



بررسی رابطه‌ی بین شوری و سطح تراز آب زیرزمینی حوزه آبخیز بردسیر

چکیده

برداشت بی‌رویه و غیراصولی از منابع آب زیرزمینی باعث شده که جوامع بشری با کمبود آب مواجه شوند. مطالعه حاضر به منظور پایش میزان شوری و سطح تراز آب زیرزمینی در حوزه آبخیز بردسیر واقع در استان کرمان انجام شده است. با مراجعه به سازمان تحقیقات منابع آب ایران و سازمان آب منطقه‌ای اطلاعات شوری آب و سطح تراز آب زیرزمینی برای دوره آماری ۱۷ ساله (۱۳۸۱-۱۳۹۷) اخذ و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مطابق نتایج میزان شوری از حداکثر مقدار ارائه شده توسط ویلکوکس کم‌تر بوده است. روند تغییرات شوری در این محدوده افزایشی بوده است. تغییرات شوری و سطح تراز آب زیرزمینی در منطقه نشان داد به‌طور کلی شوری آب دارای روند افزایشی با شیب ملایم بوده است. سطح آب زیرزمینی نیز طی سال‌های ۸۲-۱۳۸۱ تا ۹۸-۱۳۹۷ روند کاهشی داشته؛ به‌طوری که بررسی مجموع تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در محدوده‌ی بردسیر حاکی از کاهش سطح آب به میزان ۱۰/۶ متر رسیده است. واژه‌های کلیدی: آبیاری، آزمون کلموگروف-اسمیرنوف، بارش، کیفیت شیمیایی، مدیریت آب.

۱- مقدمه

منابع آب زیرزمینی یکی از دلایل اصلی انتخاب زیستگاه توسط بشر بوده و به‌عنوان منابع اصلی تأمین آب مصرفی شناخته می‌شود. کمبود آب در مناطق خشک و نیمه‌خشک که تقریباً یک‌سوم سطح زمین را در برمی‌گیرد به یک مسئله بحرانی تبدیل شده است [۱-۲]، به‌طوری که با افزایش دما میزان تغذیه آب زیرزمینی در اکثر نقاط دنیا کاهش یافته است [۳]. منابع آب زیرزمینی به‌طور مصنوعی تحت تأثیر اقلیم جهانی و فعالیت‌های انسانی، به‌ویژه بهره‌برداری بیش‌ازحد از آب‌های زیرزمینی قرار می‌گیرند [۴]. آب‌های زیرزمینی منبع قابل اعتماد آب شیرین برای ۲/۵ میلیارد نفر در سراسر جهان است که برای مصارف شهری، مصارف شرب، کشاورزی، مصارف بهداشتی، نیازهای کارخانه و غیره در نظر گرفته شده است [۵-۶]. در مناطقی که با کمبود آب مواجه هستند، استفاده از آب‌های زیرزمینی شور در کشاورزی آبی رایج است [۷]. به دلیل ورود آب شور، زمین‌های زراعی به‌شدت تحت تأثیر آن قرار گرفته و تأثیر قابل توجهی بر عملکرد محصولات داشته باشد، به‌ویژه در حوزه‌های آبخیز خشک و نیمه‌خشک که در آن آبیاری و زهکشی ناکافی اغلب برای افزایش غلظت یون نمک در آب خاک ترکیب می‌شوند

بعد از این بایستی به روش کار اشاره شود. [Ma1]: در صورتی که بدون اشاره به آن سراغ نتایج رفته اید.

روش کار همین دریافت داده ها می باشد. [Ma2R1]: با توجه به محدودیت کلمات نمیشود خیلی گسترده نوشت.



(۸ و ۹). عوامل طبیعی و انسانی زمینه ساز بروز مشکلات شوری آب های زیرزمینی در حوزه های آبخیز شده است (۱۰). نفوذ نمک در سفره های زیرزمینی نیز می تواند با برداشت آب در مناطق پرجمعیت تشدید شود (۱۱). آگاهی در مورد تخریب کیفیت آب های زیرزمینی و تشدید اثرات نامطلوب آن ها به دلیل فرآیندهای شور شدن در حال افزایش است. به همین منظور مطالعات فراوانی در راستای بررسی میزان شوری آب و سطح تراز آب انجام شده است [۱۲-۱۶] که می توان بر برخی از یافته های جدید اشاره نمود. [۱۷] پتانسیل آب های زیرزمینی شور برای سامانه های مختلف کشاورزی در منطقه نیمه خشک برزیل را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج نشان داد که پتانسیل منابع آب زیرزمینی لب شور به مجموعه داده های سیستم تولید و منبع آب بستگی دارد. [۱۸]، به بررسی اثر تغییر اقلیم و شوری آب های زیرزمینی منطقه قزوین با استفاده از مدل Target-Motad-PMP بر ریسک درآمد کشاورزان پرداختند. برای این منظور، حساسیت عملکرد محصولات به دما، بارش و شوری آب زیرزمینی با استفاده از تابع پاسخ-بازده و روش آنالیزی حداکثر عمومی برآورد شد، سپس این متغیرها برای افق ۲۰۳۰، ۲۰۴۰ و ۲۰۵۰ پیش بینی شدند. نتایج نشان داد که تغییرات اقلیمی و افزایش شوری آب های زیرزمینی اثرات منفی بر ریسک درآمد و قیمت پهنه آبی دارد. [۱۹]، به بررسی افت سطح ایستابی و مدیریت آن در آبخوان دشت چهاردولی اسداباد پرداختند. مطابق این مطالعه مشخص شد که سطح آب زیرزمینی طی ۲۷ سال به طور متوسط سالانه ۱/۶۷ سانتی متر افت داشته است. رحمانی و همکاران [۲۰]، به تعیین ارتباط افت سطح آب زیرزمینی و فرونشست زمین در آبخوان دشت دامنه پرداختند. پیش بینی سطح آب زیرزمینی ناشی از کاهش ۵۰ درصدی پمپاژ از آبخوان نسبت به پمپاژهای کنونی نشان داد که سطح آب پیش بینی شده همبستگی بیش از ۷۰ درصد را در بخش جنوب شرقی آبخوان که شرایط مشابه آبخوان تحت فشار دارد با فرونشست زمین نشان می دهد و بیانگر تأثیر قابل توجه آن در کاهش فرونشست در آبخوان است.

منابع آب زیرزمینی محدود اما قابل تجدید هستند، با این حال در بسیاری از حوزه های آبخیز مناطق خشک و نیمه خشک ایران برداشت آب از منابع آب زیرزمینی بیش از میزان تغذیه سالانه بوده که منجر به تخریب سطح آب زیرزمینی و در نتیجه خشک شدن چاه ها، چشمه ها و قنات ها شده است. از این رو ضرورت مطالعه به منظور بررسی رابطه ی بین شوری و سطح تراز آب امری ضروری می باشد. با تکیه بر همین ضرورت موجود پژوهش حاضر با هدف پایش تغییرات شوری و سطح تراز آب زیرزمینی حوزه آبخیز بردسیر به عنوان یکی از حوزه های واقع در مناطق خشک و نیمه خشک در دوره های مختلف انجام شده است.

اگر این اعداد افق های خاک هستند بهتر
Commented [Ma3]:
نیست به صورت زیر بیان شوند:
۲۰-۳۰، ۲۰-۴۰ و ۲۰-۵۰

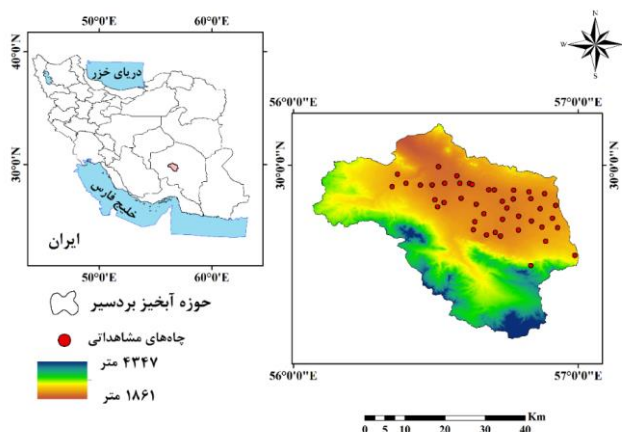
با سلام
Commented [Ma4R3]:
خبر افق خاک نیست و اصلا در این مطالعه در مورد خاک صحنی
نشده است بلکه زمان آینده را پیش بینی کرده است.



۲- مواد و روش

۱-۲ معرفی منطقه مورد مطالعه

پژوهش حاضر در حوزه آبخیز بردسیر واقع در استان کرمان با وسعت و متوسط ارتفاع به ترتیب $3945/48$ کیلومتر مربع و $2452/72$ متر انجام شده است. عمده وسعت این منطقه مناطق دشتی و سپس ارتفاعات با وسعتی برابر $33/48$ و $66/51$ درصد است. شکل (۱)، نمایی از موقعیت حوزه آبخیز بردسیر را در ایران و استان کرمان نشان می دهد.



شکل (۱)- موقعیت حوزه آبخیز بردسیر در استان کرمان و کشور

۲-۲ روش تحقیق

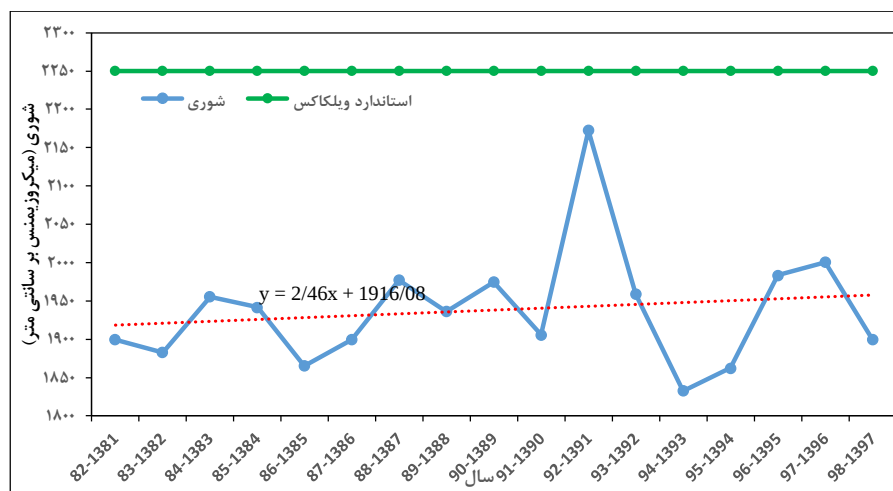
اطلاعات شوری آب و سطح تراز آب زیرزمینی حدود 1302 نمونه منابع آب زیرزمینی از نه منبع چاه های عمیق، چشمه ها و قنات از سازمان تحقیقات منابع آب ایران (تماب) و سازمان آب منطقه ای استان کرمان برای دوره آماری 17 ساله ($1381-1397$) اخذ و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون آماری کلموگروف - اسمیرنوف بررسی شد.

۳- نتایج و بحث

۳-۱ بررسی تغییرات شوری در طول زمان



با توجه به شکل های (۱) و (۲) مشخص شد که در حوزه آبخیز بردسیر در تمامی سال های مورد بررسی (۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷) مقدار شوری از حداکثر مقدار ارائه شده توسط ویلکوکس (۲۲۵۰ میکرو زیمنس بر سانتی متر) خوشبختانه کمتر بوده است. همچنین مطابق نتایج روند تغییرات شوری در این محدوده افزایشی بوده و طی سال های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷ به طور متوسط سالانه به میزان ۰/۰۰۵ میکرو زیمنس بر سانتی متر بر میزان شوری آب افزوده شده و در مجموع طی این سال ها به میزان ۰/۰۸ میکرو زیمنس بر سانتی متر آب محدوده شورتر شده است. علاوه بر آن با توجه به کموگراف معرف این محدوده مشخص می شود که سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ دارای بیشترین میزان شوری آب در محدوده مذکور با مقدار عددی ۲۱۷۲/۶۷ میکرو زیمنس بر سانتی متر می باشند. در سال ۹۴-۱۳۹۳ به کمترین میزان شوری با مقدار عددی ۱۸۳۲/۵۹ میکرو زیمنس بر سانتی متر در دوره زمانی مطالعاتی بوده است. در یافته های [۲۱]، نیز اشاره شده است که روند شوری منابع آب زیرزمینی به صورت افزایشی بوده است.



شکل (۱) - کموگراف حوزه آبخیز بردسیر در طی دوره مطالعاتی



دانشگاه هرمزگان
سازمان علمی-سیستم‌های
سطوح آبگیر باران ایران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems

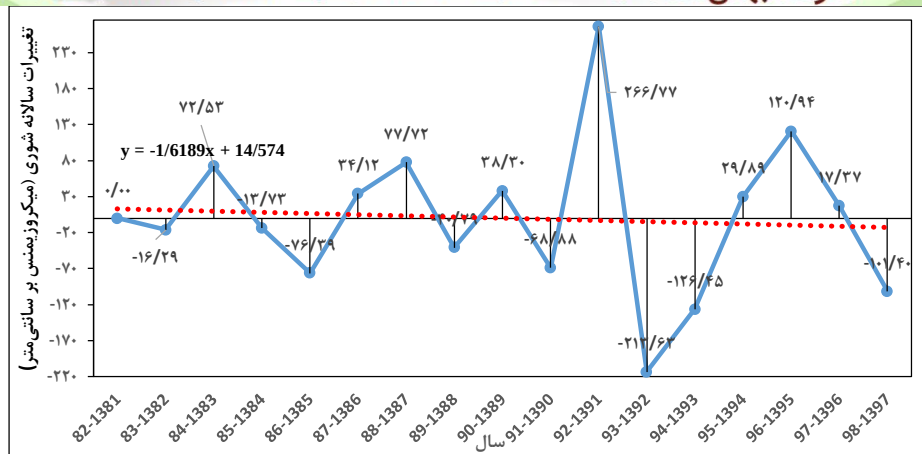
(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

دوازدهمین همایش ملی
سامانه‌های سطح آبگیر باران

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم‌های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲



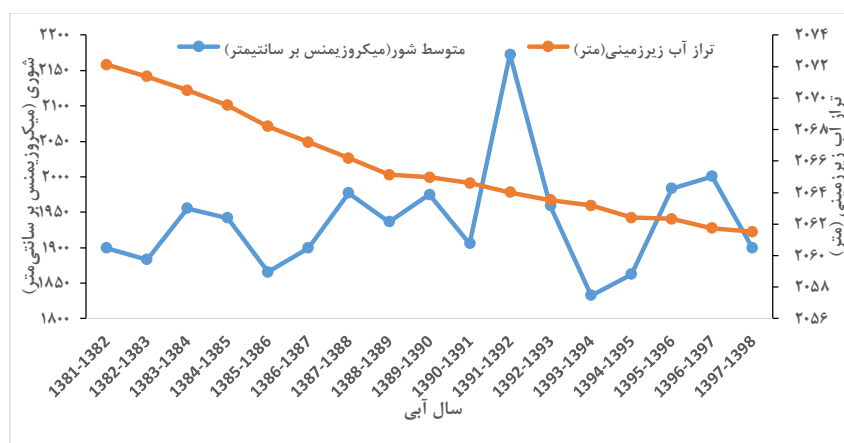
شکل (۲) - تغییرات سالانه‌ی شوری در حوزه آبخیز بردسیر

۳-۲- بررسی ارتباط شوری و تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی

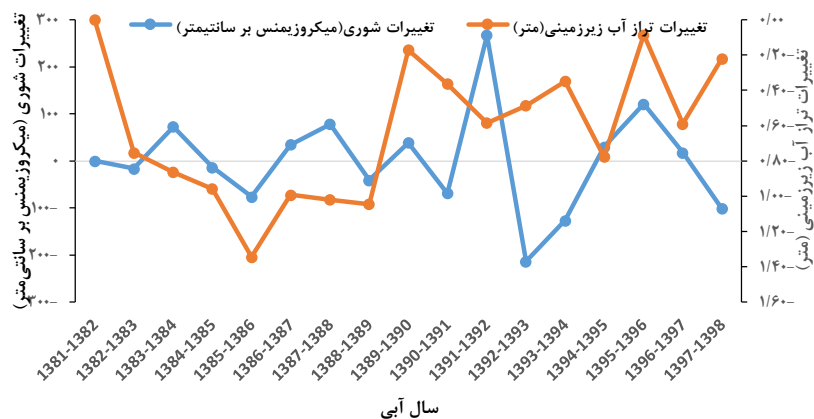
بررسی تغییرات شوری و سطح تراز آب زیرزمینی در محدوده‌ی مطالعاتی بردسیر نشان داد به‌طور کلی شوری آب دارای روند افزایشی با شیب ملایم است که تغییرات قابل ملاحظه‌ای (۰/۰۷ میکرو زیمنس بر سانتی‌متر) در دوره‌ی مورد مطالعه ندارد. بررسی میانگین سطح تراز آب نشان داد سطح آب زیرزمینی نیز طی سال‌های ۸۲-۱۳۸۱ تا ۹۸-۱۳۹۷ روند کاهشی داشته است؛ به‌طوری‌که بررسی مجموع تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در محدوده‌ی بردسیر حاکی از کاهش سطح آب به میزان ۱۰/۶ متر می‌باشد. مقادیر میانگین EC آب در محدوده‌ی بردسیر نشان داد طی دوره‌ی مورد مطالعه، در سال آبی ۹۲-۱۳۹۱ شوری آب بیش‌ترین تغییرات (۲۶۶/۷ میکرو زیمنس) را نسبت به کل دوره دارا می‌باشد که در این زمان سطح سفره‌ی زیرزمینی به میزان ۵۸ سانتی‌متر افت داشته است. یافته‌های این پژوهش با مطالعه [۲۲]، مبنی بر کاهش سطح آب زیرزمینی در دشت میناب هم‌خوانی دارد. در صورتی که [۲۳] گزارش کرده‌اند که در منطقه شهری میلان (ایتالیا) و تعاملات آن با سازه‌ها و زیرساخت‌های زیرزمینی سطح آب زیرزمینی حدود ۱۰ متر در طول دوره آماری افزایش یافته است. هم‌چنین بررسی همبستگی (۰/۱۹-) میان پارامتر شوری و سطح تراز آب زیرزمینی در محدوده‌ی بردسیر نشان می‌دهد رابطه‌ی منفی غیر قابل قبولی میان این دو پارامتر وجود دارد که می‌تواند بیانگر تأثیر غیر معنی‌دار کاهش آب زیرزمینی بر افزایش میزان



شوری در این محدوده باشد. شکل های (۳) و (۴) رابطه ی میان شوری و تراز آب زیرزمینی در حوزه آبخیز بردسیر را نشان می دهند.



شکل (۳) - رابطه ی شوری و سطح تراز آب زیرزمینی در حوزه آبخیز بردسیر





شکل (۴) - تغییرات شوری و سطح تراز آب زیرزمینی در حوزه آبخیز بردسیر

۴- نتیجه گیری

آب های زیرزمینی ۹۷ درصد از منابع آب شیرین جهانی را تشکیل می دهند که برای مصرف مستقیم انسان در دسترس هستند. با توجه به همین اهمیت مطالعه حاضر باهدف پایش نوسانات میزان شوری و سطح تراز آب زیرزمینی در حوزه آبخیز بردسیر واقع در استان کرمان انجام شده است. بر اساس نتایج مشخص گردید که میزان شوری از حداکثر مقدار ارائه شده توسط ویلکوکس کم تر بوده است، ولی روند تغییرات شوری در این محدوده افزایشی بوده است. همچنین تغییرات شوری و سطح تراز آب زیرزمینی دارای روند افزایشی با شیب ملایم بوده است. میانگین سطح تراز آب زیرزمینی نیز در دوره آماری ۱۷ ساله روند کاهشی داشته؛ به طوری که بررسی مجموع تغییرات سطح تراز آب زیرزمینی در محدوده ی بردسیر حاکی از کاهش سطح آب به میزان ۱۰/۶ متر رسیده است. پایش تغییرات میزان شوری و سطح تراز آب زیرزمینی اطلاعاتی مناسب برای مدیریت بهتر آبخوان ها و سایر منابع آبی ارائه می کند.

۵- قدردانی

این اثر بر گرفته از بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی با عنوان "مطالعه کیفیت منابع آب زیرزمینی با تأکید بر مصارف شرب، آبیاری و صنعت (مطالعه موردی: حوزه آبریز کویر درانجیر)"، مصوب در مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور می باشد. نویسندگان این مقاله بر خود لازم می دانند از همکاری و پشتیبانی آن موسسه، مراتب سپاس و قدردانی را به عمل آورند.

۶- مراجع

- [1] Froehlich K., & Yurtsever, Y. Isotope techniques for water resources in arid and semiarid regions. International Association of Hydrological Sciences, Publication. 1995.
- [۲] فارابی، م. تعیین منشأ و مکانیزم شوری آب زیرزمینی یک منطقه نیمه خشک در جنوب شرق ایران با استفاده از مطالعات ژئوفیزیک و هیدروشیمی. مدل سازی و مدیریت آب و خاک، ۳(۲): ۹۳-۱۱۱، ۱۴۰۲.
- [3] Leng G., Huang, M., Tang, Q., & Leung, L. R. A modeling study of irrigation effects on global surface water and groundwater resources under a changing climate. Journal of Advances in Modeling Earth Systems, 7(3), 1285-1304, 2015.
- [4] Green T. R., Taniguchi M., Kooi H., Gurdak J. J., Allen D. M., Hiscock K. M., Treidel H., & Aureli, A. Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater. Journal of Hydrology, 405(3-4), 532-560, 2011.
- [5] Sahour H., Gholami V., & Vazifedan M. A comparative analysis of statistical and machine learning techniques for mapping the spatial distribution of groundwater salinity in a coastal aquifer. Journal of Hydrology, 591, 125321, 2020.



دانشگاه هرمزگان
سازمان آب و خاک



دوازدهمین همایش ملی
سامانه های سطح آبگیر باران

12th National Conference on Iranian Rainwater Catchment Systems
(The role of rainwater harvesting methods in revitalizing arid and semi-arid microclimates of Iran)

Feb 13-14, 2024, University of Hormozgan, Bandar Abbas, Iran

استحصال آب باران و نقش آن در احیا و پایداری
خرد اقلیم های مناطق خشک، نیمه خشک و آبخیزهای ساحلی

۲۴ و ۲۵ بهمن ماه ۱۴۰۲

- [6] Kanchana V., Kumar P. M., Kumar P. S., Kathir I., Thirumalai R., Priya D., Puviarasi R., & Prasad, M. M. Investigating underground water salinity in east coastline of Tamil Nadu, India and improving its quality through solar assisted desalination. *Urban Climate*, 49, 101440, 2023.
- [7] Grattan S. R., Oster J. D., Benes S. E., & Kaffka S. R. Use of saline drainage waters for irrigation. *Agricultural Salinity Assessment and Management*, 2nd ed.; Wallender, WW, Tanji, KK, Eds, 687-719, 2011.
- Pereira L. S., Duarte E., & Fragoso R. Water use: recycling and desalination for agriculture, 407-424, 2014.
- [8] Hosseini P., & Bailey R. T. Investigating the controlling factors on salinity in soil, groundwater, and river water in a semi-arid agricultural watershed using SWAT-Salt. *Science of the Total Environment*, 810, 152293, 2022.
- [۹] تقی زاده، م.، حلبیان، ا.، عالی پور، م.، کیومرثی، ح. شناسایی و پهنه بندی میزان شوری آب های زیرزمینی با استفاده از GIS (مطالعه موردی: دشت نمدان شهرستان اقلید). *جغرافیا و برنامه ریزی محیطی*، ۳۸(۳): ۱۳۳-۱۴۶، ۱۳۹۶.
- [10] Li C., Gao X., Li S., & Bundschuh J. A review of the distribution, sources, genesis, and environmental concerns of salinity in groundwater. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 41157-41174, 2022.
- [11] Nordio G., & Fagherazzi S. Salinity increases with water table elevation at the boundary between salt marsh and forest. *Journal of Hydrology*. 2022, 608, 127576.
- [12] Han D., Song X., Currell M. J., Cao G., Zhang Y., & Kang Y. A survey of groundwater levels and hydrogeochemistry in irrigated fields in the Karamay Agricultural Development Area, northwest China: implications for soil and groundwater salinity resulting from surface water transfer for irrigation. *Journal of Hydrology*, 405(3-4), 217-234, 2011.
- [13] Minhas P. S., Ramos T. B., Ben-Gal A., & Pereira L. S. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management*, 227, 105832, 2020.
- [14] Han S. G., Kim Y. H., Moon K. H., & Lim H. C. Salt monitoring of ground water and damage of satsuma mandarin (*Citrus unshiu* Marc.) as influenced by salinity stress using sea water. *Korean Journal of Horticultural Science and Technology*, 22(4), 2023.
- [۱۵] مسلمی، ح.، درویشی، ر. راهکارهای کاهش افت سطح آب های زیرزمینی (مطالعه موردی: دشت لاور - استان هرمزگان). *مدیریت اراضی*، ۵(۲): ۱۲۵-۱۳۵، ۱۳۹۶.
- [۱۶] قره چائی، ح.، نظری سامانی، ع.، خلیقی سیگارودی، ش.، فتح آبادی، ا.، احمدآلی، خ. ارزیابی عوامل موثر بر خطر شوری آب های زیرزمینی با استفاده از روش های داده کاوی و آماری در مناطق خشک و نیمه خشک. *تخریب و احیاء اراضی طبیعی*، ۱(۱): ۴۵-۶۰، ۱۳۹۹.
- [17] Lessa C. I. N., de Lacerda C. F., Cajazeiras C. C. D. A., Neves A. L. R., Lopes F. B., Silva A. O. D., Costa R., R., & Sousa, G. D. Potential of Brackish Groundwater for Different Biosaline Agriculture Systems in the Brazilian Semi-Arid Region. *Agriculture*, 13(3), 550, 2023.
- [18] Akbari M., Alamdarlo H. N., & Mosavi S. H. The effects of climate change and groundwater salinity on farmers' income risk. *Ecological Indicators*, 110, 105893, 2020.
- [۱۹] یدالهی، پ.، ظهراهی، ب.، جعفری، ح.، حسینی، ن.، مرتضوی، ع.، قاسمی، ع. افت سطح آب های زیرزمینی و مدیریت عوارض ناشی از آن (مطالعه موردی: دشت چهاردولی اسداباد). *فصلنامه علوم محیطی*، ۱۹(۲): ۱۶۹-۱۸۶، ۱۴۰۰.
- [۲۰] رحمانی، غ.، چیت سازان، م.، غفوری، ح. تعیین ارتباط افت سطح آب زیرزمینی و فرونشست زمین در آبخوان دشت دامنه-داران با ترکیب مدل های عددی و تحلیلی. *زمین شناسی کاربردی پیشرفته*، ۱۲(۲): ۲۵۹-۲۷۵، ۱۴۰۱.
- [21] Castaño-Sánchez A., Hose G. C., & Reboleira A. S. P. Salinity and temperature increase impact groundwater crustaceans. *Scientific reports*, 10(1), 12328, 2020.



- [22] Tombaki H. T., & Rahnamarad J. The decrease of underground water surface, subsidence and ground drying in Minab Plain: a horrible catastrophe. *Journal of Biodiversity and Environmental sciences (JBES)*. 6(6), 534-539, 2015.
- [23] Gattinoni P., & Scesi L. The groundwater rise in the urban area of Milan (Italy) and its interactions with underground structures and infrastructures. *Tunnelling and Underground Space Technology*, 62, 103-114, 2017.

Relationship between salinity and the Bardsir watershed groundwater level

Abstract

The unequivocal and unprincipled extraction of underground water sources has resulted in water shortages in human society. The present study was conducted to monitor the salinity and underground water levels in the Bardsir watershed located in Kerman province. Water salinity and groundwater level information for the statistical period of 17 years (2002–2019) was obtained and analyzed by referring to the Iranian Water Resources Research Organization and the Regional Water Organization. According to these results, the salinity level was lower than the Wilcoxon maximum value. The trend of salinity changes in this area is increasing. Changes in salinity and the level of underground water in the region showed that, in general, the salinity of water is increasing with a slight slope. The underground water level also exhibited a decreasing trend between 2002–2003 and 2019–2020. Therefore, the examination of the total changes in the underground water level in the Bardsir region indicates that the water level has decreased by 10.6 m.

Key words: Chemical quality, Irrigation, Kolmogorov–Smirnov test, Precipitation, Water management.