

علوم و تکنولوژی محیط زیست، دوره بیست و دوم، شماره پنج، مرداد ماه ۹۹

## بررسی رابطه تغییرات آب زیرزمینی و شاخص خشکسالی

(مطالعه موردی: حوزه آبخیز شریف آباد در استان قم)

الهام فروتن<sup>\*۱</sup>

[e.forotan@pnu.ac.ir](mailto:e.forotan@pnu.ac.ir)

فاطمه گلپایگانی<sup>۲</sup>

تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۵

تاریخ دریافت: ۹۶/۵/۶

### چکیده

**زمینه و هدف:** پدیده تغییر اقلیم با تغییر در میزان بارش، بر میزان آب موجود در آبخوانها تأثیر می‌گذارد. در این تحقیق هدف آن است که ابتدا میزان متوسط آب زیرزمینی با استفاده از مناسب‌ترین روش زمین آمار برآورد گردد و سپس رابطه شاخص آب زیرزمینی با یکی از شاخص‌های خشکسالی در مقیاس ماهانه و سالانه مورد بررسی قرار گیرد که اهمیت بارش در تغذیه آب زیرزمینی مشخص شود. **روش بررسی:** حوزه آبخیز مورد مطالعه، حوزه آبخیز شریف آباد واقع در استان قم با وسعت آبخوان ۲۷۰۳۵/۲ هکتار می‌باشد. در این منطقه ۱۶ چاه مشاهداتی دارای آمار می‌باشند که در این مطالعه، سطح ایستابی چاه‌های مشاهداتی منطقه در طی بازه زمانی ۱۳۸۴-۱۳۹۴ با استفاده از مدل‌های واریوگرامی مورد بررسی قرار گرفت و متوسط سطح ایستابی در هر سال با استفاده از بهترین مدل تعیین گردید. سپس شاخص SWI در حوزه آبخیز محاسبه شد. همچنین در این تحقیق از شاخص SPI که یکی از شاخص‌های خشکسالی است استفاده شده و با استفاده از ضریب پیرسون، همبستگی این شاخص‌ها در مقیاس ماهانه و سالانه بررسی شد. **یافته‌ها:** نتایج نشان داد که در میان مدل‌های واریوگرامی که برای درون‌یابی داده‌های ماهانه سطح ایستابی اعمال شد، مناسب‌ترین مدل کریجینگ است. همچنین ضریب همبستگی پیرسون بین دو شاخص SWI و SPI در مقیاس ماهانه و در سطح اعتماد ۹۹٪ در چاه‌های مورد بررسی معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین این ضریب همبستگی در مقیاس سالانه نیز معنی‌دار نیست. **نتیجه‌گیری:** در این تحقیق معنی‌دار نبودن همبستگی بین شاخص خشکسالی SPI و شاخص آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در مقیاس ماهانه و سالانه بیانگر آن است که اگر بیلان آبی در این گونه مناطق در نظر گرفته شود، بارش سهم ناچیزی در تغذیه آب زیرزمینی دارد. لذا می‌توان نتیجه‌گیری نمود بخش اعظم بارش منطقه به علت تبخیر و تعرق زیاد از دسترس خارج می‌شود و قادر به تغذیه آبخوان نمی‌باشد.

**واژه‌های کلیدی:** شاخص SWI، شاخص SPI، کریجینگ، آب زیرزمینی، شریف آباد.

۱- استادیار، گروه کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه پیام نور، قم. \* (مسئول مکاتبات)

۲- فارغ التحصیل کارشناس ارشد آبخیزداری دانشگاه تهران.

# The Investigation of the relationship between groundwater level variation and drought index (Case study: Sharifabad Watershed in Qom Province)

Elham Forootan <sup>1\*</sup>

[e.forotan@pnu.ac.ir](mailto:e.forotan@pnu.ac.ir)

Fatemeh Golpayegani <sup>2</sup>

Admission Date: February 14, 2018

Date Received: July 28, 2017

## Abstract

**Background and objective:** The climate change phenomenon affects water storage in aquifers through changes in rainfall volume. In this study, the aim is to estimate the average groundwater level using the most appropriate geostatistical method and then investigate the relationship between groundwater index and one of the drought indices on monthly and annual scale in order to specify the importance of rainfall in groundwater recharge.

**Method:** The watershed of this study was Sharifabad watershed located in Qom province with an aquifer area of 27035/2 hectares. There are 16 observation wells in this area. In this study, during the period of 1384-1384, the water level of observation wells in the area was investigated using variogram models. The average water level was determined using the best model per year, then the SWI index at the watershed was calculated. The SPI index, one of the drought indicators, was also used to investigate precipitation variation and then, using Pearson coefficient, the correlation of these indices was investigated on monthly and annual scale.

**Findings:** The results showed that among the variogram models that were used to interpolate the monthly water level data, Kriging model is the most appropriate. Also, Pearson correlation coefficient between SWI and SPI indicators is not significant on monthly basis at confidence level of 99% in both observations of Mozafarabad and Alborz. Moreover; this correlation coefficient on the annual scale is not meaningful either.

**Discussion and Conclusion:** In this study, the insignificance relationship between SPI and groundwater index in the study area indicates that precipitation has a small proportion in groundwater recharge in the water balance of these areas on monthly and annual scale. Therefore, it can be concluded that the most part of rainfall is out of reach due to excessive evapotranspiration and is not able to recharge the aquifer in the region.

**Keywords:** SWI index, SPI index, Kriging, Groundwater, Sharifabad.

---

1-Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran  
\*(Corresponding Author)

2- M.Sc., Watershed Management, University of Tehran, Tehran, Iran

## مقدمه

خشکسالی هواشناسی و تغییرات سطح ایستابی را بیان کردند(۶). مقیمی و بابایی (۱۳۹۵) رابطه خشکسالی با کیفیت آب های زیرزمینی را با استفاده از شاخص SPI و نمودارهای شولر، پاپیر و ویلکوکس انجام دادند. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که خشکسالی‌های متناوب و مستمر، افت سطح آب زیرزمینی را شدید تر نموده است(۷). وی سنت<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۵ از شاخص SPI در دشت رودخانه آراگون استفاده نموده و با استفاده از آن عکس العمل‌های هیدرولوژیکی را در منطقه مورد نظر بررسی کردند. آنها به این نتیجه رسیدند که شاخص SPI در مقیاس طولانی مدت (۱۲ ماه) برای کمی نمودن خشکسالی مناسب نمی‌باشد که دلیل آن این است که جریان‌های سطحی به این شاخص در مقیاس کوچک پاسخ می‌دهند، در حالی که مخازن آب زیرزمینی در مقیاس زمانی طولانی تر به این شاخص پاسخ می‌دهند(۸). کری<sup>۲</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۷ اثر تغییر اقلیم بر نوسانات آب زیرزمینی را در منطقه‌ای در کشور کانادا مورد بررسی قرار داده و نتیجه گیری کردند که بارش‌های سالانه با تغییرات سطح آب زیرزمینی رابطه معنی‌داری دارد(۹). بویان<sup>۳</sup> و همکاران در سال ۲۰۰۶ در منطقه آراوالی<sup>۴</sup> هندوستان از شاخص بارش استاندارد، سطح آب استاندارد و داده‌های سنجش از دوری استفاده نموده و روند خشکسالی را بررسی نمودند. آن‌ها نتیجه گیری کردند که مقدار منفی SPI همیشه منطبق با خشکسالی نمی‌باشد (۱۰). هولز<sup>۵</sup> در سال ۲۰۰۶ تغییرات سطح آب زیرزمینی و کیفیت آن را در منطقه‌ای در تاسمانی مورد بررسی قرار داده و به این نتیجه رسید که تغییرات تراز آب زیرزمینی با وقوع دوره های خشکسالی و ترسالی رابطه دارد(۱۱). در این تحقیق هدف آن است که ۱- سطح متوسط ایستابی در حوزه آبخیز شریف آباد با استفاده از مناسب ترین مدل درون‌یابی محاسبه شود ۲- شاخص SWI و SPI در مقیاس سالانه و همچنین میزان افت

در بسیاری از مناطق خشک و نیمه خشک جهان، آب های زیرزمینی به عنوان منبع حیاتی برای تأمین آب مطرح هستند و آب مورد نیاز برای مصارف مختلف همچون شرب، کشاورزی، صنعت و محیط زیست را به ویژه در زمان خشکسالی فراهم می‌کنند. (۱) امروزه رخداد تغییر اقلیم و گرمایش جهانی ذهن همه اندیشمندان و پژوهشگران را به خود جلب کرده است. افزایش طول دوره رشد، افزایش دما و ذوب شدن یخ های قطب شمال و بالاتر آمدن تراز آب ها، کاهش بارش و خشکسالی های پیایی و شدید، افزایش رخداد سیلاب، امواج گرمایی و کاهش امواج سرما به‌عنوان نشانه‌هایی از تغییر اقلیم موجب مشکلات اقتصادی و اجتماعی فراوانی در سراسر جهان شده است(۲). پدیده تغییر اقلیم می‌تواند با تغییر در مقدار تبخیر و تعرق و مدت، شدت و زمان بارش‌ها منابع آب زیرزمینی را تحت تأثیر قرار دهد.

در این زمینه تحقیقات متعددی صورت پذیرفته است. دلبری و همکاران(۱۳۹۴) پهنه بندی سطح آب زیرزمینی آبخوان کوهپایه- سگری در استان اصفهان را با استفاده از روش‌های زمین آمار انجام دادند که نتایج حاکی از دقت روش کریجینگ بود(۳). کرمی (۱۳۸۸) ارزیابی تاثیر خشکسالی هواشناسی در افت آب زیرزمینی را با استفاده از روش آمار دو متغیره بررسی نمود. نتایج مطالعه نشان می‌دهد که در دوره آماری(۱۳۸۳-۱۳۷۰) سطح آب زیرزمینی سیر نزولی و ۳/۹۴ متر افت داشته و خشکسالی آب زیرزمینی با دو ماه تأخیر نسبت به خشکسالی هواشناسی بروز می‌کند(۴). زینالی و همکاران (۱۳۹۳) تاثیر خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی بر ویژگیهای کمی و کیفی آب زیرزمینی را در دشت مرند را بررسی کردند. همبستگی به‌دست آمده به روش پیرسون بین خشکسالی هواشناسی و آب زیرزمینی در سطح یک درصد معنی دار بوده و نتایج این تحقیق، تأثیر پذیری منابع آب زیرزمینی را با یک تأخیر پنج ماهه نمایان می‌سازد(۵). ملکی نژاد و سلیمانی مطلق در سال ۲۰۱۱ از شاخص سطح آب استاندارد شده و شاخص SPI استفاده نموده و تأخیر زمانی یک ساله بین وقوع

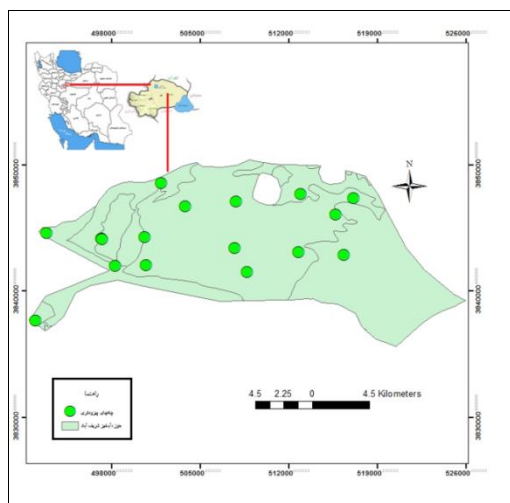
- 1- Vicent
- 2- Keery
- 3- Bhuiyan
- 4- Aravalli
- 5- Holz

حوزه آبخیز شریف آباد واقع در بین محدوده عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۳۴ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۰ دقیقه تا ۵۱ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی در استان قم قرار دارد. این منطقه دارای آبخوان به وسعت ۲۷۰۳۵/۲ هکتار می باشد. در این منطقه ۱۶ چاه مشاهداتی وجود دارد که همگی از سال ۱۳۸۴ تا سال ۱۳۹۴ دارای آمار می باشند. کاربری اراضی منطقه شامل کاربری کشاورزی، مرتع، مسکونی، زمین‌های بایر و کویر می باشد (۱۲).

سطح ایستایی در سال های مورد نظر محاسبه و رابطه آن ها با استفاده از ضریب پیرسون بررسی شود. ۳- شاخص SWI برای دو حلقه چاه مشاهداتی واقع در حوزه آبخیز در مقیاس ماهانه برآورد گشته و رابطه همبستگی آن با شاخص SPI ماهانه با استفاده از ضریب پیرسون مشخص گردد.

### مواد و روش ها

#### معرفی منطقه مورد مطالعه



شکل ۱- موقعیت چاه های مشاهده ای در حوزه آبخیز شریف آباد (منبع: نویسنده مقاله)

Figure 1. The location of observing wells in Sharifabad watershed (Source: Authors)

### روش تحقیق

چنین سیستمی، خطاهای سیستماتیک حذف می‌شوند. در کریجینگ ساده فرض بر این است که علاوه بر مستقل بودن میانگین از مختصات، مقدار آن معلوم باشد. در کریجینگ معمولی، مقدار میانگین، مجهول بوده ولی مستقل از مختصات فرض می‌شود (۱۴). در این تحقیق مدل کریجینگ با مدل‌های واریوگرامی یا پراش نگار دایره‌ای، کروی، نمایی و گوسی اعمال شده و مقادیر ریشه مربعات خطای پیش بینی استاندارد<sup>۱</sup> و میانگین استاندارد<sup>۲</sup> مورد مقایسه قرار گرفت.

همچنین در این تحقیق مقدار شاخص SWI برای بررسی روند تغییرات آب زیرزمینی محاسبه شد. این شاخص در

به منظور برآورد میانگین سطح آب زیرزمینی در سال های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ در سطح حوزه آبخیز شریف آباد ابتدا از روش های زمین آمار شامل روش معکوس فاصله، کریجینگ ساده و کریجینگ معمولی در نرم افزار Arc-GIS استفاده شد. روش معکوس فاصله یکی از روش‌های میان‌یابی قطعی است که در این روش ارزش یک متغیر بر اساس میانگین همسایه‌ها در محدوده‌های معین محاسبه می‌شود. به این ترتیب که معکوس فواصل از نقاط مجهول وزن‌دهی می‌شوند. هر چه فواصل نقطه مجهول از نقاط معلوم کاهش یابد، وزن ارزش آن نقاط افزایش می‌یابد و نقاطی که ارزش آنها معلوم است با استفاده از نقاط اطراف یک شعاع مشخص برآورد می‌شود. کریجینگ یک تخمینگر نارایب است که کمترین واریانس تخمین را به دست می‌دهد (۱۳). نارایب بودن کریجینگ بسیار مهم است زیرا در

1- Root mean square standard error  
2- Mean standard

در این رابطه  $P$ : همبستگی میان شاخص بارش استاندارد و سطح ایستایی،  $X$ : مقدار بارش استاندارد در یک ماه خاص و  $Y$ : سطح ایستایی در همان ماه است. این ضریب از ضرایب مهم برای تعیین همبستگی بین دو متغیر با مقیاس‌های فاصله‌ای و نسبتی است که دارای توزیع نرمال می‌باشند (۱۰).

### نتایج

در میان مدل‌های واریوگرامی یا پراش نگار مختلفی که برای درون یابی داده‌های ماهانه سطح ایستایی اعمال شد، مناسب ترین مدل یعنی مدلی که میانگین استاندارد شده آن نزدیک به صفر و ریشه مربعات خطای پیش بینی استاندارد شده آن نزدیک به یک باشد، در ابعاد پیکسلی ۵۰ متر تعیین شد. مناسب ترین مدل‌ها در سال ۱۳۸۴ مدل کریجینگ معمولی نمایی، در سال‌های ۱۳۸۵ و ۱۳۸۶ مدل کریجینگ ساده دایره ای، در سال ۱۳۸۷ مدل کریجینگ معمولی نمایی، در سال‌های ۱۳۸۸ تا ۱۳۹۳ مدل کریجینگ ساده نمایی و در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ مدل کریجینگ ساده دایره‌ای هستند. (جدول ۲) پس از آن با مشخص شدن مناسب ترین مدل‌ها، پهنه بندی سطح آب زیرزمینی در سال‌های مختلف در حوزه آبخیز شریف آباد صورت پذیرفت که پهنه بندی صورت گرفته برای سال‌های ۱۳۸۷ و ۱۳۹۳ نشان داده شده است (شکل ۲).

سال ۲۰۰۶ توسط بویان و همکاران به صورت زیر ارائه شده است:

$$SWI = \frac{(W_{ij} - W_{im})}{\delta} \quad (1)$$

که در آن:  $W_{ij}$  متوسط ماهانه سطح آب در چاه مورد مطالعه با  $j$  تعداد مشاهده،  $W_{im}$  میانگین دراز مدت ماهانه با  $j$  تعداد مشاهده و  $\delta$  انحراف معیار جامعه آماری است.

سپس با استفاده از بارش ایستگاه قم، شاخص SPI محاسبه گردید. این شاخص توسط مک‌کی<sup>۱</sup> و همکاران در سال ۱۹۹۳ ارائه شد و به صورت زیر می‌باشد (۱۵):

$$SPI = \frac{(x_{ij} - x_{im})}{\delta} \quad (2)$$

که در آن:  $x$  مقدار بارندگی در ایستگاه  $i$  با  $j$  تعداد مشاهده،  $x_{im}$  میانگین مقدار بارندگی دراز مدت و  $\delta$  انحراف معیار جامعه آماری است. جدول ۱ طبقه بندی مقادیر SPI و SWI را نشان می‌دهد.

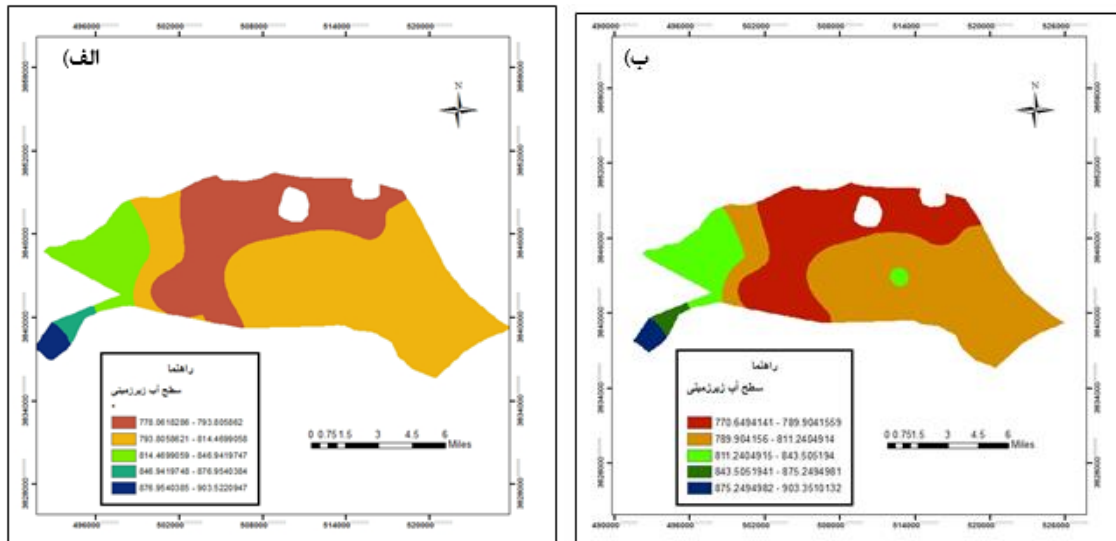
### جدول ۱- طبقه بندی شاخص SPI و SWI (۱۰)

Table 1. The classification of SPI and SWI indices

مقدار SWI	مقدار SPI	طبقه خشکسالی
بیشتر از +۲	کمتر از -۲	خشکسالی بسیار شدید
۱/۵ تا ۱/۹۹	-۱/۵ تا -۱/۹۹	خشکسالی شدید
۱ تا ۱/۴۹	-۱ تا -۱/۴۹	خشکسالی متوسط
۰ تا ۰/۹۹	۰ تا -۰/۹۹	خشکسالی ملایم

برای بررسی اثر خشکسالی بر نوسان سطح آب زیرزمینی از ضریب همبستگی پیرسون که مبتنی بر کوواریانس دو متغیر و انحراف معیار است استفاده شد (۵):

$$p_{xy} = \frac{COV(x,y)}{\delta_x \delta_y} \quad (3)$$



شکل ۲- پهنه بندی سطح آب زیرزمینی در حوزه آبخیز شریف آباد (الف) سال ۱۳۸۷ و (ب) سال ۱۳۹۳

Figure 2. Zoning of water level in Sharifabad watershed a) 1387 b) 1393

جدول ۲- مدل واریوگرامی مناسب برای تعیین سطح ایستابی آب زیرزمینی و مقادیر میانگین به دست آمده با استفاده از آن

Table2. Suitable Variogram model for determining water level and calculated average values using these models

سال آماری	مدل مورد استفاده	میانگین مقدار ارتفاع سطح آب زیرزمینی (متر)
۱۳۸۴	کریجینگ معمولی نمایی (Exponential)	۸۰۱/۷۳
۱۳۸۵	کریجینگ ساده، دایره ای (Circular)	۸۰۳/۴۰
۱۳۸۶	کریجینگ ساده، دایره ای (Circular)	۸۰۲/۳۵
۱۳۸۷	کریجینگ معمولی نمایی (Exponential)	۸۰۱/۴۹
۱۳۸۸	کریجینگ ساده نمایی (Exponential)	۸۰۱/۶۶
۱۳۸۹	کریجینگ ساده نمایی (Exponential)	۷۹۹/۹۰
۱۳۹۰	کریجینگ ساده نمایی (Exponential)	۷۹۸/۹۴
۱۳۹۱	کریجینگ ساده نمایی (Exponential)	۷۹۸/۸۳
۱۳۹۲	کریجینگ ساده نمایی (Exponential)	۷۹۸/۹۸
۱۳۹۳	کریجینگ ساده، دایره ای (Circular)	۷۹۷/۸۴
۱۳۹۴	کریجینگ ساده، دایره ای (Circular)	۷۹۶/۵۵

۰/۷۴- طبق جدول ۱ بیانگر وضعیت خشکسالی ملایم می باشد و ۶۴٪ ماه های مورد بررسی در این وضعیت قرار دارند. همچنین حداکثر مقدار SWI در چاه مشاهداتی مظفرآباد ۲/۷۱ می باشد. بر طبق مقادیر SWI این چاه مشاهداتی و

در این تحقیق مقادیر SWI در مقیاس ماهانه برای دو چاه مشاهداتی البرز و مظفرآباد (شکل ۳) و مقادیر SPI در مقیاس ماهانه (شکل ۴) مورد محاسبه قرار گرفت. حداقل مقادیر SPI در طی ماه های بررسی شده ۰/۷۴- می باشد که مقادیر صفر تا

در وضعیت خشکسالی ملایم قرار دارد. مقادیر SWI سالانه نیز نشان می‌دهد که در یک سال وضعیت آب زیرزمینی در شرایط خشکسالی شدید و چهار سال در شرایط خشکسالی ملایم قرار دارد. همچنین با توجه به آن که مقدار sig برابر با ۰/۱۱۲ می‌باشد (جدول ۳) همبستگی بین این دو شاخص در سطح اطمینان ۹۹٪ در مقیاس سالانه معنا دار نیست.

در این تحقیق سطح آب زیرزمینی در سال ۱۳۸۴ که ابتدای دوره مورد بررسی می‌باشد، مینا قرار گرفته و میانگین افت آب زیرزمینی در سال های پس از آن نسبت به سال مینا محاسبه شد (شکل ۶). همان طور که در این شکل دیده می‌شود افت سطح آب زیرزمینی در این حوضه در حال افزایش می‌باشد و روند تغییرات افت آب زیرزمینی به صورت خط رگرسیونی با مقدار ضریب تعیین ۰/۹۴ می‌باشد.

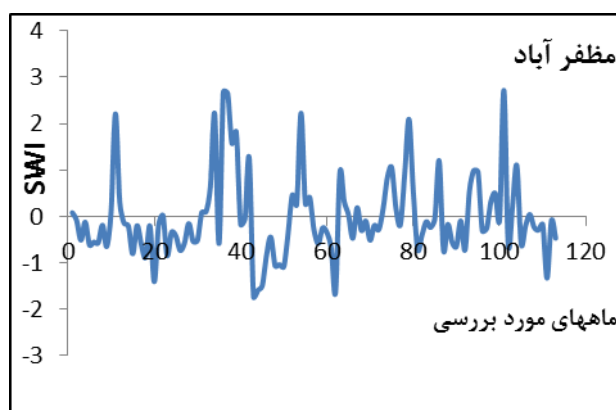
همان طور که نتایج جدول ۳ نشان می‌دهد رابطه بین شاخص خشکسالی و شاخص سطح آب زیرزمینی در هیچ یک از مقیاس های ماهانه و سالانه معنادار نیست و لذا افت آب زیرزمینی در این منطقه ناشی از برداشت از آبخوان می‌باشد.

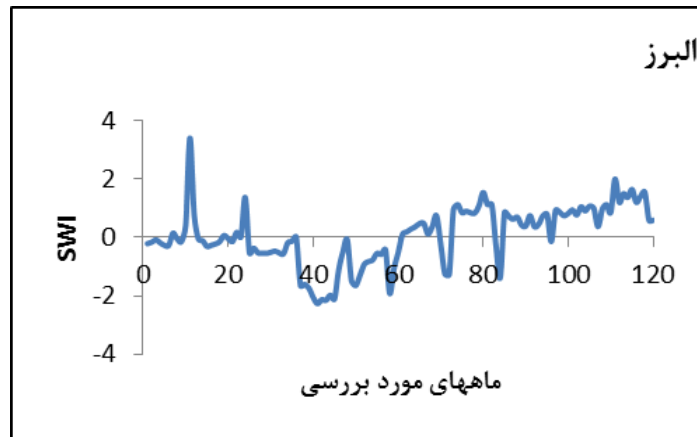
جدول ۱، مقدار ۶/۷۲٪ ماه های مورد بررسی در وضعیت خشکسالی بسیار شدید، ۲/۵۲٪ ماه ها در وضعیت خشکسالی شدید، ۳/۳۶٪ در وضعیت خشکسالی متوسط و ۲۴/۳۷٪ از چاه ها در وضعیت خشکسالی ملایم قرار دارند.

همچنین حداکثر مقدار SWI در چاه مشاهداتی البرز ۳/۴۰ می‌باشد. در این چاه نیز ۰/۸٪ ماه ها وضعیت آب زیرزمینی در شرایط خشکسالی بسیار شدید، ۴/۱٪ در شرایط خشکسالی شدید، ۱۲/۳٪ در وضعیت خشکسالی متوسط و ۳۶/۸۸٪ در وضعیت خشکسالی ملایم قرار دارند.

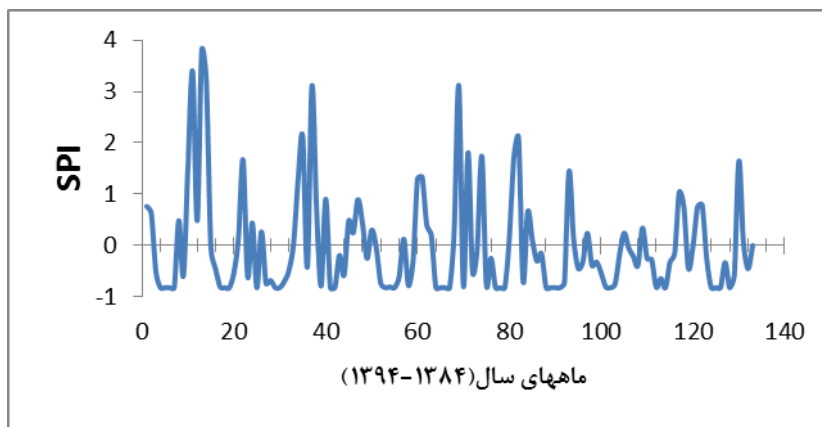
نتایج ضریب همبستگی پیرسون که با استفاده از نرم افزار SPSS بین دو شاخص SWI و SPI در سطح اعتماد ۹۹٪ و در مقیاس ماهانه صورت پذیرفته است در جدول ۳ آورده شده است. همان طور که در این جدول مشخص است مقدار sig بین دو شاخص مورد بررسی در مقیاس ماهانه برای چاه مشاهداتی مظفر آباد ۰/۳۳۲ بوده و برای چاه مشاهداتی البرز مقدار آن ۰/۸۸۶ بوده که این مقادیر بیانگر آن است که همبستگی بین این دو شاخص در سطح اطمینان ۹۹٪ در هیچ کدام از چاه های مشاهداتی در مقیاس ماهانه معنی دار نمی‌باشد.

همچنین مقادیر SPI و SWI در مقیاس سالانه (شکل ۵) نیز محاسبه گردید. بر طبق جدول ۱ و مقادیر SPI در سال های مورد بررسی یک سال در وضعیت خشکسالی شدید و چهار سال

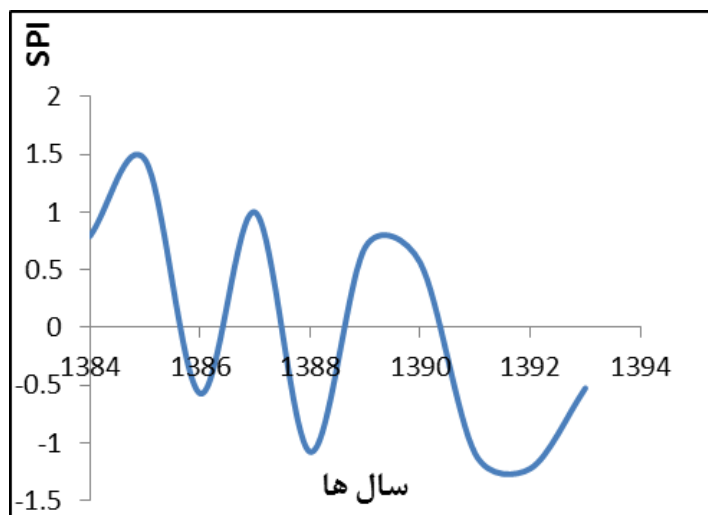




شکل ۳- نمودار مقادیر شاخص SWI در مقیاس ماهانه در دو چاه مشاهداتی در حوزه آبخیز شریف آباد  
 Figure 3. The graph of SWI index values in monthly scale for two observing wells in Sharifabad watershed

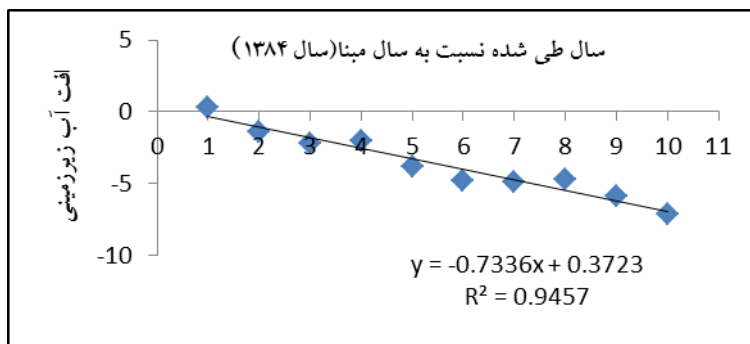


شکل ۴- نمودار مقادیر شاخص SPI در مقیاس ماهانه در ایستگاه قم  
 Figure 4. The graph of SPI index values in monthly scale in Qom station



شکل ۵- نمودار مقادیر شاخص SWI و SPI در مقیاس سالانه  
 Figure 5. The graph of SPI and SWI indices values at annual scale





شکل ۶- میانگین میزان افت آب زیرزمینی نسبت به سال ۱۳۸۴ در حوزه آبخیز شریف آباد

Figure 6. The average values of water levels in comparison with water level of 1384 in Sharifabad watershed

جدول ۳- مقادیر ضریب همبستگی پیرسون (بین مقادیر SWI و SPI در سطح اعتماد % ۹۹)

Figure 3. The Pearson's Coefficient values (between SWI and SPI values in 99% confidence limit)

مقدار sig	مقیاس
۰/۱۱۲	سالانه
۰/۳۳۲	ماهانه (برای داده های چاه مشاهداتی مظفر آباد)
۰/۸۸۶	ماهانه (برای داده های چاه مشاهداتی البرز)

### بحث و نتیجه گیری

SPI و SWI در مقیاس ماهانه و سالانه صورت پذیرفت که معناداری همبستگی مشاهده نشد.

در این تحقیق معنی دار نبودن همبستگی بین شاخص خشکسالی SPI و شاخص آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه در مقیاس ماهانه و سالانه بیانگر آن است که اگر معادله بیلان آبی در این گونه مناطق در نظر گرفته شود، بارش سهم ناچیزی در تغذیه آب زیرزمینی دارد. لذا می توان نتیجه گیری نمود قسمت اعظم بارش منطقه به علت تبخیر و تعرق زیاد از دسترس خارج می شود و قادر به تغذیه آبخوان نمی باشد. علت تفاوت نتایج این تحقیق با دیگر تحقیقات انجام یافته، مربوط به ویژگی اقلیمی منطقه مورد بررسی است که جزء مناطق خشک و نیمه خشک کشور می باشد. بنابراین به منظور مدیریت منابع آب زیرزمینی در این مناطق بایستی به برداشت از آب زیرزمینی توجه نمود. برداشت از آب زیرزمینی مقدار آبی است که به وسیله ادوات مختلف از داخل آبخوان استخراج می شود. به منظور برآورد برداشت از آب زیرزمینی، فهرستی از چاه ها و نمونه برداری های انجام گرفته از آب زیرزمینی در انواع مختلف چاه ها مورد نیاز می باشد. برای مثال برای چاه لوله گذاری شده

در این تحقیق با استفاده از آمار ۱۶ چاه پیژومتری حوزه آبخیز شریف آباد واقع در استان قم و روش های زمین آماری، درون-یابی سطح ایستابی در سال های ۱۳۸۴ تا ۱۳۹۴ انجام پذیرفت. نتایج به دست آمده برای هر سال، برتری مدل کریجینگ را نسبت به سایر روش های درون یابی نشان می دهد که این نتایج تأیید کننده تحقیقات قبلی است (۳ و ۱۶). همچنین در این تحقیق مشخص شد که همبستگی شاخص خشکسالی هواشناسی و شاخص آب زیرزمینی در مقیاس های ماهانه و سالانه معنی دار نمی باشد و حال آن که تحقیقات قبلی بیان کننده همبستگی بین این دو شاخص بوده است (۴-۶ و ۱۰). از آن جایی که نتایج تحقیقات قبلی همچون نتایج پیتر و همکاران (۲۰۰۵) نشان داد که به منظور مدیریت منابع آب بایستی شاخص های خشکسالی در مقیاس های زمانی مشخص مورد بررسی قرار گیرند (۱۷) و همچنین تحقیق انجام شده توسط وی سنت و همکاران (۲۰۰۵) بیانگر آن است که شاخص SPI سالانه یا دوازده ماهه برای بررسی عکس العمل های هیدرولوژیکی مناسب نمی باشد و مقیاس زمانی کوتاه تر مناسب تر می باشد (۸)، لذا در این تحقیق، بررسی شاخص های

4. Karami, Fariba, Evaluation of the relation between drought and water level decline in Tabriz plain, Journal of geography and planning (Tabriz University) 2009. Vol. 16. No. 37. 111-131 pp. (In Persian)
5. Zeinali, Batool et al, Investigate the Effect Meteorological and Hydrological Drought on Groundwater Quantity and Quality (Case Study: Marand Plain), Journal of Watershed Management Research 2016. Vol. 7, No. 14, 177-187 pp. (In Persian)
6. Maleki nejhah, H. and M. Soleymani Motlagh. 2011. Assessing the Severity of Climatic and Hydrologic Droughts in Chaghalvandi Basin, Journal of Iran Water Research, 5: 61-72 pp (In Persian).
7. Moghimi, Shokat, Babaei Fini, Omolsalameh, the relationship of drought and water quality in Abhar plain using SPI and Schuller, Piper and Wilcox diagrams, Journal of Geography (regional planning), 2016, Vol 7, Nov 3, 103-116 pp. (In Persian)
8. Vicente-Serrano, S.M and LOPEZ-Moreno, J.I., 2005. Hydrological response to different time scales of climatological drought: an evaluation of standardized precipitation index in a mountainous Mediterranean basin, Hydrology and Earth System Sciences Discussions, No 2, pp. 1221-1246
9. Keery, J., Binley, A., Crook, N., Smith, J.W.N., 2007. Temporal and Spatial Variability of Groundwater Surface water Fluxes, Journal of Hydrology, 336, pp. 1-16.
10. Bhuiyan C., R.P. Singh and F.N. Kkogan. 2006. Monitoring Drought Dynamics in the Aravalli Region

اطلاعات درباره ساعت‌های برداشت در روز، دبی و تعداد روزهای اجرای عملیات مورد نیاز می‌باشد. به منظور محاسبه برداشت از چاه‌ها اطلاعات نیروی مصرفی نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. به عنوان مثال متوسط برداشت در ازای واحد الکتریسیته مصرف شده برای عمق‌های مختلف سطح آب زیرزمینی می‌تواند مورد محاسبه قرار گیرد. در صورت فقدان اطلاعات ثبت شده، می‌توان به صورت غیرمستقیم از نیاز خالص آبی محصول که بر اساس الگوی کشت و سطوح کشت محصولات مختلف تحت آبیاری است نیز برآورد را انجام داد (۱۸) و برای کاهش استفاده از آب زیرزمینی در راستای جلوگیری از افت دائمی سطح ایستابی (۱۹) برنامه ریزی نمود.

#### تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه پیام نور مرکز قم که انجام این تحقیق را مورد حمایت مالی قرار داده‌اند تشکر و قدردانی می‌شود.

#### Reference

1. Think tank of Iran Water, knowing ground water resources, Kerman Chamber of commerce, industry and agriculture, 1391. 37 pp. (In Persian)
2. Darand, Mohammad., Assessment and Detection of Climate Change in Iran During Recent Decades, Journal of Iran-Watershed Management Science & Engineering. 2015, Vol. 9, No. 30, 1-14 pp. (In Persian)
3. Delbari, Masoomeh., et al, the investigation of spatial-temporal variation and zoning of water level in Koohpaye-segzi aquifer (Isfahan province) using geo-statistical methods, Journal of geographical spacing of Ahar Islamic Azad University, Vol. 15, No. 52, winter 2015, 305-324 pp. (In Persian)

- American Meteorological Society:  
Boston, pp. 179–184.
16. Barca , E. Passarella, G.,2008. Spatial evaluation of the risk of groundwater quality degradation. A comparison between disjunctive kriging and geostatistical simulation, Environ Monit Assess 137,pp.261–273: DOI 10.1007/s10661-007-9758-3
17. Peters, E., van Lanen, H. A. J., Torfs, P. J. J. F., and Bier, G. 2005. Drought in groundwater-drought distribution and performance indicators, J. Hydrol., 306,pp 302–317.
18. Kumar,C.P.2015.Ground water assessment and modelling, sara book publication, India , PP 332.
19. Moghimi, Homayoon, Applied Hydrology, first edition, PayameNoor university publication,2012. (In Persian)
- (India) Using Different Indices Based on Ground and Remote Sensing Data, International Journal of Applied Earth Observation and Geo Information, 8,pp. 289-302.
11. Holz, G.K .,2009. Estimation of Regional Meteorological and Hydrological Drought Characteristics: A Case Study for Denmark, Journal of Hydrology, 281, pp.230-247.
12. Qom Regional Water Company, groundwater data,2016. (In Persian)
13. Data, P.S., D.L. Deb and S.K. Tygi. 1997. Assessment of groundwater contamination from fertilizers in the Delhi area based on O18, No3 and K composition. Micro chemical Journal, 64, pp. 112-120.
14. Hassani Pak, A. 2010. Geostatistics (3rd edition), Tehran University Press, 314 pp. (In Persian)
15. McKee TB, Doesken NJ, Kleist J. 1993.The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Proceedings of the Eighth Conference on Applied Climatology.