و ٥ ماه که آب دهی آن‌ها بیش از میانگین می‌باشد به ترتیب ٦٩، ٧٨ و ٦٥ درصد از مجموع آب‌دهی سالانه را در این ماه‌ها دارند. شایان ذکر است ماه‌های با آب دهی بیش از میانگین یعنی دی تا اردیبهشت منطبق بر مرطوب‌ترین ماه‌های سال هستند. این حالت حاکی از نوسانات زیادتر و تاثیرپذیری بیشتر چشمه‌های زاگرس شکسته نسبت به چشمه‌های زاگرس چین خورده است.

www.SID.ir

Archive of SID

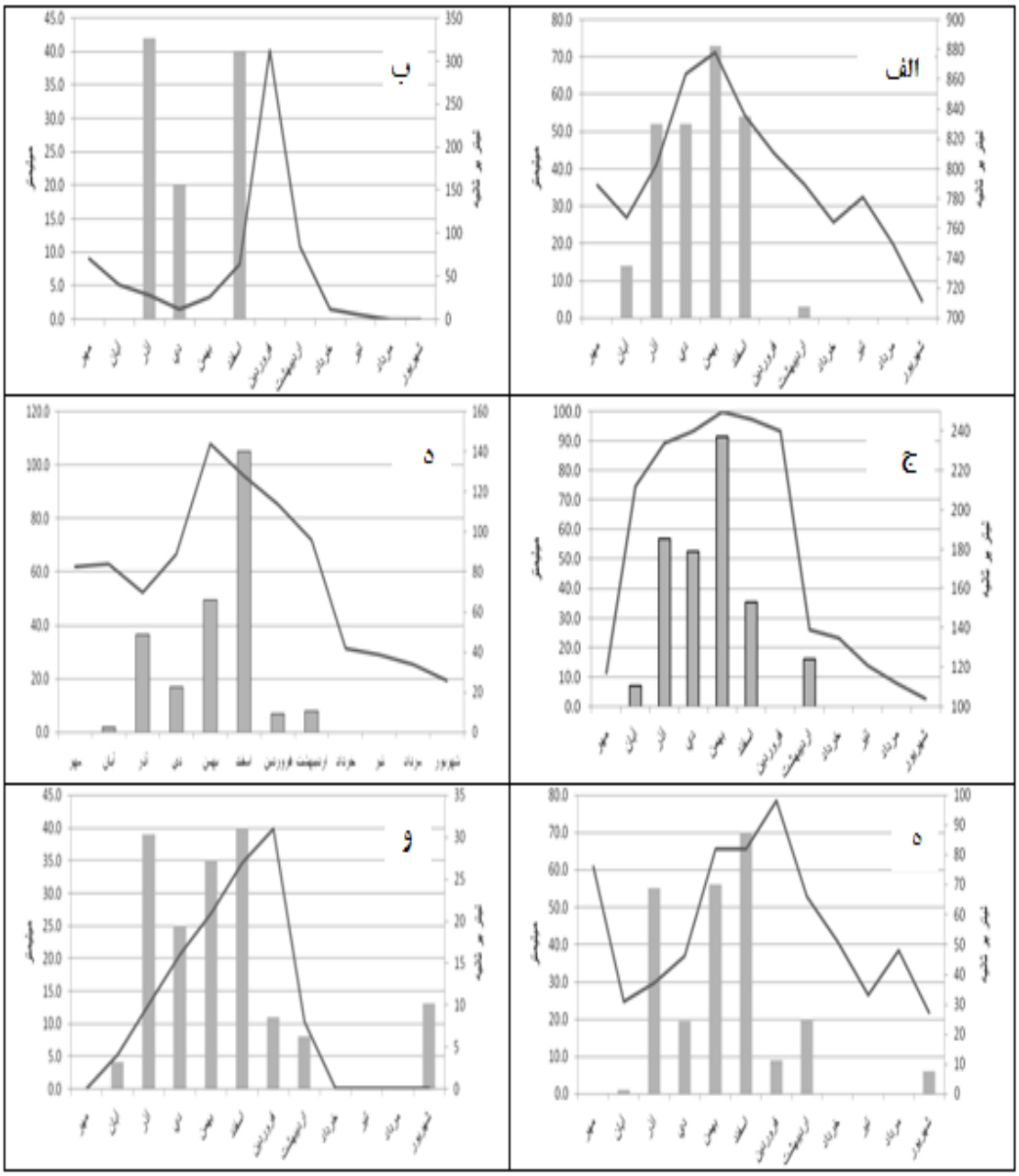


شکل ۳: آب نگار و بارش نگار میانگین ۱۱ ساله چشمه‌های منتخب (نمودار ستونی مقادیر بارش و نمودار خطی مقادیر آب دهی چشمه‌ها را نمایش می‌دهد). الف) گیلان‌غرب- چشمه پهن، ب) سرابله- گوهرچقا، ج) شیان- کله جوب، د) هرسم- هرسم، (ه) ورمنجه- ورله و) یاوری- رحمت‌آباد (نام اول چشمه- نام دوم ایستگاه باران‌سنجی)

بررسی آب‌نگار و بارش نگار سال ۸۷-۱۳۸٦ نشان می‌دهد که حداکثر آب‌دهی چشمه‌های گیلان‌غرب، شیان و هرسم در بهمن رخ داده و حداکثر آب‌دهی چشمه‌های ورمنجه، سرابله و یاوری به علت واقع‌شدن در دامنه ارتفاعات پرآو- بیستون و شکسته بودن این کوهستان حداکثر آب‌دهی در فروردین و همزمان با ذوب برف‌های این کوهستان رخ داده است (شکل ٤). تاثیر خشک‌سالی و کاهش بارش بر آب‌دهی تمامی چشمه‌ها بدون تاخیر زمانی و هم‌زمان بوده اما چشمه‌های زون زاگرس شکسته در یک تاخیر زمانی ۳ ماه نسبت به حداکثر بارش واکنش نشان داده‌اند، به‌طوری که دو چشمه سرابله و یاوری به علت رخداد خشک‌سالی شدید ۸۷-۱۳۸٦ در خرداد سال ۸۷ خشکیده و آب‌دهی چشمه ورمنجه در نیمه اول سال ۸۷ نسبت به میانگین ۱۱ ساله ۷۷ درصد کاهش نشان می‌دهد.

www.SID.ir

Archive of SID



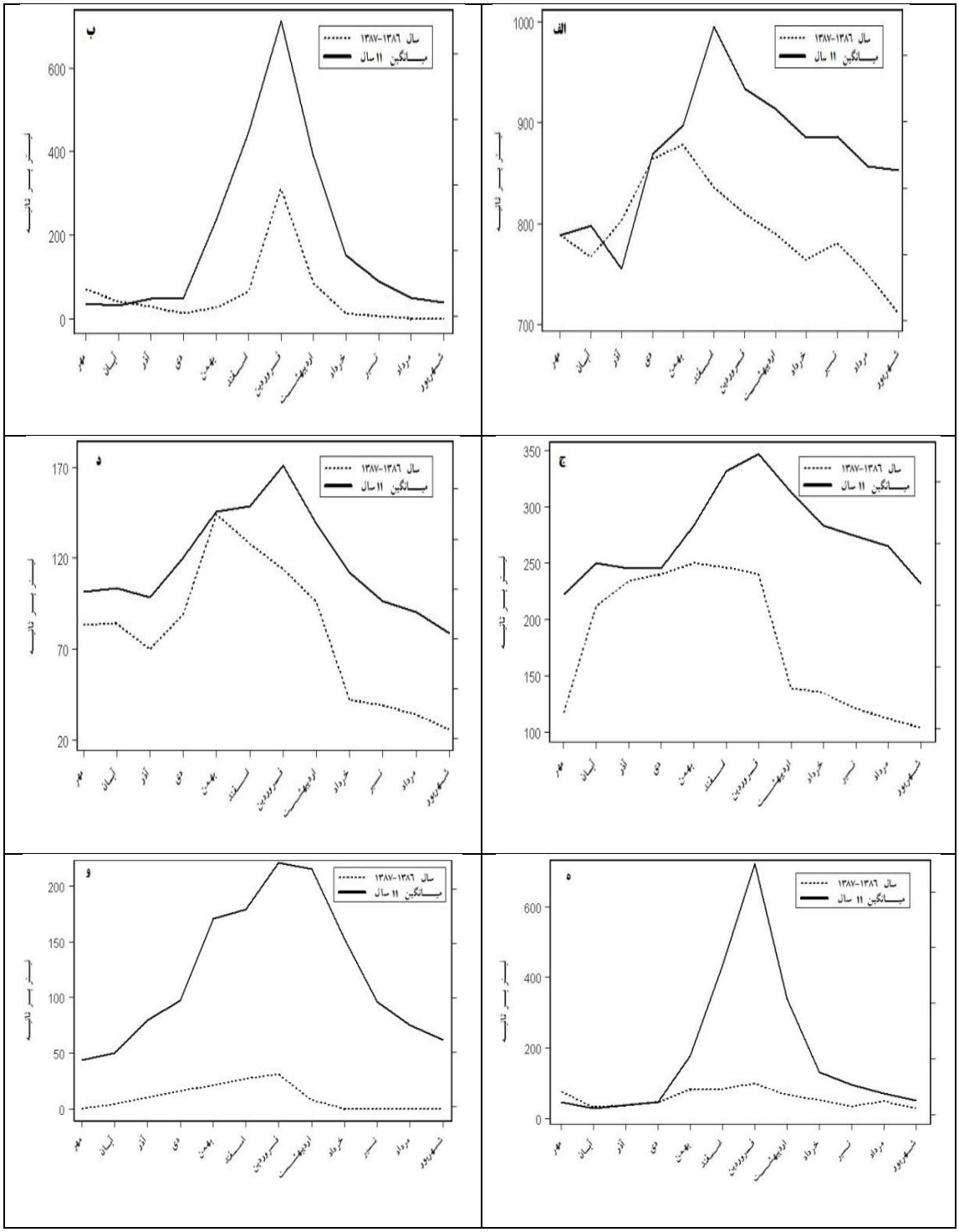
شکل ٤: آب‌نگار و بارش نگار چشمه‌ها و ایستگاه‌های هواشناسی در سال ۸۷-۱۳۸٦ (نمودار ستونی مقادیر بارش و نمودار خطی مقادیر آب دهی است). الف) گیلان‌غرب- چشمه پهن، ب) سرابله- گوهرچقا، ج) شیان- کله جوب، د) هرسم- هرسم، (ه) ورمنجه- ورله و) یاوری- رحمت‌آباد (نام اول، چشمه- نام دوم ایستگاه باران‌سنجی)

تاثیرپذیری چشمه‌های زاگرس چین‌خورده از خشک‌سالی محدود به کاهش آب‌دهی بوده و هیچ‌کدام از چشمه‌ها خشک نشده‌اند و حداکثر کاهش آب‌دهی نسبت به میانگین ۱۱ ساله به میزان ۳۱ درصد در چشمه شیان رخ داده

www.SID.ir

Archive of SID

است؛ بنابراین نمی‌توان دوره زمانی مشخص و دقیقی را برای واکنش چشمه‌های زاگرس چین‌خورده تعیین کرد. شکل (۵) آب‌نگار سال ۸۷-۱۳۸۶ و آب‌نگار میانگین ۱۱ ساله را نشان می‌دهد.



شکل ۵: آب نگارهای میانگین ۱۱ ساله و سال ۸۷-۱۳۸۶، الف) گیلان‌غرب، ب) سرابله، ج) شیان، د) هرسم، (ه) ورمنجه و) یاوری

www.SID.ir

Archive of SID

بررسی آب‌نگارها نشان می‌دهد که در تمامی چشمه‌ها آب‌دهی سال ۸۷-۱۳۸٦ نسبت به میانگین ۱۱ ساله کاهش داشته، اما میزان کاهش در چشمه‌های زاگرس شکسته نسبت به زاگرس چین‌خورده بسیار بیش‌تر بوده به‌طور که چشمه‌های ورمنجه، سرابله و یاوری در ماه خرداد ۸۷ خشکیده‌اند. داده‌های جدول (۵) نشان می‌دهد که به ترتیب چشمه‌های یاوری، سرابله، ورمنجه، شیان، هرسم و گیلان‌غرب نسبت به خشک‌سالی حساس بوده‌اند. چشمه گیلان غرب با کاهش ۱۲/٤ درصد آب‌دهی کم‌ترین تاثیر و چشمه یاوری با کاهش ۹۲ درصدی نسبت به میانگین ۱۱ ساله بیش‌ترین تاثیر را از خشک‌سالی ۸۷-۱۳۸٦ پذیرفته‌اند. مقایسه آب‌دهی بارش ۸۷-۱۳۸٦ نشان می‌دهد که تاثیرپذیری چشمه‌های زاگرس شکسته نسبت به خشک‌سالی بسیار بیش‌تر از چشمه‌های زاگرس چین‌خورده است. بر همین اساس می‌توان گفت چشمه‌های زاگرس چین‌خورده نسبت به خشک‌سالی‌های کوتاه مدت تاثیرپذیری کم‌تری دارند و برای برنامه‌ریزی‌های کوتاه مدت و میان‌مدت به منظور مدیریت منابع آب جهت مصارف شُرب و کشاورزی مطمئن‌تر از چشمه‌های زاگرس شکسته هستند.

جدول ۵- میزان کاهش بارش و آب دهی نسبت به متوسط در چشمه‌ها و ایستگاه‌های هواشناسی

چشمه	کاهش آب دهی سال ۸۷-۱۳۸٦ نسبت به میانگین ۱۱ ساله به درصد	کاهش بارش سال ۸۷-۱۳۸٦ نسبت به میانگین ۱۱ ساله به درصد
شیان	۳۰/۸	۳۰/۲
گیلان‌غرب	۱۲/٤	٦۱/٦
هرسم	۱٦	٤۸/۲
ورمنجه	٦۹	٤۲/۸
سرابله	۷۱	۷۲/٦
یاوری	۹۲	٥٤

نتیجه‌گیری

با استفاده از شاخص بارش استانداردشده (SPI) سال۸۷-۱۳۸٦ به‌عنوان خشک‌سالی شدید در طول دوره آماری انتخاب و تاثیر آن بر سه چشمه در زاگرس چین‌خورده و سه چشمه در زاگرس شکسته بررسی شد. بر اساس تقسیم‌بندی مایتزر تمامی چشمه‌های منتخب از نوع چشمه‌های درجه سوم هستند. چشمه‌های ورمنجه، یاوری و

www.SID.ir

Archive of SID

سرابله از نوع مجرایی و چشمه‌های گیلان‌غرب، هرسم و شیان از نوع افشان شناسایی شدند. محاسبه ضرایب α چشمه‌های پیش‌گفته نشان می‌دهد که چشمه‌های زاگرس چین‌خورده دارای ضریب α با مقادیر ملایم بوده که حاکی از تاثیرپذیری کم‌تر این چشمه‌ها از خشک‌سالی‌های کوتاه مدت است؛ اما چشمه‌های زاگرس شکسته دارای دو یا سه ضریب α با مقادیر ملایم، متوسط و تند است که حاکی از تاثیرپذیری زیاد این چشمه‌ها از خشک‌سالی‌های کوتاه مدت می‌باشد. شکل آب‌نگار چشمه‌های زاگرس شکسته زنگوله‌ای بوده و بیش‌ترین مقدار آب‌دهی در فاصله زمانی کوتاهی تخلیه می‌شود که این وضعیت برعکس چشمه‌های زاگرس چین‌خورده است. واکاوی‌ها نشان می‌دهد که حساسیت به رخداد خشک‌سالی (ترسالی) به ترتیب در چشمه‌های یاوری، سرابله، ورمنجه، شیان، هرسم و گیلان‌غرب دیده می‌شود که چشمه گیلان‌غرب با کاهش ۱۲/٤ درصدی، کم‌ترین تاثیر و چشمه یاوری با کاهش ۹۲ درصدی در آب‌دهی (نسبت به میانگین ۱۱ ساله) بیش‌ترین تاثیر را از خشک‌سالی ۸۷-۱۳۸٦ پذیرفته‌اند. تاثیر خشک‌سالی ۸۷-۱۳۸٦ بر آب‌دهی تمامی چشمه‌ها بدون تاخیر زمانی و تقریبا هم‌زمان رخ داده است، اما چشم‌های زون زاگرس شکسته در یک تاخیر زمانی ۳ ماهه به حداکثر بارش واکنش نشان داده‌اند، به‌طوری که دو چشمه سرابله و یاوری در خرداد سال ۱۳۸۷ تقریبا به‌طور کامل خشکیده‌اند و آب‌دهی چشمه ورمنجه نیز در ٦ ماه اول سال پیش‌گفته نسبت به میانگین ۱۱ ساله ۷۷ درصد کاهش داشته است. کاهش آب‌دهی چشمه‌های زاگرس چین‌خورده در اثر خشک‌سالی محدود بوده و حداکثر آن نسبت به میانگین ۱۱ ساله به میزان ۳۱ درصد در چشمه شیان رخ داده است؛ بنابراین نمی‌توان دوره زمانی معینی را برای واکنش مشخص چشمه‌های زاگرس چین‌خورده نسبت به رخداد خشک‌سالی تعیین کرد. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که تاثیرپذیری چشمه‌های زاگرس شکسته نسبت به خشک‌سالی بسیار بیش‌تر از چشمه‌های زاگرس چین‌خورده است. در واقع چشمه‌های زاگرس شکسته به علت وجود سامانه مجرایی و دارا بودن دو یا سه ضریب α با مقادیر ملایم، متوسط و تند، از آب‌نگار زنگوله‌ای منطبق بر ماه‌های بارانی و نیز کوتاهی طول دوره آب‌دهی بالا (بیش‌تر از میانگین سالانه) و متقابلا افت زیاد آب‌دهی در زمان کاهش شدید بارش برخوردارند و از این رو حساسیت بیش‌تری نسبت به رخداد خشک‌سالی (به‌ویژه کوتاه مدت) دارند که علت آن را می‌توان در ویژگی‌های ژئومرفولوژیکی پهنه‌های کارستی منطقه جستجو کرد. به نظر می‌رسد به علت خردشدگی تشکیلات کارستی زاگرس شکسته، حجم مخازن در لایه‌های زیرین کوچک‌تر ولی تعداد آن‌ها نسبتا بیش‌تر بوده و در ژرفاهای مختلفی با هم ارتباط دارند. رخداد بارش سبب پرشدگی سریع این مخازن شده و در فاصله کوتاهی تخلیه آب به طرف مظهر چشمه در سطح زمین و نیز به طرف مخازن دیگر در لایه‌های زیرین انجام می‌شود. به همین علت پاسخ این چشمه‌ها به تغییرات بارش تند و در نتیجه ضریب تغییرات آن‌ها نیز زیاد است؛ اما در چشمه‌های زاگرس چین‌خورده حجم مخزن بزرگ‌تر بوده و شکستگی کم‌تری دارند و

www.SID.ir

Archive of SID

ارتباط با مخازن دیگر بیش‌تر در راستای شیب لایه‌های چین‌خورده توجیه می‌شود که به‌واسطه آن جریان تداوم بیش‌تری داشته و پاسخ چشمه‌ها به رخداد دوره‌های خشک‌سالی و ترسالی متعادل‌تر بوده و در زمان طولانی‌تری صورت می‌گیرد. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که چشمه‌های زاگرس چین‌خورده برای مدیریت بهینه منابع آب در منطقه پژوهش مناسب‌ترند. از این‌رو پیشنهاد می‌شود با توجه به رژیم متعادل‌تر چشمه‌های زاگرس چین‌خورده، اثر بلندمدت تغییر اقلیم بر روی آن‌ها نیز مورد مطالعه و واکاوی قرار گیرد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع

- بذرافشان، جواد (۱۳۸۹)، «کاربرد مدل‌های لوگ- خطی در تحلیل انتقال طبقات خشکسالی شاخص بارش استاندارد (SPI) در ایستگاه‌های هواشناسی قدیمی ایران طی قرن بیستم»، ***پژوهش آب ایران***، شماره ۷، صص ۱۱۸-۱۰۹.

- خزایی، محمدرضا؛ تلوری، عبدالرسول؛ جباری، ابراهیم (۱۳۸۲)، «تحلیل توزیع فراوانی خشکسالی هیدرولوژیکی (مطالعه موردی: حوضه‌ای رودخانه قره سو)»، ***مجله جغرافیا و توسعه***، شماره ۲، صص ٤٥-٥٦.

- خوش‌اخلاق، فرامرز (۱۳۷۷)، «تحقیق در خشکسالی‌های فراگیر ایران با استفاده از تحلیل‌های سینوپتیکی»، رساله دکتری، دانشکده علوم انسانی و اجتماعی، دانشگاه تبریز.

- عابدینی، محمدحسین (۱۳۸۹)، «ارتباط خشکسالی و منابع آب کارستی (مطالعه موردی: حوضه کارستی مهارلو)». پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران.

- فتوت، مسعود؛ مهرابی، علی (۱۳۸٦)، «بررسی واکنش چشمه کارستی سراب نیلوفر نسبت به خشکسالی‌های اخیر استان کرمانشاه»، مجموعه مقالات کنفرانس منابع آب استان کرمانشاه، شرکت آب منطقه‌ای کرمانشاه، ۲۵ آذر ۱۳۸٦، صص ۱۲۳-۱۳۲.

- کریمی وردنجانی، حسین (۱۳۸۹)، «***هیدروژئولوژی کارست مفاهیم و روش‌ها***»، شیراز، انتشارات ارم.

- میلانویچ، پطر (۱۳۸۷)، «***هیدروژئولوژی کارست***»، (ترجمه آغاسی و افراسیابیان)، تهران، انتشارات طرح تهیه استانداردهای مهندسی آب کشور.

- Atkinson, T.C., (1977), "Diffuse flow and conduit flow in limestone terrain in Mendip Hills, Somerset (Great Britain)", ***J. Hydrol***. 35: 93–100.

- Bonacci, A., (1995), "Ground water behavior in karst: example of the Ombla Spring (Croatia)", ***Journal of Hydrology***, 165: 113-134.

- Bonacci, O., (1993), "Karst spring hydrographs as indicators of karst aquifers", ***Hydrology. Sci***. J, 38: 51–62.

- Civita, M., (2005),"Drogeologia applicata e ambientale", Berlin, ***Casa Editrice Ambrosiana, Milano***, 794 pp.

- De Jong, C., Cappy, S., Funk, D., (2008), "A transdisciplinary analysis of water problems in the mountainous karst areas of Morocco", ***Engineering Geology*** 99: 228–238.

www.SID.ir

Archive of SID

- Fiorillo,F., Esposito, L., Guadagno, F., (2009), "Analyses and forecast of water resources in anultra-centenarian spring discharge series from Serino (Southern Italy)", ***Journal of Hydrology***, 336: 125– 138

- Ford, D.C., Williams, P.W., (2007), "***Karst Hydrogeology and Geomorphology***", ***Wiley Chichester, United Kingdom***, 562 p.

- Gondwe, B., Alonso, G., Gottwein, G., (2011), "The influence of conceptual model uncertainty on management decisions for a groundwater-dependent ecosystem in karst"., ***Journal of Hydrology,*** 400: 24–40.

- Gunn, J, (1986), "A conceptual model for conduit flow dominated karst aquifers. In: Günay, G., Johnson, A.I. (Eds.), Proc. Ankara Symp", ***Karst Water Resources***, July 1985, IAHS Publ. no. 161, pp. 587–596.

- Hayes, M.J., Svoboda, M.D., Wilhite, D.A., Vanyarkho. O.V., (1999), "Monitoring the 1996 drought using the Standardized precipitation Index", ***Bulletin of the American Meteorological Society***, 80 (3): 429- 437.

- Kovalevsky, V.S., Efremenko, A.V., (1993), "The comparative analysis of some characteristics of the KARST water regime and resources of the Russian platform and estimation of their perspective changeability under the effect of human-induced transformations of the climate", International Symposium on Water Resources in Karst with Special Emphasis in Arid and Semi Arid Zones, 25-26 Oct., 1993, Shiraz, Iran, vol. 1, PP 137-152.

- Lloyd, H. B., Saunders, M.A., (2002), "A drought climatology for Europe", ***International Journal of Climatology,*** 22: 1571–1592.

- McKee, T. B., Doesken, N. J., Kleist, J., (1993), "The relationship of drought frequency and duration to time scales", ***Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology***, 17-22 January 1993, Anaheim, CA, American Meterological Society, Boston, MA,Vol.184: pp 179-18.

- Mishra, A., Singh, V., (2010), "A review of drought concepts", ***Journal of Hydrology,*** 391 (2010): 202–216.

- Mudarra, M., Andreo, B., (2011), "Relative importance of the saturated and the unsaturated zones in the hydrogeological functioning of karst aquifers: The case of Alta Cadena (Southern Spain)", ***Journal of Hydrology,*** 397: 263–280.

www.SID.ir

Archive of SID

- Orehova, T., (2004), "Comparative estimate of resistance to drought for selected karstic aquifers in Bulgaria", ***International Journal of Speleology***, 33 (1/4): 73-79.

- Padilla, A., Pulido, B., A., Mangin, A., (1994), "Relative importance of baseflow and quickflow from hydrographs of karst spring", ***Ground Water***, 32 (2): 267–277.

- Samani, N., (2001), "Stochastic Response of Karst Aquifers to Rainfall and Evaporation, Maharlu Basin", ***Journal of Cave and Karst Studies,*** 63(1): 33-40.

- Waele, J., Plan., L., Audra, P., (2009), "Recent developments in surface and subsurface karst geomorphology: An introduction", ***Geomorphology***, 106: 1–8.

- Wilhite, D. A., Glantz, M. H., (1985), "Understanding the drought phenomenon: The role of definitions", ***Water International,*** 10: 11-112.

www.SID.ir