The University of Tehran Press

Iranian Journal Agricultural Economics and Development Research

Online ISNN: 2008-4838

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

Analysis of Drought Status and its Impacts on Groundwater Resources in Karkheh Catchment in Kermanshah Province

Afagh Veisi[1] , Naser Motiee[2]✉ and Khalil Kalantari[3]

1. Department of Agriculture and Natural Resources,College of Agriculture and Natural Resources,Faculty of Economics & Agricultural Development, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: veisi1391@gmail.com
2. Corresponding Author, Department of Agriculture and Natural Resources,College of Agriculture and Natural Resources,Faculty of Economics & Agricultural Development, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: nmotee@ut.ac.ir
3. Department of Agriculture and Natural Resources,College of Agriculture and Natural Resources,Faculty of Economics & amp; Agricultural Development, University of Tehran, Karaj, Iran. Email: khkalan@ut.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 26 September 2021

Received in revised form: 12 September 2021

Accepted: 15 September 2021

Published online: Winter 2025

ABSTRACT

Drought as a natural and inevitable phenomenon, frequently occurs in the different regions of Iran and It leads to economic, social, and environmental damages. One of the drought damages is the reduction of groundwater resources. The main aim of this study was to investigate the effects of drought on groundwater resources in Karkhe catchment in Kermanshah province. In this study, meteorological drought status of the region was studied using SPI index and its derived criteria such as number of years of exposure to drought, longest drought period and magnitude of drought period in 30 years' period (1986-2016). Then Mann-Kendall tests and Sen's slop were used to investigate the trend of changes in the spi index and groundwater level. Finally, the effect of drought on groundwater drop was investigated using Pearson correlation coefficient. The results showed that the trend of drought is not significant, but the trend of groundwater depletion was significant and, it has become more intense over time. The results also showed that drought have no significant impact on groundwater depletion in the study area and it seems that the role of overexploitation of groundwater resources is more important than drought effects. Hence, development of low-water-use crops and development of watershed and aquifers feeding activities were proposed as practical policies.

Keywords:

Drought,

SPI Index,

Groundwater,

Karkheh Catchment.

Cite this article: Veisi, A., Motiee, N. & Kalantari, Kh. (2025). Analysis of Drought Status and its Impacts on Groundwater Resources in Karkheh Catchment in Kermanshah Province. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 56-2 (4), 295-312. DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2021.326366.669057

© The Author(s).

Publisher: The University of Tehran Press.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2021.326366.669057

Extended Abstract

Objectives

The water crisis is one of the most important issues in managing human societies and the environment, especially in arid and semiarid regions. Multiple natural and human factors, such as the amount of rainfall and the excessive withdrawal of water resources, are effective in causing and exacerbating this crisis. Iran is one of the arid and semi-arid countries in the Middle East and one of the countries facing a water crisis. Its annual rainfall is about 260-240 mm and less than one-third of the world's average annual rainfall (870 mm). Currently, about 55 percent of Iran's water needs are provided by groundwater resources, and the share of aquifers fed by atmospheric rainfall is about 35 billion cubic meters. Iran is located in arid and desert regions, which naturally results in years with below-average rainfall much longer than those with long-term annual average rainfall. Given the recent droughts in Iran, it is important to study its impact on water resources. Karkheh catchment in Kermanshah province covers about half of this province. This catchment is located in a semi-arid and Mediterranean region and its groundwater resources have declined dramatically. Therefore, the main purpose of this study was to analyze the drought process and its impact on groundwater resources of Karkheh catchment in Kermanshah province.

Methodology

In this study, in order to investigate the meteorological and groundwater drought status of Karkhe catchment in Kermanshah province, rainfall and groundwater level data of Eslamabad-e Gharb, Bistoon-Dinavar, Ravansar-Sanjabi, Kermanshah, Kangavar and Mahidasht during 30-year period (1986-2016) were used. Meteorological drought status of the region was evaluated using SPI index and its derived criteria such as number of years of exposure to drought, longest drought period and magnitude of drought period for each station. Ground water drought status of the region was also evaluated for each area using GRI index over this time period and its changes were compared with SPI changes. Mann-Kendall tests and Sen's slop were used to investigate the trend of changes in the spi index and groundwater level. Finally, using Pearson correlation coefficient the impact of drought on groundwater resource depletion in this catchment was investigated.

Results

The results of calculation of SPI index in the studied region showed that Kangavar area with 11 years had the most years of drought exposure and Mahidasht area with 7 years had the least number of years of drought exposure among the studied areas. According to this index, Kermanshah had the longest drought period, which was a 6-year period. According to Magnitude Drought index (DM), Islamabad station had the most magnitude drought period. The results of the calculation of GRI index in the region that groundwater drought has occurred continuously in all areas of the region in recent years. Results of Mann-Kendall tests and Sen's slop showed that drought in the study area was not significant but the trend of groundwater level decline was significant and decreasing, also the results of correlation coefficient between SPI index and groundwater level in the region showed that there is no significant correlation between drought and groundwater depletion.

Discussion

Based on the findings, both meteorological and groundwater droughts occurred in Karkhe catchment in Kermanshah province during the studied period, so that during this period, meteorological droughts with sinusoidal fluctuations were observed, but groundwater droughts have been less fluctuations and occurred steadily in recent years. The meteorological drought phenomenon has not had a significant impact on the groundwater resource depletion in the study area and it seems that the share of indiscriminate harvesting of groundwater resources in the aquifer's decline is far greater than drought. Drought is a climatic and recurring feature and Due to the importance of groundwater in the agricultural sector of the region, coping with drought and preserving groundwater resources for sustainable use of these resources in the region is an indispensable necessity. Development of low-water-use crops, improvement of water use efficiency in farms, development of watershed and aquifers feeding activities, providing groundwater control facilities with emphasis on groundwater wells, blocking Unauthorized wells and giving appropriate incentives to farmers by government in the region to reduce the consumption of groundwater resources were proposed as solutions in order to cope with drought and depletion of groundwater resources in the study area.

Author Contributions

This article is an extract from a postdoctoral research project, the contribution and role of the first author was as the project leader, and the second author was as the project guide and host.

Data Availability Statement

Not applicable

Acknowledgements

The authors would like to thank Tarbiat Modares University and the National Elite Foundation

Ethical considerations

The study was approved by the Ethics Committee of the University of Tarbiat Modares, The authors avoided data fabrication, falsification, plagiarism, and misconduct.

Conflict of interest

The author declares no conflict of interest.

مجله تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران، دوره ۲- ۵۶، شماره ۴

انتشارات دانشگاه تهران

شاپا الکترونیکی: ۷۸۵X-۲۴۲۳

Homepage: http://ijaedr.ut.ac.ir/

تحلیل روند خشکسالی و اثرات آن بر منابع آب زیر زمینی حوزه آبریز کرخه ی استان کرمانشاه

آفاق ویسی[۱]| ناصر مطیعی [۲]✉| خلیل کلانتری[۳]

۱. گروه اموزشی مدیریت و توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران ، کرج، ایران. رایانامه: veisi1391@gmail.com

۲. نویسنده مسئول ، گروه اموزشی مدیریت و توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران ، کرج، ایران. رایانامه: nmotee@ut.ac.ir

۳. گروه اموزشی مدیریت و توسعه کشاورزی، دانشکده اقتصاد و توسعه کشاورزی، دانشکدگان کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران ، کرج، ایران. رایانامه: khkalan@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۷/۰۴
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۲۴
تاریخ انتشار: زمستان ۱۴۰۴

کلیدواژه‌ها:
خشکسالی، شاخص SPI، آب زیر زمینی، حوضه آبریز کرخه.

چکیده

خشکسالی به عنوان یک بلای طبیعی و پدیده‌ای اجتناب ناپذیر از دیرباز در مناطق مختلف ایران به وقوع پیوسته و خسارات زیادی در زمینه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی به همراه داشته است. از جمله خسارات خشکسالی، افت سطح آب زیر زمینی است. هدف اصلی این تحقیق بررسی تأثیر خشکسالی بر منابع آب زیر زمینی حوضه آبریز کرخه در استان کرمانشاه بود. در این تحقیق، وضعیت خشکسالی هواشناسی منطقه با استفاده از شاخص SPI و معیارهای مشتق شده از آن مانند تعداد سال‌های مواجهه با خشکسالی، طولانی ترین دوره خشکسالی و بزرگی دوره خشکسالی در دوره ۳۰ ساله و بازه زمانی ۱۳۹۵-۱۳۶۵، مورد مطالعه قرار گرفت. وضعیت خشکسالی آب زیر زمینی نیز با استفاده از شاخصGRI در این دوره مورد بررسی قرار گرفت و تغییرات آن با تغییرات شاخص SPI مقایسه شد. به منظور بررسی روند تغییرات سطح آب‌های زیر زمینی و شاخص SPI از آزمون من- کندال و شیب سن استفاده شد و در پایان، تأثیر خشکسالی بر افت منابع آب زیر زمینی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون بررسی شد. نتایج تحقیق نشان داد، خشکسالی در منطقه مورد مطالعه از روند معنی‌داری برخوردار نیست اما روند افت سطح منابع آب‌های زیر زمینی معنی‌دار بوده و با گذشت زمان شدت آن بیشتر شده است. همچنین نتایج نشان داد خشکسالی تاثیر چندانی بر افت منابع آب زیر زمینی در منطقه مورد مطالعه ندارد و به نظر می‌رسد سهم برداشت بی رویه از منابع آب زیر زمینی در افت سطح آبخوان به مراتب بیشتر از خشکسالی است. توسعه کشت محصولات کم آب بر و توسعه فعالیت‌های مرتبط با آبخیز داری و آبخوان‌داری در منطقه از پیشنهادهای این پژوهش بود.

استناد: ویسی، آفاق؛ مطیعی، ناصر و کلانتری، خلیل (۱۴۰۴). تحلیل روند خشکسالی و اثرات آن بر منابع آب زیر زمینی حوزه آبریز کرخه ی استان کرمانشاه. *مجلهٔ تحقیقات اقتصاد و توسعه کشاورزی ایران*، ۲-۵۶ (۴)، ۳۱۲-۲۹۵. DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2021.326366.669057

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

DOI: https://doi.org/10.22059/ijaedr.2021.326366.669057

مقدمه

بحران آب یکی از مهم‌ترین مسائل موجود در مدیریت جوامع انسانی و محیط زیست محسوب می‌شود که تقریباً تمامی ارکان وجودی توسعه در سطوح بین‌المللی، منطقه، ملی و ناحیه‌ای را به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک تحت تأثیر قرار می‌دهد. در ایجاد و تشدید این بحران، عوامل متعدد طبیعی و انسانی مانند میزان بارش‌های جوی و برداشت بی رویه از منابع آب مؤثر هستند. (Rahimi et al., 2009). ایران به عنوان یکی از کشورهای خشک و نیمه خشک جهان در منطقهٔ خاورمیانه، از جمله کشورهایی است که با بحران آب مواجه است و حدود ۸۵ درصد از مساحت این کشور، دارای اقلیم خشک بیابانی، نیمه خشک و فراخشک است (Ghafori, 2003). همچنین میزان بارندگی سالیانه کشور ایران، حدود ۲۶۰–۲۴۰ میلیمتر و کمتر از یک سوم متوسط بارندگی سالیانه جهان (۸۷۰ میلیمتر) است. از طرفی توزیع بارندگی در کشور از نظر زمانی و مکانی یکنواخت نیست (Alizadeh, 2004). همچنین حدود ۶۷ درصد از جریان‌های سطحی، فقط در ۱۶ رودخانه کشور جریان دارد. به عبارتی بیش از دو سوم منابع آب تجدید شونده در کشور، در یک سوم مساحت کشور قرار گرفته است (Ghafori, 2003). در حال حاضر حدود ۵۵ درصد نیاز آبی کشور، از طریق منابع آب زیرزمینی تأمین می‌گردد. این در حالی است که سهم تغذیه آبخوان‌ها توسط نزولات جوی، تنها ۳۵ میلیارد متر مکعب است. اگر برای مصارف سالانه کشور رقم ۱۲۰ میلیارد متر مکعب پذیرفته شود، حدود ۶۶ میلیارد متر مکعب آن از منابع آب زیرزمینی تأمین می‌شود که به هیچ وجه با تغذیه آبخوان‌ها مطابقت ندارد. در نتیجه در چند سال اخیر، افت کمی و کیفی و به هم خوردن تعادل منابع آب زیر زمینی مشاهده می‌شود و در اکثر آبخوان‌ها، بیلان منفی بوده و کیفیت آب نیز به شدت افت کرده است (Ziya, 2004).

تحقیقات گسترده‌ای توسط محققان خارجی و داخلی در زمینه خشکسالی و اثرات آن بر منابع آب صورت گرفته است. Aleboali et al (2016) در تحقیقی به بررسی اثرات خشکسالی بر منابع آب زیر زمینی با استفاده از شاخص SPI در دشت کاشان پرداختند. نتایج این بررسی نشان داد که علاوه بر خشکسالی، بهره‌برداری بی‌رویه از منابع آب زیر زمینی در دشت مذکور عامل افت سطح آب زیر زمینی است و سهم برداشت بی‌رویه در افت سطح آبخوان به مراتب بیش از خشکسالی است. Jafari et al (2015) در تحقیقی با هدف بررسی و تحلیل میزان به کارگیری عملیات مقابله با خشکسالی توسط کشاورزان شهرستان طارم علیا با استفاده از ضریب همبستگی به این نتیجه رسیدند که بین میزان به کارگیری عملیات مقابله با خشکسالی با متغیرهای میزان شرکت در کارگاه‌های آموزشی، دوره‌های آموزشی و بازدیدهای ترویجی رابطه مثبت و معنی‌دار وجود دارد. همچنین نتایج تحلیل عوامل مربوط با میزان به‌کارگیری عملیات مقابله با خشکسالی نشان داد که بهبود راندمان آب آبیاری، ذخیره سازی آب و عملیات سازگاری با خشکسالی از مهم‌ترین عوامل مربوط به میزان به کارگیری عملیات مقابله با خشکسالی بر اساس نظر کشاورزان منطقه است.

Maleki et al (2015) به تحلیل روند تغییرات بارندگی و خشکسالی با استفاده از آزمون‌های من–کندال و سن در استان تهران پرداختند. نتایج مقادیر روند با استفاده از دو آزمون من–کندال و سن نشان داد که روند خاصی در سری زمانی فصلی مشاهده نمی‌شود، اما در سری سالانه با استفاده از آزمون سن در ایستگاه‌های آبعلی و کرج در سطح اعتماد ۹۹ درصد روند صعودی وجود دارد.Abbasnejad & Shahidokht (2013) در تحقیقی با عنوان بررسی آسیب‌پذیری دشت سیرجان با توجه به برداشت بی‌رویه از سفره آب زیر زمینی منطقه، به این نتیجه رسیدند که علاوه بر خشکسالی، برداشت بیش از اندازه از آبخوان، عامل اصلی افت سطح سفره دشت است. Imani et al (2012) به بررسی آثار خشکسالی بر تغییرات سطح سفره آب زیرزمینی دشت بهاباد یزد با استفاده از شاخص SPI و GRI در یک دوره بیست و سه ساله (۱۳۹۲–۱۳۶۹) پرداختند، نتایج این تحقیق نشان دهنده افت شدید سطح آب زیر زمینی در این دشت به خصوص در ده سال اخیر و رابطه بین شاخص SPI در مقیاس زمانی دراز مدت به خصوص ۴۸ ماهه با سطح ایستابی آبخوان دشت بود، همچنین این نتایج نشان داد که رابطه معنی‌داری در مقیاس زمانی دراز مدت بین خشکسالی هواشناسی و خشکسالی هیدرولوژیکی دشت وجود دارد. Amirkhani et al (2012) در تحقیق خود با هدف بررسی عوامل موثر در نوع مدیریت کشاورزان در زمینه خشکسالی در بین گندمکاران شهرستان ورامین

به این نتیجه رسیدند که رابطه مثبت و معناداری بین میزان مشارکت اجتماعی کشاورزان با رفتار کشاورزان در زمینه مدیریت خشکسالی وجود دارد. آنها تقویت، تشکیل، حمایت و به‌کارگیری جدی تشکل‌های مردمی در امر خشکسالی و ایجاد تشکل‌های محلی و خودگردان با مشارکت گسترده روستاییان در اجرای طرح‌های مدیریت منابع آب را از جمله راهکارهای مقابله با خشکسالی در منطقه برشمردند. Hosseini et al (2012) در تحقیق خود به تبیین مؤلفه‌های مدیریت بحران خشکسالی در جوامع روستایی و عشایری جنوب شرق ایران پرداختند، آن‌ها برای جمع‌آوری اطلاعات، تعداد ۲۰۱ نفر از کارشناسان درگیر در مدیریت بحران خشکسالی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که بر اساس نظر کارشناسان مورد مطالعه، کاهش منابع آب‌های سطحی و زیر زمینی یکی از مهم‌ترین اثرات و پیامدهای خشکسالی در بعد زیست محیطی و بوم شناختی است. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که توسعه طرح‌های آبخوان‌داری و آبخیزداری جهت حفظ منابع آب و خاک، تغذیه مصنوعی منابع آب‌های زیر زمینی و بهره‌برداری از سیلاب‌ها، آب‌های سطحی و روان آب‌ها، از مؤثرترین ساز و کارهای مدیریت بحران خشکسالی از نظر کارشناسان مورد مطالعه است. Talebi et al (2012) در بررسی اثر خشکسالی بر کاهش سطح آب‌های زیر زمینی و آب دهی قنوات در دشت بهاباد یزد با استفاده از شاخص اقلیمی SPI و شاخص منابع آب زیر زمینی (GRI) به این نتیجه رسیدند که بین وقوع خشکسالی اقلیمی و خشکسالی کشاورزی، همیشه یک تأخیر زمانی (چهار ساله در این منطقه) وجود دارد. Eslamian et al (2009) به بررسی دوره‌های ترسالی و خشکسالی و اثرات آن بر تغییرات منابع آب حوضه آبخیز دشت بوئین زهرا پرداخته و با ایجاد ضریب همبستگی در تأخیرهای زمانی ۰، ۱، ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ ماهه برای سال‌های ۱۳۷۹ تا ۱۳۸۲ طی ۳۶ ماه تأثیر تغییرات بارندگی را بر سطح آب‌های زیر زمینی بررسی کردند. نتایج تحقیق نشان داد که بین ریزش‌های جوی و تغییرات سطح آب زیر زمینی منطقه، ارتباط معنی‌داری وجود دارد. در این مطالعه، بیشترین همبستگی بین ریزش‌های جوی و سطح آب زیر زمینی با تأخیر سه ماهه مشاهده شد.

Mendicino et al (2008) در پژوهش خود شاخص منابع آب زیرزمینی (GRI) را برای مناطق کالابریا با اقلیم مدیترانه‌ای برای دوره ۴۵ ساله به کار بردند و با شاخص SPI منطقه مقایسه نمودند و به این نتیجه رسیدند که همبستگی GRI با SPI در مقیاس زمانی طولانی‌تر مناسب‌تر است. Panda et al (2007) به بررسی تأثیر خشکسالی روی سطح آب زیر زمینی در کشور هند پرداختند. آن‌ها سطح آب را در ۱۰۰۲ ایستگاه قبل و بعد از بادهای موسمی در طول دوره آماری ۱۹۴۳ تا ۲۰۰۳ مورد بررسی و آنالیز قرار دادند. نتایج این تحقیق نشان داد که اراضی پایین دست به دلیل کمبود بارش در طول سال‌های خشک، دمای بالا و فشارهای انسانی حتی در سال‌های مرطوب نیز تغذیه و احیا نشده‌اند. Polemio & Casarano (2008) به بررسی تغییر اقلیم، خشکسالی و دسترسی آب زیر زمینی در ایتالیای جنوبی پرداختند. آنها با استفاده از روش‌های آنالیز مؤلفه‌های اصلی (برای تقسیم منطقه مورد مطالعه به بخش‌های همگن)، آنالیز روند و آزمون‌های آماری t- استیودنت و من کندال و آنالیز همبستگی داده‌ها به این نتیجه رسیدند که روند دسترسی به منابع آب زیر زمینی آنقدر منفی است که می‌توان وضعیت را برای کاربران وخیم دانست. آن‌ها نشان دادند که این مسئله نه فقط به دلایل طبیعی (بارش و تغذیه کم)، بلکه به دلیل افزایش تخلیه به وسیله چاه‌ها برای جبران عدم دسترسی به آب‌های سطحی به دام انداخته شده توسط سدها نیز بوده است Chitsazan & Saatsaz (2005) به بررسی تأثیر خشکسالی بر کمیت و کیفیت منابع آب‌های زیر زمینی در دشت خویس در شمال خوزستان پرداختند. آن‌ها به‌منظور تحلیل زمانی از هیدروگراف واحد دشت و جهت تحلیل مکانی از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) و برای بررسی کیفی منابع آب زیرزمینی از کموگراف بهره گرفتند. در نهایت، نتایج به دست آمده از تحلیل‌های زمانی و مکانی، همچنین تحلیل کموگراف، نشان دهنده تأثیر خشکسالی‌های اخیر بر افت سطح آب زیرزمینی و پایین آمدن کمیت و کیفیت آبخوان مورد مطالعه بود.

قرارگیری ایران در نواحی خشک و بیابانی سبب شده است که به طور طبیعی در آن، سال‌های با مقدار بارندگی کمتر از میانگین به مراتب بیشتر از سال‌های با مقدار بارندگی بیش از میانگین طولانی مدت سالانه باشد. با توجه به خشکسالی های اخیر در کشور، مطالعه تأثیر آن بر منابع آب بسیار حائز اهمیت است. حوضه آبریز کرخه در استان کرمانشاه حدود نیمی از این

استان را در بر گرفته است. این حوضه در استان کرمانشاه در منطقه‌ای نیمه خشک و مدیترانه‌ای قرار گرفته است و منابع آب زیر زمینی این حوضه دچار افت چشمگیری شده است، به طوری که از دوازده دشت واقع در این حوضه، ۶ دشت جزو دشت‌های ممنوعه بوده و مابقی نیز دیگر توان آبدهی بیشتر از ظرفیت فعلی را ندارند Regional water Copany of Kermanshah, (2019؛) بنابراین هدف از انجام این مطالعه تحلیل روند خشکسالی و بررسی تأثیرات آن بر تغییرات سطح آب زیر زمینی حوضه آبریز کرخه در استان کرمانشاه در جهت برنامه ریزی برای توسعه کشاورزی است.

روش تحقیق

در مطالعه حاضر، ابتدا خشکسالی هواشناسی حوضه آبریز کرخه در استان کرمانشاه به وسیله شاخص SPI در دوره آماری ۳۰ ساله (از سال ۱۳۶۵ تا سال ۱۳۹۵) محاسبه شد. برای این منظور داده‌های مربوط به میزان بارندگی سالانه شش ایستگاه واقع در محدوده‌های اسلام آباد غرب، بیستون– دیناور، روانسر– سنجابی، کرمانشاه، کنگاور و ماهیدشت مورد استفاده قرار گرفت. جدول (۲) مختصات و نوع ایستگاه‌های مورد استفاده برای محاسبه شاخص SPI در این مطالعه را نشان می‌دهد.

جدول ۲. موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی مورد استفاده جهت بررسی شاخص خشکسالی SPI

ردیف	نام ایستگاه	نوع ایستگاه	طول شرقی	عرض شمالی
۱	اسلام آباد غرب	سینوپتیک	46°-28'	34°-07'
۲	بیستون– دیناور	بارانسنجی هواشناسی	47°-25'-59	34°-22'-59
۳	روانسر– سنجابی	تبخیرسنجی	46°-39'-08	34°-42'-16
٤	کرمانشاه	سینوپتیک	34°-16'-00	34°-16'-59
٥	کنگاور	سینوپتیک	47°-58'	34°-30'
٦	ماهیدشت	تبخیرسنجی	49°-46'	34°-16'

پس از محاسبه شاخص SPI، روند این شاخص و روند سطح آب‌های زیر زمینی با استفاده از آزمون من– کندال و شیب سن بررسی شد، سپس خشکسالی آب زیر زمینی محدوده‌های اشاره شده با استفاده از شاخص GRI بررسی شد و تغییرات شاخص GRI، نسبت به شاخص SPI مورد مقایسه قرار گرفت و در آخر همبستگی بین مقادیر شاخص SPI و عمق آب‌های زیر زمینی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون مورد بررسی قرار گرفت.

شاخص بارندگی استاندارد شده (SPI)

شاخص SPI توسط مک کی و همکارانش در سال ۱۹۹۳ با توجه به بررسی تأثیرات کمبود بارش بر آب‌های زیرزمینی، ذخایر و منابع آب سطحی، رطوبت خاک و جریان آبراهه ارائه شده است. این شاخص با قراردادن تفاوت بارش از میانگین برای یک مقیاس زمانی مشخص و سپس تقسیم آن بر انحراف معیار به دست می‌آید و تنها فاکتور مؤثر بر محاسبه این شاخص، عنصر بارندگی است. مقدار مثبت این شاخص نشان دهنده بارندگی بیش از بارندگی میانه بوده و مقدار منفی معنای عکس آن را دارد (McKee et al., 1993). این شاخص را می‌توان در مقیاس‌های زمانی ماهانه و سالانه محاسبه کرد. معادله زیر شیوه محاسبه شاخص بارش استاندارد شده **SPI** را نمایش می‌دهد.

$$\frac{{}_iP - k_iP}{{}_i\delta} = IPS$$ رابطه (۱)

در این رابطه:

P_{ik}= مقادیر بارش هر محدوده

P_i=میانگین بارش بلند مدت هر محدوده

δ= انحراف معیار داده‌های بارش بلند مدت هر محدوده

پس از محاسبه میزان شاخص، وضعیت خشکسالی از جدول (۱) برآورد می‌شود:

جدول۱. طبقه‌بندی مقادیر شاخص SPI

طبقه	مقادیر SPI
ترسالی خیلی شدید	بالاتر از ۲
ترسالی شدید	۱/۵ تا ۱/۹۹
ترسالی متوسط	۱ تا ۱/۴۹
ترسالی ملایم	۰/۵ تا ۰/۹۹
نرمال	۰/۴۹ تا ۰/۴۹-
خشکسالی ملایم	۰/۵- تا ۰/۹۹-
خشکسالی متوسط	۱- تا ۱/۴۹-
خشکسالی شدید	۱/۵- تا ۱/۹۹-
خشکسالی بسیار شدید	۲- و کمتر

از آنجایی که در این تحقیق وضعیت منطقه در برابر خشکسالی و همچنین رابطه خشکسالی با آب‌های زیر زمینی مورد ارزیابی قرار گرفت، مقیاس سالانه برای محاسبه شاخص SPI انتخاب شد.

یکی از موارد قابل بررسی در شاخص SPI محاسبه میزان بزرگی دوره خشکسالی در هنگام وقوع دوره خشکسالی است که مقدار آن بر اساس رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

رابطه(۲)

$$DM = -\sum_{j=1}^{x} SPI_{ij}$$

که در آن، j پارامتری است که مقدار آن بر اساس اولین سال خشکسالی، از عدد یک شروع و به تعداد سال‌های دوره خشکسالی (X) افزایش می‌یابد. SPI_{ij} شاخص خشکسالی سال‌های کمتر از ۱- بر اساس مقیاس زمانیi در سال i ام دوره خشکسالی است. با توجه به اینکه در هر ایستگاه امکان رخداد دوره‌های مختلف خشکسالی در طول ۳۰ سال آماری وجود دارد، لذا برای شناخت و درک بهتر از وضعیت آسیب‌پذیری هر ایستگاه بر اثر خشکسالی مجموع بزرگی خشکسالی (DM) دوره‌های مختلف خشکسالی محاسبه شد.

شاخص منبع آب زیر زمینی (GRI)

شاخص GRI در سال ۲۰۰۸ توسط مندسینو و همکاران به عنوان شاخصی قابل اعتماد برای مدلسازی، پایش و پیش بینی وضعیت خشکسالی برای منطقه مدیترانه پیشنهاد شد. در این شاخص وضعیت مختلف سنگ شناسی زمین تأثیر مهمی بر واکنش آب‌های زیر زمینی حوضه در فصل تابستان نسبت به بارش‌های فصل زمستان دارد و به طور کلی مقادیر این شاخص تغییرات مکانی زیادی دارد و نسبت به خصوصیات سنگ شناسی منطقه مورد مطالعه نیز حساس می‌باشد. مهم‌ترین قابلیت این شاخص همبستگی بالای آن با متوسط رواناب در برخی از رودخانه‌های حوضه در پیش بینی خشکسالی های فصل تابستان می‌باشد (Mendicino et al., 2008). جهت محاسبه این شاخص از معادله زیر استفاده می‌شود:

رابطه (۳)

$$GRI_{y,m} = \frac{D_{y,m} - \mu_{D,m}}{\sigma_{D,m}}$$

که در آن:

$GRI_{y,m}$: ارزش شاخص در ماه m از سال y

$D_{y, m}$: ارزش سطح ایستابی در ماه m از سال y

$\mu_{D, m}$: میانگین داده‌های سطح ایستابی ماه m برای D سال

$\sigma_{D,m}$: انحراف معیار داده‌های سطح ایستابی ماه m برای D سال

طبقه‌بندی این شاخص نیز همانند شاخص SPI است.

ارتباط شاخص SPI با آب زیر زمینی

در ارزیابی رابطه خشکسالی با افت سطح آب‌های زیر زمینی، داده‌های مربوط به سطح آب زیر زمینی و شاخص SPI سالانه مربوط به سال‌های ۱۳۶۵ تا ۱۳۹۵ مورد استفاده قرار گرفت و در این دوره زمانی میزان همبستگی میان سطح آب زیر زمینی هر سال و مقدار SPI همان سال با استفاده از فرمول ضریب همبستگی مطابق رابطه (4) محاسبه شد:

$$\rho_{xy} = \frac{cov(x,y)}{\sigma x \sigma_y} \quad \text{رابطه (4)}$$

که در آن X مقدار شاخص SPI در سال خاص و Y متوسط سطح آب زیر زمینی در همان سال است.

آزمون من کندال

تحلیل روند از جمله مهمترین روشهای آماری است که به طور گسترده برای ارزیابی اثرات بالقوه تغییر اقلیم بر روی سری های زمانی مانند سری های مشاهداتی دما در نقاط مختلف جهان استفاده شده است. یکی از این آزمون های بسیار کاربردی آزمون من کندال است.

وجود یا عدم وجود روند و تحلیل سری های زمانی و تغییر اقلیم ارائه شده در دو دسته روش‌های پارامتریک و ناپارامتریک تقسیم بندی می شوند.

روش‌های پارامتریک عمدتاً بر اساس روابط رگرسیونی بین سری داده ها با زمان استوار می باشند. روش‌های ناپارامتریک از کاربرد نسبتاً وسیع تر و چشمگیرتری نسبت به روش‌های پارامتریک برخوردارند. برای سری‌هایی که توزیع آماری خاصی بر آنها قابل برازش نیست و چولگی یا کشیدگی زیادی دارند استفاده از روش‌های ناپارامتریک مناسب تر است. آزمون من–کندال جز متداول ترین و پرکاربردترین روش‌های ناپارمتریک تحلیل روندی سری های زمانی به شمار می روند. با استفاده از روش من–کندال تغییرات داده ها شناسایی، نوع و زمان آن مشخص می‌گردد.این آزمون به طور متداول و گسترده ای در تحلیل روند سری های هیدرولوژیکی و هواشناسی بکار گرفته می شود. از نقاط قوت این روش می توان به مناسب بودن کاربرد آن برای سری های زمانی که از توزیع آماری خاصی پیروی نمی کنند اشاره نمود. اثر پذیری ناچیز این روش از مقادیر حدی که در برخی از سری های زمانی مشاهده می گردند نیز از دیگر مزایای استفاده از این روش است. فرض صفر این آزمون بر تصادفی بودن و عدم وجود روند در سری داده ها دلالت دارد و پذیرش فرض یک (رد فرض صفر) دال بر وجود روند در سری داده ها می باشد.

نتایج

همانطور که قبلاً اشاره شد آب از نهاده‌های اصلی کشاورزی و رکن اساسی توسعه کشاورزی به شمار می‌رود. بحران آب چالشی بزرگ برای کشور ایران و تمام کشورهای جهان است. آب جایگاه ویژه‌ای در توسعه پایدار کشاورزی دارد و مصرف نادرست آن موجب عدم دستیابی به پایداری در توسعه کشاورزی می‌شود. کشور ایران با قرار گرفتن در ناحیه‌ی گرم و کم‌بارش جهان نه تنها با معضل آب مورد نیاز کشاورزی بلکه با تهیه و دسترسی به آب شرب بهداشتی هم رو به رو می‌باشد. عدم انجام تحقیقات لازم در بخش پیش‌بینی خشکسالی در سال‌های گذشته و یا عدم توجه به تحقیقات به عمل آمده, موجب بروز بحران آب در کشور ایران شده است و در نهایت توسعه کشاورزی را در ایران با اخلال مواجه کرده است (Khosravipour and Khodamoradpour, 2018). در این تحقیق به منظور تحلیل وضعیت خشکسالی علاوه بر محاسبه شاخص SPI، سه معیار طولانی‌ترین دوره، تعداد سال‌های مواجهه با خشکسالی و مجموع بزرگی دوره خشکسالی (DM) برای هر یک از محدوده‌ها محاسبه گردید که نتایج آن در جدول (۳) ارائه شده است. چنانچه در جدول (۳) مشاهده می‌شود، در خصوص تعداد سال‌هایی

که در مقیاس زمانی۳۰ ساله با خشکسالی مواجه بودند، محدوده کنگاور با ۱۱ سال، بیشترین تعداد سال‌های مواجهه با خشکسالی و محدوده ماهیدشت با ۷ سال، کمترین تعداد سال‌های مواجهه با خشکسالی را در بین محدوده‌های مورد مطالعه داشتند. طولانی‌ترین دوره خشکسالی، مربوط به محدوده کرمانشاه می‌باشد که مربوط به یک دوره ۶ ساله است. در خصوص بزرگی دوره خشکسالی نیز، محدوده اسلام آباد غرب با مجموع ۱۲/۵۸، بیشترین میزان DM و محدوده ماهیدشت با مجموع ۷/۶۲، کمترین میزان DM را به خود اختصاص می‌دهند.

جدول ۳. مقادیر شاخص SPI و برخی معیارهای دیگر خشکسالی در محدوده‌های مورد مطالعه

سال آبی	اسلام آباد غرب	بیستون- دیناور	روانسر- سنجابی	کرمانشاه	کنگاور	ماهیدشت
۱۳۶۵-۱۳۶۶	۰/۱۷۱	۰/۴۸۹	۰/۸۲۴	۰/۱۳۵	۰,۱۲۶	-۰/۱۸۹
۱۳۶۶-۱۳۶۷	۱/۱۲۹	۱/۱۱۷	۱/۹۷۷	۱/۵۰۸	۱,۵۰۱	۱/۳۲۷
۱۳۶۷-۱۳۶۸	۰/۰۹۳	۰/۲۹۸	-۰/۰۳۹	۰/۷۴۲	۰,۰۲۱	-۱/۰۶۰
۱۳۶۸-۱۳۶۹	۰/۳۱۳	-۰/۱۰۹	۰/۳۳۴	-۰/۴۶۲	-۰,۷۸۱	۰/۶۷۷
۱۳۶۹-۱۳۷۰	-۰/۷۲۳	-۱/۵۴۰	-۰/۵۸۰	-۱/۰۹۷	-۰,۹۹۹	-۱/۵۲۸
۱۳۷۰-۱۳۷۱	۱/۲۳۴	۱/۱۸۵	۰/۷۷۶	۰/۹۹۳	۰,۴۶۹	۰/۶۸۸
۱۳۷۱-۱۳۷۲	۰/۴۵۹	۰/۹۹۳	-۰/۱۳۲	۰/۹۳۷	۰,۸۰۹	۰/۶۹۹
۱۳۷۲-۱۳۷۳	۰/۴۱۶	۰/۰۹۱	۰/۲۲۷	۰/۵۵۸	۰,۳۶۶	۰/۴۱۴
۱۳۷۳-۱۳۷۴	۲/۰۵۵	۲/۰۷۷	۱/۲۸۱	۱/۸۴۸	۲,۰۳۲	۰/۸۶۸
۱۳۷۴-۱۳۷۵	-۰/۴۸۶	۰/۸۶۰	۰/۰۷۷	۰/۴۷۴	۰,۳۰۰	-۰/۵۷۱
۱۳۷۵-۱۳۷۶	-۱/۷۴۰	-۰/۷۹۵	-۱/۲۱۲	-۰/۴۳۵	-۱,۰۱۸	-۰/۹۷۷
۱۳۷۶-۱۳۷۷	۰/۶۳۱	۱/۰۰۵	۱/۳۴۸	۰/۶۷۹	۰,۴۴۴	۰/۷۱۳
۱۳۷۷-۱۳۷۸	-۱/۷۳۴	-۱/۵۱۵	-۱/۳۵۰	-۱/۴۶۲	-۱,۳۳۲	-۱/۴۳۱
۱۳۷۸-۱۳۷۹	-۱/۵۶۴	-۱/۲۳۰	-۱/۳۷۵	-۱/۵۷۸	-۱,۱۷۵	-۱/۶۲۵
۱۳۷۹-۱۳۸۰	-۰/۹۱۰	۰/۰۰۵	-۰/۹۷۴	-۰/۱۰۵	-۰,۲۲۷	۰/۱۰۴
۱۳۸۰-۱۳۸۱	۰/۰۹۹	-۰/۱۸۳	-۰/۴۵۷	-۰/۰۶۸	۱,۲۲۵	۰/۲۲۰
۱۳۸۱-۱۳۸۲	-۰/۱۸۴	-۰/۱۱۲	-۰/۰۳۱	-۰/۶۴۳	۰,۲۸۵	-۰/۲۹۱
۱۳۸۲-۱۳۸۳	۰/۰۸۰	۰/۸۴۸	۰/۱۹۷	۰/۵۴۰	۱,۰۵	۰/۱۳۳
۱۳۸۳-۱۳۸۴	۰/۵۴۱	-۰/۱۳۴	۰/۵۹۵	۰/۰۴۲	-۰,۲۰۵	۰/۰۱۷
۱۳۸۴-۱۳۸۵	۱/۱۵۰	-۰/۴۱۰	۰/۵۲۴	-۰/۳۶۶	- ۰,۱۳۵	۰/۳۳۶
۱۳۸۵-۱۳۸۶	۰/۳۵۶	۱/۱۳۸	۰/۱۹۱	۰/۸۸۸	۰,۸۴۰	۰/۳۷۵
۱۳۸۶-۱۳۸۷	-۱/۷۶۱	-۱/۸۲۷	-۲/۱۰۷	-۲/۳۰۳	-۱,۶۳۰	-۱/۸۷۱
۱۳۸۷-۱۳۸۸	-۱/۰۳۱	-۰/۹۰۰	-۰/۲۰۶	-۰/۶۶۳	-۱,۱۶۸	-۰/۴۷۰
۱۳۸۸-۱۳۸۹	۰/۳۰۷	۰/۸۰۹	۱/۰۲۱	۰/۷۰۲	۱,۱۳۷	۰/۳۷۴
۱۳۸۹-۱۳۹۰	-۰/۳۸۴	-۰/۸۲۲	-۰/۴۳۰	-۰/۴۶۴	-۰,۹۰۷	-۰/۲۱۲
۱۳۹۰-۱۳۹۱	-۰/۷۴۴	-۰/۷۳۳	-۰/۶۶۶	-۰/۵۹۷	-۰,۷۳۳	-۰/۴۶۰
۱۳۹۱-۱۳۹۲	۰/۰۱۹	-۰/۸۴۱	-۰/۳۵۶	-۰/۹۲۸	-۰,۸۶۷	۰/۳۳۰
۱۳۹۲-۱۳۹۳	۰/۶۷۳	-۰/۱۶۶	-۰/۶۴۶	۰/۱۵۸	-۰,۴۹۳	۰/۵۷۹
۱۳۹۳-۱۳۹۴	-۰/۵۷۳	-۱/۲۱۸	-۱/۱۹۴	-۱/۰۶۸	-۱,۰۰۹	-۰/۴۴۶
۱۳۹۴-۱۳۹۵	۲/۱۰۷	۱/۶۲۳	۲/۳۶۸	۲/۰۳۵	۲,۰۷۲	۳/۲۷۵
تعداد سال‌های مواجهه با خشکسالی	۹	۱۰	۹	۸	۱۱	۷
طولانی‌ترین دوره خشکسالی (سال)	۳	۵	۵	۶	۵	۲
میزان بزرگی دوره خشکسالی(DM)	۱۲,۵۸	۱۱,۷۴	۹,۷۹	۱۰,۳۷	۱۱,۶۶	۷,۶۲

روند تغییرات خشکسالی و تغییرات سطح منابع آب‌های زیر زمینی

جدول (۴) نتایج محاسبه آزمون من کندال و شیب سن برای سری داده‌های سالانه شاخص SPI در هر یک از ایستگاه‌های موجود را نشان می‌دهد. معنی‌دار نبودن آزمون من کندال در سطح ۹۵ درصد در این ایستگاه‌ها نشان‌دهنده عدم وجود روند معنی‌دار در مورد تغییرات خشکسالی محدوده‌های مورد بررسی در دوره آماری مورد مطالعه است. همچنین منفی بودن مقادیر آماره من–کندال و شیب سن بیانگر این است که به طور کلی میزان بارش‌ها در دوره مورد مطالعه روند نزولی داشته است.

جدول ٤. نتایج حاصل از آزمون من کندال و تخمین گر سن برای داده‌های شاخص SPI سالانه

محدوده	آماره من- کندال	سطح معنی‌داری	شیب روند تخمین گر سن
اسلام آباد	-۰/۰۶۲	۰/۶۴۳	-۰/۰۰۷
بیستون- دیناور	-۰/۲۲۸	۰/۰۸۰	-۰/۰۳۷
روانسر- سنجابی	-۰/۱۸۲	۰/۱۶۴	-۰/۰۳
کرمانشاه	-۰/۲۰۹	۰/۱۰۸	-/۰۳۸
کنگاور	-۰/۱۲۲	۰/۳۵۴	-/۰۲۸
ماهیدشت	-۰/۰۲۱	۰/۸۸۷	-۰/۰۰۳

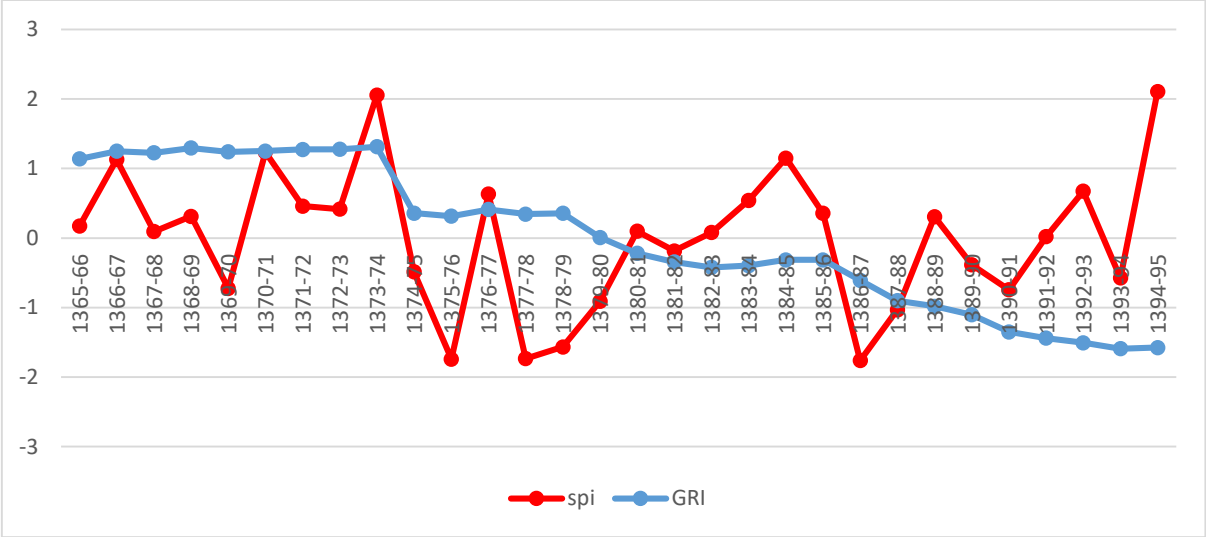
برای بررسی وجود روند تغییرات سطح آب‌های زیر زمینی محدوده‌های مورد مطالعه با استفاده از داده‌های سالانه از آزمون من- کندال و شیب سن استفاده شد که نتایج آن در جدول (۵) نشان داده شده است. همانطور که در این جدول مشاهده می‌شود، آماره من کندال برای تمامی محدوده‌ها در سطح اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار شده است و منفی بودن این آماره و شیب سن در تمامی محدوده‌ها بیانگر وجود روند کاهشی سطح آب‌های زیر زمینی محدوده‌ها برای دوره آماری مورد مطالعه است.

جدول ۵. نتایج حاصل از آزمون من کندال و تخمین گر سن برای داده‌های سطح آب‌های زیر زمینی

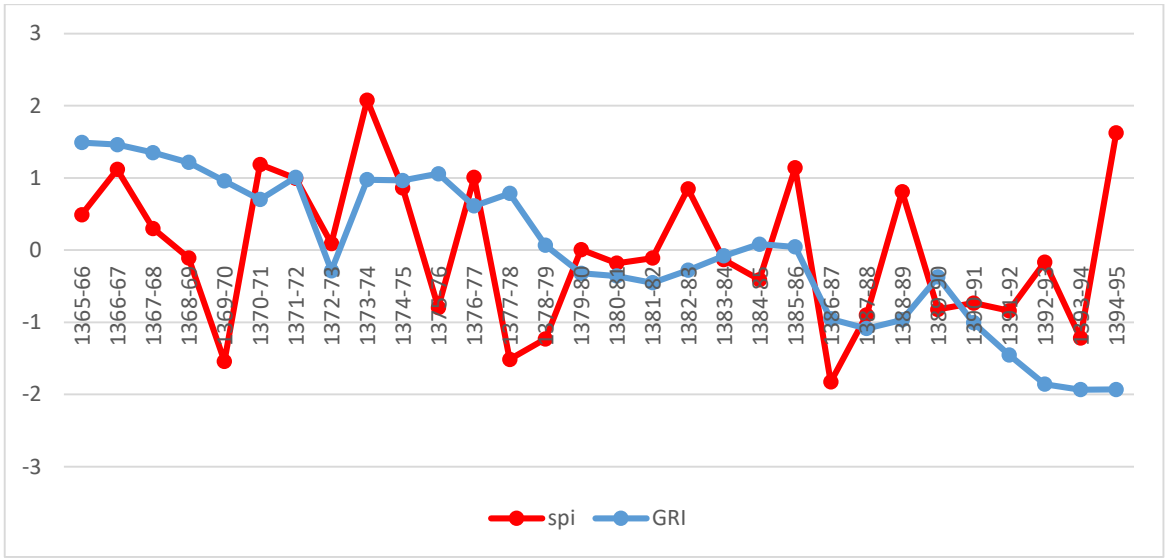
محدوده	آماره من- کندال	سطح معنی‌داری	شیب روند تخمین گر سن
اسلام آباد	-۰/۸۰۶	۰/۰۰۰	-۰/۵۸۲
بیستون- دیناور	-۰/۷۸۴	۰/۰۰۰	-۰/۲۳۷
روانسر- سنجابی	-۰/۷۵۳	۰/۰۰۰	-۰/۵۸۵
کرمانشاه	-۰/۹۱۷	۰/۰۰۰	-۰/۴۸۹
کنگاور	-۰/۸۳۳	۰/۰۰۰	-۰/۸۵۰
ماهیدشت	-۰/۷۲۳	۰/۰۰۰	-۰/۹۵۹

نمودارهای (۱)، (۲)، (۳)، (۴)، (۵) و (۶)، مقایسه تغییرات شاخص خشکسالی هواشناسی سالانه و شاخص خشکسالی آب زیر زمینی سالانه را برای محدوده‌های مورد مطالعه در دوره ۳۰ ساله از سال آبی ۱۳۶۶–۱۳۶۵ تا سال آبی ۱۳۹۵–۱۳۹۴ نشان می‌دهند. همانطور که در نمودارها مشاهده می‌شود، مقادیر شاخصSPI در طی این دوره آماری دارای نوسانات زیادی بوده اما مقادیر شاخصGRI نوسانات کمتری داشته و در سال‌های اخیر نزولی بوده است. از ابتدای دوره آماری مورد مطالعه تا سال آبی ۱۳۸۱–۱۳۸۰، خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی برای برخی از سال‌ها تا حدودی با یکدیگر رابطه مثبت دارند، اما از این سال به بعد، شاخص GRI علی رقم افزایش مقدار شاخص SPI در برخی سال‌ها، شیب نزولی پیدا کرده است که دلیل آن می‌تواند بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیر زمینی در محدوده‌های مورد مطالعه باشد. همانطور که در نمودارهای (۱)، (۴) و (۵) مشاهده می‌شود، در محدوده‌های اسلام آباد غرب، کرمانشاه و کنگاور، از سال آبی۱۳۷۵–۱۳۷۴ و همزمان با شروع خشکسالی در این سال، مقدار شاخص GRI روند نزولی پیدا کرده است و این روند نزولی علی رقم بهبود در مقدار شاخصSPI در سال‌های بعد، تا پایان دوره آماری ادامه داشته است. در محدوده بیستون- دیناور و روانسر- سنجابی، از ابتدای دوره آماری

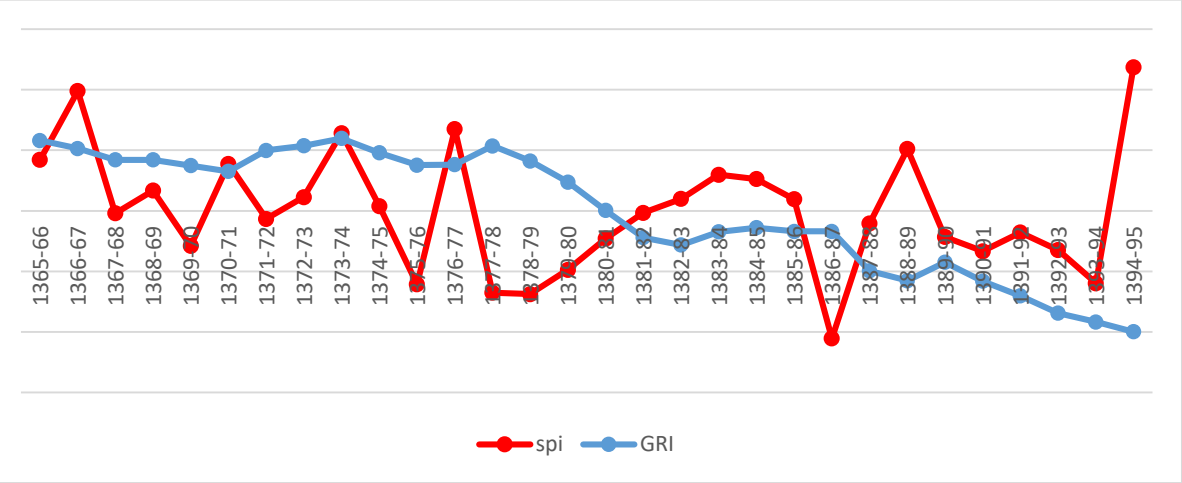
تا سال آبی ۱۳۷۸-۱۳۷۷ نوسانات شاخص GRI تا حدودی متناسب با نوسانات شاخص SPI بوده، اما از این سال تا پایان دوره آماری این شاخص روند نزولی را طی نموده است. در مورد محدوده نیز کنگاور، همانطور که در نمودار (۵) مشاهده می‌شود، مقادیر هر دو شاخص GRI و SPI از ابتدای دوره آماری تا پایان این دوره، روندی نزولی داشته‌اند که نشان دهنده این است که علاوه بر عوامل دیگر، خشکسالی نیز در کاهش سطح آب زیر زمینی این محدوده اثرگذار بوده است.



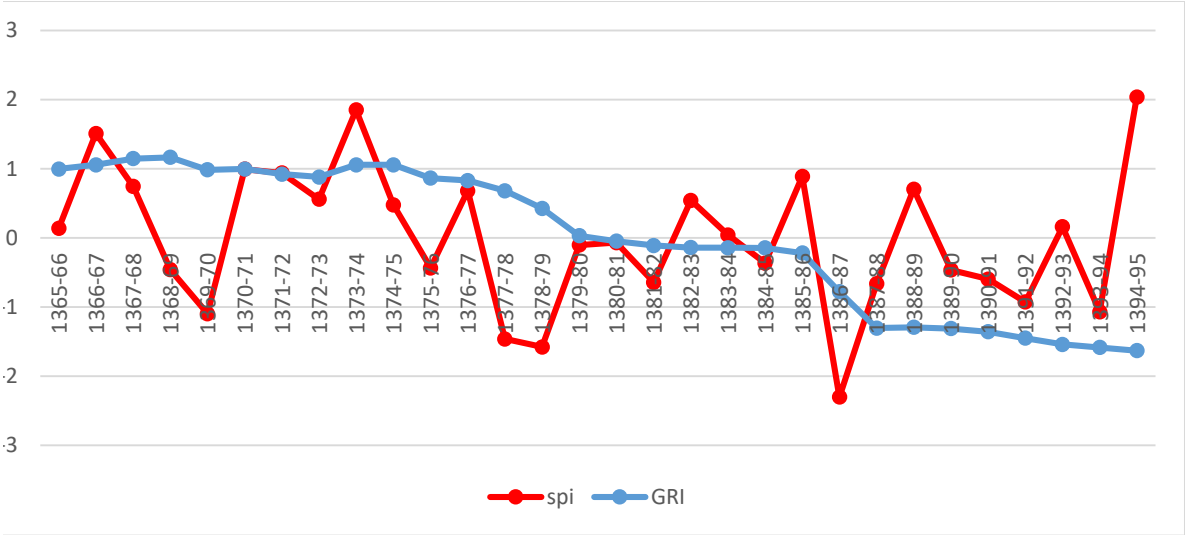
نمودار ۱. تغییرات مقادیر شاخصSPI و GRI برای محدوده اسلام آباد غرب



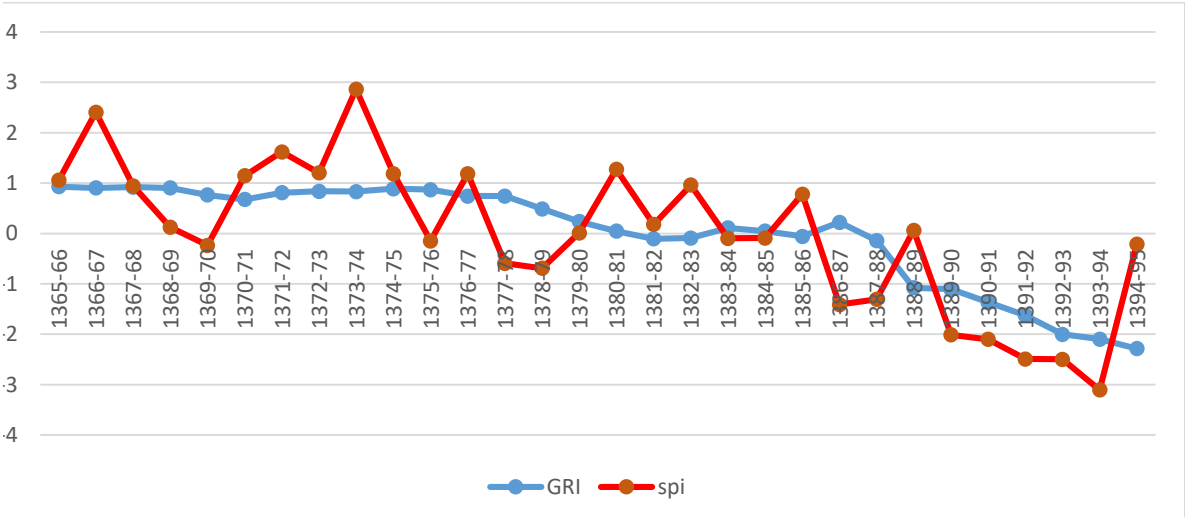
نمودار ۲. مقادیر شاخص SPI و GRI برای محدوده بیستون-دیناور



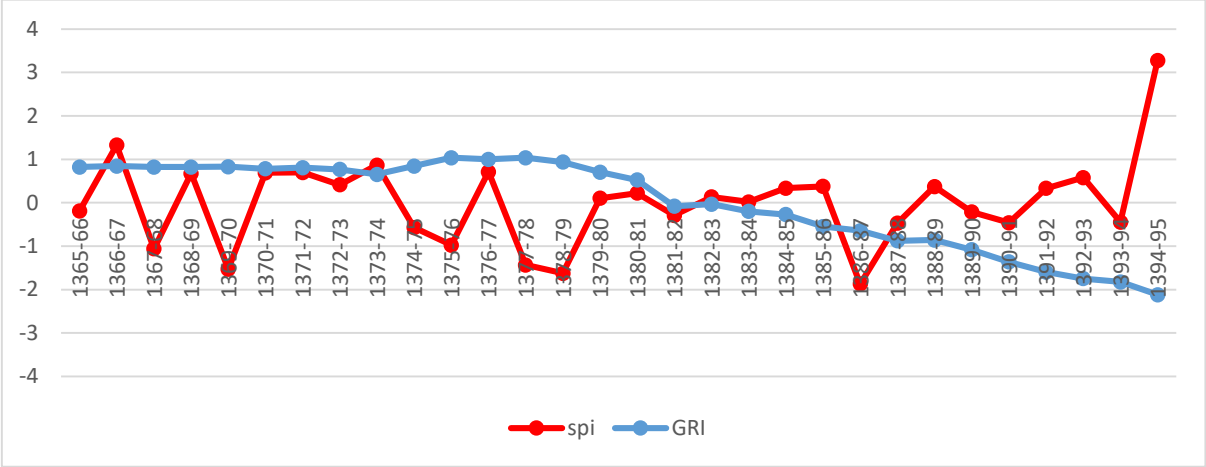
نمودار ۳. مقادیر شاخص SPI و GRI برای محدوده روانسر–سنجابی



نمودار ٤. مقادیر شاخص SPI و GRI برای محدوده کرمانشاه



نمودار ۵. مقادیر شاخص SPI و GRI برای محدوده کنگاور



نمودار ٦. مقادیر شاخص SPI و GRI برای محدوده ماهیدشت

در ادامه برای بررسی ارتباط بین خشکسالی هواشناسی و میزان سطح آب زیر زمینی در حوضه آبریز کرخه در استان کرمانشاه، ضریب همبستگی میان ارتفاع سطح آب هر محدوده و مقدار شاخص SPI در ایستگاه هواشناسی همان محدوده در دوره آماری ۳۰ ساله محاسبه شد که نتایج آن در جدول (۶) ارائه شده است. همانطور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود، فقط در دو ایستگاه روانسر– سنجابی و کنگاور همبستگی میان ارتفاع سطح آب زیر زمینی و خشکسالی و آن هم به صورت ناچیز وجود دارد و در مابقی ایستگاه‌ها همبستگی وجود نداشت.

جدول ٦. ضریب همبستگی میان ارتفاع آب زیر زمینی و مقدار SPI سالانه در محدوده‌های مورد مطالعه

ردیف	نام ایستگاه هواشناسی	محدوده مورد مطالعه	ضریب همبستگی	معنی‌داری
۱	سینوپتیک اسلام آباد	اسلام آباد	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۲	بارانسنجی بیستون– دیناور	بیستون– دیناور	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۳	تبخیر سنجی روانسر– سنجابی	روانسر– سنجابی	۰/۰۵۴	۰/۰۰۰
۴	سینوپتیک کرمانشاه	کرمانشاه	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
۵	سینوپتیک کنگاور	کنگاور	۰/۰۷۰	۰/۰۰۰
۶	سینوپتیک ماهیدشت	ماهیدشت	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

کشاورزی به علت وابستگی شدید به منابع آبی، نخستین بخشی است که از خشکسالی آسیب می‌پذیرد که در صورت ادامه آن، دیگر بخش های مرتبط با آن نیز در معرض آسیب جدی قرار می‌گیرند داده‌های بارندگی از جمله داده‌هایی است که به طور گسترده در ارزیابی خشکسالی مورد استفاده قرار می‌گیرد (Kharazmi et al., 2011). اثرگذاری رخدادهای طبیعی همچون خشکسالی می‌تواند به دو اثر مستقیم و غیرمستقیم تقسیم شود. اثرگذاری مستقیم خشکسالی به دلیل کاهش سطح زیرکشت و عملکرد محصولات، در قالب تولید موادغذایی بروز می‌کند. همچنین کاهش میزان اشتغال و سطح درآمد از جمله اثرگذاری‌های غیرمستقیم خشکسالی می‌باشد که عمده ترین دلیل آن کاهش سطح زیرکشت و کاهش عملیات داشت و برداشت است (Paul, 1998). تغییرات بارش معیار مناسبی برای ارزیابی منابع آبی است و تغییرات خشکسالی را در دوره‌های مختلف مکانی و زمانی نشان می‌دهد (Steinemman et al., 2006). نتایج شاخصSPI و GRI نشان دهنده وجود هر دو نوع خشکسالی هواشناسی و خشکسالی آب زیر زمینی در حوضه آبریز کرخه در استان کرمانشاه بود. به طوری که خشکسالی هواشناسی با نوسانات سینوسی همراه بوده، ولی خشکسالی آب زیر زمینی با نوسانات کمتری همراه بوده و به طور پیوسته در سال‌های اخیر وجود داشته است.

این یافته با یافته‌های Aleboali et al (2016) و Imani et al (2012) مطابقت دارد. همچنین نتایج حاصل از شاخص SPI نشان داد که اگرچه ایستگاه کنگاور بیشترین سال‌های مواجهه با خشکسالی را دارا بوده، اما بر اساس شاخص بزرگی دوره خشکسالی (DM)، ایستگاه اسلام آباد غرب بزرگترین دوره خشکسالی را داشته است. نتایج آزمون من– کندال و شیب تخمین گر سن نیز نشان داد، طی دوره آماری مورد مطالعه روند معناداری در تغییرات خشکسالی در محدوده‌های مورد بررسی وجود ندارد اما در مورد تغییرات سطح آب‌های زیر زمینی این روند معنادار و نزولی بوده است. در بررسی تأثیر خشکسالی هواشناسی بر سطح آب زیر زمینی با استفاده از ضریب همبستگی پیرسون، در بیشتر ایستگاه‌ها، همبستگی بین خشکسالی و افت منابع آب زیر زمینی وجود نداشت؛ بنابراین می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که کاهش منابع آب زیر زمینی در منطقه مورد مطالعه علاوه بر خشکسالی، تحت تأثیر عوامل دیگری از جمله برداشت نامتوازن و بی رویه از آبخوان‌ها جهت مصارف کشاورزی است. این یافته با یافته‌های Panda et al (2007)، Abbasnejad (2013) مطابقت دارد. با توجه به یافته‌های این پژوهش پیشنهادهای زیر ارائه می‌شود.

یافته تحقیق در مورد شاخص SPI و آماره من– کندال و شیب سن نشان داد که اگرچه خشکسالی هواشناسی در همه محدوده‌ها در دوره ۳۰ ساله مورد مطالعه با نوسانات سینوسی همراه بوده و روند معنی‌داری ندارد، اما به طور کلی و با توجه به نمودارهای مربوط به مقایسه وضعیت خشکسالی هواشناسی و هیدرولوژیکی و منفی بودن آماره من– کندال و شیب سن، روند آن نزولی بوده که نشان دهنده این است که به طور کلی میزان بارش‌ها با روندی کاهشی همراه بوده است. با توجه به این یافته و در راستای پایداری دسترسی به منابع آبی جهت مصارف مختلف در منطقه مورد مطالعه، پیشنهاد می‌شود در مصرف آب در بخش‌های مختلف و به ویژه در بخش کشاورزی که بیشترین مصرف آب را در بین بخش‌های دیگر دارد صرفه جویی به عمل آید. توسعه کشت محصولات کشاورزی کم آب‌بر به جای کشت محصولات با مصرف زیاد آب، بهبود بهره‌وری مصرف آب در مزارع از جمله راه‌کارهای موثر در این زمینه می‌باشد.

یافته تحقیق نشان داد در برخی از محدوده‌های مورد مطالعه ضریب همبستگی بین خشکسالی و افت منابع آب زیر زمینی وجود ندارد و در برخی محدوده‌ها مقدار آن ناچیز است اما مقایسه نمودارهای مربوط به روند تغییرات شاخص SPI و GRI نشان دهنده وجود تأخیر زمانی در تاثیر مقادیر شاخص SPI بر مقادیر شاخص GRI (که تحت تاثیر سطح آب زیر زمینی است) در برخی از سال‌ها است؛ بنابراین به منظور بررسی دقیق‌تر اثرات خشکسالی هواشناسی بر سطح منابع آب زیر زمینی پیشنهاد می‌شود در مطالعات مشابه این تأخیر زمانی در نظر گرفته شود.

یافته تحقیق نشان داد، سطح منابع آب‌های زیر زمینی در تمامی محدوده‌های حوضه آبریز کرخه در استان کرمانشاه روند نزولی معنی‌داری را داشته است و این روند در سال‌های اخیر شدت بیشتری پیدا کرده است. با توجه به گزارش شرکت آب منطقه‌ای استان کرمانشاه در سال ۱۳۹۸ مبنی بر اینکه یکی از مهم‌ترین عوامل افت منابع آب‌های زیر زمینی، برداشت بی رویه و نامتوازن از آبخوان‌ها جهت مصارف کشاورزی است و چنانچه این امر کنترل نشود شاهد فرونشت در دشت‌های این استان خواهیم بود. پیشنهاد می‌شود متولیان برنامه‌ریزی و اقدامات مناسب ذخیره‌سازی آب و کنترل برداشت بی رویه از منابع آب‌های زیرزمینی را داشته باشند. از جمله موثر ترین این اقدامات، توسعه فعالیت‌های مرتبط با آبخیزداری و آبخوان‌داری، فراهم کردن امکانات کنترل استحصال از منابع آب‌های زیرزمینی با تأکید بر چاه‌ها، مسدود کردن چاه‌های غیر مجاز و اعطای مشوق‌های مناسب به کشاورزان منطقه از سوی دولت به منظور کاهش مصرف منابع آب‌های زیر زمینی می‌باشد. همچنین پیشنهاد می‌شود تا با حرکت به سمت اقتصاد دانش بنیان و انجام تحقیق و توسعه در زمینه استفاده از سامانه های نوین آبیاری و راهکارهای افزایش بهره‌وری آب، اثرگذاری های منفی ناشی از خشکسالی کاهش یابد و در راستای افزایش رشد بخش کشاورزی اقدام نمود و همچنین پیشنهاد می گردد تا با انجام تحقیقات کشاورزی، فناوری های جدید و بهبود یافته ای در زمینه نهاده هاو روش های تولید ارائه شود که ضمن افزایش بهره وری عوامل تولید، نهاده هایی با بهره وری بالاتری تولید شوند. بخش کشاورزی به دلیل وابستگی بیش از حد به ذخیره رطوبتی خاک، به طور معمول نخستین بخشی است که تحت تأثیر خشکسالی قرار می‌گیرد. خشکسالی در بخش کشاورزی، منجر به کاهش محصول های کشاورزی، بیکاری نیروی کار در بخش

کشاورزی، افزایش قیمت نهاده ها و قیمت مواد غذایی و کاهش درآمد کشاورزان می شود. برای جلوگیری از اثرگذاری منفی خشکسالی، لازم است در راستای تامین مالی کشاورزان به خاطر جبران آسیب و زیان های ناشی از خشکسالی، هزینه های مبادله تسهیلات اعطایی به کشاورزان کاهش یابد. همچنین به تقویت صندوق بیمه محصولات کشاورزی پرداخته شود. افزون بر آن به توسعه کشت های گلخانه ای و استفاده از سامانه های نوین آبیاری نیز توجه بیشتری شود.

REFERENCES

Abbasnejad, A., Shahidokht, A. (2013). Study of the vulnerability of Sirjan plan with attention to over Extraction of groundwater. *Geography and territorial spatial management*. 3(7):85-96.

Aleboali, A., Ghazavi, R., & Sadatinezhad, S. J. (2016). Study the effects of drought on groundwater resources using SPI index (A case study: Kashan plain). *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 5(10), 13-22. (in farsi)

Alizadeh, A. (2004). *Principal of applied hydrology* (16th addition) .Ferdowsi University of Mashhad. 816p.p

Amirkhani, S., Chizari, M., & Hosseini, S, M. (2012). An Assessment of the Effective Factors Involved in the Type of Drought Management by Farmers (A Case study: Wheat Farmers, Varamin Township). *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*. 43(2). 223-229. (in farsi)

Chitsazan, M., & Saatsaz, M. (2005). Application of MOFLOW model in water resources management in Ramhormoz plain, *Shahid chamran University Journal of science*, 14 (1): 1-16. (in farsi)

Eslamian, S. S., Nasri, M., Rahimi, N., Ostad-Ali-Askari, K., Singh, V. P., Soltani, M., & Ghane, M. (2009). Wet and Dry Periods and its Effects on Water Resources Changes in Buin Plain Watershed. *Geography and Environmental Planning*, 1 (33), 75-90.

Ghafori, S. (2003). Development of water resource management in Iran for drought management. *3th conference of water resources management in Iran*. University of Tabriz.

Hosseini, S., Sharifzadeh, A., Gholamrezaei, S., Akbari, M. (2012). Explaining Components of Drought Crisis Management in Southeastern Rural and Nomadic Areas of Iran. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 42(2), 185-197. (in farsi)

Imani, M., & Talebi A. (2012). Study the eefects ofdrought on groundwater level change in Bahabadplain using GRI and SPI indexes. 4th Iran Water Management Conference. AmirKabir University. Tehran. Iran.

Jafari, F., Shabanali Fami, H., Daneshvar Ameri, G. (2015). Investigating and analysing of the extent of applying drought control measures by farmers of Tarom Olia County. *Iranian Journal of Agricultural Economics and Development Research*, 46(1), 35-42. (in farsi)

Kharazmi A., Dehghani Tafti A., Mashal M. and Allahdadi, A. (2011). Investigating the water crisis in Iran from the perspective of sustainable development indicators. 1 National Conference on Strategies for Achieving Sustainable Agriculture, Khuzestan University. (In Farsi).

Khosravipour, B; Khodamoradpour, Z. (2018). Water and drought crisis (Challenges and solutions). *Research in Art and Human Sciences.*14 (3), 79-91 (in farsi)

Maleki, H., solaimame, M., jaedaei, A., shater, S. (2013). Analysis of the precipitation and drought trend variations using Mann-Kendall and Sen Tests in Tehran Province. *Nivar*, 37(80-81), 43-54. (in farsi)

McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology (17, 22, 179-183). Boston, MA: American Meteorological Society.

Mendicino, G., Senatore, A., & Versace, P. (2008). A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate. *Journal of Hydrology*, 357(3-4), 282-302.

Paul, B.K. (1998). Coping mechanisms practiced by drought victims (1994/5) in North Bengal, Bangladesh. Applied Geograghy, 18(4): 355-373.

Panda, D. K., Mishra, A., Jena, S. K., James, B. K., & Kumar, A. (2007). The influence of drought and anthropogenic effects on groundwater levels in Orissa, India. *Journal of hydrology*, 343(3-4), 140-153.

Polemio, M., & Casarano, D. (2008). Climate change, drought and groundwater availability in southern Italy. *Geological Society*, London, Special Publications, 288(1), 39-51.

Rahimi, D., Movahedi, S., & Barghi H. (2009). Study of drought intensity using SPI (A cas study;

Systan and Blochestan Provence). *Geography and Environmental Planning*, 36(3):43-56. (in farsi)

Regional water Copany of Kermanshah. (2019). Report on Prohibition of Development of Groundwater Resources Exploitation in Kermanshah. Department of Groundwater Studies.

Steinemann, A. C., & Cavalcanti, L. F. (2006). Developing multiple indicators and triggers for drought plans. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 132(3), 164-174.

Talebi, A., Imani, M., Dastorani, M. (2012). Study the effects of drought on groundwater level and hydrology of the subterranean canal in Bahabad. International symposium on traditional knowledge for water management. Yazd. Iran.

Ziya, H. (2004). Hydrology of Birjand aquifer and its relationship with artificial water harvesting. (M.S. thesis), Tabriz University.