



Evaluation of desertification risk potential using DVI model (Case study: northern regions of Semnan province)

Mehdi Safari Namivandi¹  | Hamid Ganjaeian² | Atrin Ebrahimi³ | Seyed ali Ebadinezhad⁴

1. Corresponding Author, Faculty of Geography, Kharazmi University, Tehran, Iran. safarimehdi534@gmail.com
- 2., Faculty of Geography, Tehran University, Tehran, Iran. h.ganjaeian@ut.ac.ir
3. Faculty of Geography, Tzbriz University, Tabriz, Iran. ebrahimiasad955@gmail.com
4. Amin Comprehensive University, Tehran, Iran. aliebadinezhad39@yahoo.com

Article Information

Research Paper

Vol: 14
No: 53
P: 1-17
Received: 2023-05-17
Revised: 2023-06-07
Accepted: 2023-06-08
Published: 2023-10-15

Keywords:

- Hazard
- Desertification
- DVI model
- Semnan province

Cite this Article:

Safari Namivandi, M., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A., Ebadinezhad, S. A. (2023). Evaluation of desertification risk potential using DVI model (Case study: northern regions of Semnan province). *Journal of Arid Regions Geographic Studies* 14(53): 1-17.
doi: 10.22034/JARGS.2023.397791.1032

Publisher: Hakim Sabzevari University

© The Author(s)



 [10.22034/JARGS.2023.397791.1032](https://doi.org/10.22034/JARGS.2023.397791.1032)

Abstract

Aim: Among the common risks in arid and semi-arid regions is the risk of desertification. Iran's hydroclimatic situation has caused many parts of it to be exposed to this danger. Semnan province is one of the regions that has faced the expansion of desertification in recent years. Considering the importance of the subject, this study aims to evaluate the potential of desertification risk in the northern regions of Semnan province.

Material & Method: The statistical information related to the population and climate of Semnan province, library information, and the 30-meter high SRTM digital model have been used as the most important research data. The most important software used were SPSS and ArcGIS, which were used to perform calculations and prepare final maps. The method used in this research was the DVI model.

Finding: The results of this research have shown that 16.8% of the region's area, which mainly includes the western and southeastern regions of the studied region, is in the category of very high vulnerability potential against the risk of desertification. Also, about 60% of the region is in the class with high vulnerability potential, which indicates the region's high potential from the risk of desertification. The classes with medium and low vulnerability potential cover a total of 23.2% of the region.

Conclusion: The findings show that many parts of the northern regions of Semnan province have a high potential in terms of desertification. Therefore, in order to prevent the spread of this danger, it is necessary to have the necessary programs to control the destruction of pastures and changes in land use.

Innovation: In this research, human parameters are considered. Also, the results of this research can be used in various civil and environmental planning.

Extended Abstract

1. Introduction

Desertification is the land destruction in dry, semi-arid, and semi-humid areas caused by several factors, such as climate change and human activities. It results from the interaction between the natural and human environment and is affected by various natural, economic, and social factors. Today, desertification is an important challenge for many countries, including dry and semi-arid countries. Ecosystems of arid and semi-arid regions are fragile and will face destruction due to natural events such as drought and climate change, as well as human activities, and cause the spread of desertification. Considering that about two-thirds of the size of Iran is covered by arid and semi-arid areas, it can be said that a large part of the size of Iran is covered by areas sensitive to desertification. Among the arid and semi-arid regions of Iran, which are highly sensitive to destruction and desertification, are the northern regions of Semnan province. This area, located between the southern slopes of Alborz and the plain of Kavir, is subject to destruction and desertification due to its natural condition and human interference. Considering the importance of the subject, in this research, the identification of vulnerable areas against desertification in the northern regions of Semnan province has been done.

2. Materials and Methods

In this research, the statistical information related to the population and climate of Semnan province, library information, and the 30-meter high SRTM digital model have been used as the most important research data. SPSS and ArcGIS were used to perform calculations and prepare final maps, respectively. The method used in this research was the DVI model. The DVI model has been used to investigate the time-spatial changes of vulnerability to desertification in the Banas River basin in India. In the DVI model, 9 indicators are used, which are placed in 4 groups as demographic indicators, weather indicators, topographic indicators, and soil indicators. According to the topic and model used, this research has been done in several stages; in the first stage, information layers related to the used indicators have been prepared. The information layers are fuzzified in the second stage based on their vulnerability potential. In the third step, using the network analysis model (ANP), weights have been given to the information layers. In the fourth step, the layers of information are combined using the DVI equation, and finally, the final map of the area's vulnerability to desertification is prepared.

3. Results and Discussion

In this research, using the DVI model, a map of vulnerable areas against the risk of desertification in the study area has been prepared in four classes. Based on the results, the class with a very high vulnerability potential with an area of 8732 square kilometers (equivalent to 16.8% of the region's area) mainly includes the western and southeastern regions of the studied region. Due to the high population density and unfavorable climatic conditions, these areas have a high potential for desertification. The class with high vulnerability potential, with an area of 31,277 square kilometers (equivalent to 60% of the region's area), covers a large part of the region, which indicates the region's high potential from the risk of desertification. Also, the classes with medium and low vulnerability potential with a total area of about 12 square kilometers (equivalent to 23.2% of the area of the region) mainly include the northern parts of Mahdishahr and Shahrood cities due to the suitable climate and soil type, are less vulnerable. They are exposed to the danger of desertification.

4. Conclusions

The location of Semnan province has caused this province to have a high potential in terms of the risk of desertification. In fact, the investigation of the climatic condition of this province has shown that a large part of its area is in dry and very dry climate classes. Since the desert plain covers a large part of this province and faces many restrictions in terms of access to water and soil resources, a large part of the population of this province is located in a certain direction, that is, between the heights of Alborz and the desert plain. They have found that this issue has caused the high population density, human activities in this region, and the spread of desertification. Considering the importance of the topic, in this research, using the DVI model, the desertification-prone areas of Semnan province between the heights of Alborz and the plain of Kavir have been identified, and the studied area in terms of potential vulnerability to desertification is classified as four classes. Based on the results, the class with very high vulnerability potential covers 16.8% of the area, mainly including the study area's western and southeastern areas. Due to the high population density and unfavorable climatic conditions, these areas have a high potential for desertification. The class with high vulnerability potential covers 60% of the region's area, which indicates the region's

high potential from the risk of desertification. Also, the medium and low vulnerability potential classes cover 23.2% of the region, mainly the northern parts of Mahdishahr and Shahrood; they are deserts. The results show that many parts of the northern regions of Semnan province have a high potential for desertification. Therefore, in order to prevent the spread of this danger, it is necessary to have the necessary programs to control the destruction of pastures and changes in land use.

5. Acknowledgment & Funding

The manuscript did not receive a grant from any organization

6. Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

مطالعات خرفایی مناطق خشک

ارزیابی پتانسیل مخاطره بیابان‌زایی با استفاده از مدل DVI (مطالعه موردی: مناطق شمالی استان سمنان)

مهدی صفری نامیوندی^۱✉، حمید گنجائیان^۲، عطربین ابراهیمی^۳، سیدعلی عبادی نژاد^۴

۱- دانشکده جغرافیا، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران. safarimehdi534@gmail.com

۲- دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران. h.ganjaian@ut.ac.ir

۳- دانشکده جغرافیا، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. ebrahimiasad955@gmail.com

۴- دانشگاه جامع علوم انتظامی امین، تهران، ایران. aliebadinezhad39@yahoo.com

چکیده:

هدف: از جمله مخاطرات شایع در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مخاطره بیابان‌زایی است. موقعیت هیدرواقليمی ایران سبب شده است تا بخش‌های زیادی از آن در معرض این مخاطره باشد. استان سمنان از جمله مناطقی است که در طی سال‌های اخیر با گسترش بیابان‌زایی مواجه شده است. با توجه به اهمیت موضوع، هدف از این پژوهش، ارزیابی پتانسیل مخاطره بیابان‌زایی در مناطق شمالی استان سمنان است.

روش و داده: در این تحقیق از اطلاعات آماری مربوط به جمعیت و اقلیم استان سمنان، اطلاعات کتابخانه‌ای و همچنین مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM به عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین نرم‌افزارهای مورد استفاده، نرم‌افزار SPSS و ArcGIS بوده است که به ترتیب برای انجام محاسبات و تهیه نقشه‌های نهایی مورد استفاده قرار گرفته شده‌اند. روش مورد استفاده در این تحقیق مدل DVI بوده است.

یافته‌ها: نتایج حاصله از این تحقیق نشان داده است که ۱۶/۸ درصد از مساحت منطقه که عمدتاً شامل مناطق غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه است، در طبقه پتانسیل آسیب‌پذیری خیلی زیاد در برابر مخاطره بیابان‌زایی قرار دارند. همچنین حدود ۶۰ درصد از منطقه نیز در طبقه با پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد قرار دارند که این مسئله بیانگر پتانسیل بالای منطقه از نظر مخاطره بیابان‌زایی است. همچنین طبقات با پتانسیل آسیب‌پذیری متوسط و کم در مجموع ۲۳/۲ درصد از منطقه را دربرگرفته‌اند که عمدتاً شامل بخش‌های شمالی شهرستان مهدیشهر و شاهرود است که به دلیل وضعیت اقلیمی مناسب و نوع خاک، کم‌تر در معرض مخاطره بیابان‌زایی هستند.

نتیجه‌گیری: مجموع نتایج حاصله از این پژوهش نشان داده است که بخش‌های زیادی از مناطق شمالی استان سمنان پتانسیل بالایی از نظر بیابان‌زایی دارند، بنابراین لازم است تا جهت جلوگیری از گسترش این مخاطره، برنامه‌های لازم جهت کنترل تخریب مراتع و تغییرات کاربری اراضی ارائه داد.

نوآوری، کاربرد نتایج: در این تحقیق بر خلاف تحقیقات پیشین، علاوه بر پارامترهای طبیعی، پارامترهای انسانی نیز در نظر گرفته شده است. همچنین از نتایج این پژوهش می‌توان در برنامه‌ریزی‌های مختلف عمرانی و زیست‌محیطی بهره گرفت.

اطلاعات مقاله

مقاله پژوهشی

شماره:

۱۴

دوره:

۵۳

صفحه:

۱-۱۷

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۲/۲۷

تاریخ ویرایش:

۱۴۰۲/۰۳/۱۷

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۰۳/۱۸

تاریخ انتشار:

۱۴۰۲/۰۷/۲۳

کلیدواژه‌ها:

- مخاطره
- بیابان‌زایی
- مدل DVI
- استان سمنان

نحوه ارجاع به این مقاله:

صفری نامیوندی، مهدی،، گنجائیان، حمید،، ابراهیمی، عطربین، و عبادی نژاد، سیدعلی. (۱۴۰۲). ارزیابی پتانسیل مخاطره بیابان‌زایی با استفاده از مدل DVI (مطالعه موردی: مناطق شمالی استان سمنان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*, ۱۴(۵۳): ۱-۱۷. doi: 10.22034/JARGS.2023.397791.1032

ناشر: دانشگاه حکیم سبزواری



© نویسنده(گان).

۱- مقدمه

بیابان‌زایی عبارت است از تخریب اراضی در نواحی خشک، نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب ناشی از عوامل متعددی چون تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی (Kazemini et al, 2017). بیابان‌زایی نتیجه برهم‌کنش محیط طبیعی و انسانی است و متأثر از عوامل مختلف طبیعی، اقتصادی و اجتماعی است (Shekahi et al, 2011). بیابان‌زایی امروزه به‌عنوان یکی از چالش‌های مهم بسیاری از کشورها از جمله کشورهای خشک و نیمه‌خشک مطرح شده است (Flores & Yool, 2007 & Vorovencii et la, 2017). اکوسیستم‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک دارای وضعیت شکننده‌ای هستند (D'Odorico et al, 2013 & De Paola et al, 2013) و در مقابل رخداد‌های طبیعی مانند خشکسالی و تغییرات اقلیمی و همچنین فعالیت‌های انسانی با تخریب مواجه خواهند شد و سبب گسترش بیابان‌زایی می‌شوند (Roberto, 2002). با توجه به اینکه حدود دو سوم از وسعت ایران را مناطق خشک و نیمه‌خشک دربر گرفته است، بنابراین می‌توان گفت که بخش زیادی از وسعت ایران را مناطق حساس در مقابل بیابان‌زایی دربر گرفته است. از جمله مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران که حساسیت بالایی در برابر تخریب و بیابان‌زایی دارد، مناطق شمالی استان سمنان است. این منطقه که در حفاصل دامنه‌های جنوبی البرز و دشت کویر قرار دارد به دلیل وضعیت طبیعی و دخالت‌های انسانی، در معرض تخریب و بیابان‌زایی است. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر بیابان‌زایی در مناطق شمالی استان سمنان پرداخته شده است.

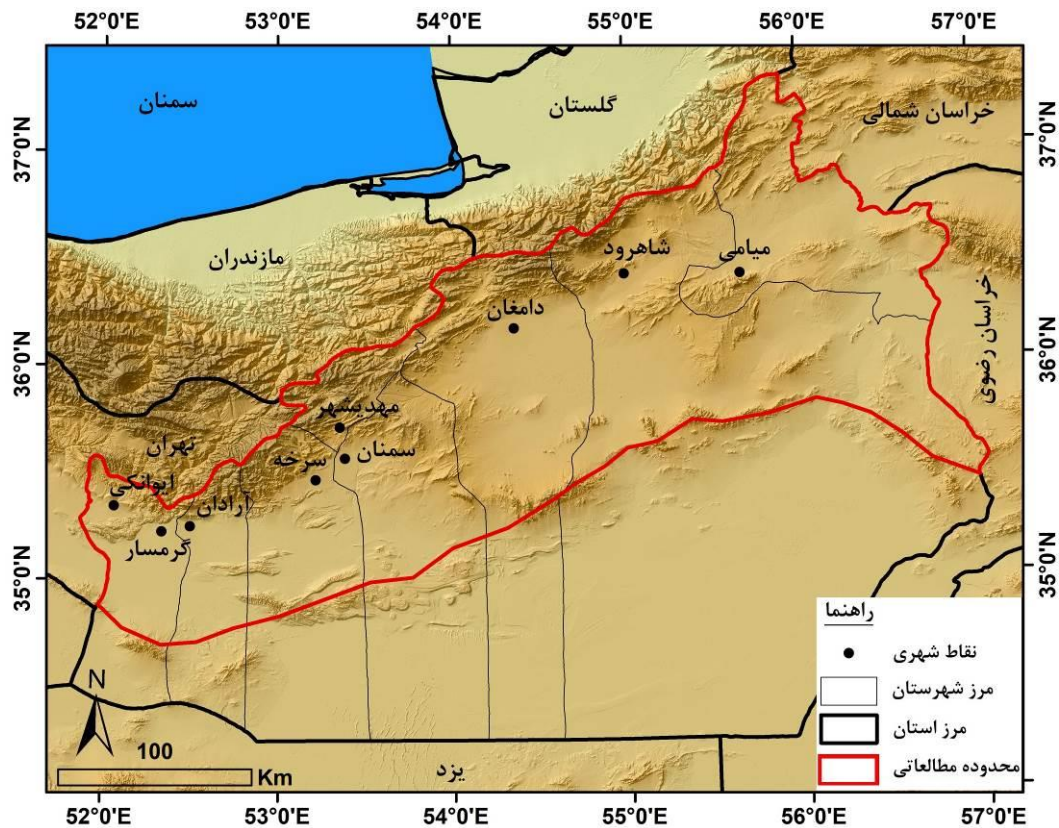
در ارتباط با موضوع مورد مطالعه تحقیقات مختلفی در سطح ایران و جهان صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به کوی و همکاران اشاره کرد که به ارزیابی روند بیابان‌زایی در صحرای گبی با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای پرداختند (Cui et al, 2011). تاوارسو همکاران (با استفاده از مدل MEDALUS به شناسایی مناطق حساس به بیابان‌زایی در جزیره سانتیاگو پرداختند (Tavares et al, 2015). لیانگ‌لیانگ و همکاران به بررسی وضعیت بیابان‌زایی آسیای مرکزی با استفاده از پارامترهای طبیعی و انسانی و همچنین مدل تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP) پرداختند (Liangliang et al 2019). ژانگ و همکاران به بررسی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی در چین در طی سال‌های ۱۹۷۵ تا ۲۰۱۰ پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که سهم فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی در بیابان‌زایی چین به ترتیب ۲۶ و ۲۲/۶ درصد بوده است (Zhang et al, 2020). هانگ و همکاران به بررسی وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از شاخص‌های آسیب‌پذیری بیابان‌زایی جهانی (GDVI) و ترکیب فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی پرداختند (Huang et al, 2020). در ایران نیز رضایی‌مقدم و همکاران به تشریح جغرافیای مفاهیم، مبانی و راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی با تأکید بر توسعه پایدار انسانی پرداختند (Rezaei Moghadam et al, 2016). صادقی‌روش و همکاران به تحلیل راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی در منطقه خضرآباد یزد بر اساس مدل‌های تصمیم‌گیری پرداختند (Sadeghi-Rosh, 2019). برنا به تحلیل وضعیت بیابان‌زایی شهرستان شادگان با استفاده از مدل IMDPA پرداختند (Borna, 2021). خدایی و همکاران به پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی در محدوده پیرامون دریاچه ارومیه بر اساس معیار تخریب منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل بیابان‌زایی مدالوس پرداختند (Khodaei et al, 2021). صیادی و همکاران به پیش‌بینی وضعیت بیابان‌زایی استان تهران تحت تأثیر فعالیت‌های انسانی و تغییرات اقلیمی با استفاده از مدل IMDPA پرداختند (Sayadi et al, 2021). کرامت‌زاده و همکاران به بررسی روند بیابان‌زایی منطقه جنوب شرق اهواز با استفاده روش IMDPA و تأکید بر دو معیار اقلیم و پوشش گیاهی پرداختند (Karamatzadeh et al, 2022). در راستای تحقیقات پیشین صورت‌گرفته، هدف از این تحقیق ارزیابی پتانسیل مخاطره بیابان‌زایی در مناطق شمالی استان سمنان است. در این تحقیق بر خلاف تحقیقات پیشین، علاوه بر پارامترهای طبیعی، پارامترهای انسانی نیز در نظر گرفته شده است.

۲- مواد و روش

۲-۱- منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی تحقیق حاضر شامل نیمه شمالی استان سمنان است. این منطقه در واقع در حفاصل دشت کویر و مرزهای شمالی استان است (شکل ۱). با توجه به اینکه هدف از این پژوهش شناسایی مناطق مستعد بیابان‌زایی است و بخش‌های جنوبی استان را واحد بیابان دربر گرفته است، بنابراین جهت دستیابی به نتایج صحیح، نیمه شمالی استان سمنان به‌عنوان محدوده مطالعاتی انتخاب شده است. محدوده مطالعاتی از نظر تقسیمات مورفوتکتونیکی در بین دو زون البرز و ایران مرکزی قرار دارد. از نظر ژئومورفولوژی

دارای تنوع زیادی است به طوری که بخش‌های شمالی آن منطبق بر واحد کوهستان ولی بخش‌های جنوبی آن منطبق بر واحد تپه‌ماهور، مخروط‌افکنه و دشت است. همچنین با توجه به اختلاف ارتفاع زیادی که دارد، از نظر اقلیمی نیز دارای تنوع زیادی است به طوری که بخش‌های شمالی محدوده دارای اقلیم نیمه‌مرطوب و بخش‌های جنوبی آن دارای اقلیم خشک است.



۲-۲- روش پژوهش

در این تحقیق از اطلاعات آماری مربوط به جمعیت و اقلیم استان سمنان، اطلاعات کتابخانه‌ای و همچنین مدل رقمی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین نرم‌افزارهای مورد استفاده، نرم‌افزار ArcGIS و SPSS بوده است که به ترتیب برای انجام محاسبات و تهیه نقشه‌های نهایی مورد استفاده قرار گرفته شده‌اند. روش مورد استفاده در این تحقیق مدل DVI^۱ بوده است. از مدل DVI به‌منظور بررسی تغییرات زمانی-مکانی میزان آسیب‌پذیری در مقابل بیابان‌زایی در حوضه رودخانه باناس در کشور هند استفاده شده است (Kalyan et al, 2021). در مدل DVI از ۹ شاخص استفاده می‌شود که در ۴ گروه شاخص‌های جمعیتی، شاخص‌های آب‌وهوایی، شاخص‌های توپوگرافی و شاخص‌های خاک‌شناسی قرار می‌گیرند (جدول ۱).

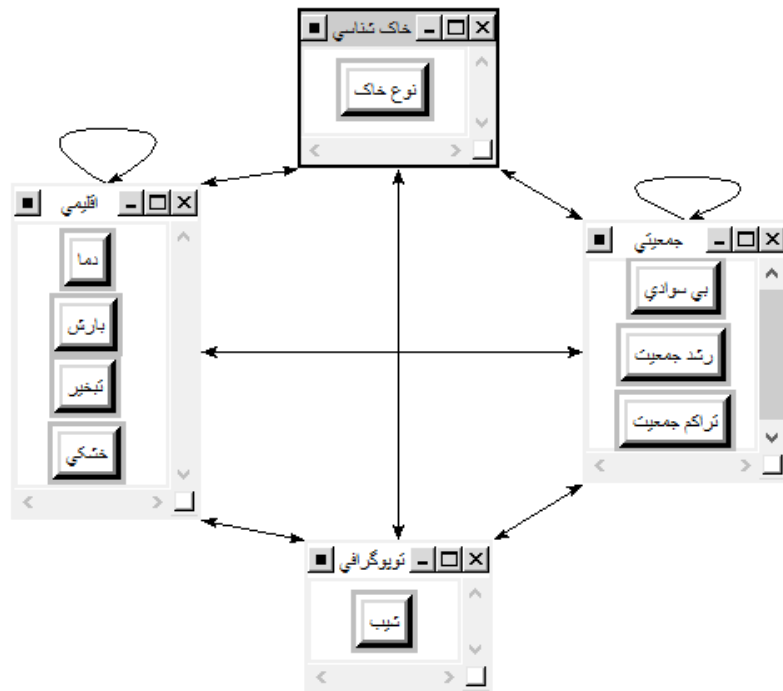
1. Desertification Vulnerability Index

جدول ۱. شاخص‌های مورد استفاده در مدل DVI

شاخص	شاخص	طبقات شاخص	رده
شاخص‌های آب و هوایی	مجموع بارش سالانه (میلی‌متر)	۲۲ تا ۲۲۷ میلی‌متر	مناطق با بارش کم، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است.
	میانگین دمای سالانه (درجه سانتی‌گراد)	۱۴ تا ۲۷ درجه سانتی‌گراد	مناطق با دمای زیاد، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است.
	میانگین PET سالانه - (میلی‌متر)	۱۶۶۲ تا ۲۶۱۴	مناطق با تبخیر زیاد، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است.
	شاخص خشکی (UNEP)	۰/۱ تا ۰/۱۴	مناطق با ضریب خشکی زیاد، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است.
شاخص توپوگرافی	شیب (درصد)	صفر تا بیش از ۱۵۰	مناطق با شیب زیاد، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است.
شاخص خاک-شناسی	نوع خاک	وجود اراضی بدلندی، تپه‌های ماسه‌ای، خلوت، پلایا، شوره‌زار، اردی‌سول، اینسپتی‌سول و انتی‌سول	مناطق دارای خاک‌های خشک و کویری، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است.
شاخص‌های جمعیتی	تراکم جمعیت	۳ تا ۷۴ نفر در کیلومتر مربع	مناطق با تراکم جمعیت زیاد، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است.
	نرخ رشد جمعیت	۰/۳۶ تا ۲/۲ درصد در سال	مناطق با نرخ رشد زیاد، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است.
	نرخ بی‌سوادی	۱۹/۳ تا ۴۰ درصد	مناطق با نرخ بی‌سوادی زیاد، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی است.

با توجه به موضوع و مدل مورد استفاده، این تحقیق در چند مرحله انجام گرفته است که عبارت‌اند از:

- مرحله اول (تهیه لایه‌های اطلاعاتی): در این مرحله لایه‌های اطلاعاتی مربوط به شاخص‌های مورد استفاده تهیه شده است. به‌منظور تهیه لایه‌های اطلاعاتی مربوط به شاخص‌های مورد استفاده از اطلاعات آماری مربوط به جمعیت و اقلیم استان سمنان و همچنین لایه‌های رقومی استفاده شده است. در واقع، با استفاده از مدل رقومی ارتفاعی ۳۰ متر SRTM، نقشه شیب منطقه تهیه شده است. با استفاده از لایه رقومی خاک‌شناسی منطقه، نقشه نوع خاک‌های منطقه تهیه شده است. همچنین برای تهیه نقشه پارامترهای اقلیمی و جمعیتی، پس از تهیه اطلاعات و وارد کردن آن در نرم‌افزار ArcGIS، از روش درون‌یابی IDW برای تهیه نقشه‌های موردنظر استفاده است.
- مرحله دوم (فازی‌سازی لایه‌ها): در این مرحله لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای پتانسیل آسیب‌پذیری که دارند، فازی‌سازی شده‌اند. فازی‌سازی لایه‌های اطلاعاتی بر مبنای توابع خطی صورت گرفته است. برای این منظور، در فازی‌سازی هر لایه، به مناطق مستعد بیابان‌زایی، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با پتانسیل کم‌تر بیابان‌زایی، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.
- مرحله سوم (وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی): در این پژوهش به‌منظور وزن‌دهی به شاخص‌های مورد استفاده از مدل تحلیل شبکه‌ای (ANP) استفاده شده است. برای اجرای مدل ANP، پس از تشکیل ساختار شبکه‌ای (شکل ۲) و با توجه به رابطه درونی و بیرونی شاخص‌ها، از ماتریس مقایسه‌ای شامل ۹ سطر و ۹ ستون برای تعیین رابطه و میزان اهمیت هر یک از این شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها استفاده شده است. به‌منظور امتیازدهی به شاخص‌ها از طریق پرسش‌نامه و دیدگاه‌های کارشناسان امر (۵ متخصص ژئومورفولوژی) استفاده شده است و همچنین برای انجام محاسبات نیز از نرم‌افزار Super Decisions استفاده شده است و در نهایت وزن نهایی شاخص‌ها به دست آمده است (جدول ۲). لازم به ذکر است که انتخاب جامعه آماری برای تکمیل پرسش‌نامه با توجه به شناخت موضوع و منطقه بوده است.



شکل ۲. ساختار شبکه‌ای معیارها

جدول ۲: وزن نهایی شاخص‌ها

The inconsistency index is 0.0424. It is desirable to have a value of less than 0.1

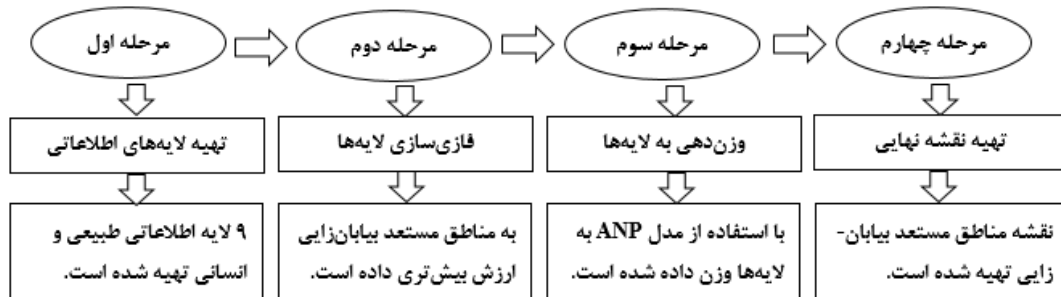
بارش	0.195186
بي سوادي	0.047789
تبخير	0.102826
تراکم جمعيت	0.088124
خشکي	0.162725
دما	0.144014
رشد جمعيت	0.082606
شيب	0.064516
نوع خاک	0.112214

- مرحله چهارم (ترکیب لایه‌های اطلاعاتی و تهیه نقشه نهایی): در این مرحله با استفاده از معادله DVI (معادله ۱)، لایه‌های اطلاعاتی با هم ترکیب شده و در نهایت نقشه نهایی میزان آسیب‌پذیری منطقه در برابر بیان‌زایی تهیه شده است.

$$DVI = (CQI * SEQI)^{1/3}$$

معادله ۱

در این معادله، DVI نمایانگر شاخص آسیب‌پذیری بیابان‌زایی است، CQI نمایانگر شاخص کیفیت آب‌وهوا، SQI نمایانگر شاخص کیفیت خاک و SEQI نشان‌دهنده شاخص کیفیت اجتماعی-اقتصادی است (کیلان و همکاران، ۲۰۲۱). در شکل ۳ چارت مراحل تحقیق نشان داده شده است.



شکل ۳. چارت مراحل تحقیق

۳- یافته‌ها

۳-۱- شاخص‌های مورد استفاده

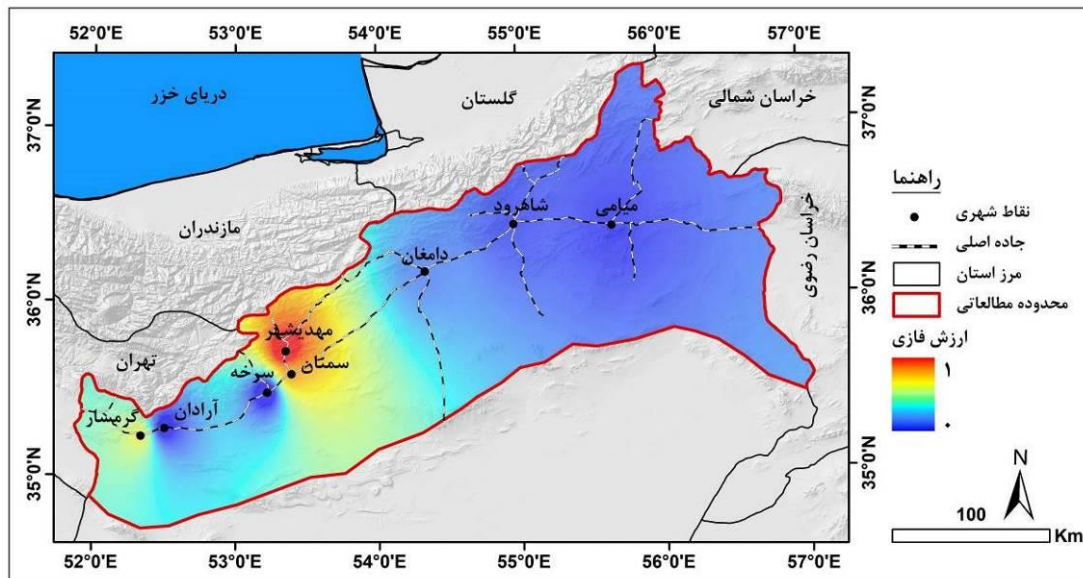
در این پژوهش به منظور شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر بیابان‌زایی از مدل DVI استفاده شده است. در مدل DVI از ۹ شاخص استفاده می‌شود (جدول ۱) که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

- **تراکم جمعیت:** تراکم جمعیت از جمله شاخص‌های مورد استفاده در مدل DVI است. در مناطق دارای تراکم جمعیتی زیاد، میزان بهره‌برداری از طبیعت، تغییرات کاربری اراضی و تخریب پوشش گیاهی بیش‌تر است، بنابراین این مناطق پتانسیل بیش‌تری از نظر بیابان‌زایی دارند. بررسی وضعیت تراکم جمعیت در منطقه مورد مطالعه نشان داده است که بیش‌ترین میزان تراکم با ۲۴/۵ نفر در کیلومتر مربع مربوط به شهرستان مهدی‌شهر و کم‌تری میزان تراکم با ۱/۷ نفر در کیلومتر مربع مربوط به شهرستان سرخه است (جدول ۳). در شکل ۴ نقشه فازی‌سازی شده لایه تراکم جمعیت در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن به مناطق دارای تراکم جمعیت زیاد، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با تراکم جمعیت کم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.

جدول ۳. شاخص‌های جمعیتی استان یزد

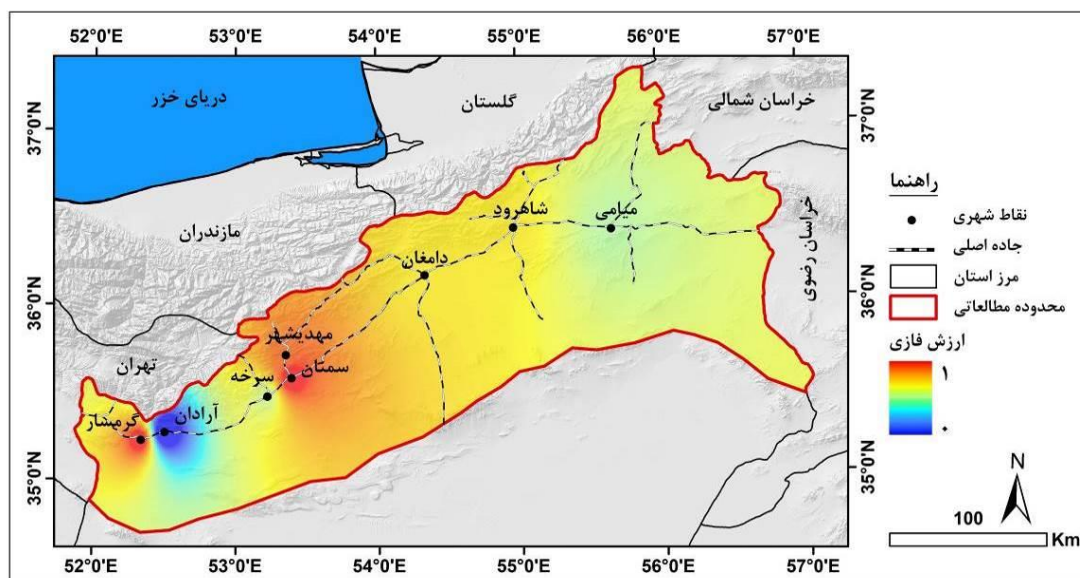
ردیف	شهرستان	وسعت (کیلومتر مربع)	تراکم جمعیت (نفر در کیلومتر مربع)	رشد جمعیت (درصد)	درصد بی‌سوادی
۱	شاهرود	۴۳۴۰۵	۵/۱	۱/۶۴	۷/۲
۲	دامغان	۱۴۰۳۳	۶/۷	۱/۶۲	۸/۳
۳	مهدی‌شهر	۱۹۴۳	۲۴/۵	۲/۵۳	۱۱/۸
۴	سمنان	۱۱۰۱۷	۱۷/۹	۳/۲۶	۴/۸
۵	سرخه	۹۲۲۲	۱/۷	۰/۸۹	۸/۱
۶	آرادان	۴۳۲۹	۳/۲	-۲/۲۷	۸/۸
۷	گرمسار	۵۱۸۲	۱۵	۳/۳۲	۶/۵
۸	میامی	۸۳۵۶	۴/۶	۰/۷۷	۱۲/۲

(منبع: مرکز آمار کشور، ۱۳۹۵)



شکل ۴. نقشه فازی سازی شده لایه تراکم جمعیت در منطقه مورد مطالعه

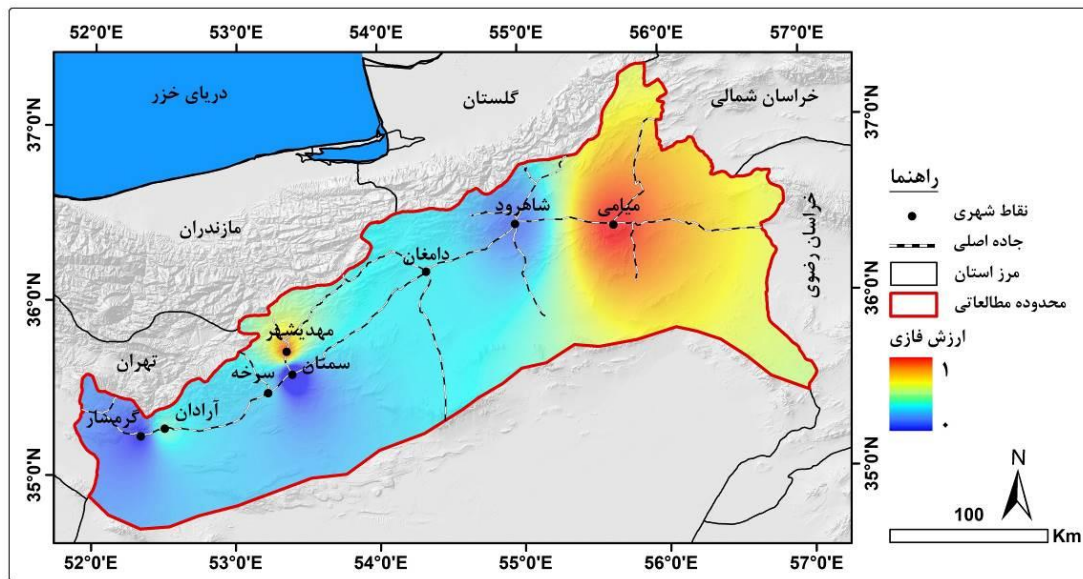
- **رشد جمعیت:** رشد جمعیت از دیگر شاخص‌هایی است که نقش مستقیمی در تخریب اراضی و گسترش بیابان‌زایی دارد. مناطقی که دارای رشد جمعیتی زیادی هستند، در معرض تغییرات کاربری اراضی و بیابان‌زایی هستند. بر اساس جدول ۱، در بین شهرستان‌های استان سمنان، شهرستان سمنان با ۳/۲۶ درصد دارای بالاترین درصد رشد جمعیت و شهرستان آرادان با ۲/۲۷- درصد دارای پایین‌ترین درصد رشد جمعیت است. در شکل ۵ نقشه فازی‌سازی شده لایه رشد جمعیت در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن به مناطق دارای رشد جمعیت زیاد، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با رشد جمعیت کم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.



شکل ۵. نقشه فازی سازی شده لایه رشد جمعیت در منطقه مورد مطالعه

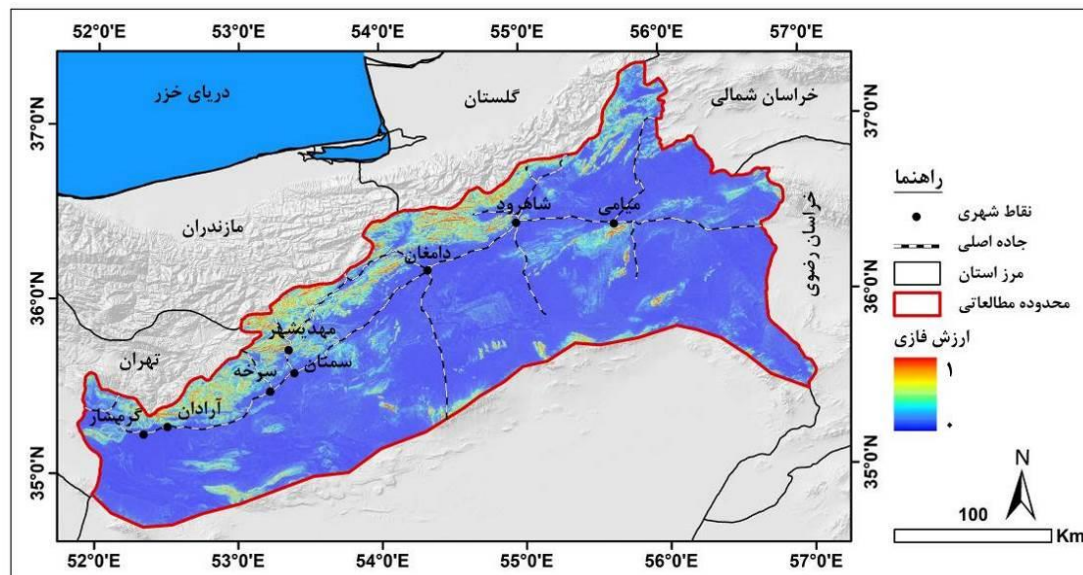
- **بی‌سوادی:** نرخ بی‌سوادی نیز به‌طور غیرمستقیم بر تخریب منابع و گسترش بیابان‌زایی مؤثر است. در واقع، نرخ بی‌سوادی در میزان آگاهی مردم و مدیریت محیطی مؤثر است، بنابراین به‌عنوان یکی از پارامترهای تأثیرگذار در نظر گرفته شده است. بر اساس نتایج حاصله، نرخ بی‌سوادی استان سمنان بین ۴/۸ تا ۱۲/۲ درصد بوده که بیش‌ترین میزان آن مربوط به شهرستان میامی و کم‌ترین آن مربوط به شهرستان سمنان بوده است. در شکل ۶ نقشه فازی‌سازی شده لایه بی‌سوادی در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده

است که بر اساس آن به مناطق دارای درصد بی‌سوادی بالا، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با درصد بی‌سوادی کم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.



شکل ۶. نقشه فازی سازی شده لایه بی‌سوادی در منطقه مورد مطالعه

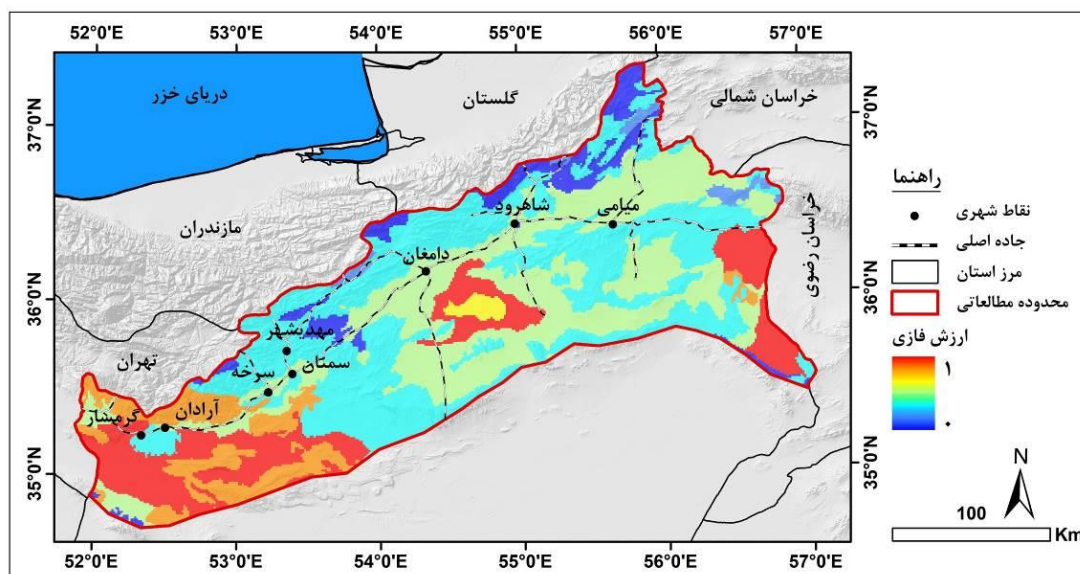
– **شیب:** شیب زمین تأثیر مستقیمی بر میزان رواناب، نفوذپذیری و فرسایش دارد و به طور معمول، در مناطق پرشیب میزان فرسایش خاک بیش‌تر است. بررسی وضعیت شیب منطقه مورد مطالعه نشان داده است که بخش‌های شمالی منطقه که منطبق بر دامنه‌های جنوبی البرز است، دارای شیب زیادی هستند که مستعد فرسایش و آسیب‌پذیری هستند، بنابراین در فازی‌سازی لایه شیب به این مناطق ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق کم شیب ارزش نزدیک به صفر داده شده است (شکل ۷).



شکل ۷. نقشه فازی سازی شده لایه شیب در منطقه مورد مطالعه

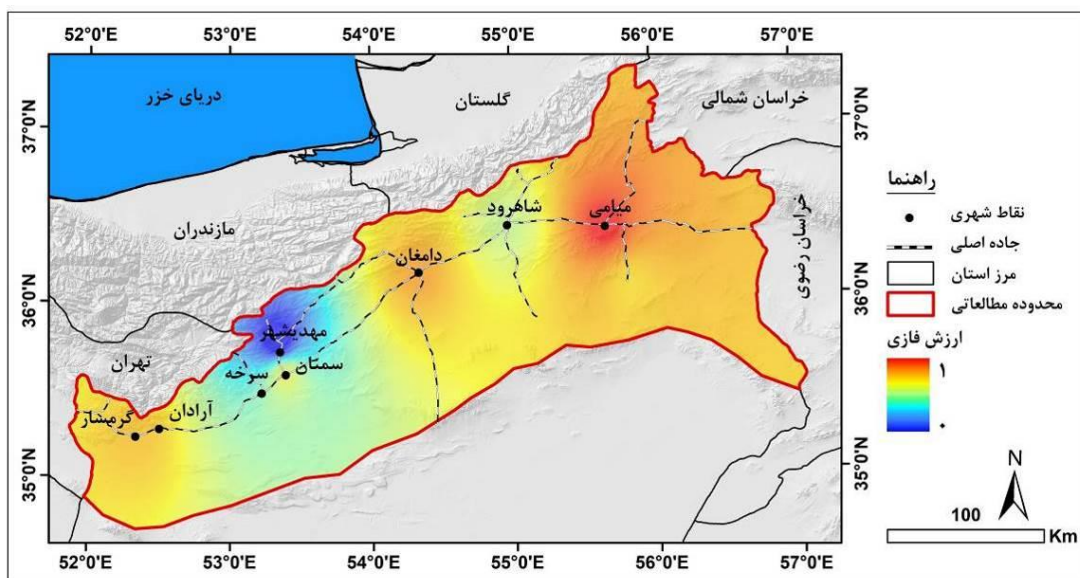
– **خاک‌شناسی:** بعضی از انواع خاک‌ها هستند که به دلیل شرایط مناسبی که دارند، دارای تراکم پوشش گیاهی هستند و این مسئله باعث کاهش آسیب‌پذیری منطقه در برابر بیابان‌زایی می‌شود. بعضی از مناطق نیز هستند که دارای شوره‌زارها، اراضی بدلدنی و تپه‌های ماسه‌ای هستند. این مناطق با توجه به نوع خاکی که دارند، پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی دارند و مستعد گسترش بیابان‌زایی هستند. با توجه به موارد مذکور، به‌منظور فازی‌سازی لایه خاک‌شناسی در منطقه مورد مطالعه، به مناطق دارای تپه‌های ماسه‌ای،

اراضی بدلندی و شوره‌زارها، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق دارای خاک‌های اینسپتی‌سول ارزش نزدیک به صفر داده شده است (شکل ۸).



شکل ۸. نقشه فازی‌سازی شده لایه خاک‌شناسی در منطقه مورد مطالعه

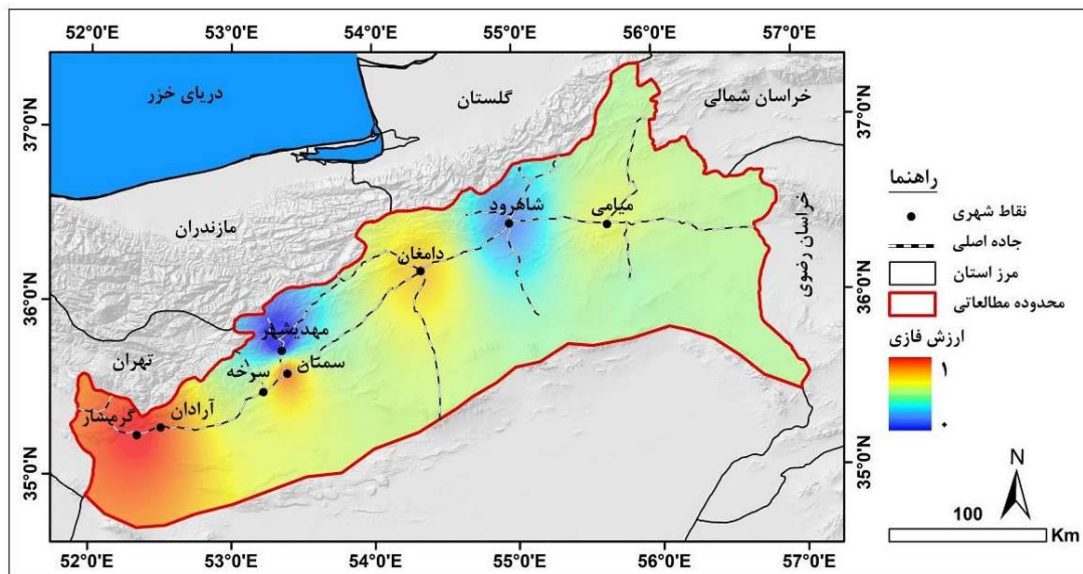
– **بارش:** بارش از جمله پارامترهایی است که تأثیر مستقیمی بر میزان پوشش گیاهی دارد. بررسی وضعیت بارش در منطقه مورد مطالعه بیانگر این است که میزان بارش در مناطق شمالی شهرستان سمنان و مهدی‌شهر بیش از سایر مناطق است و در یک روند کلی میزان بارش به سمت غرب و شرق منطقه دارای روند کاهشی است. در شکل ۹ نقشه فازی‌سازی شده لایه بارش در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن به مناطق دارای بارش زیاد، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با بارش کم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.



شکل ۹. نقشه فازی‌سازی شده لایه بارش در منطقه مورد مطالعه

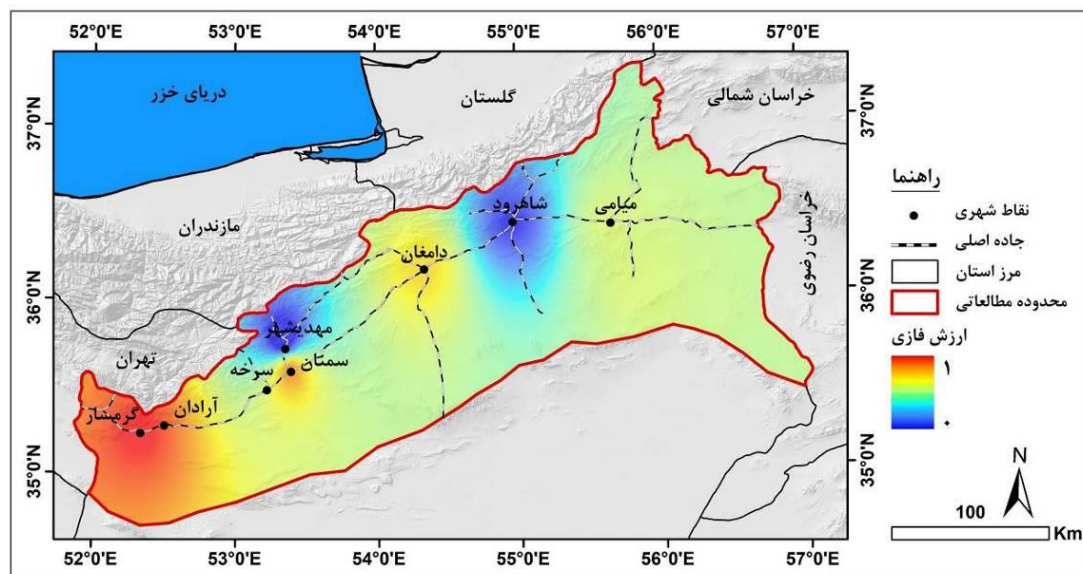
– **دما:** میانگین دمایی هر منطقه نقش مستقیمی در میزان تبخیر، نفوذپذیری، تراکم پوشش گیاهی و همچنین تخریب و بیابان‌زایی دارد. مناطقی که دارای میانگین دمای بالایی هستند، در معرض گسترش بیابان‌زایی هستند. نتایج بررسی وضعیت میانگین دما در استان سمنان نشان داده است که بیش‌ترین میانگین دما مربوط به مناطق غربی استان سمنان و کم‌ترین آن مربوط به مناطق

شمالی این استان است. در شکل ۱۰ نقشه فازی‌سازی شده لایه دما در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن به مناطق با میانگین دمای بالا، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق با میانگین دمای کم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.



شکل ۱۰. نقشه فازی‌سازی شده لایه میانگین دما در منطقه مورد مطالعه

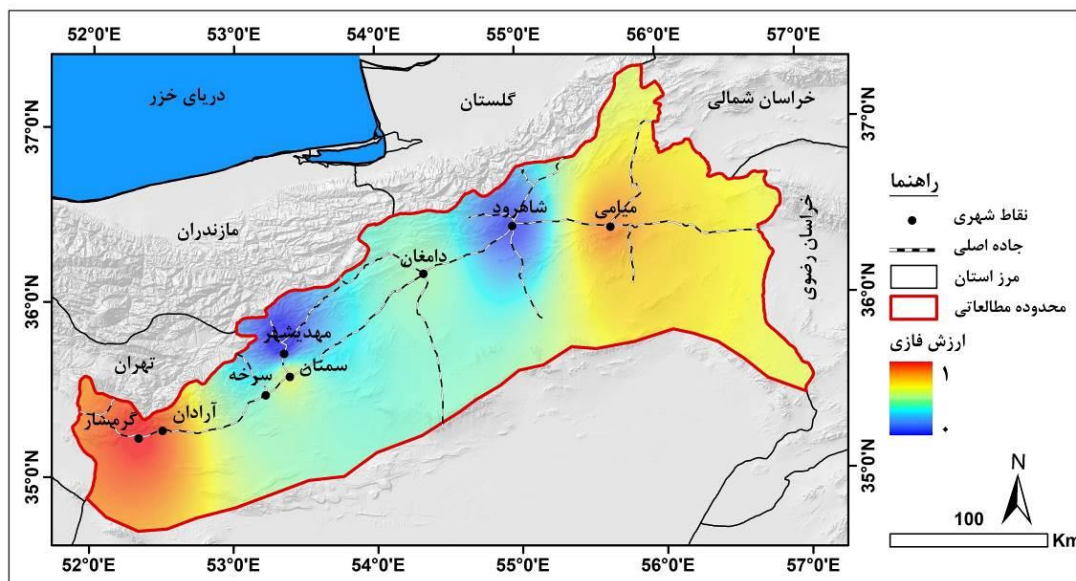
- **تبخیر:** از دیگر شاخص‌های اقلیمی مورد استفاده، تبخیر است. مناطقی که دارای تبخیر بیشتری هستند، پتانسیل بالایی از نظر گسترش بیابان‌زایی دارند. بررسی وضعیت تبخیر استان سمنان بیانگر این است که مناطق غربی این استان پتانسیل بیشتری از نظر تبخیر دارند. در شکل ۱۱ نقشه فازی‌سازی شده لایه تبخیر در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن به مناطق با تبخیر بالا، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق تبخیر کم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.



شکل ۱۱. نقشه فازی‌سازی شده لایه تبخیر در منطقه مورد مطالعه

- **خشکی:** شاخص خشکی از دیگر شاخص‌های اقلیمی مورد استفاده بوده است. شاخص خشکی بالا به این معنی است که منطقه دارای کمبود آب بیشتری است و پتانسیل آسیب‌پذیری بالایی در برابر بیابان‌زایی دارد. بررسی وضعیت شاخص خشکی استان سمنان بیانگر این است که مناطق غربی این استان دارای وضعیت خشک‌تری هستند. در شکل ۱۲ نقشه فازی‌سازی شده لایه

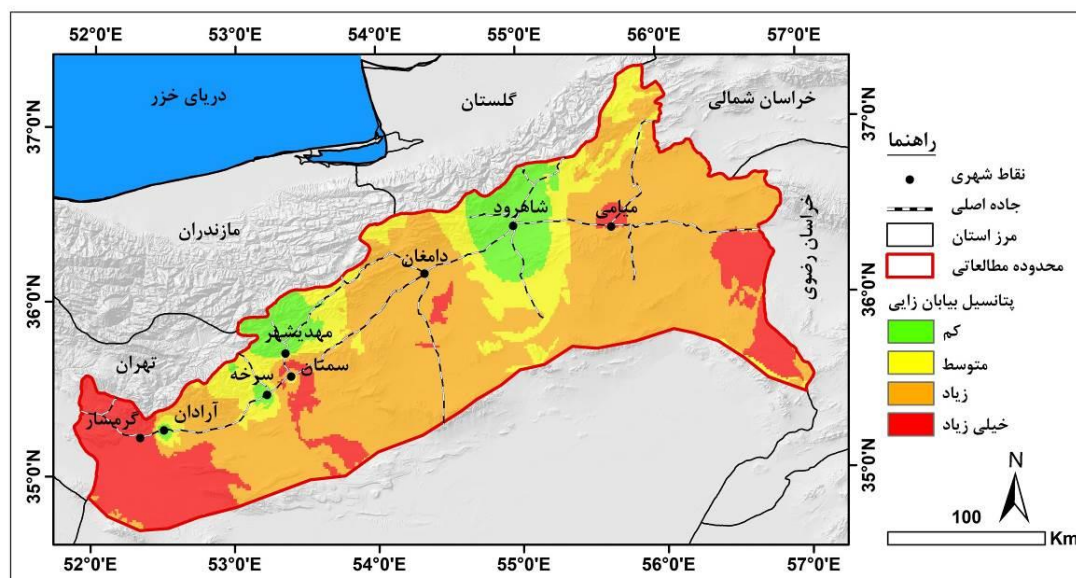
خشکی در منطقه مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن به مناطق با درصد خشکی بالا، ارزش نزدیک به ۱ و به مناطق درصد خشکی کم، ارزش نزدیک به صفر داده شده است.



شکل ۱۲. نقشه فازی سازی شده لایه خشکی در منطقه مورد مطالعه

۳-۲- ترکیب لایه‌های اطلاعاتی بر اساس معادله DVI

در این پژوهش پس از وزن‌دهی به لایه‌های اطلاعاتی، وزن به دست آمده بر روی لایه‌ها اعمال شده است و سپس با استفاده از معادله DVI (معادله ۱)، لایه‌های اطلاعاتی با هم ترکیب شده و در نهایت نقشه آسیب‌پذیری منطقه مورد مطالعه تهیه شده است. بر اساس نقشه تهیه شده، مناطق غربی منطقه مورد مطالعه دارای بالاترین پتانسیل آسیب‌پذیری در برابر بیابان‌زایی است (شکل ۱۳).



شکل ۱۳. نقشه نهایی مناطق آسیب‌پذیر در برابر بیابان‌زایی

در جدول ۴ مساحت و درصد مساحت طبقات نشان داده شده است. بر اساس نتایج حاصله، طبقه با پتانسیل آسیب‌پذیری خیلی زیاد با ۸۷۳۲ کیلومترمربع وسعت (معادل ۱۶/۸ درصد از مساحت منطقه)، عمدتاً شامل مناطق غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه است. این مناطق به دلیل تراکم بالای جمعیت و وضعیت اقلیمی نامناسب، پتانسیل بالایی از نظر گسترش بیابان‌زایی دارند. طبقه با پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد با ۳۱۲۷۷ کیلومترمربع وسعت (معادل ۶۰ درصد از مساحت منطقه)، بخش زیادی از منطقه را

دربرگرفته است که این مسئله بیانگر پتانسیل بالای منطقه از نظر مخاطره بیابان‌زایی است. همچنین طبقات با پتانسیل آسیب‌پذیری متوسط و کم در مجموع با حدود ۱۲ کیلومتر مربع وسعت (معادل ۲۳/۲ درصد از مساحت منطقه) عمدتاً شامل بخش‌های شمالی شهرستان مهدی‌شهر و شاهرود است که به دلیل وضعیت اقلیمی مناسب و نوع خاک، کم‌تر در معرض مخاطره بیابان‌زایی هستند.

جدول ۴. مساحت و درصد مساحت طبقات

ردیف	طبقات	مساحت	درصد مساحت
۱	کم	۴۷۷۸	۹/۲
۲	متوسط	۷۳۰۱	۱۴
۳	زیاد	۳۱۲۷۷	۶۰
۴	خیلی زیاد	۸۷۳۲	۱۶/۸

۴- بحث و نتیجه‌گیری

موقعیت قرارگیری استان سمنان سبب شده است تا این استان پتانسیل بالایی از نظر مخاطره بیابان‌زایی داشته باشد. در واقع، بررسی وضعیت اقلیمی این استان نشان داده است که بخش زیادی از مساحت آن در طبقات اقلیمی خشک و خیلی خشک قرار دارد. با توجه به اینکه بخش زیادی از وسعت این استان را دشت کویر دربرگرفته است و از نظر دسترسی به منابع آب و خاک با محدودیت زیادی مواجه است، بنابراین بخش زیادی از جمعیت این استان در یک مسیر مشخص یعنی در حدفاصل ارتفاعات البرز و دشت کویر قرار گرفته‌اند که همین مسئله سبب تراکم بالای جمعیت و فعالیت‌های انسانی در این منطقه و گسترش بیابان‌زایی شده است. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش با استفاده از مدل DVI به شناسایی مناطق مستعد بیابان‌زایی استان سمنان در حدفاصل ارتفاعات البرز و دشت کویر پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصله، منطقه مورد مطالعه از نظر پتانسیل آسیب‌پذیری در برابر بیابان‌زایی به ۴ کلاس تقسیم شده است. طبقه با پتانسیل آسیب‌پذیری خیلی زیاد، ۱۶/۸ درصد از مساحت منطقه را دربرگرفته است که عمدتاً شامل مناطق غربی و جنوب شرقی منطقه مورد مطالعه است. این مناطق همانند بخش‌های جنوبی استان کرمان (مقصودی و پیره، ۱۴۰۱) و مناطق جنوب شرقی اهواز (Karamatzadeh et al, 2022) به دلیل تراکم بالای جمعیت و وضعیت اقلیمی نامناسب، پتانسیل بالایی از نظر گسترش بیابان‌زایی دارند. طبقه با پتانسیل آسیب‌پذیری زیاد، ۶۰ درصد از مساحت منطقه را دربرگرفته است که این مسئله بیانگر پتانسیل بالای منطقه از نظر مخاطره بیابان‌زایی است. همچنین طبقات با پتانسیل آسیب‌پذیری متوسط و کم در مجموع ۲۳/۲ درصد از منطقه را دربرگرفته‌اند که عمدتاً شامل بخش‌های شمالی شهرستان مهدی‌شهر و شاهرود است که به دلیل وضعیت اقلیمی مناسب و نوع خاک، کم‌تر در معرض مخاطره بیابان‌زایی هستند. مجموع نتایج حاصله از این پژوهش نشان داده است که بخش‌های زیادی از مناطق شمالی استان سمنان پتانسیل بالایی از نظر بیابان‌زایی دارند، بنابراین لازم است تا جهت جلوگیری از گسترش این مخاطره، برنامه‌های لازم جهت کنترل تخریب مراتع و تغییرات کاربری اراضی ارائه داد.

۵- فهرست منابع

- برنا، رضا. (۱۴۰۰). تحلیل وضعیت بیابان‌زایی با استفاده از مدل IMDPA با رویکرد تغییر اقلیم (مطالعه موردی: شهرستان شادگان). پژوهش‌های تغییرات آب و هوایی، ۲ (۶)، ۱۹-۳۰.
- خدائی، فاطمه؛ روستایی، شهرام و مختاری، داود. (۱۴۰۰). پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی بر اساس معیار تخریب منابع آب‌های زیرزمینی با استفاده از مدل بیابان‌زایی مدالوس (مطالعه موردی: محدوده‌ی پیرامون دریاچه ارومیه). هیدروژئومورفولوژی، ۸ (۲۷)، ۵۹-۷۹.
- رضایی‌مقدم، کورش؛ کرمی، غلامحسین و منفرد، نوذر. (۱۳۹۶). جغرافیای مفاهیم، مبانی و راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی با تأکید بر توسعه پایدار انسانی. فصلنامه جغرافیا (برنامه‌ریزی منطقه‌ای)، ۷ (۳)، ۱۶۷-۱۹۲.
- شکوهی، الهام‌السادات؛ زهتاییان، غلامرضا و طویلی، علی. (۱۳۹۱). پهنه‌بندی وضعیت بیابان‌زایی منطقه خضرآباد - اله‌آباد دشت یزد با استفاده از مدل IMDPA و با تأکید بر معیارهای آب و خاک. نشریه مرتع و آبخیزداری، ۶۵ (۴)، ۵۱۷-۵۲۸.

صادقی‌روش محمدحسن. (۱۳۹۹). تحلیل راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی منتج از مدل‌های تصمیم‌گیری با کاربرد تابع ارزیابی طبقه‌بندی گروهی. *تخریب و احیاء اراضی طبیعی*، ۱ (۲)، ۱۳-۲۵.

صیادی، ملیکا؛ خسروی، حسن؛ زارع، سلمان؛ احمدآلی، خالد و باقری، سمانه. (۱۴۰۰). پیش‌بینی آینده بیابان‌زایی استان تهران متأثر از تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی. *علوم آب و خاک*، ۲۵ (۳)، ۲۴۴-۲۲۵.

کاظمی‌نیا، عبدالرضا؛ رنگزن، کاظم و محمودآبادی، مهدی. (۱۳۹۶). بررسی شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدلوس (مطالعه موردی: اراضی غرب اهواز). *سنجش‌ازدور و سامانه اطلاعات جغرافیایی در منابع طبیعی*، ۸ (۲)، ۱۱۱-۱۲۶.

کرامت‌زاده، مژده؛ فتحی، احمد و معاضد، هادی. (۱۴۰۱). بررسی روند بیابان‌زایی منطقه جنوب شرق اهواز به روش IMDPA و تأکید بر دو معیار اقلیم و پوشش گیاهی. *علوم و مهندسی آبیاری*، ۴۵ (۱)، ۱۶۶-۱۵۳.

مرکز آمار کشور. (۱۳۹۵). سالنامه آماری استان سمنان در سال ۱۳۹۵.

مقصودی، مهران؛ پیره، مهین. (۱۴۰۱). شناسایی مناطق آسیب‌پذیر در مقابل بیابان‌زایی با استفاده از شاخص DVI (مطالعه موردی: استان کرمان)، پژوهش‌های فرسایش محیطی، ۱۲ (۳)، ۱۷-۱.

References:

- Borna, R., 2021. Analysis of the state of desertification using the IMDPA model with a climate change approach (case study: Shadgan city). *Climate Change Research Journal*, 2 (6), 19-30. <https://doi.org/10.30488/ccr.2021.277914.1040> [in persian].
- Cui, Guishan, Lee, woo-kyun, Kwak, Doo-Ahn, Choi, Sungho, Park, Taejin, Jongyeol. 2011. Desertification monitoring by Landsat TM satellite imagery. *Forest Science and Technology*, 7(3), 110-116. <https://doi.org/10.1080/21580103.2011.594607>
- D'Odorico P, Bhattachan A, Davis KF, Ravi S, Runyan C. W. 2013. Global desertification: drivers and feedbacks. *Adv Water Res*, 51, 326-344. <https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013>
- De Paola F, Ducci D, Giugni M. 2013. Desertification and erosion sensitivity: a case study in southern Italy: the Tusciano River catchment. *Environ Earth Sci*, 70, 2179-2190 <https://doi.org/10.1007/s12665-013-2294-2>
- Flores, E. S., Yool, S. R. 2007. Sensitivity of change vector analysis to land cover change in an arid ecosystem. *Remote Sensing*, 28 (5), 1069-1088. <http://dx.doi.org/10.1080/01431160600868482>
- Huang, J., G. Zhang, Y. Zhang, X. Guan, Y. Wei and R. Guo. (2020). Global desertification vulnerability to climate change and human activities. *Land Degradation & Development*, 31(11), 1380-1391. <https://doi.org/10.1002/ldr.3556>
- Iran Statistics Center. 2015. Statistical yearbook of Semnan province in 2015. <https://www.amar.org.ir> [in persian].
- Kalyan, S., Sharma, D., & Sharma, A. 2021. Spatio-temporal variation in desert vulnerability using desertification index over the Banas River Basin in Rajasthan, India. *Arabian Journal of Geosciences*, 14(1), 1-13. <http://dx.doi.org/10.1007/s12517-020-06417-0>
- Karamatzadeh, M., Fathi, A., Moazed, H., 2022. Investigating the process of desertification in the southeast of Ahvaz by IMDPA method and emphasizing two criteria of climate and vegetation. *Journal of Irrigation Science and Engineering*, 45 (1), 153-166. <https://doi.org/10.22055/jise.2021.37216.1968> [in persian].
- Kazemini, A., Rangzen, K., Mahmoudabadi, M., 2016. Investigating the intensity of desertification using Medals model (case study: West Ahvaz lands). *Journal of Remote Sensing and Geographical Information System in Natural Resources*, 8 (2), 111-126. <https://dori.net/dor/http://dori.net/dor/20.1001.1.26767082.1396.8.2.8.3> [in persian].
- Khodaei, F., Rostaie, S., Mokhtari, D., 2021. Zoning intensity of desertification based on the criteria of destruction of underground water resources using Medals desertification model (case study: the area around Lake Urmia). *Journal of Hydrogeomorphology*, 8 (27), 59-79. <https://dx.doi.org/10.22034/hyd.2021.42426.1554> [in persian].
- Liangliang, J., and Guli, J., and Anming, B. and Alishir, K. and Hao, G., and Guoxiong Z. Philippe De, M. 2019. Monitoring the long-term desertification process and assessing the relative roles of its drivers in Central Asia, *Ecological Indicators*, 104, 195-208. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.04.067>
- Maqsoodi, M., Pireh, M., 2022. Identification of vulnerable areas against desertification using DVI index (case study: Kerman province). *Journal of Environmental Erosion Research*, 12 (3), 1-17. <http://dori.net/dor/20.1001.1.22517812.1401.12.3.4.3> [in persian].

- Rezaei Moghadam, K., Karmi, G., Monfared, N. 2016. Geography of concepts, foundations and strategies to deal with desertification with emphasis on sustainable human development. *Geography Quarterly (Regional Planning)*, 7 (3), 167-192. <https://dorl.net/dor/20.1001.1.22286462.1396.7.3.10.4> [in persian].
- Roberto, J. F., 2002. Do humans create deserts? *Trends Ecol Evol*, 17:6-7. [http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347\(01\)02366-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0169-5347(01)02366-7)
- Sadeghi-Rosh, M. H., 2019. Analysis of strategies to deal with desertification resulting from decision-making models using group classification evaluation function. *Journal of Natural Lands Degradation and Restoration*, 1 (2), 13-25. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.27174425.1399.1.2.5.6> [in persian].
- Sayadi, M., Khosravi, H., Zare, S., AhmadAli, K., Bagheri, S., 2021. Forecasting the future of desertification in Tehran province affected by climate changes and human activities. *Journal of Water and Soil Sciences*, 25 (3), 244-225. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.24763594.1400.25.3.13.7> [in persian].
- Shokohi, E., Zahtabian, G., Tavali, A. 2011. Zoning of the desertification situation of Khizrabad-Allahabad area of Yazd plain using IMDPA model and emphasizing on water and soil criteria. *Pasture and Watershed Magazine*, 65 (4), 528-517. <https://doi.org/10.22059/jrwm.2012.32050> [in persian].
- Tavares, J. D. P., Baptista, I., Ferreira, A. J., Amiotte-Suchet, P., Coelho, C., Gomes, S., & Varela, L. 2015. Assessment and mapping the sensitive areas to desertification in an insular Sahelian mountain region Case study of the Ribeira Seca Watershed, Santiago Island, Cabo Verde. *Catena*, 128, 214-223. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2014.10.005>
- Vorovencii, L., 2017. Applying the change vector analysis technique to assess the desertification risk in the south-west of Romania in the period 1984-2011. *Environmental Monitoring and Assessment*, 189. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10661-017-6234-6>
- Zhang, C., X. Wang, J. Li and Huaa, T., 2020. Identifying the effect of climate change on desertification in northern China via trend analysis of potential evapotranspiration and precipitation. *Ecological Indicators* 112 (1), 106-141. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolind.2020.106141>