

بررسی خشکسالی و اثر آن بر منابع آب زیرزمینی دشت سرچاهان

محمود دمی زاده^۱، مسعود گودرزی^۲، سعید چوپانی^۳، حسین حسینی پور^۴

۱عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان
2عضو هیئت علمی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری
3عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان
4عضو هیئت علمی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی هرمزگان

Damizadeh@yahoo.com

Goodarzi@scwmri.ac.ir

S_choopani@yahoo.com

Hossainipour@yahoo.com

چکیده

خشکسالی یکی از پدیده‌های طبیعی می‌باشد که در هر منطقه و با هر شرایط آب و هوایی ممکن است اتفاق بیفتد. در سالهای اخیر بسیاری از مناطق کشورمان خشکسالی‌های شدید و بی‌سابقه‌ای را تجربه نموده‌اند که باعث تأثیرات منفی زیادی بر منابع آب زیرزمینی دشت‌های کشاورزی آنها گردیده است.

هدف از این تحقیق بررسی شدت خشکسالی و اثرات آن بر منابع آب زیرزمینی دشت سرچاهان در استان هرمزگان با استفاده از شاخص بارش استاندارد (SPI) می‌باشد. برای انجام این تحقیق از داده‌های بارش ایستگاه سرچاهان در طول یک دوره آماری ۲۵ ساله استفاده شده است.

نتایج بیانگر همخوانی و تبعیت تغییرات آب زیر زمینی از رخداد خشکسالی در منطقه مورد مطالعه می‌باشد. همچنین بیشترین خشکسالی در سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ مشاهده میشود که پایین رفتن سطح آب‌های زیرزمینی منطقه را بدنبال داشته است. تداوم خشکسالی در منطقه بعد از سال ۱۳۸۰ همچنان ادامه داشته که این امر باعث گردیده است سطح آب زیرزمینی روند کاهشی را در تمام سالهای پس از آن را نشان دهد.

همچنین بمنظور بررسی تأثیر خشکسالی هواشناسی بر منابع آب زیر زمینی منطقه بین تغییرات آب زیر زمینی و شاخص SPI رابطه همبستگی بر قرار گردید. نتایج بررسی‌های انجام شده بیانگر این موضوع می‌باشد که شاخص بارش استاندارد شده در مقیاس ۴۸ ماهه بهترین همبستگی را با تغییرات سطح آب در بسیاری از چاه‌های پیزومتر منطقه را دارد.

کلمات کلیدی: خشکسالی، هرمزگان، سرچاهان، آب زیرزمینی، SPI

خشکسالی بعنوان یکی از بلاهای طبیعی و از مخاطرات اقلیمی بوده که تأثیرات آن بسیار زیاد و زمان دار می بوده و هر ساله خسارت های زیادی را در منطق وقوع آن و همچنین محیط پیرامون خود بجا میگذارد. گرچه تعاریف متفاوتی برای این پدیده ارائه شده لیکن در کل حاصل کمبود بارش در طی یک دوره ممتد زمانی معمولاً یک فصل یا بیشتر می باشد. این کمبود منجر به نقصان آب برای برخی فعالیت ها، گروهها و یا یک بخش زیست محیطی می شود. خشکسالی بایستی در رابطه با برخی شرایط متوسط درازمدت از موازنه مابین بارش و تبخیر و تعرق در نظر گرفته شود، معمولاً در هر منطقه ای یک شرایط خاص بعنوان " نرمال " تعریف می شود.

بر اساس مطالعات انجام شده خشکسالی ها در در ۴ طبقه شامل خشکسالی هواشناسی، خشکسالی کشاورزی، خشکسالی هیدرولوژیکی و اقتصادی-اجتماعی تقسیم کرده اند.

خشکسالی هیدرولوژیکی با تأثیرات دوره هایی از نقصان ریزشهای جوی بر منابع تأمین آب های زیرزمینی یا سطحی همراه است. کاهش جریانات رودخانه ها، دریاچه ها، سفره های آب زیر زمینی از جمله مهمترین نشانه های آن می باشد. گرچه اقلیم عامل اولیه ای در بروز آن است ولی سایر عوامل نظیر تغییرات کاربری اراضی مانند جنگل زدایی، تخریب اراضی و ساخت سدها همگی بر خصوصیات هیدرولوژیکی حوضه اثر می گذارند. چون مناطق مختلف بوسیله سیستم های هیدرولوژیکی به هم مرتبطند، تأثیر خشکسالی هیدرولوژیکی به مرزهای فراتر از منطقه بارش گسترش می یابد. بدلیل وقوع خشکسالی های هیدرولوژیکی سالهای اخیر، افت و کاهش سطح آبهای زیر زمینی و بهم خوردن تعادل منابع آب زیر زمینی اکثر دشت های کشور را می توان مشاهده نمود.

تا کنون شاخص های گوناگونی توسط دانشمندان مختلف جهت پایش خشکسالی معرفی و مورد استفاده قرار گرفته است که از میان آنها شاخص بارش استاندارد SPI بدلیل سهولت استفاده، سادگی محاسبات، استفاده از داده های قابل دسترس بارندگی، قابلیت محاسبه برای دوره های متفاوت زمانی و همچنین مقیاس های مکانی مختلف، به عنوان شاخص مناسب به منظور تحلیل خشکسالی از مقبولیت جهانی برخوردار شده است.

کالو و همکاران (1999)، اصطلاح خشکسالی آبهای زیرزمینی برای توصیف وضعیت مکانی است که سطح منابع آب زیرزمینی به عنوان پیامد مستقیم خشکسالی، افت پیدا می کند.

تیت و گاوستارت³ (2000) در انگلستان بخش کوچکی از مباحث خود را به خشکسالی آبهای زیرزمینی اختصاص داده و به بررسی تأثیرات خشکسالی بر روی سطوح آبهای زیرزمینی پرداختند.

دایپگنی (۲۰۰۱) به بررسی اثرات خشکسالی 1998-1999 ایالت درمونت آمریکا پرداختند و نشان دادند که SPI در مقایسه با PDSI در مقیاس ۱ ماهه، شرایط خشک و شدت آن را بهتر نشان می دهد.

ایسلام و سیک کا^۴ (۲۰۱۰)، اثر تغییر اقلیم و خشکسالی را بر منابع آب در هند بررسی کردند. طبق این پژوهش، اقلیم در این منطقه در حال گرم شدن است و این تغییر همراه با خشکسالی بیشترین تأثیر را بر منابع آب گذارده است.

مک جانسون^۵ (۲۰۱۱) تحقیقی در تایلند انجام داد، که در این تحقیق، به پهنه بندی دشت وارمه از نظر خشکسالی پرداخت. نتایج نشان داد که خشکسالی در این دشت در سالهای ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۰ روند صعودی را طی کرده است. وقوع خشکسالی در منطقه از لحاظ تداوم، شدت و وسعت از روند مشخصی برخوردار نبوده توزیع زمانی و مکانی یکنواخت نیست.

صفدری و همکاران (۱۳۸۲) جهت محاسبه فراوانی های نسبی خشکسالی های حوضه کارون و تهیه نقشه های فراوانی آنها از شاخص بارش استاندارد SPI بعنوان شاخص منتخب کمک گرفتند. این بررسی نشان داد که بخشهای شمالی و جنوبی و شرقی حوضه دارای فراوانی خشکسالی بیشتر نسبت به بقیه نقاط است.

نصراصفهانی و همکاران (۱۳۸۳) در پایش خشکسالی در استان هرمزگان با استفاده از شاخص SPI و شاخص دهکها تحقیقی انجام دادند. در این تحقیق با استفاده از شاخص SPI و دهکها پدیده خشکسالی مورد بحث و بررسی قرار گرفت. نتیجه بدست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که در بندر عباس، میناب و تا حدودی حاجی آباد خشکسالی در آینده بطور بطئی در حال برطرف شدن و در بندر لنگه و جاسک روند خشکسالی ادامه خواهد داشت.

اسلامیان و همکاران (۱۳۸۸) تحقیقی تحت عنوان بررسی دورههای ترسالی و خشکسالی و اثرات آن بر تغییرات منابع آب حوضه آبخیز دشت بوئین انجام دادند. نتایج نشان داد که بین وقوع ریزشهای جوی و تغییرات سطح آبهای زیرزمینی منطقه ارتباط معنی داری وجود دارد و این موضوع در مورد اکثر ایستگاههای مورد مطالعه بدین صورت است که اثر ریزشهای جوی بر سطح آب سفره های زیرزمینی با تأخیر ۳ ماهه صورت میگیرد. ضمن این که روند کلی تغییرات سطح آبهای زیرزمینی منطقه حالت نزولی دارد.

خوش اخلاق و همکاران (۱۳۸۹) در بررسی خشکسالی در سال آبی ۸۷-۸۶ و اثرات آن بر منابع آب و کشاورزی مرودشت به این نتیجه رسیدند که خشکسالی در سال ۸۷-۸۶ از شدت بالایی برخوردار بوده و اثرات منفی شدیدی بر منابع آب و کشاورزی مرودشت داشته و تغییرات سطح آبهای زیرزمینی و ورودی سد درودزن دارای یک تاخیر زمانی نسبت به تغییرات شاخص SPI می باشد که به دلیل عدم تامین نیاز آبی محصولات کشاورزی در دوره رشد، میزان برداشت این محصولات در واحد سطح کاهش زیادی نسبت به دوره های قبل داشته است.

فاتحی مرج و حیدریان (1392)، در پژوهشی نسبت به بررسی وضعیت خشکسالی در استان خوزستان پرداختند. آنها از شاخص بارش استاندارد برای خشکسالی هواشناسی و از شاخص استاندارد شده جریان برای خشکسالی هیدرولوژیکی با دوره آماری مشترک 42 سال و از شاخص پوشش گیاهی برای خشکسالی کشاورزی با 22 سال تصاویر ماهواره‌های موجود استفاده نمودند. نتایج این پژوهش نشان داد، که براساس شاخص بارش استاندارد، فقط هشت سال، خشکسالی کل استان را فرا گرفته است، که شدیدترین خشکسالی در سال های 87-1386 بوده است و همچنین یک دوره خشکسالی هیدرولوژیکی در سالهای 80-1378 اتفاق افتاده است که میتواند ناشی از خشکسالی سال 1378 باشد.

شکیبا و همکاران (۱۳۸۹) مطالعه ای تحت عنوان خشکسالی و تأثیر آن بر منابع آب زیرزمینی در شرق استان کرمانشاه با استفاده از شاخص SPI انجام دادند. نتایج این بررسی نشان داد که تمام ایستگاه ها در منطقه مورد مطالعه با خشکسالی مواجه بودند.

از این مطالعات می توان چنین استنباط کرد که خشکسالی یکی از پدیده های جوی است که بخش های مختلف محیطی را در طول دوره حاکمیت تحت تاثیر قرار میدهد یکی از بخش های متاثر شده از شرایط بلند مدت خشکسالی منابع آب های زیرزمینی است که متأسفانه کمتر از سایر بخش ها مورد توجه قرار گرفته است.

در مطالعه حاضر اسیب پذیری منابع اب زیر زمینی دشت سرچاهان در ۱۲۰ کیلومتری شمال بندرعباس نسبت به خشکسالی های منطقه مورد بررسی قرار گرفت به همین جهت یک دوره ۲۵ ساله آماری جهت تغییرات خشکسالی ایستگاه هواشناسی سرچاهان و با استفاده از شاخص SPI بررسی و ارتباط آن با تغییرات سطح اب های زیر زمینی دشت فوق مورد مطالعه قرار گرفت.

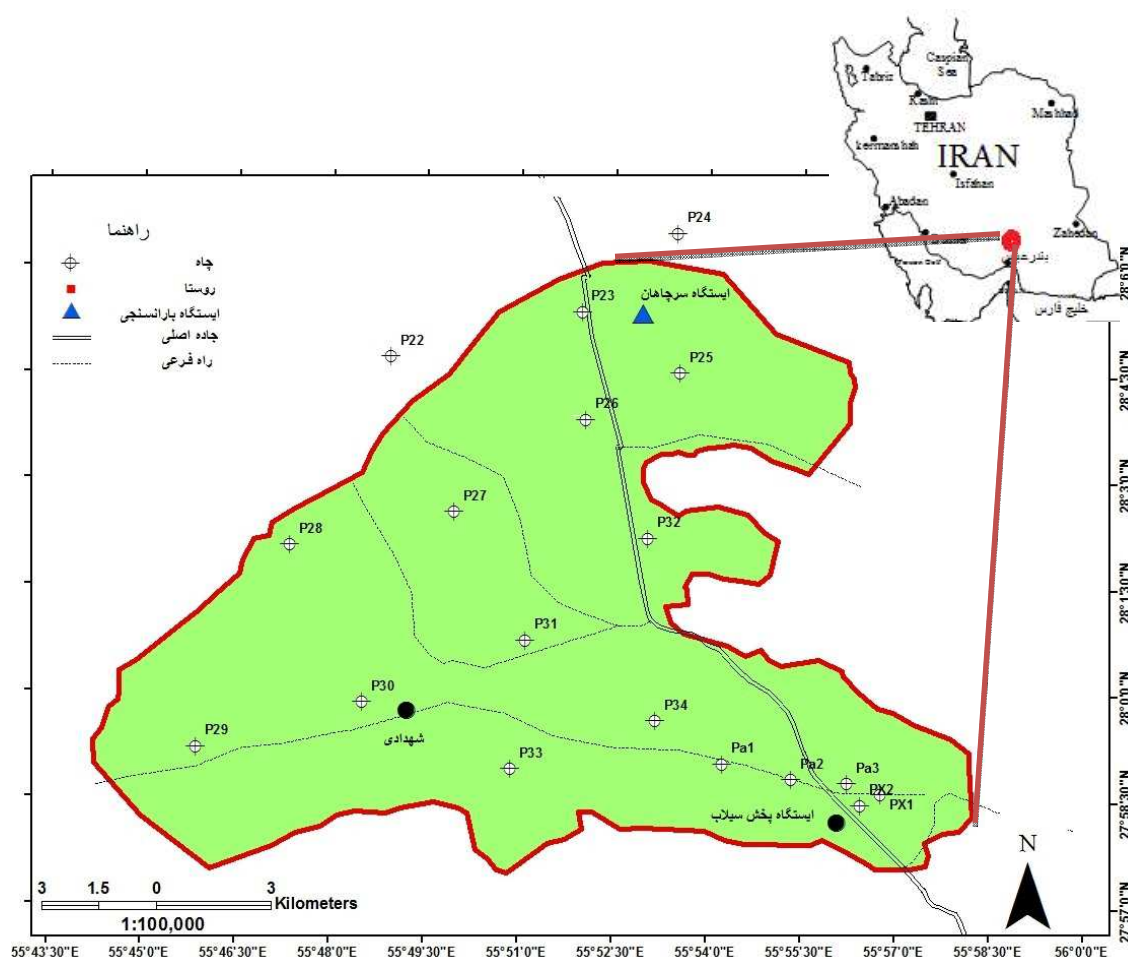
۲- مواد و روش ها

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

دشت سرچاهان در ۱۲۰ کیلومتری شمال بندرعباس و ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان حاجی آباد بر روی مخروط افکنه سرچاهان (تنگ زاغ) در مختصات جغرافیایی $32^{\circ}18'55''$ تا $33^{\circ}23'42''$ طول شرقی و $27^{\circ}57'$ تا $28^{\circ}21'28''$ عرض شمالی قرار دارد.

ارتفاع متوسط دشت سرچاهان ۸۰۰ متر از سطح دریا بوده و وسعت آن ۱۷۳۵ کیلومتر مربع می باشد. رودخانه اصلی آن به نام پیرعابدین بوده که از سرشاخه های رودخانه کل می باشد که در بخش غربی روانابهای خود را به رودخانه شور حاجی آباد و سپس به رودخانه کل تخلیه می نماید میزان بارندگی سالانه به طور متوسط $204/3$ میلیمتر می باشد، آب و هوای منطقه اصولاً گرم و نیمه خشک می باشد.

بطور کلی در حال حاضر حدود ۱۴۰ حلقه چاه فعال و ۴۰ حلقه چاه پیرومتر و همچنین ۲ رشته قنات در منطقه وجود دارد و عمق سطح آب زیرزمینی نیز بین ۵ تا ۱۲۰ متر متغییر می باشد



شکل شماره ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه و موقعیت چاه های پیرومتری

۲-۲- شاخص بارش استاندارد (SPI) (Standard Precipitation Index)

شاخص بارش استاندارد شده (SPI) نمایه ای است که در سال ۱۹۹۳ توسط مک کی جهت طبقه بندی خشکسالی در آمریکا توسعه داده شد (McKee et al., 1993). این شاخص تاکنون در مناطق مختلف جهان مورد استفاده قرار گرفته بطوریکه بعنوان یکی از شاخص های ساده بررسی تغییرات خشکسالی مورد پذیرش جهانی قرار گرفته است. مقدار این شاخص از فرمول زیر قابل محاسبه می باشد.

$$SPI = \frac{P_i - \bar{P}}{SD}$$

P_i : مقادیر بارندگی در مقیاس زمانی مورد نظر
 \bar{P} : میانگین بارندگی در مقیاس زمانی مورد نظر
 SD : انحراف معیار در مقیاس زمانی مورد نظر

یکی دیگر از ویژگی شاخص SPI امکان تعیین آستانه خشکسالی در هر دوره زمانی می باشد. بطوریکه بر اساس شاخص مذکور می توان علاوه بر محاسبه شدت خشکسالی، مدت آن را نیز می توانیم تعیین نماییم. شاخص بارش استاندارد شده بر اساس احتمال بارش برای هر بازه ی زمانی بوده و می توان برای مقیاس های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه محاسبه نمود که در زمینه هشدار اولیه و پایش شدت خشکسالی اهمیت زیادی دارد.

جدول ۱- طبقات شاخص خشکسالی SPI

مقادیر SPI	طبقه خشکسالی
>۲	کاملا مرطوب
۱/۵ تا ۱/۹۹	خیلی مرطوب
۱ تا ۱/۴۹	نسبتا مرطوب
۰ تا ۰/۹۹	مرطوب ملایم
۰ تا -۰/۹۹	خشکسالی ملایم
-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
-۱/۹۹ تا -۱/۵	خشکسالی شدید
<-۲	خشکسالی بسیار شدید

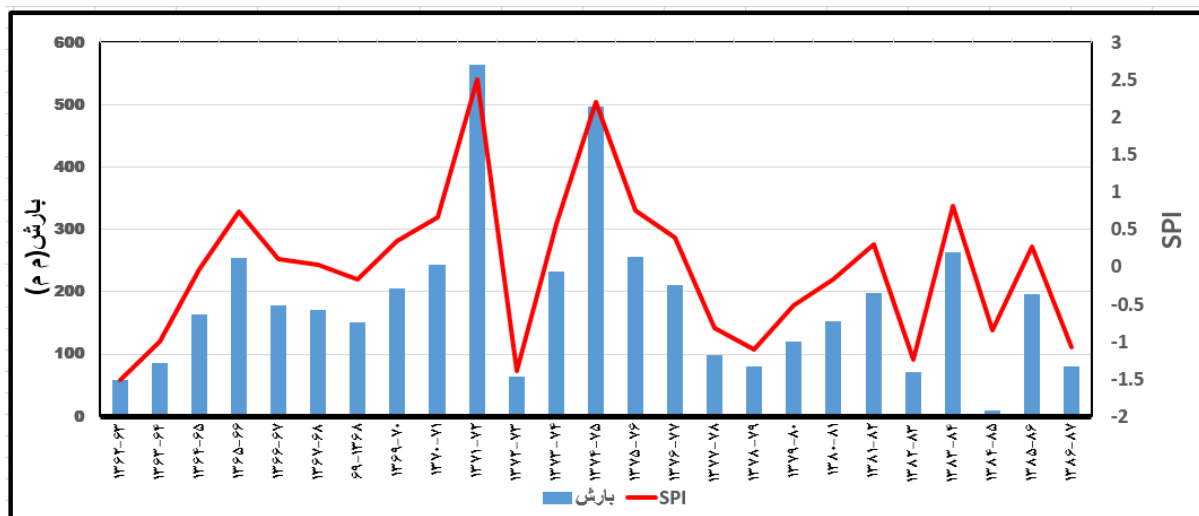
در مطالعه حاضر از شاخص SPI جهت پایش خشکسالی در دشت سرچاهان استفاده گردیده است. برای این منظور از یک دوره آماری ۲۵ ساله (۱۳۷۷-۱۳۶۲) استفاده گردید. پس از آزمون همگنی بر روی داده های بارش، با استفاده از روش تفاضل و نسبت ها به اصلاح و بازسازی داده ها اقدام گردید. در مرحله بعد پس از محاسبه شاخص خشکسالی جهت بررسی تاثیر خشکسالی بر روی منابع آب زیر زمینی منطقه، میزان همبستگی بین شاخص های محاسبه شده با تغییرات سطح آب تعداد ۴۰ حلقه چاه پیژومتر منطقه بررسی گردید.

۲- نتایج

در این تحقیق مقدار شاخص SPI و مقیاس های زمانی ۳، ۶، ۹، ۱۲، ۱۸، ۲۴ و ۴۸ ماهه ایستگاه سرچاهان با استفاده از نرم افزار DIP نسخه ۲ طی یک دوره ۲۵ ساله (۱۳۶۲-۱۳۷۸) محاسبه و طبقه بندی گردید و بر اساس آن طولانی ترین دوره خشکسالی، تعداد ماه های مواجهه با خشکسالی نیز بدست آمد. (جدول ۲ و شکل ۲)

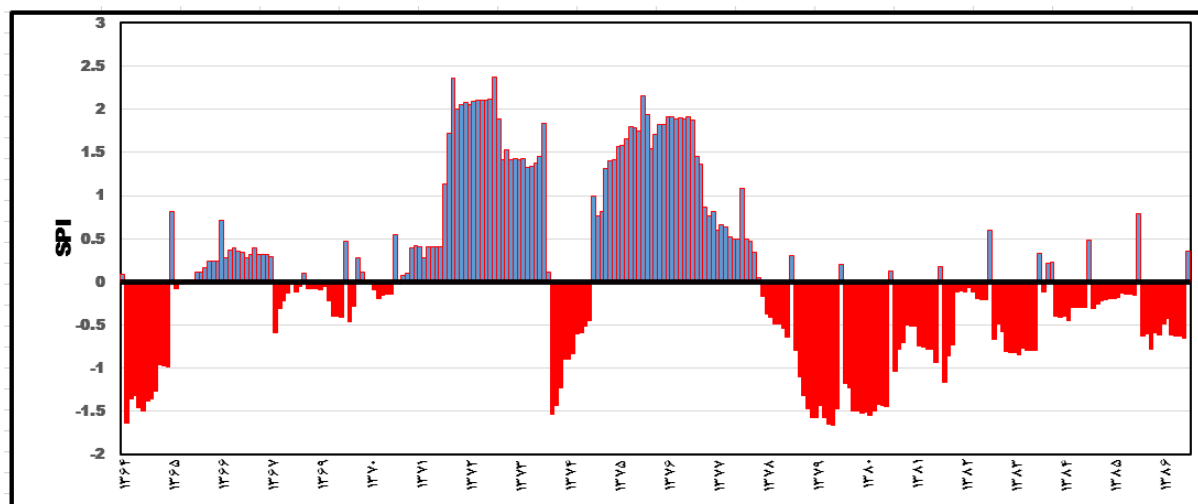
جدول شماره ۲- تغییرات بارش و شاخص SPI در ایستگاه هواشناسی سرچاهان

سال	بارش سالانه (م م)	مقدار SPI	وضعیت
۱۳۶۲-۶۳	۵۸	-۱,۵۱	خشکسالی شدید
۱۳۶۳-۶۴	۸۶	-۱	خشکسالی متوسط
۱۳۶۴-۶۵	۱۶۴,۵	-۰,۰۳	خشکسالی ملایم
۱۳۶۵-۶۶	۲۵۴	۰,۷۴	مرطوب ملایم
۱۳۶۶-۶۷	۱۷۹	۰,۱۱	نسبتا مرطوب
۱۳۶۷-۶۸	۱۷۱	۰,۰۳	مرطوب ملایم
۱۳۶۸-۶۹	۱۵۱	-۰,۱۷	خشکسالی ملایم
۱۳۶۹-۷۰	۲۰۵	۰,۳۴	مرطوب ملایم
۱۳۷۰-۷۱	۲۴۳	۰,۶۶	مرطوب ملایم
۱۳۷۱-۷۲	۵۶۴	۲,۵۱	کاملا مرطوب
۱۳۷۲-۷۳	۶۴	-۱,۳۹	خشکسالی متوسط
۱۳۷۳-۷۴	۲۳۳	۰,۵۸	مرطوب ملایم
۱۳۷۴-۷۵	۴۹۷	۲,۲	کاملا مرطوب
۱۳۷۵-۷۶	۲۵۶,۵	۰,۷۶	مرطوب ملایم
۱۳۷۶-۷۷	۲۱۰,۵	۰,۳۹	مرطوب ملایم
۱۳۷۷-۷۸	۹۹	-۰,۸۱	خشکسالی ملایم
۱۳۷۸-۷۹	۸۰	-۱,۱	خشکسالی متوسط
۱۳۷۹-۸۰	۱۲۱	-۰,۵۲	خشکسالی ملایم
۱۳۸۰-۸۱	۱۵۲	-۰,۱۶	خشکسالی ملایم
۱۳۸۱-۸۲	۱۹۹	۰,۳	مرطوب ملایم
۱۳۸۲-۸۳	۷۲	-۱,۲۴	خشکسالی متوسط
۱۳۸۳-۸۴	۲۶۴	۰,۸۱	مرطوب ملایم
۱۳۸۴-۸۵	۹	-۰,۸۵	خشکسالی ملایم
۱۳۸۵-۸۶	۱۹۶	۰,۲۷	مرطوب ملایم
۱۳۸۶-۸۷	۸۱	-۱,۰۸	خشکسالی متوسط



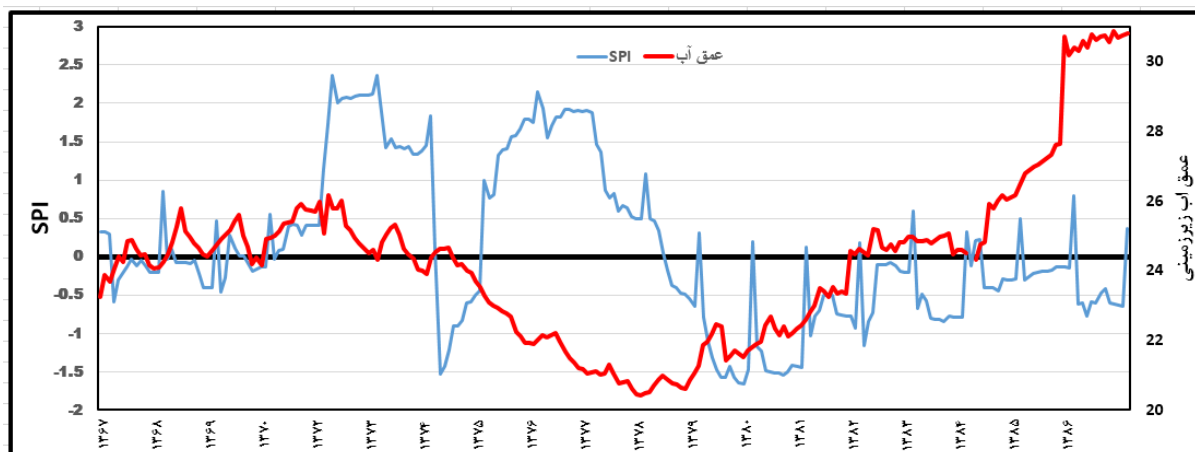
شکل شماره ۲ - مقایسه تغییرات بارش و شاخص SPI در ایستگاه هواشناسی سرچاهان

تغییرات شاخص خشکسالی در مقیاس ماهانه و در طول دوره آماری ۱۳۶۲-۱۳۸۷ منطقه مورد مطالعه در شکل شماره ۳ نشان داده شده است. همچنانکه مشاهده میگردد وقوع خشکسالی را در سالهای بعد از ۱۳۸۰ به وضوح میتوان در منطقه مشاهده نمود بطوریکه تداوم آن در بین سالهای ۱۳۸۰ تا ۱۳۸۷ بیانگر حاکم شدن یک دوره خشکسالی در منطقه بوده که تأثیرات مخربی در منطقه به همراه آورده است. این موضوع با توجه به قرارگیری دشت مورد مطالعه در منطقه خشک کشور و بالا بودن دما و تبخیر و تعرق در منطقه میتواند بشدت بر روی آب های زیر زمینی منطقه تأثیر منفی بجا گذارد.



شکل شماره ۳- تغییرات SPI در ایستگاه هواشناسی سرچاهان در مقیاس ۲۴ ماهه

شکل شماره ۴ نمودار تغییرات خشکسالی و اب زیر زمینی را در چاه شماره ۳۲ نشان می دهد که بیانگر همخوانی و تبعیت تغییرات اب زیر زمینی از رخداد خشکسالی در منطقه مورد مطالعه می باشد. همچنانکه مشاهده میشود بیشترین خشکسالی در سالهای ۱۳۸۰ و ۱۳۸۱ مشاهده میشود که پایین رفتن سطح اب های زیرزمینی را بدنبال داشته است. همچنین روند وقوع خشکسالی بعد از سال ۱۳۸۰ باعث گردیده است سطح آب زیرزمینی چاه فوق بشکل معنی داری نسبت به وقوع خشکسالی واکنش نشان دهد و روند منظمی از کاهش سطح تراز اب زیر زمینی را به نمایش بگذارد تا جاییکه افت حدود ۱۰ متری را میتوان در طول دوره آماری مشاهده نمود.



شکل شماره ۴- رابطه SPI در مقیاس ۲۴ ماهه با میانگین ارتفاع سطح آب زیر زمینی در چاه شماره ۳۲

همچنین بمنظور بررسی تاثیر خشکسالی هواشناسی بر منابع آب زیر زمینی منطقه بین تغییرات آب زیر زمینی و شاخص SPI رابطه همبستگی بر قرار گردید. نتایج بررسی های انجام شده بیانگر این موضوع می باشد که شاخص بارش استاندارد شده در مقیاس ۴۸ ماهه بهترین همبستگی را با تغییرات سطح آب در بسیاری از چاه های پیژومتر منطقه نظیر چاه های شماره ۲۵، ۲۴، ۳۳ و ۳۲ دارد. هر چند در تعداد زیادی از چاه های منطقه رابطه بسیار ضعیفی در این زمینه وجود داشت. (جدول شماره ۳)

جدول شماره ۳- ضرایب همبستگی بین شاخص SPI ماهانه و تراز سطح آب زیرزمینی در تعدادی از چاه های منطقه

شماره چاه	SPI 3	SPI 6	SPI 9	SPI 12	SPI 18	SPI 24	SPI 48
P۳۲	-۰.۳۲	-۰.۳۷	-۰.۳۹	-۰.۴۰	-۰.۴۲	-۰.۵۵	-۰.۸۹
P۲۴	-۰.۱۱	-۰.۱۰	-۰.۱۲	-۰.۱۶	-۰.۲۴	-۰.۳۷	-۰.۶۷
P۳۳	-۰.۰۱	۰.۲۹	۰.۱۵	-۰.۰۳	-۰.۰۸	-۰.۱۴	-۰.۴۴
P۲۵	-۰.۰۸	-۰.۱۰	-۰.۱۷	-۰.۲۱	-۰.۲۴	-۰.۳۰	-۰.۵۰
دشت	۰.۱۲	۰.۱۵	۰.۱۹	۰.۲۵	۰.۳۴	۰.۴۲	۰.۶۷

در مجموع یافته های این بررسی توانایی کاربرد شاخص بارش استاندارد (SPI) را در برآورد خشکسالی نشان می دهد. هر چند در برآورد میزان همبستگی بین تغییرات شاخص SPI و تغییرات سطح آبهای زیر زمینی تعداد زیادی از چاه ها، ارقام

ضریب همبستگی رقم های پایینی را نشان می دهند که بیانگر عوامل دیگری می باشند که در این زمینه دارای تاثیرات جدی می باشند که یکی از مهمترین آنها افزایش برداشت از منابع آب زیر زمینی منطبق می باشد.

۴- منابع

۱. رجیبی، منصور، حمید رضا مرادی و منوچهر فرج زاده، ۱۳۸۴ بررسی ارتباط بین شدت، مدت و فراوانی خشکسالیهای هواشناسی در استان فارس. کنفرانس بین المللی مخاطرات زمین بلایای طبیعی و راهکار های مقابله با آنها. دانشگاه تبریز.
۲. رضیئی، ط، شکوهی، ع، ثقفیان، ب، دانش کارآراسته، پ، ۱۳۸۲. پایش پدیده خشکسالی در ایران مرکزی با استفاده از شاخص SPI، سومین کنفرانس منطقه ای تغییر اقلیم. اصفهان.
۳. صفدری، علی اکبر، محسنی ساروی، محسن، ثقفیان، بهرام، ۱۳۸۲. پهنه بندی خشکسالی های شدید حوزه کارون به کمک شاخص SPI در محیط GIS مجله خشکی و خشکسالی کشاورزی شماره ۷.
۴. محمدی، حسینمراد و علی اکبر شمسی پور ۱۳۸۲، تأثیر خشکسالی های اخیر در افت منابع آب زیرزمینی دشتهای شمال همدان، پژوهشهای جغرافیایی، شماره ۴۵، ص ۱۱۵
۵. مساعدی، ابوالفضل، خلیلی زاده، مجتبی، استادکلاویه، امین محمدی، ۱۳۸۷، پایش خشکسالی هواشناسی در سطح استان گلستان، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۵، شماره ۲.
۶. نوحی، کیوان، عسگری، احمد، ۱۳۸۴. مطالعه خشکسالی و دوره های برگشت ترسالیها و خشکسالیها در منطقه قم. مجله خشکی و خشکسالی کشاورزی شماره ۱۵.
7. Khan, S., Gabriel, H.F., Rana, T., 2008, Standard precipitation index to track- drought and assess impact of rainfall on watertables in irrigation areas, Irrig Drainage Syst, 159–177, online at: Springer Science + Business Media B.V.
8. Mendicino, G., Alfonso, S., Pasquale, V., 2008, A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a mediterranean climate, Journal of Hydrology , 282-302
9. Sterzepek, K., Yohe, G and J., Neumann. 2010. Characterizing changes in drought risk for the United State from climate change. Invironmental Research Letters.
10. Mac Johnson (2011), plain zoning Varmh of drought (case study of Thailand), 3512 issue of Environmental Science
11. Mendicino, G., Alfonso, S., Pasquale, V., 2008, A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a mediterranean climate, Journal of Hydrology , 282-302
12. Vidal, J.PH and S., Wade. 2009. A multimodel assessment of future climatological drought in the United Kingdom. International Journal of Climatology, 29: 2056-2071.