



## Evaluating Desertification Intensity with Emphasis on Groundwater Criteria Using IMDPA Model (Case Study: Mehran Plain in Ilam Province)

Zahra Shahini<sup>1</sup>, Marzban Faramarzi<sup>2\*</sup>, Parviz Garaee<sup>3</sup> and Sadegh Alimoradi<sup>4</sup>

- 1- M.Sc. Graduate, Department of Desertification, Faculty of Agricultural, Ilam University, Ilam, Iran  
2- Associate Professor. Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agricultural, Ilam University, Ilam, Iran  
3- Executive. Department of Natural Resources and Watershed Management, Ilam, Iran  
4- Executive. Department of Ilam Regional Water Authority, Ilam, Iran

\*Corresponding author: m.faramarzi@ilam.ac.ir

(Received: 16 November 2021

Revise: 1 December 2021

Accepted: 6 December 2021)

### Extended Abstract

**Introduction:** For proper management and planning of arid and semi-arid regions, it is necessary to understand the influence of the factors, indicators, and criteria on desertification in areas that are deserted or prone to desertification. The use of poor quality water is one of the factors affecting soil salinity and creating a suitable condition for the development of desert conditions. The purpose of this study is to evaluate the intensity of desertification using the IMDPA model with emphasis on groundwater criteria in the Mehran plain in Ilam province.

**Materials and Methods:** The study area is located in Mehran plain in Ilam province in western Iran. Recharge and drainage of the region are by two rivers of Gavi and Konjancham. According to the geological situation and the information obtained from the exploration wells and exploitation of Mehran plain, the groundwater aquifer is the unconfined aquifer. The average rainfall and temperature of the study area are 270 mm and 21.5°C, respectively. According to the Domarten Climate, the study is defined as a dry climate according to the De Martonne Climatic classification (De Martonne, 1926). In this study, the IMDPA model (Iranian Model of Desertification Potential Assessment) was used to investigate the intensity of desertification and to present a desertification map in the Mehran plain. This method is one of the methods of desertification assessment that was proposed in 2005 by the Department of Deforestation and Natural Resources of the University of Tehran in collaboration with the Forests and Rangelands Organization (Zakerinejad *et al.*, 2012). By using this model, it is possible to study the effective parameters in desertification in order to provide an accurate desertification map according to the conditions of Iran (Akbari *et al.*, 2020). In this study, to investigate and prepare a criterion map of groundwater degradation from IMDPA model indicators including electrical conductivity (EC), sodium absorption ratio (SAR), color (CI), falling groundwater level and irrigation systems of the irrigation system were used. The inverse distance weighting (IDW) method was used to prepare raster maps of different groundwater indices. Finally, after preparing maps related to each indicator and combining their layers in the GIS environment, the groundwater criterion was obtained, which was applied in the final assessment of the desertification situation in the region.

**Results:** The results showed that in the study area, the groundwater criterion is in three classes of low, medium and severe desertification. According to the groundwater condition map in the degradation of regional resources, about 32% of the total area is in the low class of water degradation which is located in the northwest and southeast of the study area. Moreover, approximately 48% of the total area is in the middle class, which is located in the northern and northeastern parts. About 20% of the total area is also in the severe class, which is mainly concentrated in the southeastern part of the region. These results were obtained from the study of different indicators of groundwater resources. The results of the aquifer decline index in land degradation situation showed that this index was in low, medium, severe and very severe classes. Sodium absorption ratio index in low and medium classes as well as irrigation system index is in low and severe land degradation. The electrical conductivity index was in low, medium and severe classes and the chlorine index was in the low class for land degradation.

**Discussion and Conclusion:** The data of the IMPDA model showed that among the measured indices (falling groundwater level, sodium uptake ratio, electrical conductivity, chlorine and irrigation system) in this study, falling groundwater level and irrigation system have higher sensitivity, respectively. They can be more effective in desertification classes. The findings of Rafie Emam & Zehtabian (2004) showed that flooding irrigation and furrow methods are the most important factors in desertification. In fact, traditional irrigation methods cause high water consumption, resulting in declining groundwater aquifers. Therefore, it is necessary to adopt appropriate strategies to eliminate the aquifer decline, which has the highest value in terms of land degradation in water criteria. In general, the results showed that water is an important and effective factor in monitoring the intensity of desertification, especially in arid and semi-arid regions. It is suggested that to combat desertification, proper management of water resources should be done to prevent critical conditions in these areas.

**Keywords:** Desertification, Groundwater, IMDPA, Mehran plain, Quality index.

**Citation:** 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. doi: 10.22034/iwm.2021.247940

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



## ارزیابی شدت بیابان‌زایی با تأکید بر معیار آب زیرزمینی با استفاده از مدل IMDPA (مطالعه موردی: دشت مهران، استان ایلام)

زهرا شاهینی<sup>۱</sup>، مرزبان فرامرزی<sup>۲\*</sup>، پرویز گرایبی<sup>۳</sup> و صادق علیمرادی<sup>۴</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۲- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران

۳- کارشناس اداره کل منابع طبیعی استان ایلام، ایلام، ایران

۴- کارشناس شرکت آب منطقه‌ای استان ایلام، ایلام، ایران

\*نویسنده مسئول: m.faramarzi@ilam.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۹/۱۵

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۹/۱۰

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۸/۲۵

### چکیده

بیابان‌زایی کاهش توان اکولوژیکی و زیستی زمین است که به دو صورت طبیعی و مصنوعی رخ می‌دهد. این پدیده از معضلات مهم کشورها در چارچوب برنامه مدیریتی توسعه پایدار است که خود نتیجه برآیند مجموعه‌ای از عوامل مختلف محیطی، انسانی و اقلیمی است. در این رابطه از عوامل مهم و تأثیرگذار، عنصر آب است که به‌عنوان منشأ حیات و تضمین‌کننده بقای اکوسیستم‌های پایا است. با توجه به اهمیت آب در اقلیم خشک و نیمه‌خشک نسبت به اقلیم‌های دیگر، می‌بایست تمهیداتی برای مدیریت صحیح آب به‌عمل آورد تا از ایجاد شرایط بحرانی در این مناطق جلوگیری کرد. هدف از این مطالعه بررسی وضعیت معیار آب به‌منظور ارزیابی بیابان‌زایی است. با توجه به اثرات فراوانی که شاخص‌های آب در گسترش عرصه‌های بیابانی دارند، در این پژوهش سعی شده است با استفاده از شاخص‌های کمی و کیفی آب‌های زیرزمینی همچون هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)، کلر (Cl)، افت آب زیرزمینی و سیستم‌های آبیاری به بررسی و تعیین کلاس شدت بیابان‌زایی در دشت مهران با استفاده از مدل IMDPA پرداخته شود. نتایج به‌دست آمده نشان داد که در این منطقه شاخص‌های افت آب زیرزمینی و سیستم آبیاری به‌ترتیب با متوسط ارزش عددی ۳/۱۱ و ۱/۷۵ بیشترین تأثیر را در روند بیابان‌زایی منطقه دارند. با توجه به نقشه وضعیت معیار آب زیرزمینی در تخریب منابع منطقه می‌توان دریافت که ۳۲ درصد از کل منطقه در کلاس کم، ۴۸ درصد در کلاس متوسط و ۲۰ درصد از کل منطقه در کلاس شدید بیابان‌زایی قرار گرفته‌اند. به‌طور کلی، ضرورت دارد که مدیریت منابع آب برای جلوگیری از گسترش بیابان‌زایی در اولویت سازمان‌های اجرایی قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: آب زیرزمینی، بیابان‌زدایی، دشت مهران، شاخص کیفی، IMDPA.

استناد: شاهینی، ز.، فرامرزی، م.، گرایبی، پ. و علیمرادی، ص. (۱۴۰۰). ارزیابی شدت بیابان‌زایی با تأکید بر معیار آب زیرزمینی با استفاده از مدل IMDPA (مطالعه موردی: دشت مهران، استان ایلام). مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۱(۱)، ۲۸-۱۷.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

## مقدمه

شناخت مبانی نظری و اصول استفاده از آب‌های زیرزمینی از اهمیت بسیار بالایی برای جلوگیری از گسترش بیابان‌زدایی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک دارد (Zalibekov *et al.*, 2019). استفاده‌های نامناسب و ناپایدار از منابع آب باعث گسترش بیابان‌زدایی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک و در نتیجه افزایش فرسایش بادی و گردوغبار می‌شود (Zucca *et al.*, 2021). از طرفی، افزایش روزافزون جمعیت جهان و به تبع آن افزایش آلودگی‌های زیست‌محیطی، در برابر مقادیر نسبتاً ثابت و غیرقابل افزایش منابع آب، سبب نگرانی کارشناسان شده است (Mohammad Ghasemi *et al.*, 2008). تغییر اقلیم یکی دیگر از عواملی است که اثرات منفی بر منابع آب دارد (Bayram *et al.*, 2021). انسان برای ادامه حیات و فعالیت‌های خود به آب با کمیت و کیفیت خوب وابسته است. به همین منظور حفاظت منابع آب، خصوصاً حفاظت آب‌های شیرین یکی از عوامل اصلی در حفظ بهداشت و توسعه جوامع می‌باشد (Vathananukij, 1997). به‌منظور مدیریت و برنامه‌ریزی صحیح جهت جلوگیری از بیابان‌زدایی، شناخت عوامل، شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زدایی در مناطقی که بیابانی بوده یا مستعد بیابانی شدن می‌باشند ضرورت دارد. محدودیت منابع آب، توسعه شوری منابع خاک و آب و بهره‌برداری بی‌رویه از این منابع سبب شده که تخریب منابع آب زیرزمینی و خاک همراه دیگر فرآیندها از اصلی‌ترین عوامل بیابان‌زدایی به‌شمار آیند. بهره‌برداری بی‌رویه از آب‌های زیرزمینی سبب کاهش کیفیت آب می‌شود. استفاده از آب‌های با کیفیت نامناسب یکی از عوامل مؤثر بر شوری خاک و ایجاد یک بستر مناسب جهت توسعه شرایط بیابانی است.

Nateghi و همکاران (۲۰۰۹) به‌منظور ارزیابی شدت بیابان‌زدایی دشت سگری از مدل ایرانی IMDPA استفاده نمودند. نتایج نشان داد که معیار آب، عامل اصلی مؤثر در تشدید شدت بیابان‌زدایی منطقه می‌باشد. مطالعات

مختلف در ارزیابی بیابان‌زدایی در مناطق مختلف مخصوصاً مناطق خشک و نیمه‌خشک، نشان دهنده تأثیر زیاد تخریب منابع آبی در نقشه‌های شدت بیابان‌زدایی می‌باشد (Amiraslani & Caiserman, 2020). در یک مطالعه Gharaati Jahromi و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از مدل IMDPA در آبخوان کاشان شدت بیابان‌زدایی را مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان داد که افت آب زیرزمینی یکی از عوامل مؤثر در تشدید پدیده بیابان‌زدایی در کاشان بوده است. با استفاده از مدل‌های دیگر نیز تأثیر منابع آب زیرزمینی، در تعیین شدت بیابان‌زدایی استفاده شده است. به‌عنوان مثال Sepehr (۲۰۰۵) به ارزیابی آب‌های زیرزمینی با شاخص‌های هدایت الکتریکی، میزان کلر، نسبت سدیم جذبی، سطح ایستابی آب در منطقه فیدویه گرمشت با مدل MEDALUS اصلاح شده پرداخت که نتایج نشان داد که حدود ۳۸ درصد از منطقه در وضعیت متوسط و ۹ درصد در وضعیت خوب قرار دارد. همچنین ۵۳ درصد از منطقه در وضعیت نامناسب کیفی می‌باشد که خود از عوامل اصلی بیابان‌زدایی به‌حساب می‌آید. همچنین معیار آب با استفاده از مدل‌های مختلف به‌منظور تأکید بر این موضوع و پایش مدل‌ها برای تهیه نقشه شدت بیابان در برخی تحقیقات در نقاط دیگری از ایران انجام شده است که اهمیت آن در مطالعات مختلف را نشان می‌دهد. به‌عنوان مثال کاهش کیفیت و کمیت منابع آب زیرزمینی از عوامل مهم بیابان‌زدایی می‌باشد که می‌توان آن را به توسعه کشاورزی ارتباط داد (Akbari *et al.*, 2020). همچنین Zehtabian و همکاران (۲۰۰۹) به بررسی معیارهای آب و خاک بر اساس مدل مدالوس در وضعیت بیابان‌زدایی منطقه عین‌خوش دهلران و در نهایت ارائه نقشه بیابان‌زدایی در منطقه پرداخته‌اند که بر اساس آن کلاس شدت بیابان‌زدایی برای کل منطقه بحرانی برآورد شده است.

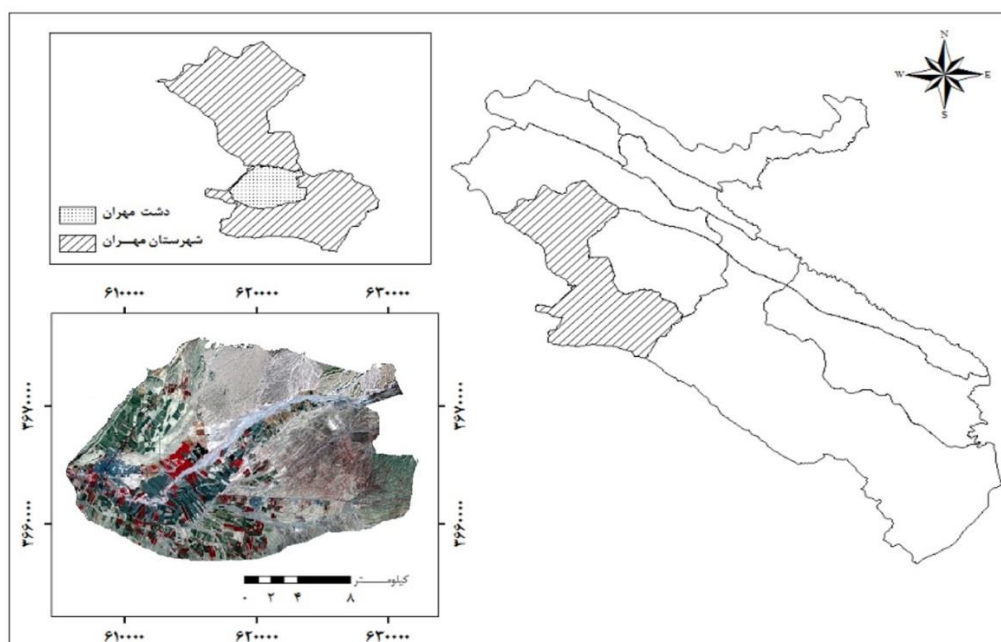
این مطالعه از جنبه کاربردی و در ارتباط با مسائل اجتماعی و توجه به یکی از مهمترین عوامل مؤثر در بیابان‌زدایی یعنی آب انجام شده و هدف آن ارزیابی

مهران فعال است، بنابراین ارزیابی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA در منطقه الزامی می‌باشد.

### مواد و روش‌ها

مخروط افکنه‌ای حاصل از فرسایش ارتفاعات مشرف به دشت ایجاد شده است. میانگین بارندگی منطقه ۲۷۰ میلی‌متر و میانگین دمای آن ۲۱/۵ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بر اساس اقلیم‌نمای دومارتن منطقه در محدوده اقلیمی خشک قرار می‌گیرد (De Martonne, 1926). کاربری‌های منطقه مورد مطالعه به ترتیب شامل واحد کاری (۱) مرتع با شیب ۵ درصد، واحد کاری (۲) جنگل با شیب ۵ درصد، واحد کاری (۳) مرتع با شیب ۲ درصد، واحد کاری (۴) کشاورزی با شیب ۵ درصد، واحد کاری (۵) جنگل با شیب ۲ درصد، واحد کاری (۶) کشاورزی با شیب ۲ درصد، واحد کاری (۷) بستر رودخانه و واحد کاری (۸) منطقه مسکونی می‌باشد (شکل ۲).

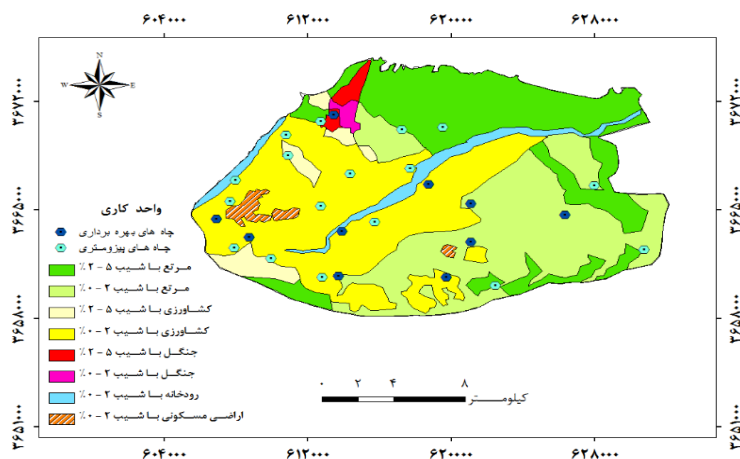
شاخص‌های معیار آب زیرزمینی مؤثر در فرآیند بیابان‌شدن دشت مهران و تهیه نقشه بالفعل بیابان‌زایی منطقه بر اساس مدل IMDPA طی دوره زمانی ۱۳۷۹ تا ۱۳۹۱ است. در واقع چون پدیده بیابان‌زایی به واسطه شرایط نامناسب اقلیمی و منابع آب زیرزمینی در دشت مهران در غرب استان ایلام قرار گرفته و دارای مختصات ۳۳ درجه و ۳ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۱۳ دقیقه عرض شمالی و ۴۶ درجه و ۵ دقیقه تا ۴۶ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی و وسعت ۳۱۷۰۱ هکتار می‌باشد (شکل ۱). دشت مهران بر اساس تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی ایران جزء زاگرس چین‌خورده محسوب می‌گردد. منطقه مورد مطالعه با دو رودخانه مهم گاوی و کنجانچم که به ترتیب از کوه‌های یکشنبه و کونک سرچشمه می‌گیرند، سپس در غرب شهر مهران به هم می‌پیوندند و وارد کشور عراق می‌شوند، تغذیه می‌شوند. با توجه به وضعیت زمین‌شناسی و اطلاعات حاصل از چاه‌های اکتشافی و بهره‌برداری دشت مهران، سفره آب زیرزمینی از نوع آزاد بوده که در رسوبات آبرفتی و



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ایلام و شهرستان مهران

(ترکیب RGB منطقه مورد مطالعه مربوط به سال ۱۳۹۳: Shabazian *et al.*, 2019)

Figure 1- Location of the study area in Ilam province and Mehran city  
(RGB composition of the study area in 2014: Shabazian *et al.*, 2019)



شکل ۲- موقعیت چاه‌ها در منطقه مورد مطالعه

Figure 2- Location of wells in the study area

آن با توجه به شرایط ایران اشاره نمود، چرا که در آن شاخص‌ها با توجه به شرایط کشور انتخاب و وزندهی گردیده‌اند. لذا با کمک این مدل و با دقت بالا می‌توان پارامترهای مؤثر در بیابان‌زایی را بررسی نمود و با توجه به شرایط کشورمان نقشه بیابان‌زایی دقیقی ارائه داد (Akbari *et al.*, 2020). در مدل مذکور نه معیار شامل خاک، پوشش گیاهی، آب زیرزمینی، فرسایش، تکنولوژی توسعه شهری، اقلیم، زمین- ژئومورفولوژی، اقتصادی- اجتماعی به‌عنوان پارامترهای کلیدی در امر بیابان‌زایی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند، کلاس هر کدام از این شاخص‌ها و نیز نقشه نهایی بیابان‌زایی در چهار کلاس خطر کم، متوسط، شدید و خیلی شدید می‌باشد (جدول ۱). به این صورت که به هر لایه بر اساس تأثیر آن بر بیابان‌زایی با توجه به شرایط منطقه، وزنی بین ۱ تا ۴ داده شد و نحوه وزندهی به‌صورت برابر می‌باشد، به‌طوری‌که ارزش ۱ بهترین و ارزش ۴ بدترین وزن بوده است.

در این تحقیق برای بررسی شدت بیابان‌زایی و ارائه نقشه بیابان‌زایی در دشت مهران، از مدل IMDPA (مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی) استفاده گردید. این روش از جدیدترین روش‌های ارزیابی بیابان‌زایی است که در سال ۱۳۸۴ توسط گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی منابع طبیعی دانشگاه تهران و با همکاری سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور مطرح شد (Zakerinejad *et al.*, 2012). پایه و اساس این مدل، مدل MEDALUS است که توسط کمیسیون بین‌المللی اروپا در سال ۱۹۹۹ ارائه شده است. از مزایای مهم مدل MEDALUS، دقت بیشتر این مدل جهت تهیه نقشه بیابان‌زایی است، پس بالطبع مدل IMDPA نیز از این قاعده تبعیت می‌کند. از دیگر مزایای این مدل می‌توان به استفاده محدودتر از نظرات کارشناسی اشاره نمود که در حقیقت سلیقه فردی کمتر بر روی وزن یا نمرات مربوطه تأثیر دارد. از دلایل انتخاب و ارجحیت مدل مذکور نسبت به مدل MEDALUS می‌توان به تدوین

جدول ۱- توزیع فراوانی کلاس‌های شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی

Table 1- Frequency distribution of intensity classes of the current desertification situation

طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی	Qualitative classification of desertification intensity	کلاس Class	دامنه ارزش عددی Numerical value range
ناچیز و کم	Low	1	0-1.50
متوسط	Middle	2	1.51-2.50
شدید	Severe	3	2.51-3.50
بسیار شدید	Very severe	4	3.51-4.00

نمونه‌برداری صورت گرفت. بر روی نمونه‌های برداشت شده بعد از بررسی میزان هدایت الکتریکی و میزان اسیدیته به صورت صحرائی، آزمایشات شیمیایی انجام گرفت که نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است. با توجه به نتایج حاصل از این آزمایشات، در مجموع کیفیت منابع آب حوزه از نظر آبیاری اراضی کشاورزی که یک امر مهم در گسترش بیابان‌زایی است، مشکل چندان مهمی نیست.

در این تحقیق به منظور بررسی و تهیه نقشه معیار تخریب منابع آب زیرزمینی از شاخص‌های مدل IMDPA شامل افت سطح آب زیرزمینی، نسبت جذب سدیم (SAR)، هدایت الکتریکی (EC)، کلر (Cl) سیستم آبیاری استفاده گردید.

### بررسی وضعیت کیفی آب زیرزمینی

به منظور بررسی وضعیت کیفی منابع آب موجود در منطقه، از این منابع و با توجه به فاصله چاه‌ها از هم

جدول ۲- تجزیه شیمیایی نمونه‌های برداشت شده

Table 2- Chemical decomposition of the collected samples

شماره نمونه Sample number	نسبت جذب سدیم SAR	pH	کلر (میلی‌اکی والان در لیتر) Cl (mEq L <sup>-1</sup> )	هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) EC (mmhos cm <sup>-1</sup> )	سولفات Sulfate	منیزیم (میلی‌اکی والان در لیتر) mg (mEq L <sup>-1</sup> )
1	8.60	7.42	4.04	2137.21	17.07	4.94
2	7.09	7.40	2.16	1608.17	12.62	2.21
3	19.99	7.16	2.13	3276.62	22.06	6.22
4	15.01	7.41	0.90	666.57	3.58	1.30
5	4.40	7.50	1.16	1723.71	15.94	3.45
6	9.67	7.45	1.13	130.09	10.79	3.23
7	3.76	7.56	0.58	985.66	2.51	0.95
8	2.88	7.43	0.94	521.08	7.29	2.18
9	9.68	6.97	1.28	628.21	3.05	1.15
10	11.28	7.57	1.21	628.18	3.01	0.82

الکتریکی بیشتر است.

### نسبت جذب سدیم (SAR)

نسبت جذب سدیم از طریق رابطه ۱ محاسبه می‌گردد.

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{Ca+Mg/2}} \quad \text{رابطه (۱)}$$

در این رابطه Na و Ca، Mg بر حسب میلی‌اکی والان در لیتر می‌باشند.

مقادیر بالای سدیم در خاک برخلاف یون‌های منیزیم و کلسیم موجب پراکندگی ذرات خاک و غیرقابل نفوذ بودن خاک می‌گردد (Zakerinejad et al., 2012). مطابق جدول ۲ این شاخص در دشت مهران بین مقادیر ۲/۸۸ تا ۱۹/۹۹ متغیر است. شاخص‌های ارزیابی معیار آب زیرزمینی به همراه کلاس و امتیازات مربوطه در جدول ۳ و متوسط وزنی ارزش کمی شاخص‌ها در جدول ۴ آورده شده است.

### هدایت الکتریکی (EC)

هدایت الکتریکی بر حسب دسی‌زیمنس بر متر در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد محاسبه شد. هدایت الکتریکی بیانگر میزان املاح آنیونی و کاتیونی موجود در آب است که توانایی تسریع در هدایت جریان الکتریسیته در آب را دارد. این شاخص را می‌توان به دو صورت صحرائی و نیز آزمایشگاهی محاسبه نمود. هر اندازه میزان شاخص در نمونه آب بیشتر باشد بیانگر بالا بودن میزان املاح موجود در آب بوده که با توجه به تقسیم‌بندی‌های کیفیت می‌تواند نشانگر کیفیت نامطلوب آب باشد (Zakerinejad et al., 2012). به منظور ارزیابی این شاخص با توجه به جدول ۳ به هر کدام از چاه‌های مورد مطالعه امتیاز مربوطه اختصاص داده شد. در منطقه مورد مطالعه در نواحی غرب و شمال‌غرب میزان هدایت

جدول ۳- شاخص‌های ارزیابی معیار آب زیرزمینی (Zehtabian *et al.*, 2009)Table 3- Groundwater criterion evaluation indicators (Zehtabian *et al.*, 2009)

کلاس بیابان‌زایی Desertification class	ناچیز و کم Low	متوسط Middle	شدید Severe	خیلی شدید Very severe
امتیاز Score	1-1.5	1.51-2.50	2.51-3.50	3.51-4
افت آب زیرزمینی (سانتی‌متر/سال) Falling groundwater (cm year <sup>-1</sup> )	<20	20-30	30-50	>50
هدایت الکتریکی (میلی‌موس بر سانتی‌متر) EC (mmhos cm <sup>-1</sup> )	<750	750-2250	2250-5000	>5000
نسبت جذب سدیم SAR	<18	18-26	26-32	> 32
کلر (میلی‌اکی‌والان در لیتر) Cl (mEq L <sup>-1</sup> )	<250	250-500	500-1500	> 1500
سیستم آبیاری Falling groundwater	تحت فشار	سنتی مدرنیزه شده	سنتی با طراحی بهینه	سنتی بدون طراحی بهینه مانند آبیاری غرقایی

جدول ۴- متوسط وزنی ارزش شاخص‌های مؤثر بر معیار آب زیرزمینی

Table 4- Weighted average value of indicators affecting groundwater criteria

ردیف No	شاخص ارزیابی Evaluation index	متوسط ارزش عددی Mean numeric value	کلاس بیابان‌زایی Desertification class
1	افت آب زیرزمینی Falling groundwater	3.11	4
2	هدایت الکتریکی EC	1.62	2
3	نسبت جذب سدیم SAR	1.31	1
4	کلر Cl	0.01	1
5	سیستم آبیاری Irrigation system	1.75	2

## تهیه نقشه شاخص‌ها

روش معکوس فاصله وزنی (IDW<sup>1</sup>)

روش یکی از پرکاربردترین روش‌های درون‌یابی است (Taha *et al.*, 2017). همه روش‌های درون‌یابی بر اساس این فرضیه توسعه یافته‌اند که نقاط نزدیک‌تر به هم نسبت به نقاطی که از هم دورترند همبستگی و تشابه بیشتری دارند. در روش IDW فرض بر این است که میزان همبستگی و تشابه بین همسایه‌ها با فاصله بین نقاط متناسب می‌باشد که می‌توان آن را به صورت تابعی با توان معکوس از فاصله هر نقطه از نقاطی که در همسایگی آن نقطه قرار دارند تعریف کرد. لازم به ذکر

درون‌یابی داده‌ها در تجزیه و تحلیل مکانی به کمک فناوری GIS<sup>2</sup> از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است، چرا که بسیاری از نقشه‌هایی که مورد استفاده قرار می‌گیرند، در عملیات GIS و از طریق درون‌یابی تولید می‌شوند (Akbari *et al.*, 2020). روش معکوس فاصله وزنی (IDW) در برخی مطالعات گذشته به عنوان یک روش مناسب برای درون‌یابی و تهیه نقشه‌ها استفاده شده است (Li *et al.*, 2019; Taha *et al.*, 2017). این

تهیه نقشه‌های مربوط به هر شاخص و با تلفیق لایه‌های آن‌ها در محیط GIS معیار تخریب منابع آب زیرزمینی طبق رابطه ۲ به دست آمد که در ارزیابی نهایی وضعیت بیابان‌زایی منطقه تحت عنوان معیار آب اعمال گردید. شکل ۳ نشان‌دهنده لایه معیار آب زیرزمینی است.

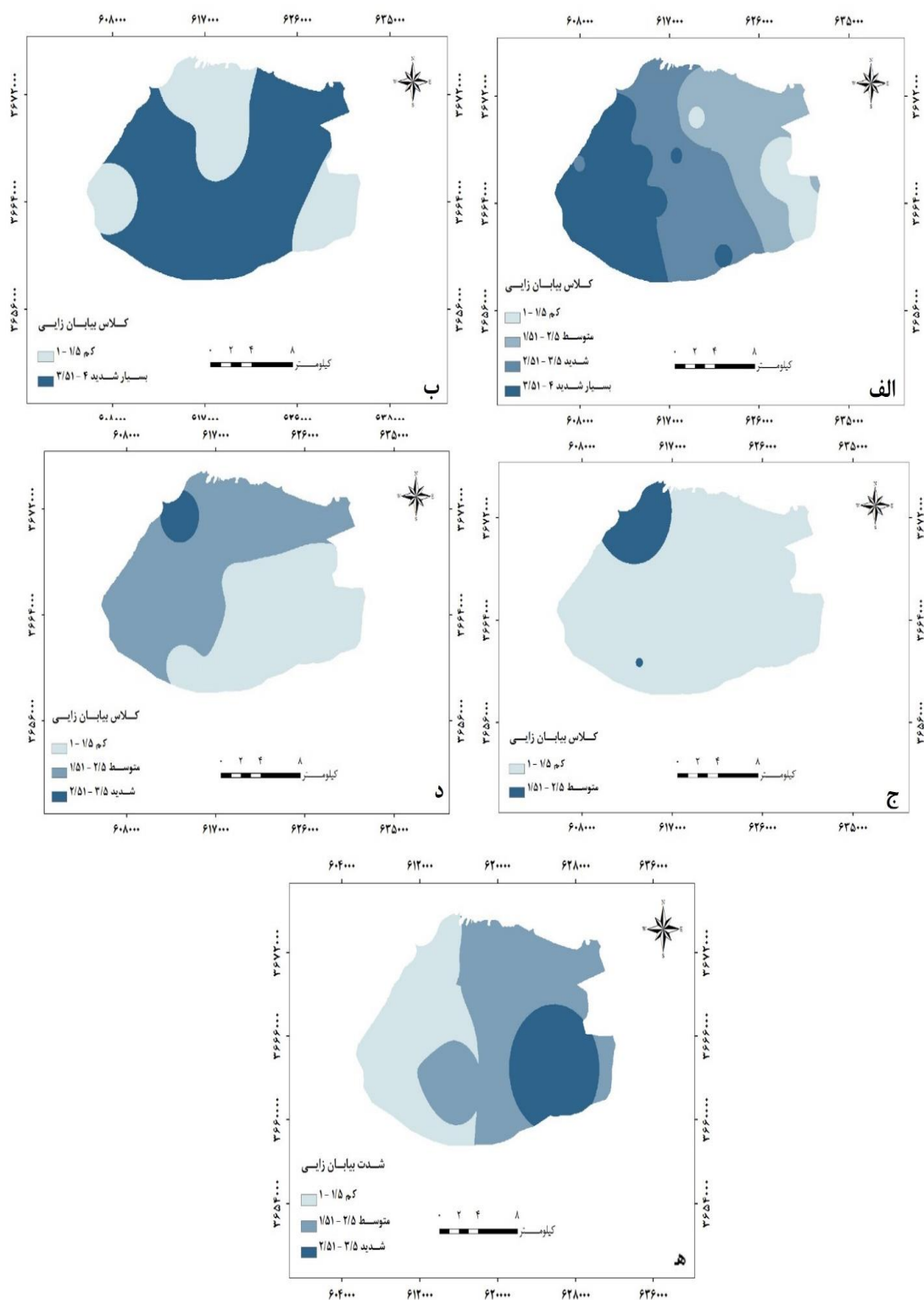
رابطه (۲) <sup>۱۴</sup>(سیستم آبیاری×هدایت الکتریکی×افت سطح آب زیرزمینی×نسبت جذب سدیم) = معیار آب زیرزمینی

## نتایج

دشت متمرکز می‌باشند. بقیه واحدهای کاری به دلیل عدم انجام فعالیت‌های کشاورزی از دیدگاه این شاخص، تأثیری در تخریب اراضی نخواهد داشت. بر اساس نقشه هدایت الکتریکی حداقل میزان هدایت الکتریکی در حاشیه‌های جنوبی و شرقی دشت مشاهده می‌شود که دلیل آن وجود نهشته‌های رسوبی از فرسایش سازند بختیاری است، اما میزان این شاخص به سمت نواحی غربی و شمال‌غربی دشت به دلیل تأثیر شبکه آبیاری کنجانچم بر آبخوان افزایش می‌یابد. مطابق نقشه هدایت الکتریکی تأثیر این شاخص در تخریب اراضی منطقه در ۳ کلاس قرار می‌گیرد. شوری در اثر آبیاری نامناسب در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایجاد می‌شود. حتی آب شیرین نیز مقداری نمک‌های محلول سدیم، کلسیم و منیزیم دارد. موقعی که این آب در خاک‌های گرم و خشک که در آن‌ها زهکشی کم و تبخیر بالاست استفاده می‌شود، آب تبخیر شده و نمک روی زمین باقی می‌ماند که معمولاً بلورهای را تشکیل می‌دهد (Nateghi et al., 2009). دو شاخص نسبت جذب سدیم و کلر با توجه به اینکه مقادیرشان در آبخوان دشت مهران فراتر از مقادیر مجاز مطابق مدل مذکور قرار نگرفته از نظر تخریب منابع کلاس کم را به خود اختصاص داده‌اند. اگرچه در نقشه شاخص نسبت جذب سدیم کلاس ۲ درصد بالایی را به خود اختصاص داده است ولی مطابق دیاگرام ویلکاکس از نظر آبیاری اراضی هیچ محدودیتی وجود ندارد اما باید در رابطه با اقداماتی که موجب افزایش این شاخص می‌شود تا حدی حساسیت نشان داد.

است که از مسائل مهم در این روش تعریف شعاع همسایگی و توان مربوط به تابع عکس فاصله می‌باشد (Mohammadzadeh & Mohammadtorab, 2015). از طریق میان‌یابی نقاط مورد مطالعه با استفاده از روش معکوس فاصله وزنی نقشه‌های عوامل مذکور به‌طور مجزا در شکل ۳ تهیه گردید. در نهایت بعد از

بررسی‌های انجام شده در مورد متوسط وزنی ارزش‌های کمی عوامل مؤثر بر تخریب منابع آب نشان داد که در منطقه مورد مطالعه معیار آب زیرزمینی در سه کلاس بیابان‌زایی کم، متوسط و شدید قرار می‌گیرد. با توجه به نقشه وضعیت معیار آب زیرزمینی در تخریب منابع منطقه (شکل ۳) می‌توان دریافت که ۳۲ درصد از کل منطقه در کلاس کم (۱-۱/۵) تخریب منابع آب قرار گرفته است، این کلاس بیشتر در قسمت‌های شمال‌غرب و جنوب‌شرق می‌باشد. حدود ۴۸ درصد از کل منطقه در کلاس متوسط (۱/۵-۲/۵) قرار گرفته که در قسمت‌های شمال و شمال‌شرق قرار دارد. حدود ۲۰ درصد از کل منطقه در کلاس شدید (۲/۵-۳/۵) قرار گرفته که عمدتاً در ناحیه جنوب‌شرق منطقه متمرکز می‌باشد. شاخص افت سفره در وضعیت تخریب اراضی کم، متوسط، شدید و بسیار شدید (کلاس ۱، ۲، ۳ و ۴)، شاخص نسبت جذب سدیم در وضعیت تخریب اراضی کم و متوسط (کلاس ۱ و ۲)، شاخص سیستم آبیاری در وضعیت تخریب اراضی کم و بسیار شدید (کلاس ۱ و ۴)، شاخص هدایت الکتریکی در وضعیت تخریب اراضی کم، متوسط و شدید (کلاس ۱، ۲ و ۳) و شاخص کلر در وضعیت تخریب اراضی کم (کلاس ۱) قرار گرفتند (شکل ۳ الف، ب، ج و د). بر اساس نتایج بررسی شاخص‌های تخریب اراضی، در مورد شاخص سیستم‌های آبیاری (شکل ۳ ب) تنها دو واحد کاری از هشت واحد کاری منطقه تحت تأثیر تخریب اراضی از این منظر قرار گرفته‌اند که در نواحی جنوب غربی، قسمتی از نواحی مرکزی و نیز بخشی از نواحی جنوبی



شکل ۳- نقشه‌های منطقه مورد مطالعه شامل الف) افت آب زیرزمینی، ب) سیستم آبیاری، ج) نسبت جذب سدیم، د) هدایت الکتریکی و ه) شدت بیابان‌زایی از جنبه معیار آب

Figure 3- Maps of the study area including a) declining groundwater level, b) irrigation system, c) sodium absorption ratio, d) electrical conductivity and e) intensity of desertification in terms of water standard

## بحث

از میان معیارهای مدل IMDPA، تنها معیار آب و آبیاری با پنج شاخص آن شامل هدایت الکتریکی، نسبت جذب سدیم، افت سفره، سیستم‌های آبیاری و کلر که با توجه به شرایط اقلیمی و جغرافیایی خاص منطقه، وجود کشاورزی و انواع سیستم‌های آبیاری و تخریب بالای اراضی شاخص‌های کلیدی می‌باشند، در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفتند. با توجه به نتایج به‌دست آمده به‌ترتیب شاخص افت سفره و سیستم آبیاری از حساسیت بیشتری برخوردار بوده و می‌توانند در کلاس‌های بیابان‌زایی اثر بیشتری داشته باشند، نتایج تحقیقات Rafie Emam و Zehtabian (۲۰۰۴) نشان داد که روش‌های آبیاری (غرقابی و نشتی) را به‌عنوان مهمترین عوامل بیابان‌زایی معرفی کردند، مطابقت دارد. سیستم‌های غلط آبیاری که به‌طور سنتی اعمال می‌شوند، باعث هدررفت بالایی از آب در منطقه شده و مانع از استفاده بهینه‌ای از آب می‌شود. بنابراین لازم است که سیستم‌های آبیاری که به‌صورت سنتی استفاده می‌شوند، مورد بازنگری قرار گرفته و با آموزش کشاورزان سیستم‌های نوین آبیاری جایگزین سیستم‌های سنتی شود تا علاوه بر بالا بردن راندمان آبیاری و جلوگیری از هدر رفتن آب، از شور شدن اراضی نیز جلوگیری به‌عمل آید. به‌دلیل بهره‌برداری بی‌رویه‌ای که از آب‌های زیرزمینی دشت به‌واسطه وجود اراضی کشاورزی گسترده‌ای که به‌صورت آبی، آن هم به‌صورت غرقابی صورت می‌گیرد تا حدود ۲/۱۲ متر افت در آبخوان دشت قابل مشاهده است، به‌صورتی که بیشترین تأثیر این شاخص (کلاس ۴) در تخریب اراضی در نواحی غربی دشت به‌دلیل تمرکز اراضی کشاورزی دیده می‌شود.

نتایج به‌دست آمده از مدل‌ها برای تعیین شدت بیابان بیانگر این امر است که استفاده از این مدل‌ها کمک شایانی به بالا بردن دقت و سرعت عمل کارشناسان نموده و جهت تهیه نقشه‌های تخریب اراضی ابزار سودمندی است (Zehtabian & Jafari, 2009). با توجه به اینکه سرعت بیابان‌زایی از جنبه‌های مهم در شدت بیابان‌زایی است، جهت ارزیابی خطر بیابان‌زایی در این

مدل به‌عنوان یک معیار وارد گردد (Zehtabian & Jafari, 2009). با توجه به اهمیت دشت مهران که به‌عنوان یک منطقه مرزی نقش مهمی در بهبود وضعیت اقتصادی مهران و استان دارد، لازم است راه‌کارهای مناسبی برای رفع افت سفره که از نظر تخریب اراضی بالاترین سهم را از منظر معیار آب به خود اختصاص می‌دهد، اتخاذ گردد. مواردی همچون جلوگیری از برداشت از چاه‌های غیرمجاز، تغییر روش‌های آبیاری سنتی به الگوهای مدرن و رعایت الگوی کشت مناسب، صرفه‌جویی آب در بخش کشاورزی، راهکارهایی به‌منظور افزایش تغذیه آبخوان و ترویج فرهنگ استفاده صحیح از آب می‌تواند تا حدی شرایط منطقه را بهبود بخشیده و برداشت بی‌رویه آب زیرزمینی دشت را تا حدی کاهش دهد.

## نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش سعی شده که با استفاده از شاخص‌های کمی و کیفی آب زیرزمینی به بررسی و تعیین کلاس شدت بیابان‌زایی در دشت مهران پرداخته شود. نتایج نشان داد که آب از عوامل مهم و تأثیرگذار در پایش شدت بیابان‌زایی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. همچنین داده‌های مدل IMPDA نشان داد که در این منطقه شاخص‌های افت و سیستم آبیاری به ترتیب بیشترین تأثیر را در روند بیابان‌زایی منطقه دارند. پیشنهاد می‌شود که به‌منظور ارزیابی شدت بیابان‌زایی، علاوه بر عامل آب، از دیگر عوامل نظیر خاک (شاخص‌هایی چون عمق مؤثر خاک، هدایت الکتریکی، بافت، درصد سنگ و سنگریزه و غیره)، اقلیم (شاخص‌های بارش سالیانه، شاخص خشکی، شاخص خشکسالی، تداوم خشکسالی و غیره)، پوشش گیاهی (شاخص‌های وضعیت پوشش گیاهی، بهره‌برداری و تجدید حیات پوشش گیاهی) نیز استفاده شود تا برآورد دقیق‌تری از وضعیت و شدت بیابان‌زایی صورت گیرد. در نهایت پیشنهاد می‌گردد که به‌منظور بیابان‌زدایی باید تمهیداتی جهت مدیریت صحیح منابع آب به‌عمل آورد تا از ایجاد شرایط بحرانی در این مناطق جلوگیری به‌عمل آید.

## References

- Akbari, M., Shalamzari, M. J., Memarian, H. & Gholami, A. (2020). Monitoring desertification processes using ecological indicators and providing management programs in arid regions of Iran. *Ecological Indicators*, 111, 106011. Doi: 10.1016/j.ecolind.2019.106011.
- Amiraslani, F. & Caiserman, A. (2020). Contemporary water resource management and its role in tackling land degradation and desertification in Iran. In *Standing up to Climate Change* (pp. 65-87). Springer, Cham.
- Bayram, H. & Ozturk, A. B. (2021). Global climate change, desertification, and its consequences in Turkey and the Middle East. In *Climate Change and Global Public Health* (pp. 445-458). Humana, Cham.
- De Martonne, E. (1926). Lindice daridite. *Bulletin de l'Association de Geographes Francais*, 3(9), 3-5.
- Gharaati Jahromi, M. Vali, A. Mousavi, S. H. Panahi, F. & Khosravi, H. (2016). The study of desertification process on the basis of annual groundwater level decline: A case study of Kashan Aquifer. Iran, *International Bulletin of Water Resources and Development*, 3(3), 37-47. (In Persian)
- Li, X., Lu, Y., Zhang, X., Zhang, R., Fan, W. & Pan, W. (2019). Influencing factors of the spatial-temporal variation of layered soils and sediments moistures and infiltration characteristics under irrigation in a desert oasis by deterministic spatial interpolation methods. *Water*, 11(7), 1483. Doi: 10.3390/w11071483.
- Mohammadzadeh, M. & Mohammadtorab, F. (2015). A new algorithm for developing inverse- distance weighting interpolation method in Hararan region, *Journal of Analytical and Numerical Methods in Mining Engineering*, 5(9), 39. (In Persian)
- Mohammad Ghasemi, S., Zehtabian, G. R. & Ahmadi, H. (2008). Assessment of desertification intensity based on water index using MEDALUS methodology. *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 21(3) 56-67. (In Persian)
- Nateghi, S., Zehtabian, G. H. & Ahmadi, H. (2009). Evaluation of desertification intensity in Segzi plain using IMDPA model. *Iranian Journal of Natural Resources, shed Management Journal of Range and Water*, 62(3), 419-430. (In Persian)
- Rafie Emam, A. & Zehtabian, G. H. (2004). Method of preparing a map of areas susceptibility to desertification. *Journal of Forest and Rangeland*, 66, 6-12. (In Persian)
- Sepehr, A. (2005). *Quantitative evaluation of desertification status using GIS and RS to present a regional model (with emphasis on MEDALUS model) in Fidoieh Garmadasht region*. M.Sc. Thesis. Shiraz University, Shiraz, Iran. (In Persian)
- Shahbazian, Z., Faramarzi, M., Rostami, N. & Mahdizadeh, H. (2019). Integrating logistic regression and cellular automata-Markov models with the experts' perceptions for detecting and simulating land use changes and their driving forces. *Environmental Monitoring and Assessment*, 191(7), 1-17. Doi: 10.1007/s10661-019-7555-4.
- Taha, M. M., Elbarbary, S. M., Naguib, D. M. & El-Shamy, I. Z. (2017). Flash flood hazard zonation based on basin morphometry using remote sensing and GIS techniques: A case study of Wadi Qena basin, Eastern Desert, Egypt. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8, 157-167. Doi: 10.1016/j.rsase.2017.08.007.
- Vathananukij, H. (1997). *Water quality assessment on the Chao-Phra-Ya estuary using remote sensing data* (Doctoral dissertation).
- 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(2), 77-84. Doi: 10.1134/S2079096119020112.
- Zehtabian, G. R. & Jafari, R. (2009). Investigation of soil and water indices and factors on desertification of Ain-e-khosh's Dehloran. *Journal of Environmental Studies*, 28(30), 19-30. (In Persian)
- Zehtabian, G. R., Ahmadi H. & Azadnia, F. (2009). Investigation of soil and water indices and factors on desertification of Ain-e-khosh's Dehloran. *Pajouhesh-va-Sazandegi*, 21(4), 81, 162-169. (In Persian)
- Zakerinejad, R., masoudi, M., Fallah shamsi, R. & Afzali, F. (2012). Assessment of Desertification using ground water criteria and GIS (case study: Zarin Dasht

- Fars). *Irrigation and Water Engineering*, 2(3), 1-10. (In Persian)
- Zucca, C., Middleton, N., Kang, U. & Liniger, H. (2021). Shrinking water bodies as hotspots of sand and dust storms: The role of land degradation and sustainable soil and water management. *Catena*, 207, 105669. Doi: 10.1016/j.catena.2021.105669.