Sari Agriculture Sciences and Natural esources University

Journal of Watershed Management Research, Vol. 16, Issue 2, 2025 p: 144-161

OPEN ACCESS

Research Paper

Analyzing the Changes in the Desertification Process in the Daranjir Desert using the Iranian IMDPA Model

Seyed Masoud Soleimanpour [1], Maryam Naeimi[2], Omid Rahmati[3], and Mahbobeh Motamednia[4]

1- Associate Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Shiraz, Iran, (Corresponding author: m.soleimanpour@areeo.ac.ir)
2- Associate Professor, Department of Desert Research, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran
3- Assistant Professor, Department of Soil Conservation and Watershed Management Research, Kurdistan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Sanandaj, Iran
4- Natural Resources and Watershed Management Department, Bafgh County, Yazd Province, Iran.

Received:10 February 2025 Revised:10 April 2025 Accepted: 19 May 2025

Extended Abstract

Background: Desertification is a process that causes irreversible changes in the soil and vegetation conditions of a region, leading to an increase in dryness and reduced productivity potential. The destruction of groundwater resources, along with other processes, has been characterized as factors affecting desertification due to the limitations of water resources, reduction of water quality, and excessive exploitation. Subsidence, which is considered the final stage of desertification, will result from the increased use of groundwater resources. Knowing the processes and factors of desertification, as well as their intensity and weakness, is essential for proper management and planning in this context. Ground monitoring is an effective way to monitor desertification. Various models have been presented to evaluate the factors affecting desertification and create related maps for this purpose. Various indicators and criteria can be used by the IMDPA model to efficiently examine the desertification status of each region in the meantime.

Methods: The desert watershed in Daranjir, located in the north of Kerman Province and the south of Yazd Province, includes 12 study areas. The elevation ranges from 925 m in the Daranjir desert to 4465 m in the Kuh Hezar Mountain. The watershed covers an area of about 22,406 km^2, while the deserts, salt marshes, plains, and foothills cover an area of 28,102 km^2. The Daranjir desert, which measures 1000 km^2, is deemed to be the end of the basin's surface and underground water drainage network. Groundwater data was utilized initially to investigate and study soil degradation and land subsidence caused by underground water resources in the studied area. In this way, water quality parameters, such as electrical conductivity, sodium absorption ratio, and total dissolved solids, as well as water quantitative parameters and subsidence rate, were collected in the water year 2002-2018 by referring to the relevant organizations, such as the Iranian Water Resources Research Organization (Tamab), the regional water organization of Yazd and Kerman provinces, as well as previous research. The IMDPA model assessed the desertification situation in the Daranjir desert watershed using two criteria, groundwater and subsidence. To investigate the effect of subsidence and groundwater criteria on desertification intensity in the region, first, the effect of two subsidence and groundwater criteria, and then, by removing the subsidence criterion, desertification intensity was evaluated only based on the groundwater criterion. Geographic information systems and interpolation methods were utilized to zoning indicators and criteria.

Results: According to the electrical conductivity parameter zoning map, nearly 50% of the basin has a high salinity level (more than 5000 microsiemens percent), indicating a very severe level of desertification based on this index. Meanwhile, the zoning map of the sodium absorption ratio parameter showed that more than 50% of the basin's water resources have a low sodium absorption ratio (less than 18), which indicates low expression intensity according to this index. According to this index, desertification intensity is indicated by the drop of over 50 cm in more than half of the basin observed during the investigation of the groundwater level drop. The desertification situation was evaluated with the IMDPA model groundwater criterion,

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

Copyright ©2025. Soleimanpour et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-Non-Commercial 4.0 Unported License, which allows users to read, copy, distribute, and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

indicating that over 50% of the basin surface had moderate intensity, and almost 20% had a severe status. Desertification intensity was highest in the ranges of Bahadran and Qoriya al-Arab, while it was lowest in the ranges of Qoriya al-Arab. Based on a subsidence map evaluation of three study areas (Kerman-Baghin, Rafsanjan, and Zarand), the Kerman-Baghin area exhibits the highest subsidence rate between 12 and under 7 cm.y. The evaluation of the desertification situation based on two criteria, subsidence and groundwater, in the three areas with subsidence showed that the Rafsanjan area had the highest intensity of desertification, according to the two criteria.

Conclusion: In general, the results showed that the most important factor affecting desertification intensity was groundwater salinity, followed by a drop in the water level, according to the two criteria, groundwater and subsidence. Examining the areas with subsidence and the groundwater level drop in the study areas shows that subsidence has occurred in the areas with a drop in the groundwater level in most cases. The assessment of desertification intensity according to the three water criteria of the IMDPA model shows that desertification in the region is low to very intense, so that the middle class is included at the highest level in the watershed. Based on the percentage of the area of desertification intensity classes, after moderate intensity, areas with extreme intensity, low intensity, and very intense, respectively, are the highest level. The evaluation of the desertification situation by the study area shows that there are areas with a very severe state of desertification at a higher level in the Bahadran area than in the other study areas. This is despite the fact that desertification only has two classes, low and moderate, in the study areas of Saghand, Bardsir, and Qoriya al-Arab. The state of desertification based on the two criteria of "groundwater" and "subsidence" in the three study areas with subsidence maps shows that desertification in the Rafsanjan area is more intense than in the two areas of Zarand and Kerman-Baghin. To control desertification, it is recommended to implement water resource management, including monitoring groundwater extraction and utilizing optimal irrigation methods. Additionally, continuous monitoring and assessment of the desertification status using the IMDPA model and oversight of water quality are essential. Developing vegetation through planting drought-resistant plants and implementing desertification projects will also be effective. Finally, raising awareness among farmers and the local community about sustainable agricultural practices is of great importance.

Keywords: Desertification, Electrical conductivity, IMDPA model, SAR, Subsidence

How to Cite This Article: Soleimanpour, S.M., Naeimi, M., Rahmati, O., & Motamednia, M. (2025). Analyzing the Changes in the Desertification Process in the Daranjir Desert using the Iranian IMDPA Model. *J Watershed Manage Res,* 16(2), 144-161. DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

مقاله پژوهشی

پایش تغییرات مکانی روند بیابان‌زایی در کویر درانجیر با استفاده از مدل ایرانی IMDPA

سیدمسعود سلیمان‌پور[۱]، مریم نعیمی[۲]، امید رحمتی[۳] و محبوبه معتمدنیا[۴]

۱- دانشیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران، (نویسنده مسوول: m.soleimanpour@areeo.ac.ir)

۲- دانشیار، بخش تحقیقات بیابان، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

۳- استادیار، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، سنندج، ایران

۴- دکتری تخصصی، اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان بافق، استان یزد، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۱/۲۲ تاریخ ویرایش:۱۴۰۴/۰۱/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۲/۲۹
صفحه: ۱۴۴ تا ۱۶۱

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: بیابان‌زایی فرآیندی است که منجر به تغییرات بدون بازگشت در شرایط خاک و رستنی‌های یک منطقه می‌شود و شرایط منطقه را به‌سمت خشکی بیشتر پیش برده، باعث کاهش پتانسیل تولید منطقه می‌شود. محدودیت منابع آبی، کاهش کیفیت آب و بهره‌برداری بی‌رویه سبب شده‌اند که تخریب منابع آب زیرزمینی به همراه دیگر فرآیندها ازجمله عوامل مؤثر بر بیابان‌زایی شناخته شوند. همچنان که افزایش بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی، فرونشست را به‌دنبال خواهد داشت که آخرین مرحله بیابان‌زایی محسوب می‌شود. در این زمینه، شناخت فرآیندهای بیابان‌زایی و عوامل ایجادکننده آن و همچنین اطلاع از شدت و ضعف این فرآیندها و عوامل، امری مهم و ضروری به‌منظور مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح است. پایش زمینی یکی از روش‌های کارآمد برای نظارت بر بیابان‌زایی به‌شمار می‌رود. به این منظور، مدل‌های متنوعی برای ارزیابی عوامل تاثیرگذار بر بیابان‌زایی و تهیه نقشه‌های مرتبط ارائه شده‌اند. در این میان، مدل IMDPA با بهره‌گیری از شاخص و معیارهای مختلف می‌تواند به‌صورت کارآمد به بررسی وضعیت بیابان‌زایی هر منطقه بپردازد.

مواد و روش‌ها: حوزه آبریز کویر در انجیر، در شمال استان کرمان و جنوب استان یزد، شامل ۱۲ محدوده مطالعاتی است. ارتفاع منطقه از ۹۲۵ متر در کویر درانجیر تا ۴۴۶۵ متر در کوه هزار متغیر است. ۲۲۴۰۶ کیلومترمربع این حوزه آبریز را مناطق کوهستانی و ۲۸۱۰۲ کیلومترمربع آن را کویرها، شوره‌زارها، دشت‌ها و کوهپایه‌ها تشکیل می‌دهند. هم‌چنین، کویر درانجیر با وسعت ۱۰۰۰ کیلومترمربع منتهی‌الیه شبکه زهکشی آب‌های سطحی و زیرزمینی حوضه به‌شمار می‌رود. در ابتدا، به‌منظور بررسی و مطالعات تخریب خاک و فرونشست زمین تحت تأثیر منابع آب زیرزمینی در منطقه مورد مطالعه، از داده‌های آب زیرزمینی استفاده شد. به این وسیله، با مراجعه به سازمان‌های ذی‌ربط اعم از سازمان تحقیقات منابع آب ایران (تماب)، سازمان آب منطقه‌ای استان یزد و کرمان و همچنین تحقیقات انجام‌شده پیشین، پارامترهای کیفی آب ازجمله هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کل مواد جامد محلول و پارامترهای کمی آب و هم‌چنین نرخ فرونشست در طول دوره آماری ۹۷-۱۳۸۱ جمع‌آوری شدند. با بهره‌گیری از دو معیار آب زیرزمینی و فرونشست به ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی توسط مدل IMDPA در حوزه آبریز کویر درانجیر پرداخته شد. به‌منظور بررسی اثر معیارهای فرونشست و آب زیرزمینی بر شدت بیابان‌زایی منطقه، نخست تأثیر دو معیار فرونشست و معیار آب زیرزمینی و سپس با حذف معیار فرونشست شدت بیابان‌زایی، تنها براساس معیار آب زیرزمینی ارزیابی شد. پهنه‌بندی شاخص و معیارها در سامانه اطلاعات جغرافیایی و روش‌های درون‌یابی صورت گرفت.

یافته‌ها: نقشه پهنه‌بندی پارامتر هدایت الکتریکی نشان داد که تقریباً ۵۰ درصد حوضه دارای شوری بالا (بیش‌تر از ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) است که حاکی از شدت بیابان‌زایی خیلی‌شدید بر طبق این شاخص است. این در حالی است که نقشه پهنه‌بندی پارامتر نسبت جذب سدیم نشان داد که بیش از ۵۰ درصد منابع آبی حوضه دارای نسبت جذب سدیم پایین (کم‌تر از ۱۸) هستند که بیانگر شدت بیابان‌زایی کم بر طبق این شاخص است. بررسی مقادیر افت سطح آب زیرزمینی نشان داد که بیش از یک‌سوم حوضه دارای افت بالای ۵۰ سانتی‌متر بود که بیانگر شدت بیابان‌زایی خیلی‌شدید بر طبق این شاخص است. ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با توجه به معیار آب زیرزمینی مدل IMDPA نشان داد که بیش از ۵۰ درصد از سطح حوضه دارای شدت متوسط است و تقریباً ۲۰ درصد نیز دارای وضعیت شدید هستند. محدوده‌های بهادران و قریه‌العرب، به‌ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین شدت بیابان‌زایی را دارا بودند. ارزیابی نرخ فرونشست در سه محدوده مطالعاتی (کرمان‌باغین، رفسنجان و زرند) دارای نقشه فرونشست، نشان داد که محدوده کرمان‌باغین دارای بیش‌ترین میزان فرونشست بین ۱۲ تا کم‌تر از ۷ سانتی‌متر در سال است. ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی بر طبق دو معیار فرونشست و آب زیرزمینی در سه محدوده دارای فرونشست نشان داد که محدوده رفسنجان دارای بیش‌ترین شدت بیابان‌زایی بر طبق دو معیار است.

نتیجه‌گیری: به‌طور کلی، نتایج نشان می‌دهند که مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر شدت بیابان‌زایی با توجه به دو معیار آب زیرزمینی و فرونشست، شوری آب زیرزمینی و سپس افت سطح آب است. بررسی نواحی دارای فرونشست و میزان افت سطح تراز آب زیرزمینی در محدوده‌های مطالعاتی نشان می‌دهد که در اکثر موارد، فرونشست در نواحی دارای افت سطح تراز آب زیرزمینی اتفاق افتاده است. ارزیابی شدت بیابان‌زایی بر طبق سه پارامتر معیار آب توسط مدل IMDPA نشان می‌دهد که بیابان‌زایی در منطقه دارای شدت کم تا خیلی‌شدید است، به‌طوری‌که طبقه متوسط بالاترین سطح را در حوضه شامل می‌شود. بر اساس درصد مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی، بعد از شدت متوسط، به‌ترتیب مناطق با شدت شدید، کم و خیلی‌شدید بیش‌ترین سطح را در بر می‌گیرند. ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی به تفکیک محدوده مطالعاتی نشان می‌دهد که در محدوده بهادران، نواحی با وضعیت خیلی‌شدید بیابان‌زایی از سطح بالاتری نسبت به دیگر محدوده‌های مطالعاتی وجود دارند؛ این در حالی است که بیابان‌زایی در محدوده‌های مطالعاتی ساغند، بردسیر و قریه‌العرب تنها دارای دو طبقه کم و متوسط است. وضعیت بیابان‌زایی براساس دو معیار آب زیرزمینی و فرونشست، در سه محدوده مطالعاتی دارای نقشه فرونشست نشان می‌دهد که بیابان‌زایی در محدوده رفسنجان نسبت به دو محدوده زرند و کرمان‌باغین از شدت بالاتری برخوردار است. برای کنترل بیابان‌زایی، پیشنهاد می‌شود که مدیریت منابع آب شامل کنترل بهره‌برداری از آب‌های زیرزمینی و استفاده از روش‌های آبیاری بهینه انجام شود. همچنین، پایش و ارزیابی مستمر وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA و نظارت بر کیفیت آب ضروری است. توسعه پوشش‌گیاهی از طریق کاشت گیاهان مقاوم و اجرای پروژه‌های بیابان‌زدایی نیز مؤثر خواهد بود. درنهایت، افزایش آگاهی کشاورزان و جامعه محلی درباره روش‌های پایدار کشاورزی اهمیت زیادی دارد.

واژگان کلیدی: بیابان‌زایی، فرونشست، مدل IMDPA، هدایت الکتریکی، SAR

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

مقدمه

امروزه بیابان‌زایی[1] به‌عنوان یکی از بارزترین نشانه‌های تخریب محیط زیست و نابودی منابع طبیعی در سطح جهانی شناخته می‌شود (Martínez-Valderrama *et al*., 2022) و می‌تواند زمین حاصل‌خیز را به بیابانی خشک تبدیل کند (AbdelRahman, 2023). بیابان‌زایی نه‌تنها منابع زمین را غیر قابل استفاده می‌سازد، بلکه به نابودی بوم‌سازگان نیز منجر می‌شود. این پدیده سرعت کاهش تنوع زیستی را افزایش می‌دهد و کشاورزان و دامداران را از منابع معیشتی خود محروم می‌کند. هم‌چنین، می‌تواند باعث مهاجرت و بروز درگیری‌های جمعیتی در مقیاس وسیع گردد (Qi *et al*., 2024). در چند دهه اخیر، اقدامات وسیعی در سطح جهانی انجام شده‌اند تا با گسترش این پدیده مقابله کنند و آثار منفی آن را کاهش دهند (Liu *et al*., 2024). شناسایی فرآیندهای بیابان‌زایی و عوامل مؤثر در شکل‌گیری آن، هم‌چنین درک میزان شدت و ضعف این فرآیندها و عوامل، برای مدیریت و برنامه‌ریزی مناسب امری حیاتی و ضروری به‌شمار می‌آید (Feyzi Koushki *et al*., 2019; Abde lRahman, 2023). شناسایی معیارها و شاخص‌ها به‌منظور ارائه مدلی برای نمایش شدت بیابان‌زایی و تعیین عوامل کلیدی تأثیرگذار بر آن از اهمیت بالایی برخوردار است تا بتوان از گسترش بیابان‌زایی جلوگیری کرد. به عبارت دیگر، برای سنجش خطر بیابان‌زایی، از تحلیل‌های فیزیکی پدیده‌ها و جمع‌آوری اطلاعات مربوط به توپوگرافی، زمین‌شناسی و هیدرولوژی بهره‌برداری می‌شود تا احتمال وقوع، زمان و هم‌چنین شدت رخدادهای پرخطر موردبررسی قرار گیرد. ازجمله عوامل کلیدی تأثیرگذار بر پدیده بیابان‌زایی در نواحی خشک و نیمه‌خشک، می‌توان به پارامترهای ادافیکی و فرآیندهای مرتبط با وضعیت خاک، اقلیم، آب‌های زیرزمینی، پوشش گیاهی و مدیریت اشاره کرد؛ این عوامل در مناطق مختلف از طریق مدل‌های گوناگون موردبررسی قرار گرفته‌اند (Mutti *et al*., 2020; Yang *et al*., 2022; Boali *et al*., 2024). پایش زمینی یکی دیگر از روش‌های مؤثر پایش بیابان‌زایی است. برای این هدف، مدل‌های مختلفی برای ارزیابی عوامل بیابان‌زایی و تهیه نقشه‌های مربوطه ارائه شده‌اند (Masoudi & Shirghir, 2021). ازجمله مهم‌ترین مدل‌های رایج می‌توان به مدل جهانی فائو–یونپ، لادا، گلاسود و مدالوس اشاره کرد (Lahlaoi *et al*., 2017; Shirghir & Masoudi, 2021; Entezari *et al*., 2023; Tan *et al*., 2024). در داخل کشور نیز می‌توان به مدل طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی در ایران (ICD) و مدل ایرانی IMDPA اشاره کرد (Jafari *et al*., 2019; Shirghir & Masoudi, 2021; Hashemi *et al*., 2022). مدل IMDPA توسط سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور در پروژه‌های تعیین معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی با کمک گروهی از استادان و محققان کشور در سال ۲۰۰۵ ارائه شد (Zolfaghari *et al*., 2016). برای بهره‌برداری از این مدل‌ها در هر منطقه، ضروری است که شاخص‌ها و معیارهای آن‌ها مورد ارزیابی و بازنگری قرار گیرند (Soleimanpour *et al*., 2024). در مدل IMDPA، نُه معیار کلیدی اقلیم، ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی، اقتصادی–اجتماعی، آب آبیاری در کشاورزی، آب زیرزمینی، فرسایش و فناوری و توسعه شهری و ۳۶ شاخص، برای ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در نظر گرفته می‌شود. از مهم‌ترین مزایای این مدل، توانایی ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی با تعداد شاخص‌های محدود است (Saleh *et al*., 2023). هم‌چنین، این مدل قادر است پارامترهای تأثیرگذار بر بیابان‌زایی را تحلیل و نقشه‌ای از بیابان‌زایی تهیه کند (Yaghobi *et al*., 2020). یکی دیگر از مزایای این مدل، نیاز کمتر به نظرات کارشناسی در مقایسه با سایر مدل‌ها است. بهره‌گیری از میانگین هندسی و سیستم اطلاعات جغرافیایی نیز موجب افزایش دقت ارزیابی مدل IMDPA گردیده است (Sadeghi Ravesh, 2022).

حوزه‌ی آبریز کویر درانجیر به سبب دور بودن از راه‌های ارتباطی، تاکنون کم‌تر مورد تحقیق و تفحص قرار گرفته است. بر اساس یافته‌های تحقیقات، دشت‌های رفسنجان و کرمان که در ناحیه‌ی آبریز کویر درانجیر قرار دارند، جزو مناطق بحرانی فرونشست به‌شمار می‌روند. لذا ارزیابی تخریب اراضی ناشی از فرونشست و افت سطح آب زیرزمینی در حوزه‌ی آبریز کویر درانجیر از اهمیت به‌سزایی برخوردار است. به این منظور در پژوهش حاضر، شدت بیابان‌زایی، و یا به بیان‌دیگر، تخریب زمین توسط مدل ایران بیابان‌زایی IMDPA در حوزه‌ی آبریز کویر درانجیر با تأکید بر دو معیار آب زیرزمینی و نرخ فرونشست زمین ارزیابی شده است.

مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

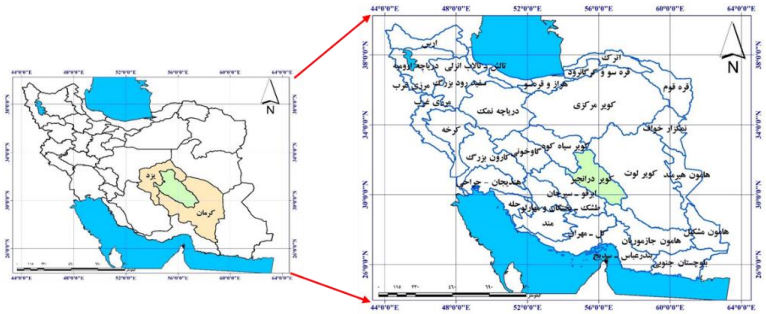
حوزه آبریز کویر درانجیر در محدوده دو استان یزد و کرمان واقع شده است. حوزه آبریز جزئی از فلات مرکزی ایران است که از شمال و شرق به زیر حوزه کویر لوت، از غرب به حوزه آبریز کویر سیرجان و ریگ‌زرین، و از جنوب به حوزه آبریز هامون– جازموریان محصور شده است. منطقه توسط کوه‌های هزار و لاله‌زار (جنوب)، کوه‌های پلوار و سیرچ (شرق)، رشته‌کوه شهربابک و انار (غرب) محدودشده است. حدود ۲۲۹۷۶ کیلومترمربع آن را مناطق کوهستانی و ۲۷۵۳۲ کیلومترمربع آن را کوه‌پایه‌ها، دشت‌ها و کویرها تشکیل داده‌اند.

حوزه آبریز کویر درانجیر ازنظر اقلیمی همانند سایر حوزه‌های آبریز بخش‌های مرکزی کشور یک منطقه خشک محسوب می‌شود. این حوضه یک ناحیه نسبتاً مرتفع فلات مرکزی ایران محسوب می‌شود. حداکثر ارتفاع در جنوب‌شرقی حوضه در کوه هزار ۴۴۶۵ متر و در شمال در کوه طغرل ۴۲۳۳ متر و حداقل آن در کویر درانجیر ۹۲۵ متر هستند. شیب متوسط تقریباً برابر با ۳/۸ در هزار است. در این حوضه، ۱۲ محدوده مطالعاتی مشخص شده‌اند که وسعت حوزه آبریز آن‌ها بین ۱۶۲۷ تا ۱۲۴۲۱ کیلومترمربع متغیر است.

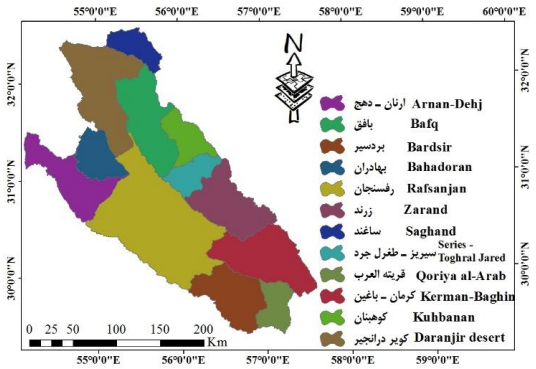
[1] Desertification

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

مرتفع‌ترین زیرحوضه ناحیه بردسیر باغین است که در آن بیش از ۷۰ درصد مساحت در تراز بالاتر از ۲۰۰۰ متر قرار دارد. شکل‌های ۱ و ۲ به ترتیب موقعیت حوزه آبریز درانجیر در کشور و هر یک از محدوده‌های مطالعاتی را نشان می‌دهند. نام و وسعت محدوده‌های مطالعاتی حوزه آبریز کویر درانجیر در جدول ۱ ارائه شده‌اند.



شکل ۱- موقعیت حوزه آبریز درانجیر در استان‌های کرمان و یزد و ایران
Figure 1. Location of the Daranjir watershed in Kerman and Yazd provinces and Iran



شکل ۲- موقعیت محدوده‌های مطالعاتی در حوزه‌ی آبریز درانجیر
Figure 2. The location of study areas in the Daranjir watershed

جدول ۱- نام و مساحت هر یک از محدوده‌های مطالعاتی حوزه‌ی آبریز درانجیر
Table 1. The name and area of each of the study areas in the Daranjir watershed

ردیف No	نام محدوده‌ی مطالعاتی The name of the study area	کد محدوده‌ی مطالعاتی Study area code	مساحت (کیلومترمربع) Area (Km^2)	مساحت ارتفاعات (درصد) Height area (%)	مساحت دشت (درصد) Plain area (%)	متوسط ارتفاع (متر) Average height (m)
1	کـویر درانجیر Daranjir desert	4901	6233.7	50.83	49.16	1316.56
2	رفسنجان Rafsanjan	4902	12513.69	53.88	46.11	1789.80
3	بهادران Bahadoran	4903	2284.75	44.81	55.18	1602.80
4	ارنان– دهج Arnan-Dehj	4904	3984.93	72.65	27.34	1909.99
5	بردسیر Bardsir	4905	3945.48	66.51	33.48	2452.72
6	کرمان– باغین Kerman-Baghin	4906	5403.68	53.83	46.16	2072.07
7	قریه‌العرب Qoriya al-Arab	4907	1763.95	67.59	32.40	2650.96
8	بافق Bafq	4908	4793.65	61.26	38.73	1437.94
9	کوهبنان Kuhbanan	4909	2036.51	50.24	49.75	2004.55
10	سیریز– طغرل‌جرد Series-Toghral Jared	4910	1715.78	64.79	35.20	1751.92
11	زرند Zarand	4911	4398.19	56.30	43.69	1973.27
12	ساغند Saghand	4912	1662.76	65.27	34.72	1332.78
	جمع کل Total		50736.44	58.99	40.99	1857.90

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

داده‌های مورد استفاده

به‌منظور بررسی و مطالعه تخریب خاک و فرونشست زمین تحت تأثیر منابع آب زیرزمینی در حوزه آبریز درانجیر، از داده‌های آب زیرزمینی با مراجعه به سازمان‌های ذی‌ربط، ازجمله سازمان تحقیقات منابع آب ایران (تماب)، سازمان آب منطقه‌ای استان‌های یزد و کرمان و همچنین تحقیقات پیشین استفاده شد. این داده‌ها شامل مقادیر افت سطح تراز آب زیرزمینی در آبخوان‌های محدوده‌های مطالعاتی، پارامترهای کیفی آب (هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، کل مواد جامد محلول) منابع آب زیرزمینی موجود در حوزه آبریز و نقشه فرونشست هستند. قابل‌ذکر است که نقشه فرونشست مورد استفاده در این پژوهش مربوط به دوره آماری ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷ است که برای محدوده‌های رفسنجان، زرند و کرمان- باغین در دسترس است. همچنین، تقریباً ۴۲۵ حلقه چاه مشاهداتی در منطقه مطالعاتی وجود دارند که از این تعداد، تنها داده‌های ۱۹۳ حلقه با دوره آماری مشترک ۱۷ ساله مورد استفاده قرار گرفتند.

برای انجام پژوهش حاضر، نخست مقادیر متوسط پارامترهای EC، SAR و TDS در طول دوره آماری ۹۷-۱۳۸۱ محاسبه شدند. سپس، میزان افت سطح تراز آب زیرزمینی در سال‌های ۹۷-۱۳۸۱ برآورد شد. رابطه میان افت سطح تراز آب زیرزمینی و پارامترهای EC، SAR و TDS بررسی شد و در نهایت، وضعیت فعلی بیابان‌زایی براساس پارامترهای کمی و کیفی (معیار آب) مدل بیابان‌زایی IMDPA و نقشه‌های پهنه‌بندی مورد ارزیابی قرار گرفت.

تحلیل شدت بیابان‌زایی توسط مدل IMDPA

این مطالعه به‌منظور ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در حوزه آبریز کویر درانجیر از جدیدترین مدل ایرانی ارزیابی بیابان‌زایی استفاده کرده است. این مدل بر اساس مدل مدالوس که توسط گروه بین‌المللی اروپا ارائه شده است، طراحی گردیده است. مدل IMDPA شامل نُه معیار است که در این پژوهش برای تهیه نقشه شدت بیابان‌زایی، از دو معیار «آب زیرزمینی» و «نرخ فرونشست» به‌عنوان معیارهای کلیدی استفاده شده است. با توجه به داده‌های در دسترس و اهداف پژوهش حاضر، شاخص‌های مرتبط با معیار آب شامل پارامترهای «هدایت الکتریکی»، «نسبت جذب سدیم» و «افت سطح آب زیرزمینی» در نظر گرفته شدند.

برای شاخص معیار فرونشست، میزان فرونشست در سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷ در نظر گرفته شد. در مرحله بعد، به هر شاخص بر اساس تأثیر آن در بیابان‌زایی وزنی بین یک تا چهار اختصاص داده شد. وزن‌دهی به‌صورت خطی و نسبت برابر بود، به‌طوری که ارزش یک نشان‌دهنده بهترین وضعیت و ارزش چهار نشان‌دهنده بدترین وضعیت بود. پهنه‌بندی شاخص‌های مذکور نیز با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی و روش‌های درون‌یابی انجام شد. لازم به ذکر است که به‌منظور بررسی تأثیر نرخ فرونشست بر بیابان‌زایی، «شدت بیابان‌زایی» به دو صورت محاسبه گردید: در حالت اول، با در نظر گرفتن معیار فرونشست و معیار آب زیرزمینی و در حالت دوم، بدون لحاظ کردن معیار فرونشست، شدت بیابان‌زایی تنها بر اساس معیار آب زیرزمینی ارزیابی شد. معیار آب زیرزمینی بر اساس شاخص‌های هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم و افت سطح آب زیرزمینی مطابق با جدول ۲ امتیازدهی شد و ارزش عددی این معیار بر اساس رابطه ۱ محاسبه گردید.

جدول ۲- امتیازدهی شاخص‌های معیار آب زیرزمینی در مدل IMDPA

Table 2. Scoring of groundwater benchmark indicators in the IMDPA model

شاخص Indicator	وضعیت فعلی بیابان‌زایی The current state of desertification			
	۱ (کم) 1 (Low)	۲ (متوسط) 2 (Moderate)	۳ (شدید) 3 (Intense)	۴ (خیلی‌شدید) 4 (Very intense)
هدایت الکتریکی (EC) Electrical conductivity (EC)	750>	750-2250	2250-5000	5000<
نسبت جذب سدیم (SAR) Sodium Absorption Ratio (SAR)	18>	18-26	26-32	32 <
افت آب زیرزمینی (سانتی‌متر در سال) Groundwater loss (cm. year)	20 >	20-30	30-50	50 <

معیار فرونشست با استفاده از نقشه فرونشست تهیه‌شده از تصاویر ماهواره‌ای سنتینل ۱ در سال‌های ۱۳۸۱ تا ۱۳۹۷ ارزیابی شد. به این منظور، شاخص نرخ فرونشست مدل IMDPA براساس جدول ۳ امتیازدهی گردید.

جدول ۳- امتیازدهی شاخص معیار نرخ فرونشست در مدل IMDPA

Table 3. Subsidence rate index scoring in the IMDPA model

شاخص Indicator	وضعیت فعلی بیابان‌زایی The current state of desertification			
	۱ (کم) 1 (Low)	۲ (متوسط) 2 (Moderate)	۳ (شدید) 3 (Intense)	۴ (خیلی‌شدید) 4 (Very intense)
فرونشست (سانتی‌متر در سال) Subsidence (cm. year)	> -1.49	-2.99- تا -1.5	-5.99-تا -3	<-6

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

پس از محاسبه معیارهای آب زیرزمینی و فرونشست و تهیه نقشه‌های مربوطه، نقشه نهایی وضعیت بیابان‌زایی بر اساس مدل IMDPA و با استفاده از میانگین هندسی معیارها به دست آمد (رابطه ۲).

رابطه (۱)

$$GWI = (\text{نسبت جذب سدیم} \times \text{هدایت الکتریکی} \times \text{افت آب زیرزمینی})^{1/3}$$

رابطه (۲)

$$DM = (GWI \times SRI)^{1/2}$$

در این رابطه، GWI (Groundwater Index): معیار آب زیرزمینی، SRI (Subsidence Rate Index): معیار نرخ فرونشست و DM (Desertification Status): وضعیت فعلی بیابان‌زایی هستند. در انتها، بر طبق مدل IMDPA، شدت بیابان‌زایی در چهار کلاس کم و ناچیز، متوسط، شدید و بسیار شدید طبقه‌بندی گردید. جدول ۴، کلاس‌ها و وزن‌های اخذشده برای ارزیابی وضعیت معیارها در مدل IMDPA را نشان می‌دهد.

جدول ۴- طبقات کلاس‌های شدت بیابان‌زایی مدل IMDPA

Table 4. Classes of desertification intensity classes of the IMDPA model

کلاس شدت بیابان‌زایی Desertification intensity class	امتیاز Score	کلاس شدت بیابان‌زایی Desertification intensity class	امتیاز Score
کم Low	0-1.5	شدید Intense	2.5-3.5
متوسط Moderate	1.5-2.5	بسیار شدید Very intense	3.5-4

نتایج و بحث

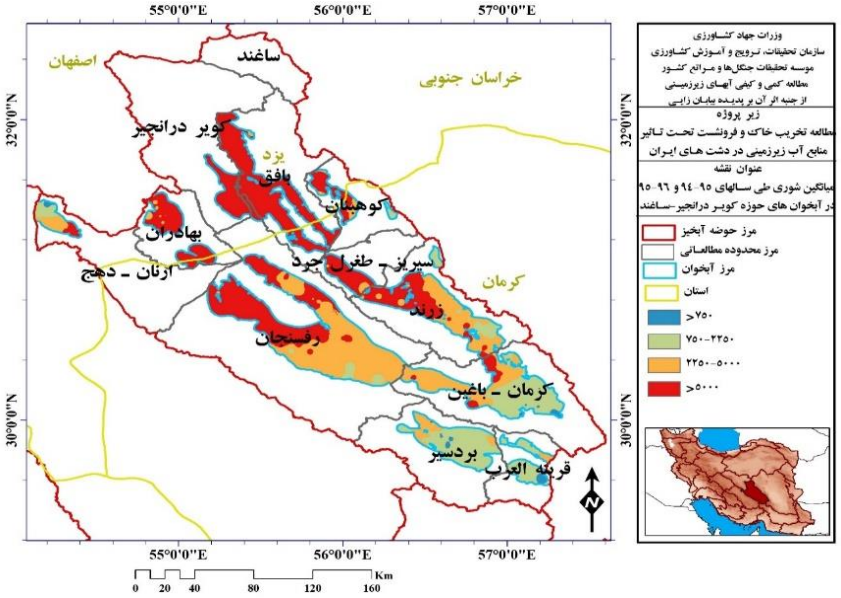
ارزیابی وضعیت کیفیت آب زیرزمینی

مطابق با نتایج شکل ۳ در مورد میزان هدایت الکتریکی در سطح آبخوان‌ها، میزان هدایت الکتریکی (شوری) در کل حوضه بین مقادیر کم‌تر از ۷۵۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر تا بزرگ‌تر از ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر در نوسان است. بر این اساس، محدوده‌های بافق، کویر درانجیر، سیریز- طغرل‌جرد، بهادران، و کوهبنان دارای بالاترین مقدار شوری هستند که در این میان، کل منابع آب زیرزمینی موجود در دو محدوده بافق و کویر درانجیر دارای شوری بیش‌تر از ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر است. هم‌چنین، تقریباً ۵۰ درصد منابع آبی موجود در محدوده‌های رفسنجان و زرند نیز از شوری بیش‌تر از ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر برخوردارند. این در حالی است که کم‌ترین مقدار شوری در محدوده قریه‌العرب، بردسیر و بخش جنوبی محدوده کرمان-باغین مشاهده می‌شود؛ بر این اساس، منابع آب زیرزمینی واقع در بخش جنوبی حوزه آبریز کویر درانجیر از شوری کم‌تری نسبت به منابع آبی موجود در بخش شمالی که در استان یزد واقع شده‌اند، برخوردارند. نسبت جذب سدیم آب زیرزمینی در حوزه آبریز کویر درانجیر بین مقادیر کم‌تر از ۱۸ (۰/۲۴) تا بالاتر از ۳۲ (۳۵/۷) متغیر است، به‌طوری‌که منابع آب زیرزمینی با نسبت جذب سدیم کم‌تر از ۱۸ بیش‌ترین سطح حوضه را در بر می‌گیرند. این در حالی است که محدوده کویر درانجیر دارای بالاترین مقدار نسبت جذب سدیم در این بازه زمانی است. منابع آب زیرزمینی محدوده‌های قریه‌العرب، بردسیر، ارنان- دهج و سپس کرمان-باغین نیز کم‌ترین مقدار نسبت جذبی سدیم را دارند (شکل ۴).

کل مواد جامد محلول موجود در آب زیرزمینی نیز بین ۱۵۶ تا ۱۷۹۲۸ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است. همان‌طور که مقادیر پهنه‌بندی شده در کل حوضه نشان می‌دهند، مقدار کل مواد جامد محلول در اکثر محدوده‌های مطالعاتی بین ۲۰۰۰ تا بالاتر از ۸۰۰۰ میلی‌گرم بر لیتر متغیر است، به‌طوری‌که محدوده‌های بافق، کویر درانجیر، بهادران و سپس کوهبنان از بالاترین مقدار کل مواد جامد محلول برخوردارند. این در حالی است که منابع آب زیرزمینی محدوده‌های قریه‌العرب، بردسیر و بخشی از محدوده کرمان-باغین کم‌ترین مقدار کل مواد جامد دارند (شکل ۵).

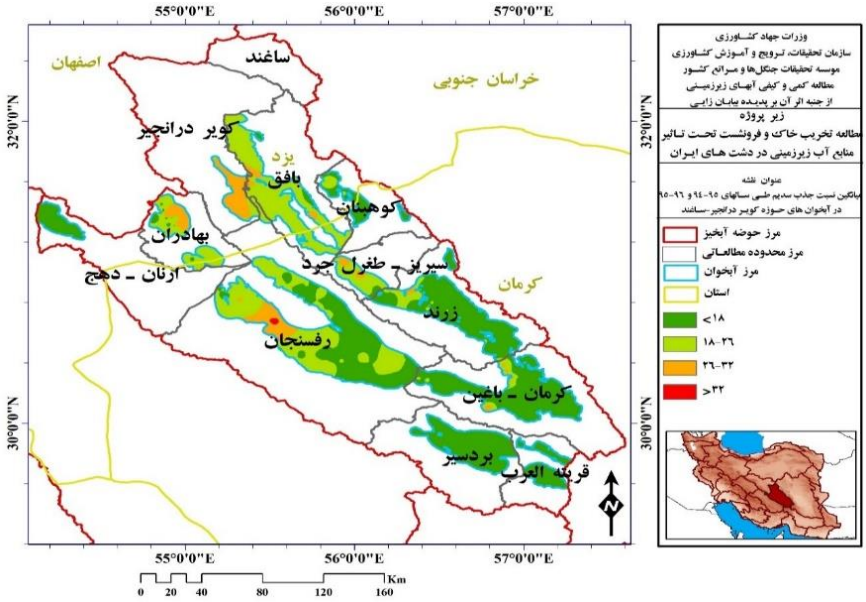
[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]



شکل ۳- نقشه پهنه‌بندی مقادیر میانگین پارامتر هدایت الکتریکی منابع آب زیرزمینی حوزه آبریز درانجیر

Figure 3. The zoning map of the mean values of electrical conductivity parameter of groundwater resources in the Daranjir watershed

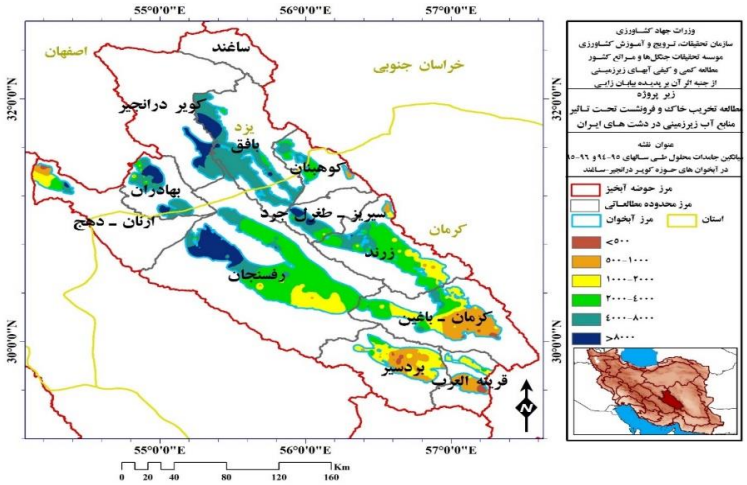


شکل ۴- نقشه پهنه‌بندی مقادیر میانگین پارامتر نسبت جذب سدیم منابع آب زیرزمینی حوزه آبریز درانجیر

Figure 4. The zoning map of the mean values of the sodium absorption ratio parameter of groundwater resources in the Daranjir watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

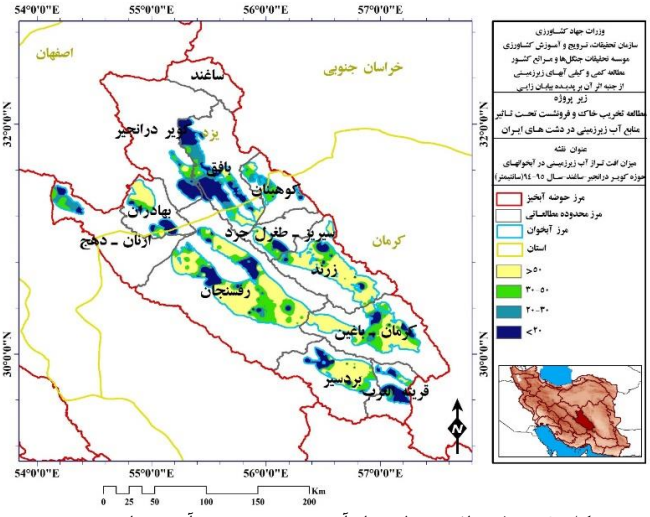


شکل ۵- نقشه پهنه‌بندی مقادیر میانگین پارامتر کل مواد جامد محلول منابع آب زیرزمینی حوزه آبریز درانجیر

Figure 5. The zoning map of the mean values of the total dissolved solids parameter of groundwater resources in the Daranjir watershed

ارزیابی وضعیت کمیت آب زیرزمینی براساس میزان افت سطح تراز منابع آبی آبخوان

شکل ۶ نشان می‌دهد که سطح تراز آب زیرزمینی در کل حوضه بیش‌تر از ۵۰ سانتی‌متر تا کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر کاسته شده است. همان طور که از نقشه پهنه‌بندی مشخص است، بیش‌ترین میزان افت در محدوده‌های رفسنجان، زند، بردسیر، کرمان–باغین و بهادران اتفاق افتاده است، به‌طوری که میزان افت در آبخوان محدوده بردسیر به سه متر در سال و محدوده‌های رفسنجان و زرند تا ۲/۸ متر در سال نیز در چند چاه مشاهده‌ای رسیده است. این در حالی است که کم‌ترین میزان کاهش سطح تراز آب زیرزمینی محدوده‌های بافق، کویر درانجیر، آبخوان جنوبی محدوده قریه‌العرب، آبخوان شمس محدوده بهادران اتفاق افتاده است، به‌طوری که در این محدوده‌ها سطح آب زیرزمینی در بخش اعظم آب‌خوان کم‌تر از ۲۰ سانتی‌متر در سال افت داشته است. نتایج بررسی میزان افت سطح تراز زیرزمینی طی بازه زمانی مورد مطالعه برای هر یک از محدوده‌های مطالعاتی به‌صورت مجزا نشان می‌دهند که سطح آب زیرزمینی در آب‌خوان محدوده ارنان–دهج ۱۰ تا ۶۹ سانتی‌متر در سال، آب‌خوان‌های محدوده بافق بین یک متر تا پنج سانتی‌متر در سال، بردسیر ۳/۲ متر تا سه سانتی‌متر در سال، بهادران ۱/۶۹ متر تا دو سانتی‌متر، رفسنجان ۲/۵۸ تا چهار سانتی‌متر، زرند حدود هشت سانتی‌متر تا ۲/۸۲ متر، ساغند سه تا ۱۹ سانتی‌متر، سیریز–طغرل‌جرد ۱۵ سانتی‌متر تا ۱/۴ متر، قریه‌العرب سه تا ۶۹ سانتی‌متر، کرمان–باغین ۱/۸۹ تا سه سانتی‌متر، کوهبنان شش تا ۹۳ سانتی‌متر و کویر درانجیر چهار تا ۴۳ سانتی‌متر در سال کاهش یافته است. در این میان، تنها تمامی چاه‌های مشاهداتی موجود در آب‌خوان محدوده مطالعاتی کویر درانجیر افت داشته‌اند.



شکل ۶- مقادیر افت سطح تراز آب زیرزمینی حوزه آبریز درانجیر

Figure 6. The values of the drop in the groundwater level of the Daranjir watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی بر اساس معیار آب مدل بیابان‌زایی IMDPA

معیار کیفیت آب زیرزمینی بر اساس مقادیر میانگین پارامترهای هدایت الکتریکی و نسبت جذب سدیم بر طبق طبقات ارائه‌شده (در جدول ۲) برای کل حوزه آبریز کویر درانجیر طبقه‌بندی شد و وضعیت بیابان‌زایی برای محدوده‌های مطالعاتی تعیین گردید که نتایج آن در جدول ۵ ارائه شده‌اند. براساس نتایج به‌دست‌آمده از امتیازدهی معیار هدایت الکتریکی، وضعیت بیابان‌زایی حوزه آبریز کویر درانجیر در طبقه متوسط تا خیلی‌شدید قرار می‌گیرد. محدوده‌های بافق، بردسیر، رفسنجان، زرند، سیریز- طغرل‌جرد و قریه‌العرب دارای وضعیت خیلی‌شدید، محدوده ساغند دارای وضعیت شدید و محدوده‌های ارنان- دهج، بهادران، کرمان-باغین، کوهبنان و کویر درانجیر دارای وضعیت متوسط بیابان‌زایی هستند.

به‌طور کلی، براساس شاخص "هدایت الکتریکی"، اکثر محدوده‌های مطالعاتی دارای وضعیت خیلی‌شدید و شدید بیابان‌زایی بر طبق طبقه‌بندی مدل IMDPA هستند. همچنان که درصد مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی بر اساس شاخص هدایت الکتریکی در این حوزه آبریز نشان می‌دهد، بیش‌ترین سطح حوضه در طبقه خیلی‌شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد (جدول ۶). هم‌چنین، به‌منظور ارزیابی دقیق وضعیت بیابان‌زایی، مقادیر میانگین هدایت الکتریکی منابع آب زیرزمینی موجود در حوضه طبقه‌بندی شدند که نتایج حاصل در شکل ۷ ارائه شده‌اند.

جدول ۵- امتیاز معیار کیفیت آب زیرزمینی هدایت الکتریکی حوزه آبریز درانجیر

Table 5. The criterion score of electrical conductivity of undergroundwater quality in the Daranjir watershed

وضعیت فعلی بیابان‌زایی The current state of desertification	امتیاز Score	میانگین EC Mean EC	محدوده مطالعاتی Study area	وضعیت فعلی بیابان‌زایی The current state of desertification	امتیاز Score	میانگین EC Mean EC	محدوده مطالعاتی Study area
شدید Intense	3	4704.4	ساغند Saghand	متوسط Moderate	2	1751.4	ارنان- دهج Arnan-Dehj
خیلی‌شدید Very intense	4	5525.2	سیریز- طغرل‌جرد	خیلی‌شدید Very intense	4	9810.76	بافق Bafq
خیلی‌شدید Very intense	4	7343.2	قریه‌العرب Qoriya al-Arab	خیلی‌شدید Very intense	4	9351.46	بردسیر Bardsir
متوسط Moderate	2	1323.5	کرمان- باغین Kerman-Baghin	متوسط Moderate	2	1921.4	بهادران Bahadoran
متوسط Moderate	3	2261.7	کوهبنان Kuhbanan	خیلی‌شدید Very intense	4	9351.4	رفسنجان
متوسط Moderate	3	3470.7	کـویر درانجیر Daranjir desert	خیلی‌شدید Very intense	4	6351.6	زرند Zarand

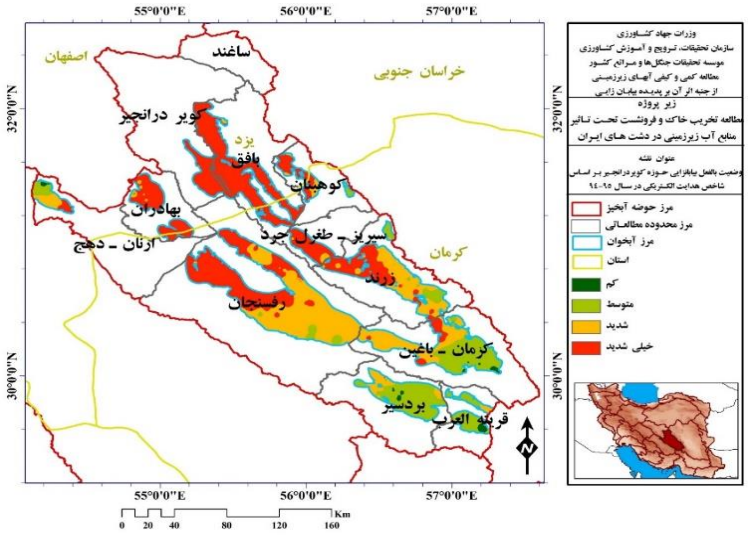
جدول ۶- درصد مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی بر اساس شاخص هدایت الکتریکی حوزه آبریز درانجیر

Table 6. The percentage of the area of desertification intensity classes based on the electrical conductivity index of the Daranjir watershed

طبقات شدت بیابان‌زایی Desertification intensity classes	درصد مساحت Area percentage
کم Low	2.12
متوسط Moderate	21.48
شدید Intense	28.5
خیلی‌شدید Very intense	47.87

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]



شکل ۷- وضعیت بالفعل بیابان‌زایی بر اساس شاخص هدایت الکتریکی حوزه آبریز درانجیر

Figure 7. The actual state of desertification based on the electrical conductivity index of the Daranjir watershed

نتایج ارزیابی معیار نسبت جذب سدیم در جدول ۷ نشان داده شده‌اند. بر اساس نتایج به‌دست‌آمده از امتیازدهی مقادیر میانگین نسبت جذب سدیم، تمامی محدوده‌های مطالعاتی وضعیت ضعیف بیابان‌زایی دارند و تنها محدوده مطالعاتی ساغند در طبقه متوسط قرار می‌گیرد. هم‌چنین، نقشه پهنه‌بندی امتیازدهی شاخص نسبت جذب سدیم در شکل ۸ نشان داده شده است. بر مبنای این نقشه، درصد مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی نیز نشان می‌دهد که تقریباً ۵۰ درصد از سطح حوضه در وضعیت کم، سپس متوسط و شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرند (جدول ۸).

جدول ۷- امتیاز معیار کیفیت آب زیرزمینی نسبت جذب سدیم

Table 7. The groundwater quality criterion score of the sodium absorption ratio

وضعیت فعلی بیابان‌زایی The current state of desertification	امتیاز Score	میانگین SAR Mean SAR	محدوده مطالعاتی Study area	وضعیت فعلی بیابان‌زایی The current state of desertification	امتیاز Score	میانگین SAR Mean SAR	محدوده مطالعاتی Study area
متوسط Moderate	2	20.24	ساغند Saghand	کم Low	1	2.43	ارنان- دهج Arnan-Dehj
کم Low	1	11.38	سیریز- طغرل‌جرد	کم Low	1	15.07	بافق Bafq
کم Low	1	2.54	قریه‌العرب Qoriya al-Arab	کم Low	1	4.26	بردسیر Bardsir
کم Low	1	5.37	کرمان- باغین Kerman-Baghin	کم Low	1	15.13	بهادران Bahadoran
کم Low	1	6.05	کوهبنان Kuhbanan	کم Low	1	12.28	رفسنجان
کم Low	1	13.00	کـویر درانجیر Daranjir desert	کم Low	1	7.76	زرند Zarand

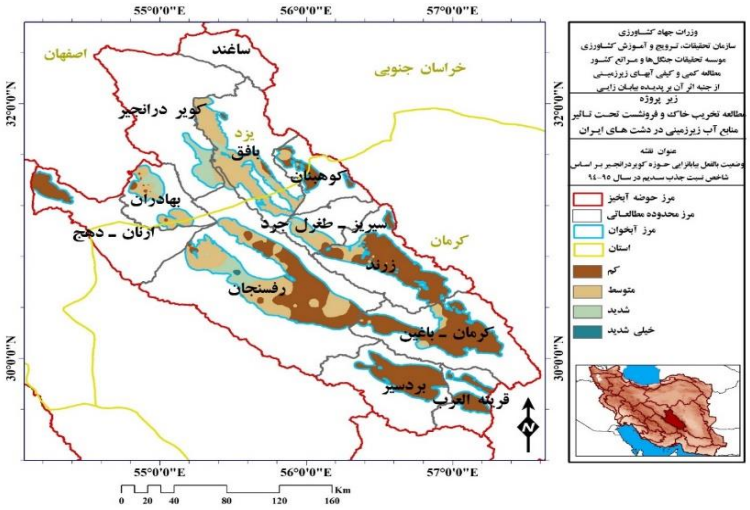
جدول ۸- درصد مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی بر اساس شاخص نسبت جذب سدیم

Table 8. The area percentage of desertification intensity classes based on the sodium absorption ratio index

طبقات شدت بیابان‌زایی Desertification intensity classes	درصد مساحت Area percentage
کم Low	54.13
متوسط Moderate	39
شدید Intense	6.82
خیلی‌شدید Very intense	0.038

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]



شکل ۸- وضعیت بالفعل بیابان‌زایی بر اساس شاخص نسبت جذب سدیم حوزه آبریز درانجیر

Figure 8. The actual state of desertification based on the index of sodium absorption ratio in the Daranjir watershed

نتایج معیار کمیت آب زیرزمینی بر اساس میانگین افت سطح تراز برای آب‌خوان‌های محدوده‌های مطالعاتی در جدول ۹ ارائه شده‌اند. براساس متوسط افت آب زیرزمینی، محدوده‌های بردسیر، رفسنجان، زرند، سیریز-طغرل‌جرد و کرمان-باغین دارای وضعیت خیلی‌شدید و محدوده‌های بهادران و کوهبنان دارای وضعیت شدید بیابان‌زایی هستند. هم‌چنین، نقشه پهنه‌بندی شده وضعیت بیابان‌زایی بر اساس معیار افت سطح تراز در شکل ۹ نشان داده شده است. نتایج حاصل از مقادیر پهنه‌بندی شده افت سطح تراز در حوزه آبریز کویر درانجیر نشان می‌دهند که تقریباً ۳۶ درصد سطح حوضه در وضعیت خیلی‌شدید بیابان‌زایی قرار می‌گیرد که سه محدوده رفسنجان، زرند و کرمان-باغین، بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص می‌دهند (جدول ۱۰).

جدول ۹- امتیاز معیار کمیت آب زیرزمینی افت سطح تراز

Table 9. The criterion score of the groundwater level quantity drop

وضعیت فعلی بیابان‌زایی The current state of desertification	امتیاز Score	میانگین افت Mean drop (cm)	محدوده مطالعاتی Study area	وضعیت فعلی بیابان‌زایی The current state of desertification	امتیاز Score	میانگین افت Mean drop (cm)	محدوده مطالعاتی Study area
کم Low	1	10	ساغند Saghand	متوسط Moderate	2	30	ارنان- دهج Arnan-Dehj
خیلی‌شدید Very intense	4	43	سیریز- طغرل‌جرد	متوسط Moderate	2	28	بافق Bafq
کم Low	1	15	قریه‌العرب Qoriya al-Arab	خیلی‌شدید Very intense	4	64	بردسیر Bardsir
خیلی‌شدید Very intense	4	60	کرمان- باغین Kerman-Baghin	شدید Intense	3	38	بهادران Bahadoran
شدید Intense	3	34	کوهبنان Kuhbanan	خیلی‌شدید Very intense	4	54	رفسنجان
متوسط Moderate	2	26	کویر درانجیر Daranjir desert	خیلی‌شدید Very intense	4	78	زرند Zarand

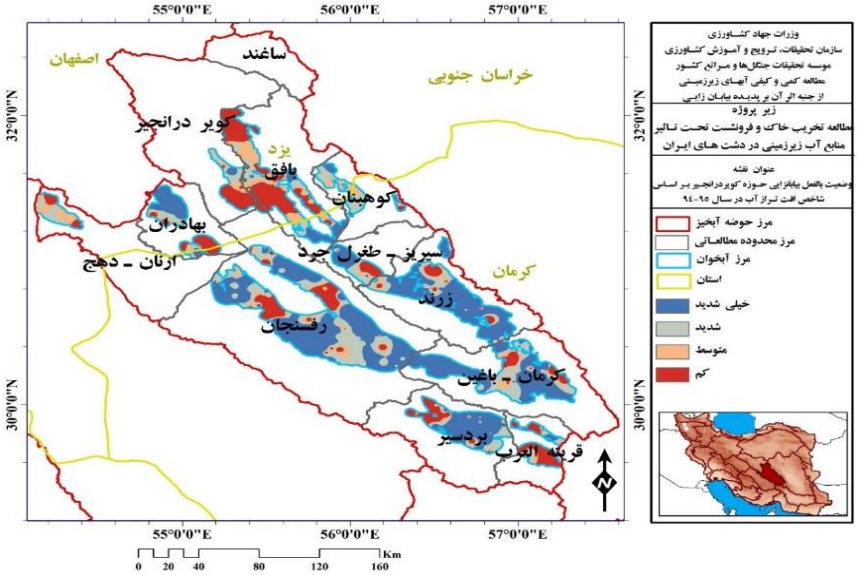
جدول ۱۰- درصد مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی براساس شاخص افت سطح تراز آب زیرزمینی

Table 10. The percentage of the area of desertification intensity classes based on the groundwater level drop index

طبقات شدت بیابان‌زایی Desertification intensity classes	درصد مساحت Area percentage
کم Low	29.9
متوسط Moderate	12.04
شدید Intense	21.41
خیلی‌شدید Very intense	36.65

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

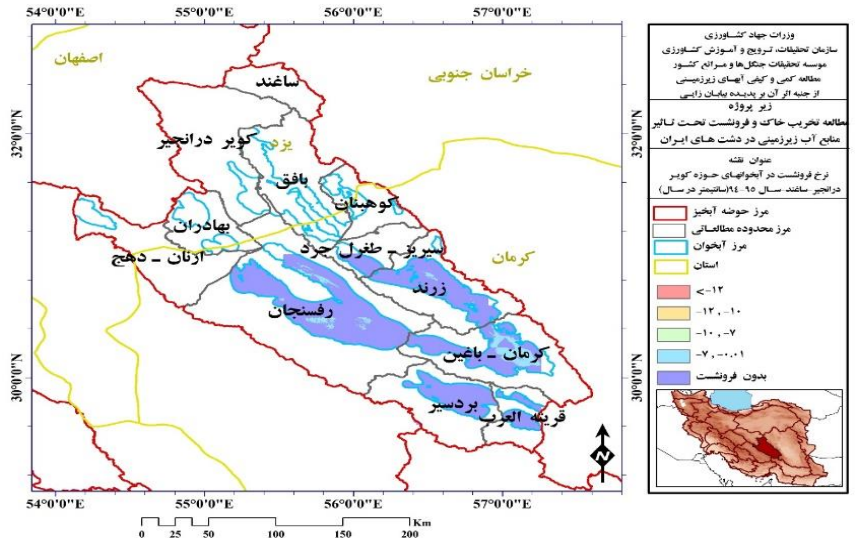


شکل ۹- وضعیت بالفعل بیابان‌زایی بر اساس شاخص افت سطح تراز آب زیرزمینی حوزه آبریز درانجیر

Figure 9. The actual state of desertification based on the index of the groundwater level drop in the Daranjir watershed

ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی براساس معیار فرونشست مدل بیابان‌زایی IMDPA

در این قسمت، معیار فرونشست مدل بیابان‌زایی IMDPA با استفاده از نقشه فرونشست حوزه آبریز کویر درانجیر که برای بخشی از حوضه موجود است، ارزیابی گردید (شکل ۱۰). همان‌طور که از نقشه فرونشست قابل‌تشخیص است، فرونشست تنها برای سه محدوده مطالعاتی رفسنجان، زرند و کرمان-باغین وجود دارد که بین ۱۲ تا کم‌تر از ۷ سانتی‌متر در سال متغیر است. فرونشست با نرخ کم‌تر از ۷ سانتی‌متر در سال در محدوده‌های مطالعاتی بیش‌ترین سطح را به‌خود اختصاص داده است. براساس نقشه فرونشست، محدوده کرمان-باغین دارای بیش‌ترین میزان فرونشست است که بین ۱۲ تا کم‌تر از ۷ سانتی‌متر در سال است. فرونشست با نرخ ۱۲ سانتی‌متر در سال در سطح ناچیزی در این محدوده اتفاق افتاده است. در محدوده زرند، نرخ فرونشست بین ۳/۹ تا نزدیک به یک سانتی‌متر در سال وجود دارد که فرونشست با نرخ ۰/۵ تا ۱/۵ سانتی‌متر در سال بیش‌ترین سطح را در بر می‌گیرد. هم‌چنین، نرخ فرونشست در محدوده رفسنجان نیز بین ۷ تا کم‌تر از ۱ سانتی‌متر در سال وجود دارد که فرونشست با ۲ سانتی‌متر و کم‌تر از ۲ سانتی‌متر در سال، بیش‌ترین سهم را به خود اختصاص می‌دهد.



شکل ۱۰- نرخ فرونشست در آبخوان محدوده‌های مطالعاتی حوزه آبریز کویر درانجیر

Figure 10. The subsidence rate in the aquifer of the study areas of the Daranjir watershed

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

ارزیابی شدت بیابان‌زایی از منظر معیار آب زیرزمینی

براساس نتایج جدول ۱۱، تحلیل‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که شدت بیابان‌زایی در منطقه موردمطالعه بر اساس شاخص‌های معیار آب زیرزمینی به چهار طبقه کم، متوسط، شدید و خیلی‌شدید تقسیم می‌شود. در این بررسی، بیش‌ترین سطح بیابان‌زایی در محدوده متوسط مشاهده شده است که معادل ۶۸/۲۴ درصد از کل مساحت منطقه را شامل می‌شود. این آمار نشان‌دهنده آن است که بخش قابل‌توجهی از منطقه تحت تأثیر بیابان‌زایی متوسط قرار دارد که می‌تواند نشانه‌ای از تغییرات اقلیمی یا استفاده نادرست از منابع آب باشد. پس از طبقه متوسط، طبقه شدید، در رتبه دوم قرار گرفته است که به‌طور قابل‌توجهی بر میزان بیابان‌زایی تأثیرگذار بوده است. همچنین، طبقات کم و خیلی‌شدید به‌ترتیب در این ارزیابی مقادیری را به‌خود اختصاص دادند. این یافته‌ها می‌توانند به مدیران و برنامه‌ریزان کمک کنند تا استراتژی‌های مناسبی را برای مدیریت منابع آب و مقابله با بیابان‌زایی در منطقه اتخاذ کنند.

جدول ۱۱- درصد مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی بر طبق معیار آب زیرزمینی در حوزه آبریز کویر درانجیر

Table 11. The percentage of the area of desertification intensity classes according to the groundwater criterion in the Daranjir watershed

محدوده مطالعاتی Study area	کم Low	متوسط Moderate	شدید Intense	خیلی‌شدید Very intense
زرند Zarand	1.92	86.77	9.99	1.29
سیریز- طغرل‌جرد Series - Toghral Jared	3.71	52.22	41.35	2.70
ساغند Saghand	2.20	97.72	-	
رفسنجان Rafsanjan	2.74	59.07	37.15	1.02
کوهبنان Kuhbanan	2.53	84.8	13.37	-
کرمان- باغین Kerman-Baghin	16.23	77.55	5.91	0.29
قریه‌العرب Qoriya al-Arab	68.73	31.26	-	-
ارنان- دهج Arnan-Dehj	11.17	78.91	9.91	-
کویر درانجیر Daranjir desert	10.85	64.77	22.11	2.25
بردسیر Bardsir	33.91	66.08	-	-
بهادران Bahadoran	0.052	49.79	32.34	17.81
بافق Bafq	1.78	73.28	24.90	0.028
جمع کل Total	10.27	68.24	19.90	1.57

ارزیابی شدت بیابان‌زایی از منظر معیار آب زیرزمینی و فرونشست

شدت بیابان‌زایی را بر اساس معیار آب زیرزمینی و فرونشست در سه محدوده مطالعاتی کرمان-باغین، رفسنجان و زرند حاکی از آن است که شدت بیابان‌زایی برطبق این دو معیار، در سه‌طبقه کم، متوسط و شدید قرار می‌گیرد که بیش‌ترین سطح مربوط به‌شدت متوسط است. جدول ۱۲ درصد طبقات شدت بیابان‌زایی را براساس دو معیار آب زیرزمینی و فرونشست در محدوده‌های مطالعاتی کرمان-باغین، رفسنجان و زرند نشان می‌دهد. بر این اساس، بیابان‌زایی در محدوده مطالعاتی رفسنجان از شدت بالاتری نسبت به دو محدوده دیگر برخوردار است، به‌طوری‌که ۴/۹۹ درصد در طبقه شدید بیابان‌زایی قرار دارد. این در حالی است که مساحت طبقه شدید در دو محدوده زرند و کرمان-باغین، از مقدار ناچیزی برخوردار است. هم‌چنین، درصد طبقه با شدت کم در محدوده رفسنجان (۱۵/۳۹) نسبت به محدوده‌های کرمان-باغین (۴۹/۷۵ درصد) و زرند (۲۱/۱۱ درصد) کم‌تر است.

جدول ۱۲- درصد مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی در محدوده‌های مطالعاتی کرمان-باغین، رفسنجان و زرند

Table 12. The percentage of the area of desertification intensity classes in the study areas of Kerman-Baghin, Rafsanjan, and Zarand

محدوده مطالعاتی Study area	کم Low	متوسط Moderate	شدید Intense
رفسنجان Rafsanjan	15.39	79.60	4.99
کرمان- باغین Kerman-Baghin	49.75	49.55	0.68
زرند Zarand	21.11	78.81	0.075

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

به‌طور کلی، نتایج پهنه‌بندی مقادیر پارامتر هدایت الکتریکی در بازه زمانی مذکور نشان می‌دهند که شوری آب زیرزمینی در کل حوزه آبریز کویر درانجیر بین مقادیر کمتر از ۷۵۰ تا ۵۰۰۰ میکروزیمنس بر سانتی‌متر نوسان دارد. این نوسانات در شوری آب زیرزمینی می‌توانند تأثیرات قابل توجهی بر کیفیت آب و اکوسیستم‌های محلی داشته باشند. تحلیل‌های انجام‌شده نشان می‌دهند که بخش‌های جنوبی حوضه، شامل قریه‌العرب، بردسیر و بخش جنوبی محدوده کرمان–باغین، از شوری کمتری نسبت به منابع آبی موجود در بخش‌های شمالی برخوردار هستند. این تفاوت در شوری می‌تواند ناشی از عوامل مختلفی باشد، ازجمله نوع خاک، میزان بارندگی و فعالیت‌های انسانی مانند کشاورزی و برداشت آب. به ویژه، در بخش‌های شمالی مانند بافق، کویر درانجیر، سیریز–طغرل‌جرد، بهادران و کوهبنان، شوری بالاتر می‌تواند به مشکلاتی نظیر کاهش کیفیت آب، آسیب به گیاهان و تنوع زیستی و افزایش هزینه‌های تصفیه آب منجر شود. در نتیجه، درک این نوسانات و تفاوت‌ها می‌تواند به مدیریت بهتر منابع آب زیرزمینی و برنامه‌ریزی‌های مناسب برای استفاده پایدار از این منابع کمک کند. این اطلاعات نه‌تنها برای محققان و کارشناسان محیط زیست، بلکه برای تصمیم‌گیرندگان و برنامه‌ریزان نیز اهمیت دارد تا بتوانند راهکارهای مؤثری را برای بهبود وضعیت آب زیرزمینی و حفاظت از منابع طبیعی ارائه دهند.

پهنه‌بندی مقادیر نسبت جذب سدیم (SAR) در حوزه آبریز کویر درانجیر نیز نشان می‌دهد که این شاخص در بازه‌ای از کمتر از ۱۸ تا بیش از ۳۲ متغیر است. یافته‌ها نشان می‌دهند که منابع آب زیرزمینی با مقادیر SAR کمتر از ۱۸، وسیع‌ترین بخش از حوزه آبریز را پوشش داده‌اند و از کیفیت مطلوب‌تری برخوردارند. مطالعه رابطه بین تغییرات هدایت الکتریکی (EC) و افت تراز سطح آب زیرزمینی حاکی از آن بود که بیشترین افت سطح آب در محدوده مطالعاتی زرند با مقدار ۱۱.۰۹ متر رخ داد. در این شرایط، هدایت الکتریکی آب به میزان قابل‌توجهی (۲۸۵.۷۳ میکروزیمنس بر سانتی‌متر) افزایش یافت که نشان‌دهنده تشدید شوری و درنتیجه افت سطح آب است. در محدوده کرمان–باغین نیز افت سطح آب به میزان ۷/۵۲ متر مشاهده شد؛ اما برخلاف انتظار، شوری آب در این منطقه با کاهش جزئی به مقدار ۶/۰۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر همراه بود.

تحلیل تغییرات شوری در مناطق مختلف نشان داد که محدوده سیریز–طغرل جرد بیشترین افزایش شوری آب زیرزمینی را با مقدار ۲۴۷۸.۸۱ میکروزیمنس بر سانتی‌متر تجربه کرد. این در حالی است که در محدوده بهادران (آبخوان بهادران)، شوری آب زیرزمینی به میزان ۱۴۴۵/۳۵ میکروزیمنس بر سانتی‌متر کاهش‌یافت که می‌تواند نشان‌دهنده بهبود کیفیت آب یا کاهش تأثیر عوامل شورکننده در این منطقه باشد.

ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی براساس شاخص هدایت الکتریکی معیار آب، با استفاده از مدل IMDPA نشان می‌دهد که بیابان‌زایی در مناطق مختلف حوزه آبریز کویر درانجیر دارای شدت‌های متنوعی است. مطابق نتایج، مناطق بافق، بردسیر، رفسنجان، زرند، سیریز–طغرل‌جرد و قریه‌العرب در طبقه «خیلی‌شدید» بیابان‌زایی قرار دارند که نشان‌دهنده شرایط بحرانی این مناطق ازنظر کیفیت آب و تأثیر شوری در تخریب اراضی است. محدوده ساغند در وضعیت «شدید» و مناطق ارنان–دهج، بهادران، کرمان–باغین، کوهبنان و کویر درانجیر در طبقه «متوسط» بیابان‌زایی قرار دارند. بررسی مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی نشان می‌دهد که تقریباً ۵۰ درصد از کل حوزه آبریز کویر درانجیر (معادل ۴۷/۸۷ درصد) در وضعیت «خیلی‌شدید» بیابان‌زایی قرار دارد. این امر بیانگر تأثیرگذاری بالای هدایت الکتریکی بر تخریب اراضی و گسترش بیابان‌زایی در این منطقه است. طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی براساس شاخص EC همچنین به شناسایی مناطق حساس به شوری کمک می‌کند و می‌تواند مبنای تصمیم‌گیری برای مدیریت پایدار منابع آب‌وخاک در این حوزه آبخیز باشد.

عوامل متعددی می‌توانند به افزایش هدایت الکتریکی و به‌تبع آن بیابان‌زایی در مناطق مختلف کمک کنند. ازجمله این عوامل، برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی است که سبب کاهش سطح آب و افزایش غلظت املاح در آب می‌شود. علاوه بر این، تغییرات اقلیمی ازجمله کاهش بارندگی و افزایش دما، به کاهش تغذیه آب‌خوان‌ها و تشدید شوری در این مناطق انجامیده‌اند. شوری بالا نه‌تنها کیفیت آب را کاهش می‌دهد، بلکه از طریق تأثیرگذاری بر پوشش‌گیاهی، بهره‌وری کشاورزی را نیز محدود می‌کند و سرعت تخریب اراضی را افزایش می‌دهد. در این میان، مدل IMDPA، به‌عنوان یک ابزار معتبر در پایش و ارزیابی بیابان‌زایی، امکان ارزیابی کمی و کیفی تأثیر شاخص‌های مختلف از جمله هدایت الکتریکی را فراهم می‌کند. این مدل با تعیین شدت بیابان‌زایی در سطوح مختلف، راهبردهای مدیریت منابع و برنامه‌ریزی برای کاهش تخریب اراضی را تسهیل می‌کند.

نتایج ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی براساس شاخص نسبت جذب سدیم (SAR) نشان می‌دهند که تمامی محدوده‌های مطالعاتی در وضعیت «ضعیف» بیابان‌زایی قرار دارند، به‌جز محدوده مطالعاتی ساغند که در طبقه «متوسط» قرار گرفته است. این نتایج حاکی از آن هستند که شاخص نسبت جذب سدیم در اکثر مناطق موردمطالعه تأثیر چشمگیری بر شدت بیابان‌زایی نداشته است. بررسی شاخص افت سطح تراز آب زیرزمینی مشخص می‌کند که ۳۶/۶۵ درصد از مساحت حوضه در طبقه «خیلی‌شدید» و ۳۰ درصد در طبقه «کم» بیابان‌زایی قرار دارند. در این میان، سه محدوده رفسنجان، زرند و کرمان–باغین بیشترین سهم را در طبقه «خیلی‌شدید» به‌خود اختصاص داده‌اند. یافته‌ها نشان می‌دهند که افت سطح آب زیرزمینی در این محدوده‌ها به‌عنوان یک عامل کلیدی، نقش مهمی در افزایش شدت بیابان‌زایی ایفا می‌کند.

تحلیل شاخص‌های مرتبط با معیار آب نشان می‌دهد که شاخص شوری آب نسبت به دو شاخص دیگر (افت سطح تراز آب و نسبت جذب سدیم) تأثیر بیشتری بر وضعیت بیابان‌زایی حوزه آبریز کویر درانجیر داشته است. همچنین، شاخص افت

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]
[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

سطح آب تأثیری بالاتر از شاخص نسبت جذب سدیم بر شدت بیابان‌زایی نشان داده است. این امر بیانگر اهمیت مدیریت منابع آب در کاهش اثرات بیابان‌زایی در این منطقه است. مطالعه نرخ فرونشست زمین در محدوده‌های دارای نقشه فرونشست، شامل کرمان–باغین، رفسنجان و زرند، نشان داد که حداکثر فرونشست در این مناطق ۱۲ سانتی‌متر در سال در محدوده کرمان–باغین بود. در مقابل، کمترین میزان فرونشست کمتر از ۱ سانتی‌متر در سال اندازه‌گیری شد. این تفاوت قابل توجه، ارتباط نزدیک بین افت سطح آب زیرزمینی و فرونشست زمین در این مناطق را برجسته می‌کند.

ارزیابی بیابان‌زایی بر اساس شاخص فرونشست زمین نشان می‌دهد که در هر سه محدوده مطالعاتی، طبقه «شدت کم» بیشترین مساحت را به‌خود اختصاص داده است. در محدوده‌های زرند و رفسنجان، طبقه «متوسط» بیابان‌زایی در جایگاه دوم قرار دارد، درحالی‌که در محدوده کرمان–باغین، مساحت مناطق با شدت «متوسط» و «شدید» تقریباً برابر است. این نتایج اهمیت توجه به پویایی شاخص فرونشست در ارزیابی و مدیریت بیابان‌زایی را نشان می‌دهند.

تحلیل نواحی دچار فرونشست و میزان کاهش سطح تراز آب زیرزمینی در منطقه نشان می‌دهد که در اکثر موارد، فرونشست به‌طور مستقیم با افت سطح تراز آب زیرزمینی ارتباط دارد. این ارتباط نشان‌دهنده تأثیر قابل‌توجه کاهش منابع آب زیرزمینی بر پدیده فرونشست زمین است. کاهش سطح تراز آب زیرزمینی باعث کاهش فشار هیدرواستاتیک در آب‌خوان‌ها می‌شود و در نتیجه، نشست زمین در مناطق تحت تأثیر این کاهش اتفاق می‌افتد. این یافته‌ها اهمیت برنامه‌ریزی و مدیریت منابع آب زیرزمینی را برای کنترل پدیده فرونشست و پیشگیری از عواقب زیست‌محیطی و اقتصادی آن به‌خوبی نمایان می‌سازند. رنجبر باروق و همکاران (Ranjbar Barough *et al*., 2023) در شهر مشهد تأیید کردند که با کاهش سطح تراز آب، منطقه مستعد فرونشست شد.

ارزیابی شدت بیابان‌زایی بر طبق سه پارامتر معیار آب توسط مدل IMDPA نشان می‌دهد که بیابان‌زایی در حوزه آبریز کویر درانجیر دارای شدت کم تا خیلی‌شدید است، به‌طوری‌که طبقه متوسط بالاترین سطح را در حوضه شامل می‌شود. براساس درصد مساحت طبقات شدت بیابان‌زایی، بعد از شدت متوسط، به‌ترتیب مناطق با شدت شدید، کم و خیلی‌شدید بیش‌ترین سطح این حوزه آبریز را در بر می‌گیرند.

ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در مناطق موردمطالعه نشان می‌دهد که در منطقه بهادران، نواحی با وضعیت «خیلی‌شدید» بیابان‌زایی بیشترین مساحت را به‌خود اختصاص داده‌اند. این موضوع نشان‌دهنده شدت بالای تخریب اراضی و شرایط نامناسب زیست‌محیطی در این ناحیه است. در مقابل، مناطق ساغند، بردسیر و قریه‌العرب تنها در طبقات «کم» و «متوسط» بیابان‌زایی قرار دارند که نشان‌دهنده وضعیت پایدارتری نسبت به سایر مناطق است.

تحلیل پارامترهای کیفیت و کمیت آب زیرزمینی در این مناطق نشان می‌دهد که «شوری آب زیرزمینی» تأثیر بیشتری نسبت به دو پارامتر «نسبت جذب سدیم» و «افت سطح تراز آب زیرزمینی» در تشدید شرایط بیابان‌زایی و تخریب سرزمین دارد. افزایش شوری آب منجر به کاهش بهره‌وری کشاورزی، افت کیفیت منابع آبی و تسریع در تخریب اراضی شده است. این نتایج بر اهمیت مدیریت پایدار منابع آب زیرزمینی و کنترل شوری به‌عنوان یک اولویت اساسی در برنامه‌ریزی برای مقابله با بیابان‌زایی تأکید می‌کنند.

وضعیت بیابان‌زایی براساس دو معیار «آب زیرزمینی» و «فرونشست»، در سه محدوده مطالعاتی دارای نقشه فرونشست نشان می‌دهد که بیابان‌زایی در محدوده رفسنجان نسبت به دو محدوده زرند و کرمان–باغین از شدت بالاتری برخوردار است. علی‌رغم این‌که نرخ فرونشست در محدوده کرمان–باغین بیشتر از رفسنجان است، درصد نواحی با وضعیت بیابان‌زایی شدید در محدوده رفسنجان بیشتر است که این امر به‌طور عمده ناشی از تأثیر معیار «آب زیرزمینی»، به‌ویژه شوری آب و افت سطح تراز آب زیرزمینی است. این یافته نشان می‌دهد که درحالی‌که فرونشست نقش مهمی در شکل‌گیری بیابان‌زایی ایفا می‌کند، سایر عوامل مرتبط باکیفیت و کمیت آب زیرزمینی نیز تأثیر بسزایی دارند. با این‌حال، به‌دلیل این‌که نقشه فرونشست تنها برخی از محدوده‌های مطالعاتی را پوشش می‌دهد، نمی‌توان به‌طور قطعی در مورد کلیت وضعیت بیابان‌زایی در تمامی مناطق اظهار نظر کرد.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی، نتایج ارزیابی شدت بیابان‌زایی در حوزه آبریز کویر درانجیر نشان می‌دهند که دو عامل اصلی مؤثر در تخریب سرزمین، «شوری آب زیرزمینی» و «کاهش سطح تراز آب زیرزمینی» هستند. این نتایج با یافته‌های پژوهش‌های مختلف همخوانی دارند که تأثیر قابل‌توجه آب‌شور و افت سطح آب زیرزمینی بر بیابان‌زایی را تأیید می‌کنند. افزایش شوری آب، نه‌تنها کیفیت منابع آبی را تحت تأثیر منفی قرار می‌دهد، بلکه منجر به کاهش پوشش‌گیاهی و افت بهره‌وری اراضی نیز می‌شود. همچنین، کاهش سطح تراز آب زیرزمینی به کاهش منابع آبی و تشدید فرونشست زمین منجر می‌شود که این عوامل در نهایت به تشدید فرایند بیابان‌زایی کمک می‌کنند (Zalibekov *et al*., 2019; Cai *et al*., 2023; Liu *et al*., 2024).

با تأکید بر یافته‌های حاصل از پژوهش حاضر، پیشنهاد می‌شود که حتی‌المقدور تمامی معیارهای مدل IMDPA به‌منظور ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی در نظر گرفته شوند.

تشکر و قدردانی

این اثر برگرفته از بخشی از نتایج پروژه تحقیقاتی با عنوان "مطالعات تخریب خاک و فرونشست تحت تأثیر منابع آب زیرزمینی در دشت‌های ایران"، با کد ۹۹۰۵۴۳–۹۹۰۲۵–۰۱–۰۹–۰۹–۰۳۰ و مصوب در مؤسسهٔ تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور است. نویسندگان این مقاله بر خود فرض می‌دانند که از همکاری و پشتیبانی آن مؤسسه سپاسگزاری و قدردانی نمایند.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

References

AbdelRahman, M. A. (2023). An overview of land degradation, desertification and sustainable land management using GIS and remote sensing applications. *Rendiconti Lincei. Scienze Fisiche e Naturali*, 34(3), 767-808.

Akbari, M., Karim zadeh, H. R., Modares, R., & Chakoshi, B. (2007). Assessment and Classification of Desertification Using RS & GIS Techniques (Case Study: The Arid Region, in the North of Isfahan). *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 14(2), 124-142. [In Persian]

Boali, A., Asgari, H. R., Behbahani, A. M., Salmanmahiny, A., & Naimi, B. (2024). Remotely sensed desertification modeling using ensemble of machine learning algorithms. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 34, 101149.

Cai, L., Xiong, K., Liu, Z., Li, Y., & Fan, B. (2023). Seasonal variations of plant water use in the karst desertification control. *Science of the Total Environment*, 885, 163778.

Entezari Zarch, A., Ahmadi, H., Moeini, A. M., & Pazira, E. (2023). Assessment of Land Degradation Using GLASOD and IMDPA Models (Case study: Yazd-Ardakan plain). *Desert Management*, 10(4), 1-20. [In Persian]

Feyzi Koushki, F., Akbari, M., Memarian, H., & Azamirad, M. (2019). Identifying and Ranking Important Factors of Desertification in Khorasan Razavi Province using Delphi Method. *Journal of Geography and Environmental Hazards,* 8(3), 205-225. [In Persian]

Hashemi, Z., Pahlevanravi, A., Moghaddamnia, A., Javadi, M. R., & Miri, A. (2022). Investigation of the Desertification Potential Using IMDPA Model in Sistan Plain (Case Study: ZAHAK). *Desert Ecosystem Engineering*, 3(5), 49-62. [In Persian]

Jafari, H., Akbari, M., Kashki, M. T., & Badiee Nameghi, S. H. (2019). An Efficiency Comparison of the IMDPA and ESAs Models on Desertification Risk Management in Arid regions of Southern Khorasan Razavi, Iran. *Journal of Arid Biome*, 9(1), 39-54. [In Persian]

Lahlaoi, H., Rhinane, H., Hilali, A., Lahssini, S., & Moukrim, S. (2017). Desertification assessment using MEDALUS model in watershed Oued El Maleh, Morocco. *Geosciences*, 7(3), 50.

Liu, Y., Wu, J., Huang, T., Nie, W., Jia, Z., Gu, Y., & Ma, X. (2024). Study on the relationship between regional soil desertification and salinization and groundwater based on remote sensing inversion: A case study of the windy beach area in Northern Shaanxi. *Science of the Total Environment*, 912, 168854.

Liu, H., Wang, H., Teng, Y., Zhan, J., Wang, C., Liu, W., Chu, X., Yang, Z., Bai, C., & He, Y. (2024). Controlling desertification brings positive socioeconomic benefits beyond regional environmental improvement: Evidence from China's Gonghe Basin. *Journal of Environmental Management*, 354, 120395.

Martínez-Valderrama, J., Del Barrio, G., Sanjuán, M. E., Guirado, E., & Maestre, F. T. (2022). Desertification in Spain: A sound diagnosis without solutions and new scenarios. *Land*, 11(2), 272.

Masoudi M, & Shirghir S. (2021). Efficiency Assessment of Desertification Model of IMDPA for Evaluating of Water and Wind Erosions. *Journal of Watershed Management Resource*, *12*(23), 12-25. [In Persian]

Mutti, P. R., Lúcio, P. S., Dubreuil, V., & Bezerra, B. G. (2020). NDVI time series stochastic models for the forecast of vegetation dynamics over desertification hotspots. *International Journal of Remote Sensing*, 41(7), 2759-2788.

Qi, H., Gao, X., Lei, J., Meng, X., & Hu, Z. (2024). Transforming desertification patterns in Asia: Evaluating trends, drivers, and climate change impacts from 1990 to 2022. *Ecological Indicators*, 161, 111948. [In Persian]

Ranjbar Barough, Z., & fathallahzadeh, M. (2023). Investigating the relationship between land subsidence and underground water level changes using radar interferometry (case study: Mashhad city). *Quantitative Geomorphological Research,* 12(2), 214-229. [In Persian]

Sadeghi Ravesh, M. H. (2022). Application of Interpretive Structural Modelling (ISM) in Analyzing Obstacles to Combat Desertification with Pathological Approach in Yazd Province. *Journal of Watershed Management Resource*, *13*(25), 119-132. [In Persian]

Saleh, I., Khazaei, M., & Naeimi, M. (2023). Desertification intensity affected by groundwater and land subsidence in Maharloo-Bakhtegan watershed. *Journal of Water and Soil Management and Modeling*, 3(2):11-184. [In Persian].

Shahini, Z., Faramarzi, M., Garaee, P., & Alimoradi, S. (2021). Evaluating Desertification Intensity with Emphasis on Groundwater Criteria Using IMDPA Model (Case Study: Mehran Plain in Ilam Province). *Integrated Watershed Management*, 1(1), 17-28. [In Persian]

Shirghir, S., & Masoudi, M. (2021). Hazard Assessment of Desertification Using the New Model of Proposed MEDALUS. *Watershed Management Research*, 34(3), 133-148. [In Persian]

Soleimanpour, S M., Naeimi, M., Rahmati, O., & Moatamednia, M. (2024) Investigate Desertification using Underground Water and Subsidence Criteria by IMDPA Model (Case Study: Rafsanjan Watershed). *Environmental Erosion Research Journal*, 14(2), 126-140. [In Persian]

Tan, N., Zhang, C., Wu, Y., & Wang, Z. (2024). Assessment of desertification sensitivity using an improved MEDALUS model in Northern China. *Research in Cold and Arid Regions*, 16(3), 141-148.

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]

Yaghobi, S., Karimi, K., & Faramarzi, M. (2020). The study and Comparison of desertification process on the basis of climate Criterion (Case Study: Abbas and Dehloran Plains, Ilam). *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*, 7(2), 103-120. [In Persian]

Yang, Z., Gao, X., Lei, J., Meng, X., & Zhou, N. (2022). Analysis of spatiotemporal changes and driving factors of desertification in the Africa Sahel. *Catena*, 213, 106213.

Zalibekov, Z. G., Mamaev, S. A., Biarslanov, A. B., Magomedov, R. A., Asgerova, D. B., & Galimova, U. M. (2019). The use of fresh groundwater from arid regions of the world in the fight against land desertification. *Arid Ecosystems*, 9, 77-84.

Zolfaghari, F., & Khosravi, H. (2016). Assessment of Desertification Severity Using IMDPA Model in Saravan Region. *Geography and Environmental Planning*, 27(2), 87-102. [In Persian]

[Downloaded from jwmr.sanru.ac.ir on 2026-11-03]

[DOI: 10.61882/jwmr.2025.1300]