

Research Paper

Investigation of the Effects of Climate Change and Meteorological Drought on Groundwater Drought in Wet and Semi-humid Areas (Case Study: Talesh plain)

Reza Seraj Ebrahimi¹, Saeid Eslamian^{1,2}, Mohammad Javad Zareian³

1. Department of Water Science and Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran.

2. Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan university of Technology, Isfahan, Iran.

3. Department of Water Resources Study and Research, Water Research Institute (WRI), Tehran, Iran.

Received: 2021/08/29

Revised: 2021/10/16

Accepted: 2022/02/07

Use your device to scan and read the article online



DOI:

10.30495/wej.2023.28800.2331

Keywords:

Climate change , Meteorological drought ,Groundwater drought.Scenarios of RCP.

Abstract

Introduction and objectives: As a result of global warming, the climate will change in terms of average temperature and rainfall, with groundwater being one of the factors impacted. Consequently, the influence of climatic elements such as temperature and precipitation on groundwater drought values in the Talesh plain was investigated.

Materials and Methods: Initially, the LARS-WG model was used to calculate climate change values. Subsequently, using the Mann-Kendall test and the Pearson correlation of these two indices, the values of meteorological and groundwater drought indices were produced, as well as a study of the trend of these indices.

Findings and discussion: The findings of the annual changes in rainfall and temperature throughout the following period (2020–2040) reveal that precipitation of 9, 1.75, and 0.75% and the temperature of those have grown by 1.05, 1.32, and 1.81 °C under the scenarios of RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5, respectively. Also, in the basic period, the declined average level of the aquifer in this 15-year period was 0.86 m. On the other hand, the impacts of climate change on decreasing groundwater level over the future period compared to the base period under the above scenarios indicated that the aquifer by 2.07, 2.21, and 2.34 m, respectively. Although it indicates that the rainfall has risen in the area, unrestricted drain from the aquifer has resulted in a decline in groundwater. The study also reveals that meteorological drought occurred in the basic era at a rate of 49.66, 50.35, and 41.73% at the scales of 12, 24, and 48 months, respectively. Therefore, in order to mitigate the severity of the drought and avoid excessive groundwater aquifer fall in this plain, required actions are essential to decrease water consumption by water resources managers and executive bodies under the present circumstances.

Citation: Seraj Ebrahimi R, Eslamian S, Zareian M J. Investigation of the effects of climate change and meteorological drought on groundwater drought in wet and semi-humid areas (Case study: Talesh plain) Water Resources Engineering Journal. 2023; 16(56): 53-68

* **Corresponding author:** Saeid Eslamian

Address: Department of Civil Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, Najafabad, Iran , and Department of Water Engineering, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, Isfahan, Iran.

Tell: +989131157554

Extended Abstract

Introduction

In order to properly manage these resources, it is critical to understand the amount of quantitative change in groundwater resources and to establish standard and appropriate limits for various agricultural, drinking, and industrial uses. The change in the quantity of groundwater is affected by the change in the amount of precipitation. Due to over-potential agricultural activities or cultivation of crops such as rice in this area and digging unauthorized wells in forbidden plains, as well as high population concentration and water consumption in various agricultural sectors, especially industry, the Talesh plain causes the entry of various pollutants from the surface to the depths of the soil and aquifers. Therefore, due to the importance of the issue, the trend of climatic parameters of temperature and precipitation and their effect on groundwater loss values were studied.

Methods

In this study, rainfall and daily temperature data of Talesh synoptic station were collected to study the phenomenon of climate change during the period (1992-2018). Then, due to the large scale of general circulation models of the atmosphere, the LARS-WG model was used for exponential downscaling in the next period (2040-2020). In the next step, the groundwater level in the next period was calculated using the GMS10.5 model. Then, in order to study the groundwater drought and meteorology at 12, 24- and 48-months scales, the GRI and SPI indices, which are based on groundwater level and rainfall data, respectively, were used. Finally, in order to study the trend of the mentioned scales of these two indicators, Mann-Kendall test and the correlation between them, Pearson correlation test were used.

Findings and Discussion

The results of the annual rainfall changes over the next period showed that precipitation will increase by 9, 1.75, and

0.75% under the scenarios of RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5, respectively. The results of the model in examining the temperature parameter show that the mean temperature of Talesh synoptic station in the period (2020–2040) in comparison with the statistical period in scenarios RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5 is 1.05, 1.32, and 1.81°C, implying that the temperature has risen. Also, in the basic period, the average drop of the aquifer in this 15-year period was 0.86 m. On the other hand, the results showed that the effects of climate change on declining groundwater in the aquifer were 2.07, 2.21, and 2.34 m, during the period (2020–2040) compared to the base period under the scenarios of RCP2.6, RCP4.5, and RCP8.5, respectively. This shows that although rainfall has increased in the region, uncontrolled withdrawal from the aquifer has led to a decrease in groundwater. The finding also indicates that meteorological drought occurred in the base period at a rate of 49.66, 50.35, and 41.73% on the scales of 12, 24, and 48 months, respectively. On the other hand, groundwater drought at the rate of 0.03 45%, 43.88%, and 55.65% occurred on 12, 24, and 48-month scales in the basic period, respectively. Also, in the period (2020–2040), the average meteorological drought and groundwater in the comparisons of 12, 24, and 48 months were 48.61, 45.11, 45.42, 49.05, 43.25, and 48.61, respectively. 36.96% has occurred, which includes water resources management during the future period in different time periods of this period. The results of Mann-Kendall test statistics show that on most scales, including 12, 24, and 48 months, the trend of SPI and GRI drought index was significant at 95% level, and also Kendall's tau coefficients and age line slope were negative. to show the downward trend of these two parameters of groundwater drought and meteorological drought in the base period (2004–2018) and the future (2020–2040). Evaluation of the correlation between GRI and SPI indices at the level of 99% significance (P 0.01) in the base period (2004–2018) shows a positive and significant correlation of these indices at the scale of 48, 24 and 12 months at the rate of

0.364, 0.418, and 0.414 respectively in this plain. Also, this correlation in the future period (2020–2040) showed that only the 48-month scale in the RCP4.5 and RCP8.5 scenarios is without a trend, whereas in other scales and scenarios this trend is significant and positive.

Conclusion

Based on this study, in order to reduce drought damage and to prevent excessive groundwater aquifer loss in this plain, we must take the necessary measures to reduce water consumption in this plain, implement flood spreading methods, and collect rainwater in these areas. This includes the cultivation of water-deficient plants by water resource managers and executive bodies in advanced conditions.

Ethical Considerations

Compliance with ethical guidelines

All subjects full fill the informed consent.

Funding

This article is sponsored by Islamic Azad University of Najaf Abad University in the form of a Ph.D. thesis of the first author, and thus the authors of the article express their gratitude to Islamic Azad University of Najaf Abad.

Authors' contributions

Design and conceptualization: Reza Seraj Ebrahimi, Saeid Eslamian

Methodology and data analysis: Reza Seraj Ebrahimi, Saeid Eslamian, Mohammad Javad Zareian

Supervision and final writing: Saeid Eslamian

Conflicts of interest

The authors declared no conflict of interest.

مقاله پژوهشی

بررسی اثرات تغییر اقلیم و خشکسالی هواشناسی بر روی خشکسالی آب زیرزمینی در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب (مطالعه موردی: دشت تالش)

رضا سراج ابراهیمی^۱، سید سعید اسلامیان^۲، محمد جواد زارعیان^۳

۱. گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران.

۲. گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

۳. پژوهشکده مطالعات و تحقیقات منابع آب، موسسه تحقیقات آب، تهران، ایران.

چکیده

مقدمه: به دلیل گرمایش جهانی، آب و هوا از لحاظ متوسط دما و بارندگی تغییر خواهد نمود و از جمله پارامترهای متاثر از این پدیده آب زیرزمینی می باشد. لذا به بررسی روند پارامترهای اقلیمی دما و بارش و تاثیر آن بر خشکسالی آب زیرزمینی در دشت تالش پرداخته شد.

روش: ابتدا مقادیر تغییر اقلیم با استفاده از مدل Lars-WG بدست آمد. سپس مقادیر شاخص های خشکسالی هواشناسی و آب زیرزمینی و بررسی روند این شاخص ها با استفاده از آزمون من-کندال و همبستگی پیرسون این دو شاخص محاسبه شد.

یافته ها: نتایج بررسی تغییرات سالانه بارندگی و دما طی دوره آتی (۱۳۹۹-۱۴۱۹) نشان داد که به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 بارش به میزان ۹، ۱/۷۵ و ۰/۷۵ درصد و دما به میزان ۱/۰۵، ۱/۳۳ و ۱/۸۱ درجه سانتی گراد افزایش یافته است. همچنین در دوره پایه متوسط افت آبخوان در این دوره ۱۵ ساله ۰/۸۶ متر بوده است. از طرفی نتایج اثرات تغییر اقلیم بر افت آب زیرزمینی طی دوره آتی نسبت به دوره پایه به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 نشان داد که آبخوان به میزان ۲/۰۷، ۲/۲۱ و ۲/۳۴ متر می باشد که نشان می دهد که هر چند بارندگی در سطح منطقه افزایش یافته است اما همچنان برداشت بی رویه از سطح آبخوان منجر به افت آب زیرزمینی گردیده است. همچنین یافته حاکی از آن است که خشکسالی هواشناسی در دوره پایه به میزان ۴۹/۶۶، ۵۰/۳۵ و ۴۱/۷۳ درصد به ترتیب در مقیاس های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه رخ داده است.

نتیجه گیری: بنابراین به منظور کاهش خسارات خشکسالی و به منظور جلوگیری از افت بیش از حد سفره های آب زیرزمینی در این دشت، تمهیدات لازم را به منظور کاهش مصرف آب از سوی مدیران منابع آب و دستگاه های اجرایی در شرایط پیشرو را در برمی گیرد.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹

تاریخ داوری: ۱۴۰۰/۰۷/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۰۸

از دستگاه خود برای اسکن و خواندن مقاله به صورت آنلاین استفاده کنید



DOI:

[10.30495/wej.2023.28800.2331](https://doi.org/10.30495/wej.2023.28800.2331)

واژه های کلیدی:

تغییر اقلیم، خشکسالی هواشناسی، خشکسالی آب زیرزمینی، سناریوهای RCP، دشت تالش

^۱ نویسنده مسئول: سعید اسلامیان

نشانی: گروه مهندسی عمران، واحد نجف آباد، دانشگاه آزاد اسلامی، نجف آباد، ایران و گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، اصفهان، ایران.

تلفن: ۰۹۱۳۱۱۵۷۵۵۴

پست الکترونیکی: saeid@iut.ac.ir

زیرزمینی تحت تأثیر تغییرات استفاده از زمین در این بخش از منطقه باشد (۳۰). همچنین نتایج شاخص‌های SPI و PSI خشکسالی هواشناسی بر منابع آب زیرزمینی دشت کاشمر تاثیر گذار بوده است. اما عامل مهم در خشکسالی آب زیرزمینی، بهره‌برداری بیش از حد از منابع آب زیرزمینی می‌باشد که منجر به افت سطح آب به مقدار ۴۰ سانتیمتر در سال در دشت کاشمر گردیده است (۳). همچنین در دشت رفسنجان خشکسالی هواشناسی ۴۸ ماهه بیشترین انطباق را با خشکسالی آب زیرزمینی با همبستگی ۰/۴۱۴ داشته است و سطح آب زیرزمینی در این دشت تحت تاثیر تغییرات بارندگی می‌باشد (۲۲).

دشت تالش یکی از بزرگترین دشت‌های کشاورزی استان گیلان می‌باشد و قطب کشاورزی این استان محسوب می‌شود. روند روبه رشد جمعیت در دهه‌های اخیر، توسعه اجتماعی و اقتصادی، رونق کشاورزی در منطقه و نیز توسعه صنایع در این دشت، موجب افزایش برداشت از منابع آب زیرزمینی در این منطقه شده است. لذا هدف از این مطالعه بررسی روند پارامترهای اقلیمی دما و بارش و تاثیر آن بر خشکسالی آب زیرزمینی در این دشت می‌باشد. تاکنون تحقیق جامع و کاملی در این زمینه در دشت تالش انجام نگرفته است و این تحقیق برای اولین بار در این منطقه به این موضوع با این روش و تحت تاثیر تغییر اقلیم و خشکسالی هواشناسی می‌پردازد. لذا برای رسیدن به این هدف ابتدا مقادیر تغییر اقلیم با استفاده از مدل Lars-WG بدست آید. سپس مقادیر شاخص‌های خشکسالی هواشناسی و شاخص خشکسالی آب زیرزمینی محاسبه می‌گردد و در ادامه به بررسی روند این شاخص‌ها با استفاده از آزمون من-کندال پرداخته می‌شود و در نهایت به رابطه همبستگی این شاخص‌های خشکسالی پرداخته خواهد شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

دشت تالش واقع در شمال غرب استان گیلان در شمال ایران با وسعت ۴۸۸/۰۲ کیلومترمربع در موقعیت "۵' ۴۸' ۴۸° تا "۱۵' ۱۱' ۴۹° طول شرقی و "۳۵' ۳۱' ۳۷° تا "۲' ۲۷' ۳۸° عرض شمالی و محدوده ارتفاعی ۲۶- متر تا ۷۶ متر بالاتر از سطح دریای آزاد قرار دارد (شکل ۱). این منطقه از نظر آب‌وهوایی جزء مناطق مرطوب و نیمه‌مرطوب به شمار می‌آید و متوسط بارندگی سالانه آن ۱۱۳۹/۷ میلی‌متر می‌باشد (۲ و ۲۳).

در دهه‌های اخیر افزایش مصرف سوخت‌های فسیلی و افزایش دمای ناشی از آن‌ها و کاهش بارندگی باعث برهم خوردن تعادل سیستم اقلیمی کره زمین گردیده و تغییرات گسترده‌ای را در اغلب نواحی کره موجب شده است (۱۱)، به طوری که از آن به عنوان بزرگترین معضل قرن بیست‌ویکم یاد می‌شود (۹، ۱۲، ۱۳ و ۱۷). به دلیل گرمایش جهانی، آب‌وهوا از لحاظ متوسط و متغیر بارندگی تغییر خواهد کرد (۱)، به طوری که تغییرات کوچکی در آن می‌تواند تغییرات نسبتاً زیادی را در احتمال وقوع بارش‌های شدید ایجاد کند (۲۹ و ۳۱). مطمئناً برای یک برنامه‌ریزی درست برای آینده پیش‌بینی دقیق این پارامترهای اقلیمی امری کاملاً ضروری به حساب می‌آید که این امر از طریق فن ریزمقیاس‌نمایی برای بیان تغییر اقلیم در آینده میسر می‌باشد. این فن، به عنوان یک روش در تحقیقات برای ارائه اطلاعات مربوط به تغییرات اقلیمی، استفاده می‌شود. از جمله روش‌های ریزمقیاس‌سازی می‌توان به روش‌های آماری و دینامیکی اشاره نمود، روش‌های آماری به علت در دسترس بودن و کاهش هزینه نسبت به روش‌های دینامیکی برای ریزمقیاس‌نمایی استفاده می‌شوند (۵). به طوری که خروجی حاصل از شبیه‌سازی تغییرات اقلیمی در این مدل‌ها، اطلاعات قابل اعتمادی در مقیاس‌های فضایی برای کاربران ارائه می‌نماید (۲۴)، که با بررسی روند دراز مدت پارامترهای اقلیمی می‌تواند دیدگاه بهتری را جهت برنامه‌ریزی‌های آینده فراهم نماید. تحقیقات متعددی در این زمینه در داخل و خارج از کشور استفاده شده است که در زیر به تعدادی از آن‌ها اشاره شده است:

برداشت بیش از حد مجاز از سفره آب زیرزمینی و خشکسالی طولانی مدت، تاثیر مخرب‌تری نسبت به دوره‌های کوتاه در افت آب سطح ایستابی حوضه‌ی آبی دهگلان - کردستان داشته است (۱۹). اثر خشکسالی بر کمیت و کیفیت آب زیرزمینی دشت بوشکان نشان داد که آبخوان منطقه مورد مطالعه یک دوره خشکسالی متوسط را تحمل می‌کند، که به دنبال آن کیفیت آب زیرزمینی و وضعیت هدایت الکتریکی این دشت بحرانی‌تر شده است (۱۰). بررسی نقش خشکسالی هواشناسی بر تراز آب زیرزمینی دشت هشتگرد نشان داد که وضعیت خشکسالی منابع آب زیرزمینی متأثر از خشکسالی هواشناسی می‌باشد و همچنین برداشت از منابع آب زیرزمینی و ساختار زمین‌شناسی نیز می‌تواند بر این موضوع تأثیر بگذارند (۲۸). همچنین مقدار پارامترهای کیفیت آب زیرزمینی متأثر از تغییرات خشکسالی در قسمت‌های جنوبی و غربی حوزه شیبستر واقع در شمال دریاچه ارومیه افزایش یافته است و آب در این مناطق برای کشاورزی و آشامیدنی مناسب نیست. این می‌تواند به دلیل استفاده بیش از حد از آب‌های

که در آن، F_{fut} آینده و F_{obs} گذشته می‌باشد. سپس با حفظ میانگین، انحراف معیار آنها را مطابق رابطه (۲) تغییر می‌دهد (۱۴):

$$F_{fut} = \frac{STD_{obs}}{STD_{base(GCM)}} * STD_{fut(GCM)} \quad (2)$$

و در نهایت ارتباط بین دو شاخص خشکسالی از طریق همبستگی پیرسون با استفاده از نرم‌افزار SPSS بدست آمد (شکل ۲) (۷).

خشکسالی آب زیر زمینی (GRI):

در ابتدا لازم به ذکر است که محاسبات مربوط به سطح آب زیرزمینی در دوره آینده با استفاده از مدل GMS10.5 محاسبه گردید (۱۵). این نوع خشکسالی یکی از زیان‌بارترین، مخاطرات طبیعی به شمار می‌رود به طوری که این نوع خشکسالی از نظر فراوانی رخداد و هم از جنبه صدمات و زیان‌های وارده به انسان و محیط زیست در صدر قرار می‌گیرد که در درازمدت موجب کاهش منابع آب و جریان‌های سطحی و زیرزمینی می‌شود (۳۳). مقدار این شاخص با استفاده از رابطه (۳) محاسبه می‌شود (۲۵).

$$GRI = D_{ym} - U_{dm} / Q_{dm} \quad (3)$$

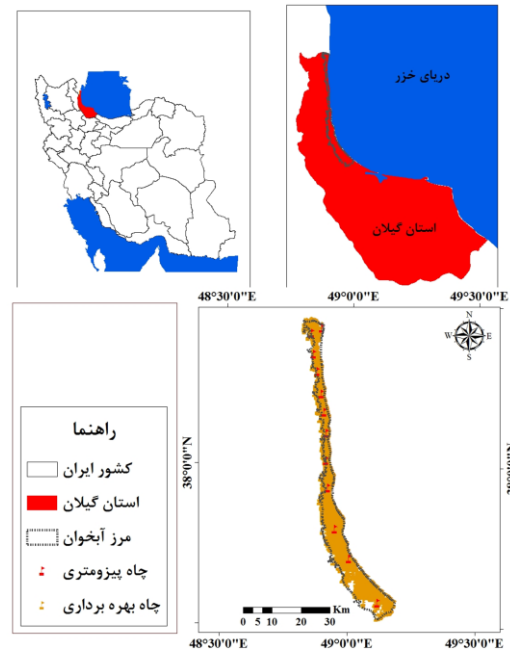
که در آن D_{ym} مقدار تراز آب زیرزمینی در سال y و ماه m ، U_{dm} و Q_{dm} به ترتیب میانگین و انحراف معیار مقادیر تراز آب زیرزمینی در ماه m در طول دوره آماری می‌باشند.

خشکسالی هواشناسی (SPI)

شاخص SPI که بر مبنای داده‌های بارندگی استوار است در سال ۱۹۹۳ برای اولین بار به منظور پایش خشکسالی‌ها در ایالت کلرادو و آمریکا مورد استفاده قرار گرفت (۲۵). در روش SPI برای پایش خشکسالی، از مقیاس‌های زمانی متعدد استفاده می‌شود. مک کی و همکاران این شاخص را برای مقیاس‌های زمانی ۱۲، ۲۴، ۴۸ ماهه محاسبه نمودند که در این تحقیق استفاده شده است (رابطه (۴)) (۸).

$$SPI = \frac{Xi - X}{\delta} \quad (4)$$

که در آن SPI، شاخص استاندارد شده بارش برای یک دوره معین، Xi بارندگی، X متوسط بارندگی و δ انحراف معیار بارش در ایستگاه می‌باشد (۸).



شکل ۱- محدوده آبخوان دشت تالش

روش تحقیق

بررسی وضعیت تغییر اقلیم

ریزمقیاس نمایی

در این تحقیق داده‌های بارش و دمای روزانه ایستگاه سینوپتیک تالش جهت بررسی پدیده تغییر اقلیم طی دوره زمانی (۲۰۱۸-۱۹۹۲) جمع‌آوری گردید. با توجه به بزرگ مقیاس بودن مدل‌های گردش عمومی جو، یکی از راهکارهای فائق آمدن بر تقیصه فضایی کم این مدل‌ها استفاده از ریزمقیاس نمایی آماری است. از جمله این مدل‌ها مدل LARS-WG است که برای ریزمقیاس نمایی از روش آماری استفاده می‌کند (۱۶، ۳۲ و ۳۳). این مدل قادر است داده‌های بارش (میلی‌متر)، دمای کمینه و بیشینه (درجه سلسیوس) و تابش خورشیدی (مگاژول بر متر مربع در روز) را برای شرایط حاضر و آینده پیش‌بینی کند. همچنین در تحلیل خود همبستگی زمانی داده‌های مینیمم و ماکزیمم مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۷). مکانیسم عمل این به این صورت است که در ابتدا با استفاده از تولید داده ماهانه که در برگزیده رفتار اقلیم پایه می‌باشد، تمامی داده‌های ماهانه را مطابق رابطه (۱) محاسبه می‌کند:

$$F_{fut} = F_{obs} + (F_{fut(GCM)} - F_{base(GCM)}) \quad (1)$$

جدول ۱- مقادیر SPI و GRI جهت طبقه‌بندی خشکسالی هواشناسی

طبقه‌بندی خشکسالی	نرمال تا مرطوب	ملازم	متوسط	شدید	بسیار شدید
مقادیر SPI و GRI	$x > 0$	$0 > x > -0.99$	$-1 > x > -1.49$	$-1.5 > x > -1.99$	$-2 > x$

آزمون ناپارامتری من کندال

آزمون من-کندال برای پاسخ به این سؤال که آیا مقادیر مرکزی یا میانه یک سری زمانی به مرور تغییر می کنند یا نه، به کار می رود. آماره آزمون من کندال از رابطه (۵) قابل محاسبه می باشد (۱۷).

$$U_{t,T} = \sum_{i=2}^n \sum_{j=1}^{i-1} \text{sgn}(X_i - X_j) \quad (5)$$

$U_{t,T}$ آماره آزمون من-کندال، X_i و X_j داده های متوالی، n طول سری زمانی و $\text{sgn}(X_i - X_j)$ تابع علامت بوده که از رابطه (۶) تعیین می شود:

$$\text{sign}(x_i - x_j) = \begin{cases} +1 & \text{if } (x_i - x_j) > 0 \\ 0 & \text{if } (x_i - x_j) = 0 \\ -1 & \text{if } (x_i - x_j) < 0 \end{cases} \quad (6)$$

میانگین $E(S)$ و واریانس آماره به ترتیب زیر بدست می آید (رابطه ۷):

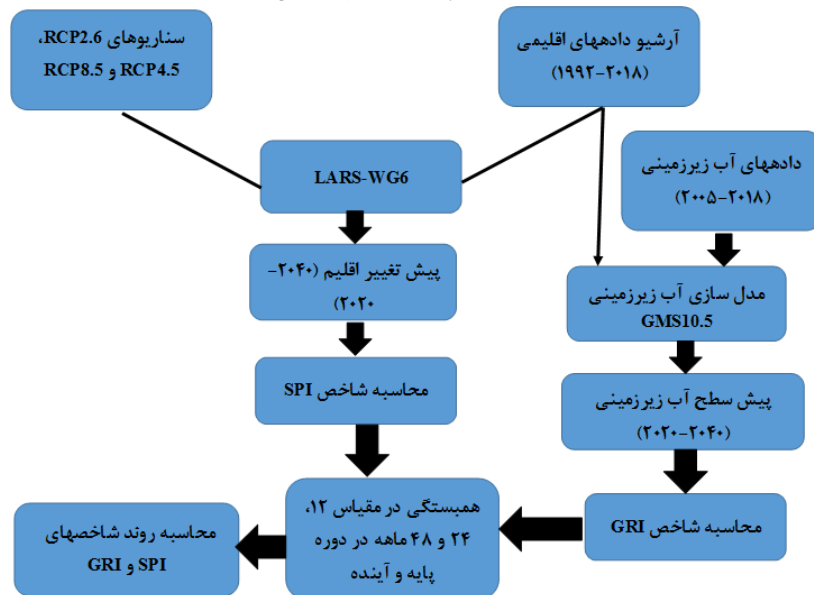
$$\begin{aligned} E(S) &= 0 \\ \text{var}(s) &= \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{p=1}^n tp(p)(p-1)(2p+5)}{18} \end{aligned} \quad (7)$$

مقدار مثبت Z روند افزایش و مقدار منفی Z روند کاهشی سری زمانی را نشان می دهد. همچنین برای آزمودن روند افزایش یا کاهش یکنواخت در سطح معنی داری P ، اگر مقدار Z بزرگتر از $Z_{1-p/2}$ باشد، فرض صفر رد می شود. ($Z_{1-p/2}$ از جدول توزیع تجمعی نرمال استاندارد بدست می آید). برای این کار، سطح معنی دار 0.1 و $p=0.5$ یا $p=0.05$ به کار می رود (۲۰). در نهایت به منظور بررسی همبستگی مقیاس های ذکر شده این دو شاخص خشکسالی از آزمون همبستگی پیرسون استفاده گردید.

t_p تعداد دنباله ها برای p امین مقدار و p تعداد مقادیر دنباله ها است. جزء دوم در فرمول فوق یک تعدیل برای دنباله یا داده های حساس است. آماره استاندارد شده آزمون Z از رابطه (۸) بدست می آید.

$$z = \begin{cases} \frac{s-1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & \text{if } s > 1 \\ 0, & \text{if } s > 0 \\ \frac{s+1}{\sqrt{\text{var}(s)}}, & \text{if } s > -1 \end{cases} \quad (8)$$

شکل ۲- مراحل انجام تحقیق



داده های آب و هوایی توسط مدل LARS-WG، نتایج نهایی در مقایسه صورت گرفته حاکی از کاهش بارش ۳، ۱۵ و ۱۵ درصد در فصل تابستان به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 می باشد. از طرفی در مقیاس سالانه بارندگی طی دوره آتی به میزان ۹، ۱/۷۵ و ۰/۷۵ درصد به ترتیب تحت سناریوهای RCP افزایش می یابد. همچنین بارش ها در اواخر فصل بهار و فصل تابستان

نتایج

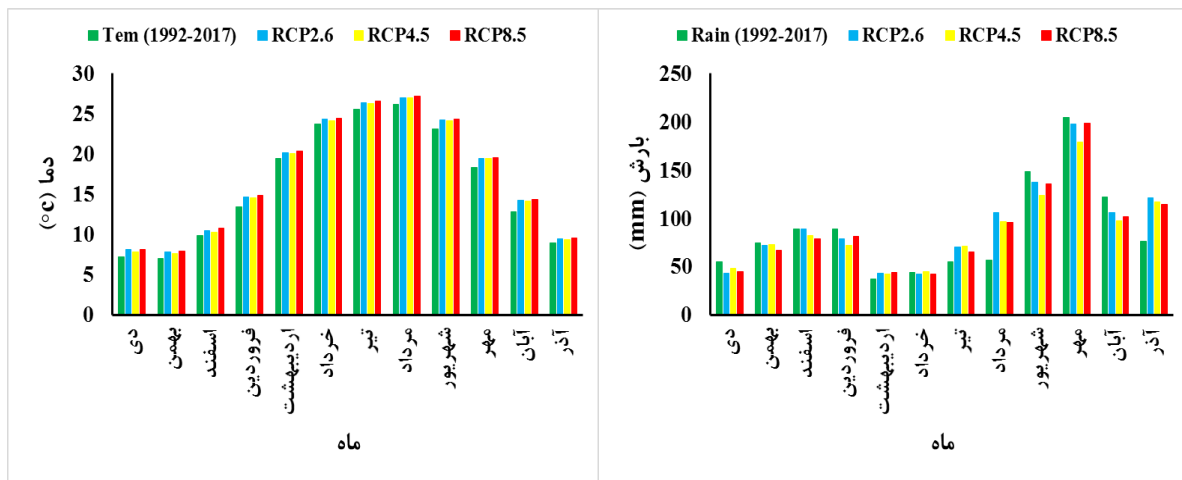
با توجه به رفتار اقلیم ایستگاه تالش در دوره گذشته و همچنین سه سناریوی اقلیمی تهیه شده از خروجی مدل HadGEM2-ES، میزان بارش های ماهانه و متوسط دما ایستگاه سینوپتیک مورد مطالعه در دو دوره (۱۳۹۹-۱۴۱۹) محاسبه گردید. پس از کالیبراسیون، تحلیل آماری و صحت سنجی داده های مشاهداتی و به دنبال آن تولید و بررسی

سانتی گراد افزایش یافته است. در مقیاس ماهانه در تمامی سناریوهای RCP در این ایستگاه شاهد افزایش دما در تمامی ماهها هستیم. به طوری که تغییرات افزایش دما از سمت فصول زمستان صورت گرفته است و در صورت رخ دادن بارش برف در منطقه، تغییرات تدریجی برف از فصل زمستان شروع می‌گردد (جدول ۱ و نمودار ۱).

کاهش یافته است. به نظر می‌رسد الگوی بارش‌های فصل سرد به انتهای این فصل جابجا شده‌اند. نتایج مدل در بررسی پارامتر دما نشان می‌دهد که میانگین دمای ایستگاه سینوپتیک تالش در دوره (۱۳۹۹-۱۳۹۹) در مقایسه با دوره آماری پایه در سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 به ترتیب ۱/۰۵، ۱/۳۲ و ۱/۸۱ درجه

جدول ۱- نتایج تغییرات بارش و دما دشت تالش در دوره (۱۳۹۹-۱۴۱۹) نسبت به دوره پایه

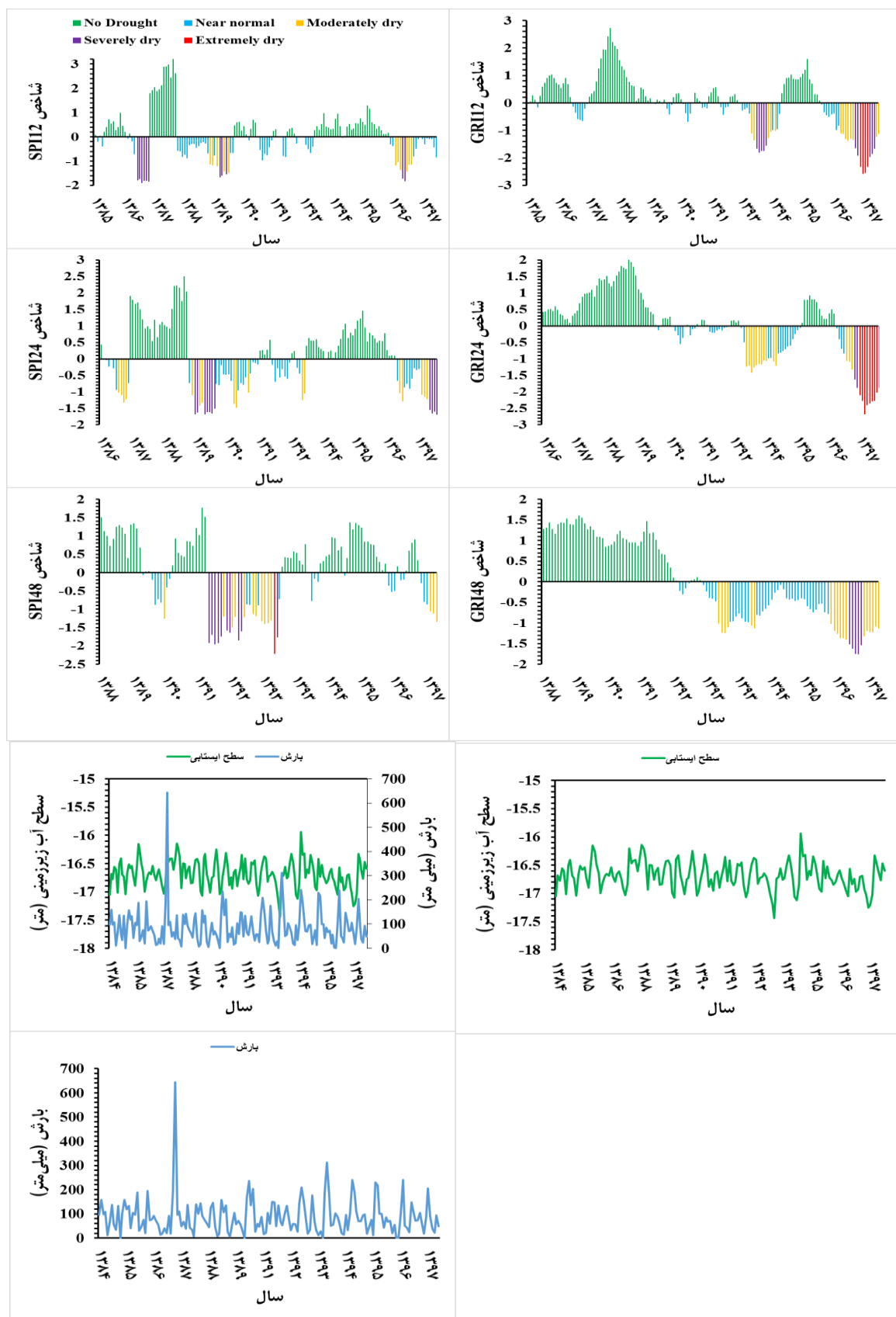
ماه	بارش			دما		
	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
Jan	۱/۱۲	۱/۲۱	۱/۰۴	۱/۵۰	۱/۱۰	۱/۵۷
Feb	۱/۰۶	۱/۱	۰/۹۳	۱/۵۹	۱/۰۴	۱/۷۰
Mar	۱/۱۸	۱/۰۳	۱	۱/۴۴	۱/۰۸	۱/۸۶
Apr	۱/۱۹	۱/۰۱	۱/۱۱	۱/۳۵	۱/۱۹	۱/۸۱
May	۱/۰۵	۱/۰۳	۱/۰۹	۱/۴۴	۱/۲۲	۱/۶۵
Jun	۰/۹۴	۱/۰۵	۰/۹۴	۱/۵۴	۱/۲۰	۱/۷۱
Jul	۰/۹۵	۰/۹۶	۰/۸۱	۱/۵۹	۱/۳۸	۱/۹۷
Aug	۰/۹۹	۰/۸۲	۰/۸۱	۱/۷۴	۱/۶۷	۲/۱۷
Sep	۰/۹۵	۰/۷۶	۰/۹۳	۱/۹۵	۱/۹۱	۲/۱۶
Oct	۱/۰۳	۰/۸۶	۱/۰۴	۱/۷۶	۱/۷۳	۱/۹۸
Nov	۱/۲۹	۱/۱۱	۱/۱۸	۱/۳۸	۱/۲۷	۱/۶۹
Dec	۱/۳۳	۱/۲۷	۱/۲۱	۱/۳۱	۱/۱۱	۱/۵۴



نمودار ۱- میانگین تغییرات بارش و دما تحت سناریوهای RCP طی دوره آتی (۱۳۹۹-۱۴۰۲) نسبت به دوره پایه

در مقدار این شاخص افزوده می‌گردد به طوری که نتایج آن در شکل (۳) نشان می‌دهد که با گذشت زمان مقدار این شاخص خشکسالی افزایش می‌یابد. به طوری که در سال ۱۳۸۸ این شاخص مثبت بوده و از این سال به بعد روند نزولی خود را طی می‌نماید به طوری که در سال‌های انتهایی دوره پایع مقدار آن به بیش از ۲- می‌رسد که نشان دهنده افزایش خشکسالی در منطقه و بهره‌برداری بیش از منابع آب زیرزمینی در این دشت می‌باشد و این شاخص متاثر از شاخص خشکسالی هواشناسی مطابق با شکل (۳) می‌باشد.

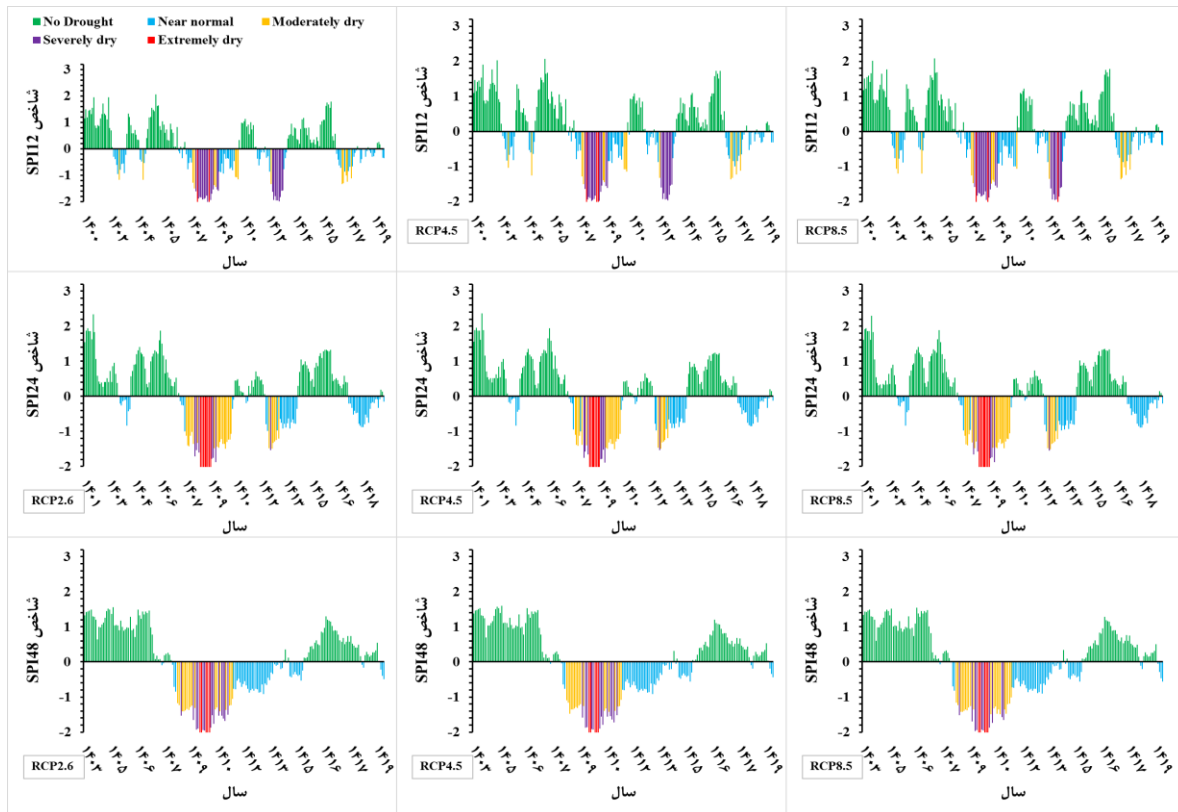
مطابق شکل (۳) طی دوره ۱۵ ساله تنها در سال‌های ۱۳۸۵، ۱۳۸۷، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در نمایه SPI12 ماهه، ۱۳۸۷، ۱۳۸۸، ۱۳۹۳، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در نمایه SPI24 ماهه و در سال‌های ۱۳۸۸، ۱۳۸۹، ۱۳۹۱، ۱۳۹۲، ۱۳۹۴ و ۱۳۹۵ در نمایه SPI48 ماهه منطقه شاهد دوره ترسالی بوده است. همچنین شکل (۳) تأثیر بارندگی بر سطح آب زیرزمینی را نشان داده است به نوعی که متوسط افت آبخوان طی این دهه ۰/۸۶ بوده است. نتایج بررسی شاخص افت آب زیرزمینی و در نهایت شاخص خشکسالی GRI در این دشت نشان داد که با گذر زمان



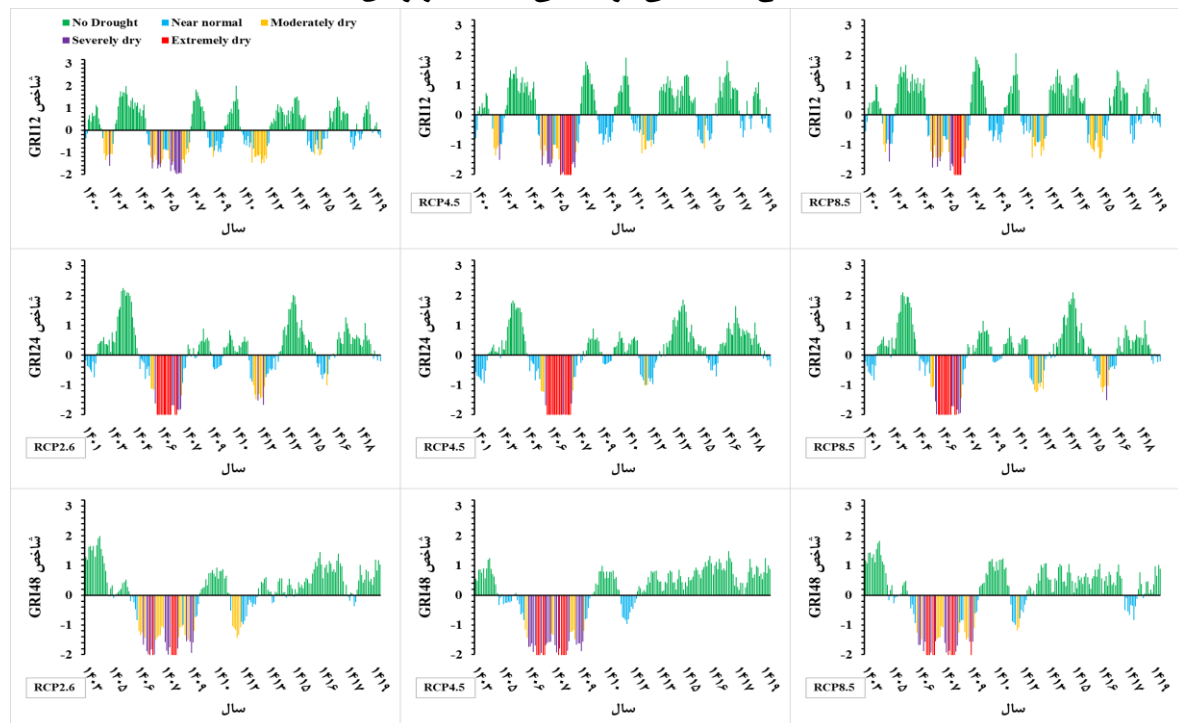
شکل ۳- تغییرات بارندگی، تراز آب زیرزمینی، نمایه SPI و نمایه GRI در بازه زمانی (۱۳۸۴-۱۳۹۷)

و کاهش این نوع خشکسالی تاثیر بسزایی دارد. همچنین مطابق با این دو شکل باید ذکر نمود در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 شاهد افت آب زیرزمینی بیشتری هستیم.

مطابق شکل (۴ و ۵) می توان اذعان نمود که در هر سه سناریو تغییر اقلیم میزان افت آب زیرزمینی را شاهد می باشیم که این افت آب منطبق با میزان خشکسالی هواشناسی تحت تاثیر این سناریو می باشد. به عبارتی می توان اذعان نمود که شاخص خشکسالی آب زیرزمینی متأثر از مقادیر بارندگی می باشد. افزایش یا کاهش بارندگی در افزایش



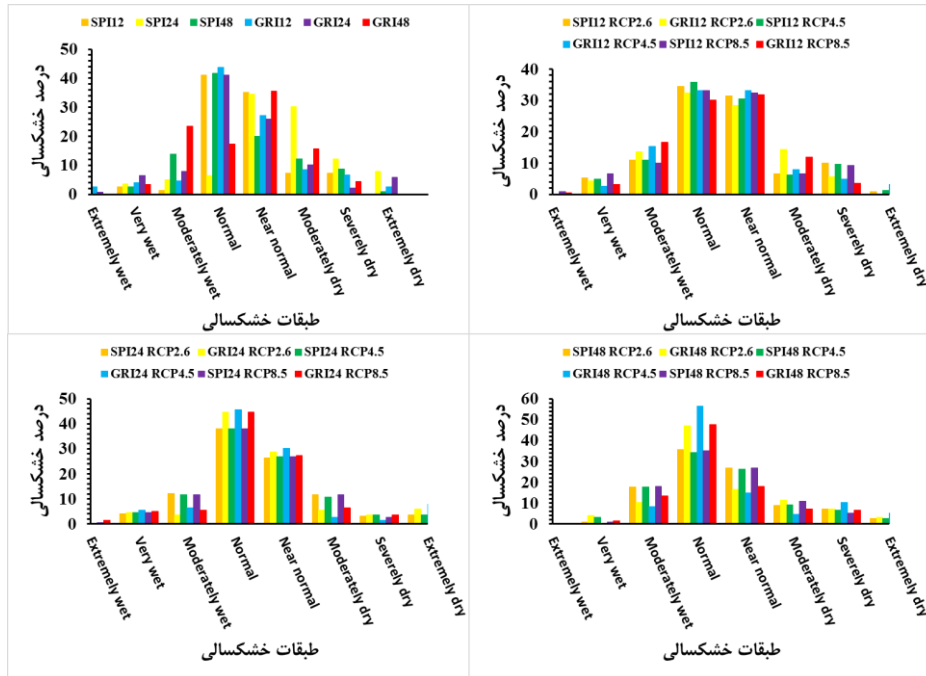
شکل ۴- نتایج خشکسالی هواشناسی تحت سناریوهای RCP



شکل ۵- نتایج خشکسالی آب زیرزمینی تحت سناریوهای RCP

طوریکه خشکسالی متوسط و نرمال در قسمت اعظم این منطقه را در بر گرفته است و خشکسالی‌ها از سمت خشکسالی نرمال به سمت خشکسالی شدید گسترش دارند (شکل ۶).

همچنین در دوره پایه (۱۳۹۷-۱۳۸۴) و آینده (۱۴۱۹-۱۳۹۹) با توجه به نمایه SPI و GRI در مقیاس‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه در سطح منطقه افزایش خشکسالی مربوط به این دو شاخص رخ داده است. به



شکل ۶- درصد طبقات خشکسالی دشت تالش در بازه زمانی (۱۳۹۷-۱۳۸۴) و آینده (۱۴۱۹-۱۳۹۹)

و شیب خط سن منفی می‌باشند که نشان دهنده روند نزولی این دو پارامتر خشکسالی آب زیرزمینی و هواشناسی در دوره پایه (۱۳۹۷-۱۳۸۴) و آینده (۱۴۱۹-۱۳۹۹) می‌باشد

نتایج آماره‌های آزمون من-کندال حاکی از آن است در اکثر مقیاس‌ها اعم از ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه روند نمایه خشکسالی SPI و GRI در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است و همچنین ضرایب Kendall's tau

جدول ۲- نتایج آماره‌های آزمون من-کندال نمایه‌های SPI و GRI دشت تالش طی دوره پایه و آتی

شاخص	سناریو	Kendall's tau	p-value	Sen's slope:	روند
GRI12		-۰/۳۷۷	<۰/۰۰۱	-۰/۰۱۳	دارد
SPI12		-۰/۰۲۴	۰/۶۷۰	-۰/۰۰۰۷	ندارد
GRI24	دوره پایه	-۰/۴۷۰	<۰/۰۰۱	-۰/۰۱۷	دارد
SPI24		-۰/۰۶۱	۰/۲۸۷	-۰/۰۰۳	ندارد
GRI48		-۰/۷۲۸	<۰/۰۰۱	-۰/۰۲۷	دارد
SPI48		-۰/۰۶۸	۰/۲۸۸	-۰/۰۰۳	ندارد
	RCP2.6	-۰/۱۵	۰/۰۰۰۹	-۰/۰۰۴	دارد
SPI12	RCP4.5	-۰/۱۶	۰/۰۰۰۴	-۰/۰۰۴	دارد
	RCP8.5	-۰/۱۵	۰/۰۰۰۹	-۰/۰۰۴	دارد
	RCP2.6	-۰/۱۳	۰/۰۰۳	-۰/۰۰۳	دارد
SPI24	RCP4.5	-۰/۱۶	۰/۰۰۰۷	-۰/۰۰۴	دارد
	RCP8.5	-۰/۱۳	۰/۰۰۵	-۰/۰۰۳	دارد
SPI48	RCP2.6	-۰/۰۷	۰/۱۳	-۰/۰۰۳	ندارد
	RCP4.5	-۰/۰۹	۰/۰۷	-۰/۰۰۳	ندارد

ندارد	-۰/۰۰۳	۰/۱۲	-۰/۰۸	RCP8.5	
ندارد	۰/۰۰۱-	۰/۲۱	۰/۰۶-	RCP2.6	
دارد	۰/۰۰۲-	۰/۰۲	۰/۱۱-	RCP4.5	GRI12
ندارد	۰/۰۰۱-	۰/۳۷	۰/۰۴-	RCP8.5	
دارد	۰/۰۰۲-	۰/۰۱	۰/۱۱-	RCP2.6	
دارد	۰/۰۰۴-	< ۰/۰۰۰۱	۰/۲۲-	RCP4.5	GRI24
ندارد	۰/۰۰۲-	۰/۰۸	۰/۰۸-	RCP8.5	
دارد	۰/۰۰۶-	< ۰/۰۰۰۱	۰/۲۲-	RCP2.6	
دارد	۰/۰۰۹-	< ۰/۰۰۰۱	۰/۳۸-	RCP4.5	GRI48
دارد	۰/۰۰۴-	۰/۰۱	۰/۱۲-	RCP8.5	

جدول ۲- ماتریس همبستگی بین نمایه‌های GRI و SPI در مقایسه‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه

سناریو	نمایه	آماره	N	SPI12	SPI24	SPI48
دوره پایه	GRI12			**۰/۳۶۴		
	GRI24	همبستگی پیرسون	۱۱۵		**۰/۴۱۸	
	GRI48					**۰/۴۱۴
		Sig. (2-tailed)		۰/۰۰۰	/۰۰۰	۰/۰۰۰
سناریو	نمایه	آماره	N	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
RCP2.6				۰/۳۲۱**		
RCP4.5	GRI12	همبستگی پیرسون	۲۲۹		۰/۳۹۸**	
RCP8.5						۰/۴۲۶**
		Sig. (2-tailed)		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
سناریو	نمایه	آماره	N	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
RCP2.6				۰/۲۹۱**		
RCP4.5	GRI24	همبستگی پیرسون	۲۱۵		۰/۳۷۸**	
RCP8.5						۰/۴۴۱**
		Sig. (2-tailed)		۰/۰۰۰	۰/۰۰۰	۰/۰۰۰
سناریو	نمایه	آماره	N	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5
RCP2.6				۰/۲۰۲**		
RCP4.5	GRI48	همبستگی پیرسون	۱۹۳		۰/۰۴۴	
RCP8.5						۰/۰۰۷
		Sig. (2-tailed)		۰/۰۰۵	۰/۵۴۸	۰/۹۱۸

** Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

شده است. همچنین یافته‌ها حاکی از آن است که خشکسالی هواشناسی در دوره پایه به میزان $۴۹/۶۶$ ، $۵۰/۳۵$ و $۴۱/۷۳$ درصد به ترتیب در مقیاس‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه رخ داده است که با نتایج (۷) در بررسی خشکسالی هواشناسی در استان تهران همخوانی دارد. از طرفی خشکسالی آب زیرزمینی به میزان $۴۵/۰۳$ ، $۴۳/۸۸$ و $۵۵/۶۵$ درصد به ترتیب در مقیاس‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه در دوره پایه رخ داده است. همچنین در بازه زمانی (۱۳۹۹-۱۴۱۹) به طور متوسط خشکسالی هواشناسی و آب زیرزمینی در مقیاس‌های ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه به ترتیب به میزان $۴۸/۶۱$ ، $۴۵/۱۱$ ، $۴۵/۴۲$ ، $۴۹/۰۵$ ، $۴۳/۲۵$ و $۳۶/۹۶$ درصد رخ داده است که مدیریت منابع آبی را در طی دوره آبی در بازه‌های مختلف زمانی این دوره دربر می‌گیرد. نتایج آماره‌های آزمون من-کندال حاکی از آن است در اکثر مقیاس‌ها اعم از ۱۲، ۲۴ و ۴۸ ماهه روند نمایه خشکسالی SPI و GRI در سطح ۹۵ درصد معنی‌دار بوده است که با بررسی خشکسالی در حوضه کرخه همخوانی دارد (۲۰) و همچنین ضرایب Kendall's tau و شیب خط سن منفی می‌باشند که نشان دهنده روند نزولی این دو پارامتر خشکسالی آب زیرزمینی و خشکسالی هواشناسی در دوره پایه (۱۳۹۷-۱۳۸۴) و آینده (۱۴۱۹-۱۳۹۹) می‌باشد. بررسی همبستگی بین نمایه SPI و GRI در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد ($P < 0.01$) در دوره پایه (۱۳۹۷-۱۳۸۴) بیانگر همبستگی مثبت و معنی‌دار این نمایه‌ها در مقیاس ۴۸، ۲۴ و ۱۲ ماهه به ترتیب به میزان $۰/۳۶۴$ ، $۰/۴۱۸$ و $۰/۴۱۴$ در این دشت می‌باشد. همچنین این همبستگی در دوره آینده (۱۳۹۹-۱۴۱۹) نشان داد که تنها در مقیاس ۴۸ ماهه در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 بدون روند می‌باشد و در سایر مقیاس‌ها و سناریوهای این روند معنادار و مثبت می‌باشد. بنابراین به منظور کاهش خسارات خشکسالی و به منظور جلوگیری از افت بیش از حد سفره‌های آب زیرزمینی در این دشت، تمهیدات لازم را به منظور کاهش مصرف آب، اجرای روش‌های پخش سیلاب و جمع‌آوری آب حاصل از باران در این مناطق و کشت گیاهان کم آب بر از سوی مدیران منابع آب و دستگاه‌های اجرایی در شرایط پیشرو را در بر می‌گیرد. در نهایت می‌توان اذعان نمود که در بررسی نتایج اثرات تغییر اقلیم و خشکسالی هواشناسی بر روی خشکسالی آب زیرزمینی در مناطق مرطوب و نیمه مرطوب که یکی از فاکتورهای مهم در این مناطق می‌باشد، می‌توان برای سیاست‌گذاری و تصمیم‌گیری مناسب در برخورد با این پدیده مخرب استفاده نمود.

References

- Ahmadaali, K., Damaneh, H. E., Ababaei, B., & Damaneh, H. E. (2021). Impacts of droughts on rainfall use efficiency in different climatic zones and land uses in Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(2), 1-15.
- Al-Sheikh, A., Hamrah, M., Helali, M., Fatehi, A. (2004). Application of GIS in Groundwater Resources Balance of Talesh Plain, *Applied Research in*

بررسی همبستگی بین نمایه SPI و GRI در سطح معنی‌داری ۹۹ درصد ($P < 0.01$) در دوره پایه (۱۳۹۷-۱۳۸۴) بیانگر همبستگی مثبت و معنی‌دار این نمایه‌ها در مقیاس ۴۸، ۲۴ و ۱۲ ماهه به ترتیب به میزان $۰/۳۶۴$ ، $۰/۴۱۸$ و $۰/۴۱۴$ در این دشت می‌باشد (جدول ۲). همچنین این همبستگی در دوره آینده (۱۳۹۹-۱۴۱۹) نشان داد که تنها در مقیاس ۴۸ ماهه در سناریوهای RCP4.5 و RCP8.5 بدون روند می‌باشد و در سایر مقیاس‌ها و سناریوهای این روند معنادار و مثبت می‌باشد.

بحث و نتیجه‌گیری

اطلاع یافتن از میزان تغییرات کمی منابع آب زیرزمینی و تعیین حدود استاندارد و مناسب آن برای مصارف گوناگون کشاورزی، شرب و صنعت به منظور مدیریت صحیح این منابع اهمیت زیادی دارد. تغییر در کمیت آب زیرزمینی متأثر از تغییر در میزان بارش می‌باشد. دشت تالش به علت انجام فعالیت‌های کشاورزی بیش از حد پتانسیل منطقه و یا کشت محصولات چون برنج در در این منطقه و حفر چاه‌های غیر مجاز در دشت‌های ممنوعه، همچنین تمرکز بالای جمعیت و مصرف آب در بخش‌های مختلف کشاورزی و به خصوص صنعت، سبب ورود انواع آلاینده‌ها از سطح به عمق خاک و سفره‌های آب زیرزمینی گردیده است. نتایج بررسی تغییرات سالانه بارندگی طی دوره آبی نشان داد که بارش به میزان ۹، $۱/۷۵$ و $۰/۷۵$ درصد به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 افزایش می‌یابد. نتایج مدل در بررسی پارامتر دما نشان می‌دهد که میانگین دمای ایستگاه سینوپتیک تالش در دوره (۱۳۹۹-۱۴۱۹) در مقایسه با دوره آماری در سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5، $۱/۰۵$ ، $۱/۳۲$ و $۱/۸۱$ درجه سانتی‌گراد افزایش یافته است که با نتایج (۶) مطابقت دارد آنها در تحقیق خود بیان نمودند که با افزایش گرمایش جهانی مقدار بارندگی در ایستگاه میناب و بندرعباس دما افزایش و میزان بارندگی کاهش می‌نماید. همچنین در دوره پایه متوسط افت آبخوان در این دوره ۱۵ ساله به $۰/۸۶$ متر بوده است. از طرفی نتایج اثرات تغییر اقلیم بر افت آب زیرزمینی طی دوره (۱۳۹۹-۱۴۱۹) نسبت به دوره پایه به ترتیب تحت سناریوهای RCP2.6، RCP4.5 و RCP8.5 نشان داد که آبخوان به میزان $۲/۰۷$ ، $۲/۲۱$ و $۲/۳۴$ متر می‌باشد که نشان می‌دهد که هر چند بارندگی در سطح منطقه افزایش پیدا نموده است اما همچنان برداشت بی‌رویه از سطح آبخوان منجر به افت آب زیرزمینی

Geographical Sciences (Geographical Sciences), 3 (3-4), pp. 119-99.

- Azadi S, Memarain H, Pourreza M, Abedinpour M, Akbari M. (2020). Evaluation of temporal-spatial changes of groundwater resources in Kashmar plain based on time series analysis of precipitation and drought data. *Journal of*

- Rainwater Catchment Systems, 8 (1) :55-69.
4. Babaei Fini, A., Qasemi., A., Fatahi, A. (2014). Investigating the Impact of Climate Change on the Trend of Iran Earth's Limit Rainfall Profiles. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*, Vol. 1, No. 3, pp. 103-85.
 5. Eskandari Damaneh, H., Zehtabian, G., Khosravi, H., Azarnivan, H., & Barati, A. (2020). Investigating the Influence of Drought on Trend of Vegetation Changes in Arid and Semiarid Regions, Using Remote Sensing Technique: A Case Study of Hormozgan province. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 9(28), 13-28.
 6. Eskandari Damaneh, Hamed; Zehtabian, Gholamreza; Khosravi, Hassan; Azarnivand, Hussein; Barati, Ali Akbar. (2020). Simulation and forecasting of climatic components of temperature and precipitation in arid regions (Case study: Minab plain), 18 (66), 110-127.
 7. Eskandari Damaneh, Hamed; Zehtabian, Gholamreza; Khosravi, Hassan; Azra, Ali. (2016). Investigation and analysis of temporal and spatial relationship between meteorological and hydrological drought in Tehran province. *Scientific-Research Quarterly of Geographical Information "Sepehr"*, 24 (96), 113-120.
 8. Eskandari Domaneh, Hadi; Eskandari Damaneh, Hamed; Khosravi, Hassan, Gholami, Hamid. (2019). Drought analysis and monitoring using NDVI vegetation index (Case study: West Basin of Jazmourian Wetland). *Rangeland Journal*, 13 (3), pp. 461-475.
 9. European Environment Agency. (2008). European Environment Agency. European Environment Agency.
 10. Faryabi, Mohammad and Jafar. Mozaffarizadeh. (2017). the effect of drought on the quantity and quality of groundwater resources in Bushkan plain. 14th National Conference on Irrigation and Evaporation Reduction. Kerman.
 11. Ghorbani, M., Eskandari-Damaneh, H., Cotton, M., Ghoochani, O. M., & Borji, M. (2021). Harnessing indigenous knowledge for climate change-resilient water management—lessons from an ethnographic case study in Iran. *Climate and Development*, 1-14.
 12. IPCC- TG CIA. (2007): Guidelines on the Use of Scenario Data for Climate impact and Adaption Assessment. Version 2. Prepared by Carter, T. R. Hulme, M. and Lal, M. Intergovernmental Panel on Climate change, Task Group on Scenarios for Climate Impact Assessment, 66 PP.
 13. IPCC, 2013. Summary for policymakers. In: Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., Midgley, P.M. (2013). *Climate Change: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
 14. Jafary Godeneh, M., Salajegheh, A., Haghghi, P. (2020). "Comparative prediction of precipitation and temperature in Kerman city using models." *LARS-WG6 Journal of Echo Hydrology* 7 (2), pp. 538-529.
 15. Jafary Godeneh, M., Salajegheh, A., Malekian, A. (2021). Investigating the Impact of Different Climate Change Scenarios on Groundwater Fluctuations in Arid and Semi-Arid Regions (Case Study: Kerman Plain), *Irrigation & Water Engineering*, 11(44), 252-275.
 16. Karimi, M., Nabizadeh, A. (2018). Evaluation of Climate Change Impacts on Climate Parameters of Lake Urmia Watershed during 2040-2011 Using LARS-WG Model. *Journal of Geography and Planning*, Vol. 22, No. 65, pp. 285-267.
 17. Kazmi, D. H., Rasul, G., Li, J., & Cheema, S. B. (2014). Comparative study for ECHAM5 and SDSM in downscaling temperature for a geo-climatically diversified region, Pakistan. *Applied Mathematics*, 5(1), 137.
 18. Kendall, M.G. (1975). *Rank Correlation Methods*, 4th edition, Charles Griffin, London.
 19. Khoshhal, Javadagh Ghayyur, Hassan Ali; Moradi, Massoud (2012), The effect of drought on groundwater in the Dehghan-

- Kurdistan watershed, Journal of Geographical Research, 79, 19-36.
20. Khosravi, H., Eskandari Dameneh, H., Eskandari Dameneh, H., Borji, M., & Nakhaee Nejadfard, S. (2018). Drought Trend Assessment in Riverheads of Karkheh and Dez Basins based on Streamflow Drought Index (SDI). Desert Ecosystem Engineering Journal, 1(2), 45-54.
 21. Khosravi, H., Eskandari Dameneh, H., Eskandari Dameneh, H., Borji, M., & Nakhaee Nejadfard, S. (2018). Drought Trend Assessment in Riverheads of Karkheh and Dez Basins based on Streamflow Drought Index (SDI). Desert Ecosystem Engineering Journal, 1(2), 45-54.
 22. M. A. Jamali zadeh, O. Bazrafshan, R. Mahdavi, A. Azareh, E. rafiei, (2020). The effect of Meteorological Drought on Groundwater Fluctuations in Rafsanjan Plain, Journal of Extension and Development of Watershed Management, 8(30), 57.
 23. Mahmoudpour, H., Janat Rostami, S., Ashrafzadeh, A. (2021). Qualitative assessment of the coastal aquifer of Talesh plain using the modified DRASTIC vulnerability model, Journal of Soil and Water Sciences (Agricultural Science and Technology and Natural Resources), 24 (3), pp. 118-97.
 24. Maraun, D., Wetterhall, F., Ireson, A. M., Chandler, R. E., Kendon, E. J., Widmann, M., ... & Thiele-Eich, I. (2010). Precipitation downscaling under climate change: Recent developments to bridge the gap between dynamical models and the end user. Reviews of geophysics, 48(3).
 25. McKee TB, Doesken NJ, Kleist J (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: Proceedings of the 8th conference on applied climatology, American Meteorological Society, Boston, MA 17(22):179-183.
 26. Mendicino, G., A. Senatore and P. Versace, 2008. A Groundwater Resource Index (GRI) for drought monitoring and forecasting in a Mediterranean climate. Hydrology Journal, 357: 282-302.
 27. Mohammadloo, M., Tahmasebipour, N. (2018). Assessing the Impacts of Climate Change on Climate Classifications in Parts of Northwestern Iran. Rainwater Surface Systems, Volume 5, Volume 17, pp. 46-35.
 28. Mollai Papkiadeh, Mustafa; Khosrojerdi, Amir, Sedghi, Hossein; Babazadeh, Hossein, (2019), Monitoring the characteristics of meteorological-hydrological droughts in Hashtgerd region and the study of meteorological drought defects on groundwater level, Journal of Earth Science Research, 10 (40), pp. 35-53.
 29. Noor, M., Ismail, T. (2018). DOWNSCALING OF DAILY AVERAGE RAINFALL OF KOTA BHARU KELANTAN, MALAYSIA. Malaysian Journal of Civil Engineering 30(1):13-22.
 30. Ranjpisheh, M., Zehtabian, G.R. and Khosravi, H., 2018. Assessment of drought and landuse changes: Impacts on groundwater quality in Shabestar basin, North of Lake Urmia. Desert, 23(1), 9-19.
 31. Savari, M., Eskandari Damaneh, H., & Damaneh, H. E. (2020). Factors influencing farmers' management behaviors toward coping with drought: evidence from Iran. Journal of Environmental Planning and Management, 1-49.
 32. Wilby, R. L., Dawson, C. W., 2013. The statistical downscaling model: insights from one decade of application. International Journal of Climatology. (7)33,1719-1707 41.
 33. Wilby, R. L., Dawson, C. W., Barrow, E. M., 2002. SDSM—a decision support tool for the assessment of regional climate change impacts. Environmental Modelling & Software. 17 (2). 157-145.
 34. Zandifar, Samira, Fijani, Elham, Naimi, Maryam, Khosroshahi, Mohammad. (2019). Temporal and spatial changes of groundwater drought index, case study: Venus catchment - surgery. Hydrogeology, 4 (2), 108-130.

