Kharazmi University

Spatial Analysis Environmental Hazards

Online ISSN: 2588-5146
Homepage: https://khu.ac.ir

Zoning potential of desertification intensity using MOORA and ARAS scoring models in Yazd- Khezrabad sub-catchment

Mohammad Hassan Sadeghiravesh[1]✉

1. Corresponding author, Department of Environment, Tak.C., Islamic Azad University, Takestan, Iran. E-mail: mh.sadeghiravesh@iau.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 27 April 2024
Accepted 21 December 2024
Published online 23 December 2024

Keywords:
ARAS,
Desertification,
Zoning,
Multi-criteria decision making,
Hierarchical structure,
Points models,
Moora.

ABSTRACT

Objective: The zoning of phenomena in order to recognize and evaluate the current situation as a basis for decision-making is one of the of scientific management essentials of natural resources. In the management of desert areas to prevent paying exorbitant costs and making incorrect decisions, strong and well-reasoned methods are needed to understand the current situation and the development process. Therefore, the main goal of the current research is to provide a suitable model for zoning the spatial distribution of desertification risk by using Moora, Aras scoring techniques and the use of geographic information system in Yazd-Khizrabad sub-basin.

Methods: At first, after determining the working units by geomorphological method, the importance of indicators in each unit was obtained based on the Delphi method. Shannon's entropy method was used for the relative importance of indicators. Then the decision matrix was formed and after weighting, the potential of desertification intensity was estimated by calculating the desirability coefficient from Moora and Aras scoring method.

Results: The results of the analysis of both models showed that the land units of Mountain Agricultural Grounds (MAG) and Plan Agricultural Grounds (PAG) have the highest desertification potential, which covers 7135 ha (9.11%) of the entire study area and Quantitative value of desertification potential for the whole region based on the all of indicators was placed in the middle class (IV).

Conclusions: It is suggested that the obtained results and ranking should be taken into consideration in the plans for controlling and reducing the effects of desertification and rehabilitating degraded lands.

Cite this article: Sadeghiravesh, M.H. (2024). Zoning potential of desertification intensity using MOORA and ARAS scoring models in Yazd- Khezrabad sub-catchment. *Spatial Analysis Environmental Hazards*, 11 (3), 55-72. https://doi.org/10.61186/jsaeh.11.3.4

© The Author(s)
Publisher: Kharazmi University
DOI: https://doi.org/10.61186/jsaeh.11.3.4

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

EXTENDED ABSTRACT

Introduction

Zoning phenomena in order to recognize and evaluate the current situation as a basis for decision-making is a requirement for scientific management of natural resources. In desert management, given the increasing spread of this phenomenon and the emergence of its extensive and long-term effects on the environment and human activities, providing appropriate management methods can reduce the severity and spread of this phenomenon and prevent the high costs of incorrect decision-making. Therefore, implementation measures in this field should be based on understanding the current state of desertification of lands and its future development trend. Therefore, despite the presentation and improvement of new quantitative methods, for the optimal management of desert areas, methods with less error and higher reliability coefficient are required. On this basis, the present study aimed to present a suitable model for zoning the spatial distribution of desertification risk using MOORA and ARAS scoring techniques and using a geographic information system, and was carried out on a case study in the Yazd-Khazarabad sub-catchment during the years 2020 to 2021.

Methods

Within the framework of these models, effective indicators were initially identified based on field and library studies. Then, the working units were determined using the geomorphological method and the importance of the indicators in each unit was obtained in pairs based on the Delphi method. Then, the importance of the indicators to each other was estimated using the Shannon entropy method and a decision matrix was formed. After standardization, the zoning of the potential for desertification intensity was carried out by calculating the desirability coefficient using the MOORA and ARAS scoring method in the Arc Gis software environment.

In the MOORA scoring method, the zoning of the final utility values of each option, or in other words, the desertification potential of each work unit, was obtained from the row sum of the components of the balanced decision matrix through equation 1.

$$U_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij} \qquad (1)$$

In the ARAS scoring method, in order to estimate the desirability, the best possible value for each indicator (A_0) was first obtained using a questionnaire. Then, these values were entered into the decision matrix and the ARAS decision matrix was formed.

Next, the dimensionless weighted ARAS decision matrix was estimated from the product of the weights of the ARAS decision matrix indicators in the corresponding column using Equation 2.

$$t_{ij} = r_{ij} \times W_j \qquad (2)$$

Finally, through equation 3, the initial score of the options was estimated from the row sum of the components of the ARAS weighted decision matrix.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij} \qquad (3)$$

After estimating the initial score of the options, by dividing the initial score of the options by the initial score of option A_0, the final score or degree of desirability of the options was obtained through equation 4. Since the virtual option was created with the best possible value for each index (A_0), with the best performances, the maximum value of S will always belong to this option and will be equal to 1.

$$U_i = \frac{S_i}{S_0} \qquad (4)$$

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

Finally, in order to facilitate and accurately analyze data and obtain results, erosion potential was mapped based on the degree of desirability obtained from both models and using Arc GIS 9.3 software.

Results

The correlation coefficient of the results from the analyses of both models is significant at the 95% level. Most of the region's lands are affected by desertification of relatively moderate intensity (III), which includes sand dune lands with vegetation cover (SDPC), clay lands with vegetation cover (CGPC), industrial lands (IA), bare plain lands with vegetation cover (BPPC), and appendage plain lands with vegetation cover (EPPC). At the same time, a quantitative value of desertification potential for the entire region was obtained from the sum of the indicators in the medium class (IV).

According to the analysis and the results obtained, it can be said that the scoring approach in assessing the intensity of desertification and preparing zoning maps, considering quantitative and local indicators, as well as its simplicity and step-by-step nature, considering the geomorphology method in determining zoning units, the method of weighting the indicators by group opinion poll within the framework of the same scoring table, the method of weighting the indicators relative to each other using the Shannon entropy method, and the use of a geographic information system, is a fast and relatively accurate method in assessing the intensity of desertification and can be used in future assessments and, if necessary, have the necessary flexibility by selecting local indicators.

Conclusion

The study showed that the MOORA and ARAS scoring approach in assessing desertification severity is effective and easy to use. Therefore, it is suggested that in plans to control and reduce erosion and land degradation, by paying attention to the analyses carried out, this chaotic situation should be quickly improved and a sustainable structure should be established in the process of combating erosion. While preventing the waste of limited capital, the success rate of implementing erosion management plans should increase.

Author Contributions

Preparation and preparation of samples, conducting experiments and collecting data, performing calculations, statistical analysis of data, analyzing and interpreting information and results, preparing a draft of the article.

Data Availability Statement

The datasets used and/or analyzed during the study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Acknowledgements

The respected referees are thanked for providing structural and scientific comments.

Ethical considerations

The author has observed ethical principles in conducting and publishing this scientific research, and this is confirmed by him.

Funding

This article has no sponsor.

Conflict of interest

According to the declaration of the author of this article, there is no conflict of interest.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

دانشگاه خوارزمی

تحلیل فضایی مخاطرات محیطی

شاپا الکترونیکی: ۵۱۴۶- ۲۵۸۸

Homepage: https://khu.ac.ir

پهنه‌بندی پتانسیل شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل‌های امتیازی مورا و آراس در زیر حوضه آبخیز یزد- خضرآباد

محمد حسن صادقی روش [۱] ✉

۱. گروه محیط زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، تاکستان، ایران. رایانامه: mh.sadeghiravesh@iau.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۰/۰۳

کلیدواژه‌ها:
آراس،
بیابان‌زایی،
پهنه‌بندی،
تصمیم‌گیری چند معیاره،
ساختار سلسله مراتبی،
مدل‌های امتیازی،
مورا.

چکیده

هدف: پهنه‌بندی پدیده‌ها به منظور شناخت و ارزیابی وضع کنونی، به عنوان پایه تصمیم‌گیری، از ملزومات مدیریت علمی منابع طبیعی می‌باشد، بنابراین در مدیریت عرصه‌های بیابانی نیز به منظور پیشگیری از پرداخت هزینه‌های گزاف تصمیم‌گیری نادرست نیاز به روش‌های قوی و مستدلی در شناخت وضع فعلی و روند توسعه می‌باشیم، براین مبنا هدف اصلی پژوهش حاضر، ارائه مدلی مناسب جهت پهنه‌بندی توزیع فضایی خطر بیابان‌زایی با استفاده از تکنیک‌های امتیازی مورا، آراس و استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در زیرحوضه یزد- خضرآباد می‌باشد.

روش پژوهش: در ابتدا پس از تعیین واحدهای کاری به روش ژئومرفولوژی، اهمیت شاخص‌ها در هر واحد بر مبنای روش دلفی به دست آمد و اهمیت شاخص‌ها نسبت به هم از روش آنتروپی شانون برآورد شد، سپس ماتریس تصمیم شکل گرفت و بعد از موزون‌سازی، پتانسیل شدت بیابانزایی با محاسبه ضریب مطلوبیت از روش امتیازی مورا و آراس برآورد شد.

یافته‌ها: نتایج حاصل از تحلیل‌های صورت گرفته از هر دو مدل نشان داد که واحد اراضی کشاورزی کوهستانی و کشاورزی دشتی ، واجد بیشترین پتانسیل بیابان‌زایی می‌باشند که ۷۱۳۵ هکتار (۹/۱۱ درصد) از کل منطقه مطالعاتی را در برگرفته‌اند. بیشترین اراضی منطقه، تحت تاثیر بیابانزایی با شدت نسبتاً متوسط (III) قرار دارد و ارزش کمی پتانسیل بیابانزایی برای کل منطقه از مجموع شاخص‌ها در کلاس متوسط (IV) به دست آمد.

نتیجه‌گیری: پیشنهاد می‌شود که در طرح‌های کنترل و کاهش اثرات بیابان‌زایی و احیاء اراضی تخریب یافته، نتایج و رتبه‌بندی به دست آمده مورد توجه قرار گیرد.

استناد: صادقی روش، محمد حسن (۱۴۰۳). پهنه‌بندی پتانسیل شدت بیابان‌زایی با استفاده از مدل‌های امتیازی مورا و آراس در زیر حوضه آبخیز یزد- خضرآباد. *تحلیل فضایی مخاطرات محیطی*، ۱۱ (۳)، ۵۵-۷۲. https://doi.org/10.61186/jsaeh.11.3.4

ناشر: دانشگاه خوارزمی © نویسندگان CC BY NC

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

مقدمه

بیابانزایی عبارتست از تخریب اراضی در نواحی خشک، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب ناشی از تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی (کنوانسیون مبارزه با بیابان‌زایی در سازمان ملل متحد[1]، ۱۹۹۴)، این پدیده تهدیدی جدی و بلند مدت اکولوژیکی، محیط زیستی و اقتصادی- اجتماعی جهانی می باشد و معمولاً همراه با تغییراتی است که برای دهه‌ها پایدار و غیر قابل برگشت هستند و علت ایجاد آن مجموعه فاکتورهایی با دامنه نوسان مکانی و زمانی بالا می‌باشد. از جمله این این عوامل می توان به تخریب اراضی، تغییر در رژیم بارندگی، و تغییر در ترکیب پوشش‌گیاهی و تنوع زیستی (اودوریکو[2] و همکاران، ۲۰۱۳)، فرسایش آبی و بادی، طغیان رودخانه‌ها و ایجاد سیلاب، شوری اراضی کشاورزی و کاهش حاصلخیزی خاک، کاهش آبهای سطحی و زیرزمینی، افزایش مناطق مسکونی و صنایع مورد تهدید، کاهش شاخص‌های سلامت انسانی، افزایش فقر و مهاجرت را نام برد (رایگانی[3] و همکاران، ۲۰۱۳). بنابراین امروزه نیاز به دانشی دقیقتر در رابطه با اثر فاکتورها و مکانیزم‌های بیابانزایی به منظور اجرای طرح های پایدار مدیریت مناطق بیابانی بیشتر و بیشتر احساس می‌شود (جعفری و بخشنده مهر، ۲۰۱۶؛ کردوانی، ۲۰۱۰) و توسعه روش‌های منطقی و قابل تکرار برای ارزیابی این پدیده در مقیاس‌های مختلف ضروریست (لامچین[4] و همکاران، ۲۰۱۵؛ اصلی نژاد و همکاران، ۲۰۱۴).

در زمینه ارزیابی مناطق نسبت به بیابانی شدن تاکنون تحقیقات زیادی در سطح بین المللی صورت گرفته است، از جمله، روش تحقیقی مقدماتی برای ارزیابی و نقشه‌برداری بیابان‌زایی در سال ۱۹۸۴ (FAO/UNEP)، مدل تهیه نقشه اراضی حساس به بیابان‌زایی در منطقه مدیترانه یا مدالوس[5] توسط کمیسیون اروپا در سال ۱۹۸۷ (کرکبی[6] و همکاران، ۱۹۹۸)، روش ارزیابی فرسایش و تخریب خاک در سطح جهان یا گلاسود[7] با همکاری مرکز بین المللی اطلاعات و منابع خاک در سال ۱۹۹۱ (اولدمن[8] و همکاران، ۱۹۹۱)، روش ارزیابی تخریب خاک ناشی از عملکرد انسانی در جنوب و جنب شرقی آسیا یا مدل آسود[9] توسط برنامه محیط زیست سازمان ملل در سال ۱۹۹۴(ون لیندن و اولدمن[10]، ۱۹۹۱)، مدل حساسیت زیست محیطی نواحی[11] یا مدل ESAs توسط کمیسیون اروپا در سال ۱۹۹۹، ارزیابی تخریب زمین در اراضی خشک[12] یا مدل LADA توسط سازمان ملل در سال ۲۰۰۲ (ناچ ترگل و لیکونا-منزور[13]، ۲۰۰۹؛ کوهافکن[14] و همکاران، ۲۰۰۳)، پروژه ارزیابی بیابانزایی Desert links توسط کمیسیون اروپا در طی سال‌های ۲۰۰۱ الی ۲۰۰۵ و پروژه مطالعه بیابانزایی DE Survey توسط کمیسیون اروپا در طی سال‌های ۲۰۰۵- ۲۰۱۰ (بخشنده مهر، ۲۰۰۸).

در سطح ملی نیز در سال ۱۳۷۴ اختصاصی و مهاجری، مدل طبقه‌بندی نوع و شدت بیابانزائی در ایران[15] یا ICD را جهت طبقه‌بندی نوع و شدت بیابانزایی اراضی در ایران معرفی کردند. در این روش هشت معیار مؤثر در بیابانزایی شامل چهار عامل محیطی و چهار عامل انسانی بررسی شدند و نهایتاً شدت فرسایش، تخریب خاک و توان بازگشت‌پذیری و بازسازی اکوسیستم به

---

1 - UNCCD
2 - Odorico
3 - Rayegani
4 - Lamchin
5 - Mediteranean Desertification and Land Use (MEDALUS)
6 - Kirkby
7 - Global Assessment of Soil Degradation (GLASOD)
8 - Oldeman
9 - Assessment of Soil Degradation in South and Southeast Asia (ASSOD)
10 - Van Lynden & Oldeman
11 - Environment Sensitive Area to Desertification (ESA)
12 - Land Degradation Assessment in Dry lands (LADA)
13 - Nachtergaele & Licona-Manzur
14 - Koohafkan
15 - Iranian Classification of Desertification (ICD)

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

روش امتیازدهی وزنی ارزیابی شدند، معیارهای ارائه شده جهت ارزیابی این عوامل عمدتاً توصیفی و کیفی هستند (اختصاصی و مهاجری، ۱۹۹۵).

در سال ۱۳۸۲ مدل بسط یافته طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زائی در ایران MICD[1] توسط ابریشم و همکاران به منظور کمی‌سازی و اصلاح مدل ICD، ارائه شد، در این راستا اقدام به باز تعریف و طبقه‌بندی کمی عوامل اصلی و فرعی همچون طول دوره خشکی، شیب، مقاومت سنگها در مقابل فرسایش، تخریب پوشش گیاهی و خاک و اقدامات و عملیات بیابان‌زدایی کردند در عین حال به جای دامنه امتیازدهی مابین ۰ تا ۱۰، به منظور کاهش اختلاف نظر متخصصان از دامنه امتیازدهی ۰ تا ۴ استفاده شد و سعی شد به منظور دقت بیشتر از ضرب عوامل محیطی در عدد ۲، در مناطق بدون پوشش گیاهی که عوامل انسانی نقشی ندارند، خودداری شود، چرا که این عمل با واقعیت تطابق ندارد و با این کار عملا سهم عوامل محیطی را در بیابان‌زایی دو برابر می‌کنیم و این امر شدت بیابان‌زایی طبیعی را بالا می‌برد، بنابراین در این مناطق امتیاز صفر عوامل انسانی با امتیاز عوامل طبیعی جمع شد و بر مبنای آن شدت بیابانزایی تعیین شد (زهتابیان و همکاران، ۲۰۰۲؛ ابریشم، ۲۰۰۴؛ احمدی و همکاران، ۲۰۰۵).

در سال ۱۳۸۳ در چارچوب مدل مدالوس، مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابان زائی[2](IMDPA) با هدف شناخت و معرفی معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی و ارائه متدولوژی ارزیابی کمی و کیفی تخریب اراضی در زیست بوم‌های طبیعی کشور باهمکاری معاونت امور مراتع و خاک سازمان جنگلها، مراتع و آبخیزداری کشور و دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران ارائه شد (زهتابیان و همکاران، ۲۰۰۲). در این مدل سعی شد معیارها و شاخص‌های انتخابی، متناسب با شرایط زیست محیطی ایران تعیین و درجه‌بندی شوند. بر این مبنا ۹ معیار اقلیم، زمین‌شناسی، خاک، پوشش‌گیاهی، کشاورزی، فرسایش (بادی و آبی)، آب و آبیاری، مسائل اقتصادی و اجتماعی و صنعت و شهرسازی در نظر گرفته شد. و ۳۵ شاخص به منظور ارزیابی پتانسیل بیابان‌زایی توسط کارشناسان در نظر گرفته شد. در این روش به منظور حداقل کردن خطای امتیازدهی و سهولت در نمره‌دهی، امتیازدهی شاخص‌ها به صورت رتبه‌ای بیان شد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۶). در سال ۱۳۸۸ صادقی روش مدلی را تحت عنوان تاکسنومی عددی توسعه یافته (MNT) ارائه کرد. این مدل دارای ساختار سلسله مراتبی و بر پایه مقایسات زوجی بنا نهاده شد. و همچنین به منظور کاهش خطای کارشناسی در ارزش‌گذاری شاخص‌ها علاوه بر کاربرد روش دلفی بر مبنای پرسشنامه، از شاخص ناسازگاری به منظور خود کنترلی قضاوت‌ها استفاده شده است (صادقیوش و احمدی، ۲۰۱۴؛ صادقیوش و خسروی، ۲۰۱۲؛ صادقی روش و همکاران، ۲۰۰۹).

با بررسی که بر روی این روش‌ها صورت گرفت، ملاحظه شد که این روش‌ها نیز به نوبه خود دارای نواقصی بودند. از جمله، غیر بومی و کیفی بودن شاخص‌ها، خطای کارشناسی، کوچک مقیاس بودن، عدم امکان تفکیک عوامل انسانی و طبیعی در نتیجه‌گیری‌ها و غیره، هر چند این نواقص در مدل‌های بعدی و به ویژه مدل تاکسنومی تا حدود زیادی مرتفع شد ولی همچنان این مدل‌ها دارای نقص اساسی بودند و آن این بود که در ارزشگذاری شاخص‌ها، تنها ارزش مطلق هر شاخص در هر واحد کاری در نظر گرفته می‌شد و اولویت آنها نسبت به هم در ایجاد شرایط بحرانی در نظر گرفته نمی‌شد که این امر منجر به دستیابی به نتایج غیر واقعی می‌شد. از این رو صادقی روش در سال‌های ۱۳۹۱ الی ۱۳۹۸ چهار مدل آسیب پذیری زیست محیطی (EVI) (صادقی روش و همکاران، ۲۰۱۲)، مدل آنتروپی شانون[3] (صادقی روش، ۲۰۱۴)، مدل تحلیل مولفه‌های اصلی (صادقی روش، ۲۰۱۶)، و مطلوبیت چند شاخصه (صادقی روش، ۲۰۲۰)، را ارائه داد. این مدل‌ها همانند مدل تاکسنومی دارای ساختار سلسله مراتبی بودند و علاوه بر این که پتانسیل بیابان‌زایی یا آسیب‌پذیری منطقه را بر مبنای اولویت شاخص‌ها نسبت به هم و اهمیت هر شاخص در هر واحد کاری برآورد می‌کردند. در عین حال روش‌های مذکور، واجد محدودیت نادیده انگاشتن قضاوت‌های فازی تصمیم‌گیران بودند. از آن‌جا که پدیده‌های واقعی همواره فازی، نادقیق و مبهم هستند و زمانی که نیاز به پیروی از رفتار انسانی (فرایند انتخاب و تصمیم‌گیری[4]) وجود دارد منطق فازی به صورت واقعی‌تر و نزدیک‌تر به رفتار انسانی می باشد (آذر و فرجی،

[1]- Modified Iranian classification of desertification (MICD)
[2] - Iranian Model of Desertification Potential Assessment (IMDPA)
[3] - Shanons Entropy Model
[4] - Decision Making and Selection prossese

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

۲۰۱۶؛ وانگ [1] و همکاران، ۲۰۱۵؛ میکسنر[2]، ۲۰۰۹). لذا به منظور دستیابی به هدف پهنه‌بندی، کوه‌نباتی[3] (۲۱۷)، بیدگلی[4] و همکاران (۲۰۱۹)، سیلاخوری[5] و همکاران (۲۰۱۹)، صادقی روش و همکاران (۲۰۲۱)، صادقی روش و خسروی (۲۰۲۲)، بین سال‌های ۹۶ تا ۱۴۰۱ و وانگ[6] و همکاران (۲۰۱۵)، در سال ۲۰۱۵ به روش فازی اقدام به ارزیابی خطر بیابان‌زایی کردند.

بنابراین با توجه به اهمیت کاربردی این ارزیابی‌ها، علیرغم توسعه فنون و روش‌های کمی در پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی در طی سال‌های اخیر، همچنان سعی در ارائه روش‌های کمی با خطای کمتر و ضریب اطمینان بیشتر و سرعت و سهولت در دستیابی به نتایج بالاتر است. از این رو هدف اصلی پژوهش حاضر، ارائه مدلی مناسب جهت پهنه‌بندی توزیع فضایی خطر بیابان‌زایی به صورت جامع، بومی، کمی و انعطاف پذیر و با ساختار سلسله مراتبی می‌باشد. به این منظور با مطالعه تکنیک‌های ارزیابی بیابانزایی به انجام رسیده و سایر تکنیک‌های پهنه‌بندی خطر، ارزیابی پهنه‌بندی پتانسیل شدت بیابانزایی با استفاده از تکنیک‌های مورا و آراس و استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی در زیرحوضه یزد- خضرآباد مد نظر قرار گرفت، این درحالی است که هیچ سابقه ای از کاربرد مدل‌های مذکور در حوزه مسائل مربوط به مدیریت مناطق بیابانی و از جمله پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی چه در داخل ایران و چه در خارج ایران مشاهده نشد. این تکنیک‌ها دارای رویکرد امتیازی[7] می‌باشند، به این معنی که با توجه به داده‌های ورودی، امتیازی مبنی بر یک تابع مطلوبیت به هر گزینه نسبت می‌دهد که برآوردی از مجموع ارزش آن گزینه با در نظر گرفتن تمامی شاخص‌ها می‌باشد، این تکنیک از قابل فهم‌ترین تکنیک‌های تصمیم‌گیری چند شاخصه است که محاسبات آن سهل است بنابراین در عمل در حوزه‌های مختلف علوم از آن بسیار استفاده شده است (اصغری زاده و محمدی بالانی، ۲۰۲۱).

روش شناسی پژوهش

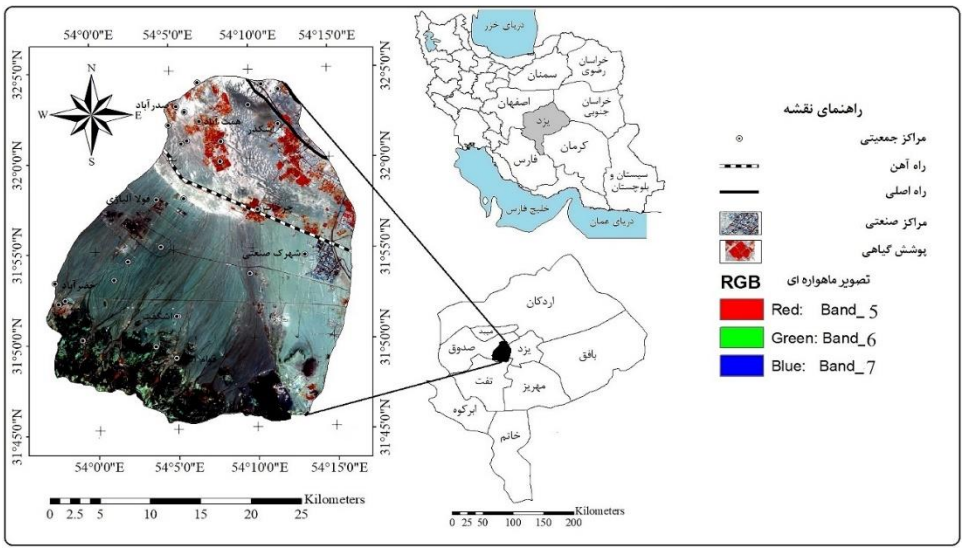
۱. قلمرو جغرافیایی مورد مطالعه

زیرحوضه یزد- خضرآباد بخشی از حوضه آبخیز بزرگ یزد-اردکان می‌باشد که با وسعتی معادل۷۸۱۸۰ هکتار در ۱۰ کیلومتری غرب شهر یزد در موقعیت جغرافیایی۵۳ درجه و ۵۵ دقیقه تا ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است (شکل ۱). قسمت اعظم منطقه را اراضی پست متشکل از سازند قدیمی کهر تا رسوبات جوان کواترنر با شیب متوسط ۹/۴۱ درصد تشکیل می‌دهد (شریفی و فرح بخش، ۲۰۱۶). منابع خاک منطقه عمدتاً در رده خاک‌های نارس بیابانی یا آنتی‌سول[8] و زیر رده اورنتز[9] می‌باشد که دارای رژیم حرارتی ترمیک و رژیم رطوبتی آریدیک و به شدت تحت تأثیر فرایند فرسایش آبی و بادی و تخریب قرار دارد (قره چلو[10] و همکاران، ۲۰۲۱). از نظر اقلیمی با میانگین دمای متوسط ماهانه ۱۵/۷۲ درجه سانتیگراد (میانگین حداکثرهای دمای ماهانه ۲۸/۶۱ درجه سانتیگراد و میانگین حداقل های ۳/۷۵ درجه سانتیگراد) و میانگین بارندگی سالانه ۱۲۱ میلیمتر، بر مبنای روش دوماتن اصلاح شده اقلیم منطقه در شرایط خشک و فراسرد بیابانی طبقه‌بندی می‌شود. حدود ۱۲۹۳۰ هکتار از اراضی منطقه را پهنه‌های ماسه‌ای شکل داده که ارگ[11] بزرگ اشکذر با وسعتی معادل ۸۹۲۳ هکتار در شمال منطقه با انواع رخساره‌های تخریبی و فرسایشی به چشم می‌خورد که نشان دهنده

1 - Wang
2 - Meixner
3 - Koohbanani
4 - Bidgoli
5 - Silakhori
6 - Wang
7 - Scoring Approach
8 - Entisols
9 - Orthents
10 - Gharachelo
11 - Erg

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

وضعیت کاملاً خاص از نظرگاه بیابان‌زایی در منطقه و بیان کننده لزوم ارزیابی شدت بیابانزایی در این حوزه است (صادقی روش، ۲۰۲۳).



شکل ۱. موقعیت زیر حوضه آبخیز یزد- خضرآباد در استان یزد و ایران

۲. داده‌ها و روش کار

منابع اطلاعاتی مورد استفاده در این پژوهش شامل عکس‌های هوایی، اطلاعات موجود در قالب نقشه، اطلاعات حاصل شده از مطالعات میدانی و آمار و گزارش‌های سازمانها و ادارات ذیربط می‌باشد. که این اطلاعات در نهایت به شکل برداری ذخیره شد. این اطلاعات با توجه به دقت و قدرت تفکیکشان و ویژگی مسائل مورد بررسی، مورد استفاده قرار گرفت (هیسکوک[1]، ۱۹۹۵).

نقشه توپوگرافی منطقه در محیط Arc Map رقومی و اقدام به تهیه شبکه نامنظم مثلثی[2](TIN) گردید که بعنوان مبنایی برای تهیه نقشه‌های طبقات شیب، جهت، ارتفاع، هیدرولوژی می‌باشد سپس در چارچوب نقشه‌های تهیه شده، نقشه‌های زمین‌شناسی، پوشش‌گیاهی، مرفولوژی، خاکشناسی و غیره در قالب نقشه‌های ۱/۵۰۰۰۰ بدست آمد (قهرودی تالی، ۲۰۰۹؛ دمرس[3]، ۲۰۰۹). به منظور ارزیابی جامع، منابع اقتصادی- اجتماعی شامل تراکم جمعیت، وضعیت سواد، اشتغال، و غیره نیز مورد ارزیابی قرار گرفت (صادقی روش و همکاران، ۲۰۰۹). در این پژوهش از تکنیک پهنه‌بندی بهینه‌سازی چندهدفه براساس تحلیل نسبی یا مورا[4] و ارزیابی نسبت جمعی یا آراس[5] استفاده شد. این تکنیک‌ها دارای رویکرد امتیازی[6] می‌باشند. رویکرد امتیازی به دنبال این است که با توجه به داده‌های ورودی، طی مراحل ذیل، امتیازی مبتنی بر یک تابع مطلوبیت به هر گزینه نسبت دهد که برآوردی از مجموعه عملکرد آن گزینه در تمام شاخص‌ها باشد و در انتها بتوان گزینه‌ها را بر اساس امتیازشان رتبه‌بندی کرد.

۲-۱. تعیین واحدهای کاری

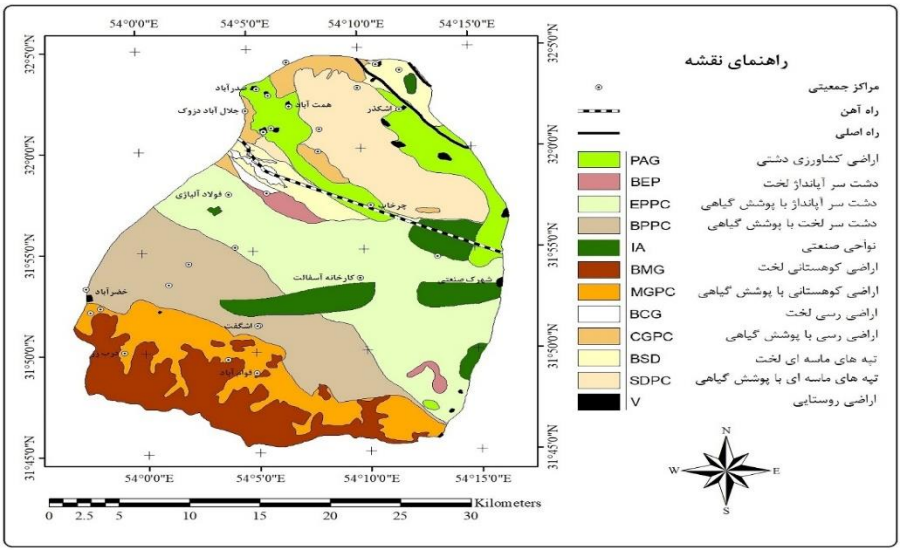
به منظور ایجاد قابلیت پهنه‌بندی به مدل‌های با رویکرد امتیازی لازم است قبل از همه چارچوب مناسبی به منظور تعیین واحدهای کاری یا واحدهایی که در قالب آنها برنامه‌ریزی مدیریت سرزمین به انجام می‌رسد، تعیین شود. در این پژوهش اقدام به تفکیک واحدهای کاری از روش ژئومرفولوژی شد (احمدی، ۲۰۰۸). به این منظور ابتدا تیپ‌ها و رخساره‌های ژئومرفولوژی مورد بررسی قرار گرفت و سپس بعد از تعیین رخساره‌ها و تهیه نقشه آنها، اقدام به هم پوشانی دودویی لایه‌های شیب، جهت و ارتفاع

---

[1] - Hiscock
[2] - Triangulate Irregular Network (TIN)
[3] - Demers
[4] - Multi –Objective Optimization on the basis of Ratio Analysis (MOORA)
[5] - Additive Ratio Assessment (ARAS)
[6] - Scoring approach

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

با نقشه رخساره‌ها و خلاصه سازی لایه‌های اطلاعاتی ثانویه شد. در مرحله بعد با در نظرگرفتن نقشه پوشش‌گیاهی، کاربری اراضی و نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در محیط نرم‌افزار ArcGis، واحدهای کاری بر مبنای لایه‌های اطلاعاتی مذکور شکل گرفت. در نقشه واحدهای کاری، دوازده واحدکاری برحسب اهداف مطالعاتی تفکیک شد (شکل ۲).



شکل۲. واحدهای کاری منطقه خضرآباد

۲-۲. تعیین شاخص‌های موثر در ارزیابی آسیب‌پذیری مناطق نسبت به بیابان‌زایی

بر پایه اطلاعات به دست آمده از ارزیابی منابع طبیعی و مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای، نهایتاً به روش دلفی و نظرخواهی گروهی، ۳۰ شاخص موثر در بیابان‌زایی تعیین شد (جدول ۱).

جدول ۱. شاخص‌های موثر در رخداد بیابان‌زایی در منطقه مطالعاتی

۱- میانگین بارش سالانه (mm)	۱۱-عمق سطح آب زیرزمینی (cm)	۲۱-رطوبت خاک
۲-میانگین سرعت باد (m/s)	۱۲-تراکم پوشش گیاهی (٪)	۲۲-استفاده از ماشین آلات، مواد شیمیایی و کود آلی
۳-شاخص خشکی (P/ET_P)	۱۳-بوته کنی وقطع اشجار (٪)	۲۳-الگوی کشت و مدیریت تولید
۴-بافت خاک	۱۴-ظرفیت برد مراتع (AU/100 day)	۲۴-مشارکت مردمی
۵-شوری خاک (EC-mmhos/cm)	۱۵-فشار دام(ظرفیت مراتع/دام موجود)	۲۵-سواد (٪)
۶-زهکشی خاک (in/h)	۱۶-شخم و آیش	۲۶-اشتغال (٪)
۷-عمق خاک (cm)	۱۷-روش آبیاری	۲۷-تراکم بیولوژیک جمعیت (N/km^2)
۸-شیب (٪)	۱۸-کارایی آبیاری (٪)	۲۸-تغییر کاربری اراضی
۹-فرسایش (آب وباد)	۱۹-سیستم آبیاری	۲۹-آگاهی از نتایج تخریب
۱۰-شوری آب (EC-µmohs/cm)	۲۰-کاهش سطح آب زیرزمینی	۳۰- تقسیم اراضی به قطعات کوچک

به منظور انتخاب این شاخص‌ها سه محور اصلی ارتباط با پدیده بیابان‌زایی، سهولت دسترسی و سهولت به روزآوری در چارچوب دو فاکتور هزینه و زمان مد نظر قرار گرفت (صادقی روش و همکاران، ۲۰۲۱؛ صادقی روش، ۲۰۲۰). به منظور بی مقیاس کردن و هم جهت کردن ارزش‌ها برای هر شاخص ارزش‌های کمی از صفر تا ۱ تعریف شد. ارزش صفر برای نواحی نمایشگر کمترین و ارزش ۱ بیشترین میزان پتانسیل بیابان‌زایی می‌باشد و ارزش‌های مابین آنها بیانگر بیابان‌زایی نسبی هستند (جدول ۲) (صادقی روش، ۲۰۲۰).

جدول ۲. شاخص‌های موثر در رخداد بیابان‌زایی در منطقه مطالعاتی و ارزش دهی آنها در مقیاس واحد

شماره	شاخص‌های موثر در بیابان‌زایی	۰ -۰/۲۵	۰/۲۶ -۰/۵۰	۰/۵۱ -۰/۷۵	۰/۷۶ -۱
۱	میانگین بارش سالانه (mm)	> ۱۵۰	۱۰۰-۱۵۰	۵۰-۱۰۰	<۵۰
۲	میانگین سرعت باد (m/s)	<۳	۳-۵/۵	۵/۵-۷/۵	>۷/۵

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

شماره	شاخص‌های موثر در بیابان‌زایی	۰ –۰/۲۵	۰/۲۶ –۰/۵۰	۰/۵۱ –۰/۷۵	۰/۷۶ –۱
:	:	:	:	:	:
۳۰	تقسیم اراضی به قطعات کوچک	تقسیم اراضی کم با توسعه زیاد تعاونی‌های زراعی	تقسیم اراضی متوسط با فعالیت متوسط تعاونی‌های زراعی	تقسیم اراضی زیاد با فعالیت کم تعاونی‌های زراعی	تقسیم اراضی بی رویه و عدم فعالیت تعاونی‌های زراعی

شاخص‌های اقلیمی بر مبنای قابلیت تحت تاثیر قرار دادن آب قابل دسترس گیاهان در نظر گرفته شدند از جمله این شاخص‌ها می‌توان به بارش متوسط سالانه، سرعت باد، خشکی و غیره اشاره کرد. با توجه به این موضوع که بارش معادل ۱۵۰ میلیمتر به عنوان حد آستانه بحرانی در فرایند فرسایش خاک و رشد گیاهان در منطقه مطالعاتی به حساب می‌آید (زهتابیان و همکاران، ۲۰۱۴)، بر این مبنا شاخص میانگین بارش سالانه به چهار طبقه دسته بندی شد.

برآورد موثرترین پارامتر یعنی آب موجود در خاک در دسترس گیاه[۱۲] (که عبارتست از بارش منهای تبخیر و تعرق و رواناب) نیازمند اطلاعات نسبتاً زیادی از وضعیت خاک در حفظ رطوبت و رشد پوشش گیاهی می‌باشد. بنابراین در این پژوهش از شاخص خشکی FAO استفاده شد. شاخص خشکی عبارتست از نسبت بارش سالانه به تبخیر و تعرق پتانسیل سالانه (P/ET_p) (سپهر و همکاران، ۲۰۰۷؛ گرکو[۱] و همکاران، ۲۰۰۵).

بررسی وضعیت فرسایش بادی با استفاده از روش I.R.I.F.R[۱۳] (اختصاصی و احمدی، ۱۹۹۷) صورت پذیرفت. در این روش ۹ پارامتر موثر در فرایند فرسایش بادی همچون سنگ‌شناسی، شکل اراضی و پستی وبلندی، سرعت و وضعیت باد، وضعیت خاک و پوشش سطح آن، نوع و درصد تاج پوشش‌گیاهی، رطوبت خاک، شکل‌های فرسایش سطح خاک، مدیریت و کاربری اراضی مورد توجه قرار گرفت.

برای ارزیابی فرسایش آبی، روش P.S.I.A.C[۱۴] (احمدی، ۲۰۱۱) مورد استفاده قرارگرفت که چندین پارامتر از جمله سنگ-شناسی، خاک، اقلیم، رواناب، مرفولوژی، پوشش‌گیاهی و کاربری اراضی مورد توجه قرار گرفت.

نتیجه آشکار چرای بیش از حد، افزایش فرسایش خاک است، به منظور برآورد این شاخص از واحد دامی (AU) استفاده شد. در این پژوهش واحد دامی بر مبنای نواحی اشغال شده به وسیله دام‌ها محاسبه شد (مقدم، ۲۰۱۲).

۲-۳. تعیین اهمیت هر شاخص در هر واحد کاری (بی‌بعدسازی اهمیت شاخص‌ها)

در ادامه با تشکیل ماتریس داده‌ها، اهمیت هر شاخص در هر واحدکاری، از جهت اثر بر فرایند بیابان‌زایی با توجه به جدول امتیازدهی شاخص‌ها (جدول۲) در مقیاس صفر الی یک، مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۳).

جدول۳. ارزشگذاری واحدهای کاری به تفکیک شاخص‌ها (F_i)

TMU_i	Indicator			
	I_1	I_2	...	I_N
TMU_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1N}
TMU_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2N}
:	:	:	:	:
TMU_M	r_{M1}	r_{M2}	...	r_{MN}

۲-۴. تعیین اهمیت شاخص‌ها نسبت به هم با استفاده از روش آنتروپی شانون[۲]

مدل آنتروپی شانون که برگرفته شده از تئوری اطلاعات[۱۸] می‌باشد اولین بار توسط کلود ال وود شانون (شانون[۳]، ۱۹۴۸) ارائه شد. آنتروپی معیار سنجش بی‌نظمی در یک سیستم است (بدناریک[۴] و همکاران، ۲۰۱۰) و در تئوری اطلاعات معیاری است برای مقدار عدم اطمینان بیان شده توسط یک توزیع احتمال گسسته (P_i) به طوری که این عدم اطمینان در صورت پخش بودن[۱۹] توزیع، بیشتر از مواردی است که توزیع فراوانی تیزتر[۲۰] باشد (اصغرپور، ۲۰۱۷؛ سلیمانی و زارع پیشه، ۲۰۰۹).

[1] - Greco
[2] - Shannons Entropy
[3] - Shannon
[4] - Bednarik

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

مدل آنتروپی شانون عمدتاً به منظور رتبه‌بندی توسعه یافتگی در حوزه‌های مختلف علوم مورد استفاده قرار گرفته در این روش پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری اولیه که یک ماتریس نرمالیزه است (جدول۳)، آنتروپی واحدهای کاری نسبت به شاخص‌ها از رابطه ۱ محاسبه شده و ماتریس دو بعدی آن شکل می‌گیرد (جدول ۴).

$$Eij = rij \times lnrij \quad ; \forall j$$ ۱) رابطه

در این معادله: E_{ij} = آنتروپی هر واحدکاری نسبت به هر شاخص، r_{ij} = مقدار وزنی نرمال هر واحدکاری نسبت به هر شاخص و lnr_{ij} = لگاریتم نپرین مقدار وزنی نرمال هر واحدکاری نسبت به هرشاخص.

جدول٤. ماتریس آنتروپی واحدهای کاری نسبت به شاخص‌ها

TMU_i	Indicator			
	I_1	I_2	...	I_N
TMU_1	E_{11}	E_{12}	...	E_{1N}
TMU_2	E_{21}	E_{22}	...	E_{2N}
:	:	:	:	:
TMU_M	E_{M1}	E_{M2}	...	E_{MN}
در این جدول: TMU: واحد کاری، I: شاخص و E: آنتروپی هر شاخص در هر واحدکاری می‌باشد.				

در ادامه آنتروپی معیارها (E_j) از رابطه ۲ محاسبه می‌شود.

$$E_j = -K \sum_{i=1}^{m} (r_{ij} \times lnr_{ij})$$ ۲) رابطه

در این معادله: E_j = آنتروپی هر معیار، K = ضریب ثابت و K به عنوان مقدار ثابت از رابطه ۳ محاسبه می‌گردد.

$$K = \frac{1}{lnM}$$ ۳) رابطه

در این معادله: K = ضریب ثابت، lnM = لگاریتم نپرین تعداد واحدهای کاری می‌باشد.

در ادامه، مقدار d_j (درجه انحراف[۲۱]) از رابطه ۴ محاسبه می‌شود که بیان می‌کند شاخص مربوطه (j) چه میزان کارایی در فرایند بیابان‌زایی دارد. هرچه مقادیر اندازه‌گیری شده‌ی شاخصی کمتر باشد، نشان دهنده‌ی آن است که واحدهای کاری رقیب از نظر آن شاخص تفاوت چندانی با یکدیگر ندارند. لذا نقش آن شاخص در فرایند بیابان‌زایی باید به همان اندازه کاهش یابد.

$$d_j = 1 - E_j \quad ; \forall j$$ ۴) رابطه

سپس مقدار اوزان شاخص‌ها از رابطه ۵ محاسبه می‌گردد.

$$W_j = \frac{dj}{\sum_{j=1}^{n} dj}; \quad \forall j$$ ۵) رابطه

لازم به ذکر است که مجموع اوزان به دست آمده برای شاخص‌های مورد نظر تصمیم‌گیرنده باید برابر با یک باشد.

$$\sum_{j=1}^{n} W = 1 \rightarrow (\forall j = 1, 2, \ldots . n)_j$$ ۶) رابطه

به عبارت ساده‌تر بر مبنای این روش، شاخصی که بیشترین وزن را دارد بیشترین نقش در فرایند بیابان‌زایی را نیز دارد (آذر و رجب زاده، ۲۰۱۷؛ شانون[1]، ۱۹۴۸؛ آذر، ۱۹۹۹) (جدول ۵).

۲-۵. تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه (NDM[2])

در این مرحله مقادیر وزنی اولویت واحدهای کاری بر مبنای هر معیار (r_{ij}) و اهمیت معیارها نسبت به هم (w_j)، در قالب ماتریس کلی تصمیم‌گیری (جدول۳) شکل گرفت (جدول ۵).

جدول ۵. ماتریس تصمیم‌گیری نرمالیزه (NDM)

[1] - Shannon

[2] - Normalized Decision Matrix

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

TMU_i	Indicator			
	I_1	I_2	...	I_N
	W1	W2		WN
TMU_1	r_{11}	r_{12}	...	r_{1N}
TMU_2	r_{21}	r_{22}	...	r_{2N}
:	:	:	:	:
TMU_M	r_{M1}	r_{M2}	...	r_{MN}
در این ماتریس M = تعداد گزینه ها یاراهبردها،N = تعداد معیارها C = عنوان معیار و P_{ij} = مقدار وزنی نرمال که هرگزینه باتوجه به معیار مربوطه کسب می‌کند، می باشد.				

۲-۶. تشکیل ماتریس تصمیم بی بعد موزون

مولفه‌های ماتریس تصمیم را در وزن شاخص‌ها ضرب و ماتریس موزون ضربی را به دست آوردید (رابطه ۷).

$$t_{ij} = r_{ij} \times W_j$$ رابطه ۷)

۲-۷. پهنه بندی با استفاده از تکنیک مورا

تکنیک بهینه‌سازی چندهدفه براساس تحلیل نسبی یا تکنیک مورا را بروارز[1] و زاوادسکاس[2] در سال ۲۰۰۶ ارائه کردند

- **تعیین مطلوبیت هر گزینه (U_i)**

مطلوبیت نهایی هرگزینه یا به عبارتی پتانسیل بیابانزایی هر واحدکاری از مجموع سطری مولفه های ماتریس تصمیم موزون حاصل شد (رابطه ۸).

$$U_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij}$$ رابطه ۸)

۲-۸. پهنه بندی با استفاده از تکنیک آراس

تکنیک ارزیابی نسبت افزایشی یا آراس را زاوادسکانس و تورسکیس[3] در سال ۲۰۱۰ ارائه کردند. این تکنیک یکی از بهترین روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره برای انتخاب بهترین گزینه است و برای محیط‌هایی عمدتاً استفاده می‌شود که حداکثر مطلوبیت برای گزینه‌ها در آنها ناشناخته است و نمی‌توان از ماتریس تصمیم، بیشترین مطلوبیت را استخراج کرد. به همین دلیل در این تکنیک، گزینه مجازی خلق می‌شود. گزینه مجازی گزینه‌ای است که دارای شاخص‌های سرآمدی نسبت به سایر گزینه‌ها می‌باشد.

- **تعیین بهترین مقدار ممکن برای هر شاخص(A_0)**

به منظور برآورد بهترین مقادیر شاخص X_j ، (U_h,(j)) یا به عبارتی بیشترین مقدار شاخص، از پرسشنامه استفاده شد و از متخصصان آشنا به منطقه (کل جامعه آماری ۲۵نفر) خواسته شد که بهترین مقدار ممکن برای هر شاخص(A_0) را تعیین کنند سپس با میانگین گیری مقادیر مذکور برآورد شد، به طور کلی A_0 نشان دهنده مقداری است که در آن درجه مطلوبیت به بیشترین حد خود یعنی ۱ یا ۱۰۰ درصد می رسد (رابطه ۹).

$$A_i(A_0) = 1.0$$ رابطه ۹)

این مقدار در یک سر طیفی قرار می‌گیرد که مطلوب‌ترین میزان از یک موضوع (مثلا شاخص بیابان‌زایی) را از نظر تصمیم گیرندگان مشخص می‌نمایند (اصغرپور، ۲۰۱۷؛ مگد[4] و همکاران، ۲۰۰۵؛ زک[5]، ۲۰۰۵).

- **تشکیل ماتریس تصمیم آراس**

[1] - W.K. M. Brauers
[2] - E. K. Zavadskas
[3] - Z. Turskis
[4] - Maged
[5] - Zak

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

بهترین مقدار ممکن برای هر شاخص(A_0) که به نوعی می‌توان ان را جواب ایده‌آل مثبت نامید به عنوان گزینه A_0 وارد ماتریس تصمیم شد و ماتریس تصمیم آراس شکل گرفت.

- **تشکیل ماتریس تصمیم آراس بی بعد موزون (t_{ij})**

ماتریس تصمیم بی بعد موزون آراس، از حاصلضرب وزن شاخص‌های ماتریس تصمیم آراس در ستون متناظر به دست آمد (رابطه ۱۰).

$$t_{ij} = r_{ij} \times W_j$$ رابطه ۱۰)

- **تعیین مطلوبیت اولیه (S_i)**

مطابق معادله ۱۱ امتیاز اولیه گزینه‌ها از مجموع سطری مولفه‌های ماتریس تصمیم موزون آراس برآورد شد.

$$S_i = \sum_{j=1}^{n} t_{ij}$$ رابطه ۱۱)

- **تعیین مطلوبیت نهایی**

در ادامه با تقسیم امتیاز اولیه گزینه‌ها بر امتیاز اولیه گزینه A_0، امتیاز نهایی یا درجه مطلوبیت گزینه‌ها به دست آمد (رابطه ۱۲). از انجا که گزینه مجازی بهترین مقدار ممکن برای هر شاخص(A_0)، با بهترین عملکردها ایجاد شده بود، بنابراین همواره بیشترین مقدار S متعلق به این گزینه و برابر ۱خواهد بود .

$$U_i = \frac{S_i}{S_0}$$ رابطه ۱۲)

۲-۹. تهیه نقشه پهنه‌بندی شدت

به منظور سهولت و دقت در تجزیه وتحلیل داده‌ها و دستیابی به نتایج، بر مبنای درجه مطلوبیت یا پتانسیل فرسایش واحدهای کاری حاصل از هر دو مدل مورا و آراس و با استفاده از نرم افزار Arc GIS9.3 اقدام به نقشه‌سازی میزان پتانسیل فرسایش شد.

یافته‌های پژوهش

مطابق ادبیات تحقیق پس از تعیین شاخص‌های موثر در فرایند بیابان‌زایی و ارزشگذاری آنها در مقیاس واحد (جدول ۲) اقدام به ارزیابی واحدهای کاری به تفکیک شاخص‌ها شد (جدول ۶).

جدول ٦. تعیین ارزش هر واحد کاری به تفکیک هر شاخص

شاخص(I_I) ◀ / واحدکاری (TMU) ▼	بارندگی متوسط سالانه	میانگین سرعت باد	...	تقسیم اراضی
(BMG)	۰/۵	۰/۴۸	...	۰/۰۱
(MGPC)	۰/۶۶	۰/۴۸	...	۰/۰۱
.	.	.	...	.
(MAG)	۰/۵۶	۰/۴۸	...	۰/۶۸

سپس اوزان هر یک از شاخص‌ها با استفاده از روش آنتروپی شانون برآورد شد. زمانی که داده‌های یک ماتریس تصمیم گیری به طور کامل مشخص شده باشند، روش آنتروپی شانون برای ارزیابی اوزان مناسبتر است (اصغرپور، ۲۰۱۷) با این روش اهمیت نسبی شاخص‌های بیابان‌زایی با کمک داده‌های حاضر مطابق جدول ۷ بدست آمد.

جدول۷. وزن نسبی یا اهمیت شاخص‌های موثر در رخداد بیابان‌زایی منطقه خضرآباد- مقادیر حداکثر مطلوبیت گروهی هر شاخص

شماره	شاخص های موثر در بیابان‌زایی	E_j	d_j	W_j	اولویت	U_h
۱	میانگین بارش سالانه(mm)	۱/۱۳۰۰۴۹	-۰/۱۳۰۰۴۹	-۰/۰۲۱۲۵	۲۱	۰/۸۱
۲	میانگین سرعت باد(m/s)	۱/۷۰۱۳۳۳۸	-۰/۷۰۱۳۴	-۰/۱۱۴۶۱	۳۰	۰/۵۲
:	:	:	:	:	:	:

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

شماره	شاخص های موثر در بیابان‌زایی	E_j	d_j	W_j	اولویت	U_h
۳۰	تقسیم اراضی به قطعات کوچک	۰/۴۳۰۳۳۵	۰/۵۶۹۶۶۵	۰/۰۹۳۰۹۳	۸	۰/۶۹

در این مرحله با استفاده از داده‌های ماتریس ارزشگذاری شاخص‌ها در واحدهای کاری (جدول ۷) و اوزان شاخص‌ها، ماتریس تصمیم شکل گرفت (جدول ۸)

جدول ۸. ماتریس تصمیم گیری پتانسیل بیابانزایی واحد های کاری

شاخص(I_i) ◀ / واحدکاری (TMU) ▼	بارندگی متوسط سالانه	میانگین سرعت باد	...	تقسیم اراضی
	−۰/۰۲۱۲۵	−۰/۱۱۴۶۱	...	۰/۰۹۳۰۹۳
(BMG)	۰/۵	۰/۴۸	...	۰/۰۱
(MGPC)	۰/۶۶	۰/۴۸	...	۰/۰۱
.	.	.	...	.
(MAG)	۰/۵۶	۰/۴۸	...	۰/۶۸

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری پتانسیل بیابانزایی واحدهای کاری (جدول۸)، به منظور تشکیل ماتریس تصمیم بی‌بعد موزون توانی (t_{ij}) از معادله ۱۰ ارزش هر شاخص در هر واحد کاری از لحاظ بیابانزایی(r_{ij}) (جدول۶) را به توان ضریب اهمیت نسبی آن شاخص (W_j) (جدول۷) رساندیم و ماتریس تصمیم‌گیری موزون توانی شکل گرفت (جدول۹).

جدول ۹. ماتریس تصمیم گیری موزون توانی پتانسیل بیابانزایی واحدهای کاری

شاخص(I_i) ◀ / واحدکاری (TMU) ▼	بارندگی متوسط سالانه	میانگین سرعت باد	...	تقسیم اراضی	U_i
(BMG)	−۰/۰۱۰۶۳	−۰/۰۵۵۰۱	...	۰/۰۰۰۹۳	۰/۱۱۵۳۷
(MGPC)	−۰/۰۱۴۰۳	−۰/۰۵۵۰۱	...	۰/۰۰۰۹۳	۰/۰۸۲۱۳
.	۰	۰	...	.	۰
(MAG)	−۰/۰۱۱۹	−۰/۰۵۵۰۱	...	۰/۰۶۳۳۰	۰/۶۰۶۲۲

در ادامه بر طبق مدل مورا، مطلوبیت نهایی (U_i) یا بعبارتی شدت بیابانزایی، از مجموع سطری ارزش‌های موزون حاصل شده و بر مبنای معادله ۱۳ به تفکیک هر واحد کاری محاسبه شد (جدول۹).

به منظور محاسبه پتانسیل شدت بیابانزایی بر طیق مدل اراس، مطابق ادبیات تحقیق در ابتدا با استفاده از پرسشنامه و نظر خواهی از متخصصین آشنا به منطقه مطالعاتی، بهترین مقدار ممکن برای هر شاخص X_j ، (A_0) برآورد شد. در ادامه گزینه مجازی حاصل شده وارد ماتریس تصمیم (جدول ۸) شد و ماتریس تصمیم آراس شکل گرفت (جدول ۱۰).

جدول ۱۰. ماتریس تصمیم گیری آراس

شاخص (I_i) ◀ / واحدکاری (TMU) ▼	بارندگی متوسط سالانه	میانگین سرعت باد	...	تقسیم اراضی
	−۰/۰۲۱۲۵	−۰/۱۱۴۶۱	...	۰/۰۹۳۰۹۳
TMU_0	۰/۸۱	۰/۵۲		۰/۶۹
(BMG)	۰/۵	۰/۴۸	...	۰/۰۱
(MGPC)	۰/۶۶	۰/۴۸	...	۰/۰۱
.	.	.	...	.
(MAG)	۰/۵۶	۰/۴۸	...	۰/۶۸

پس از تشکیل ماتریس تصمیم‌گیری (جدول۱۰)، ماتریس موزون آراس مطابق معادله ۱۰، از حاصلضرب وزن مولفه‌های هر واحدهای کاری در وزن معیارهای متناظر برآورد شد (جدول ۱۱).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

جدول ۱۱. ماتریس تصمیم‌گیری موزون آراس

شاخص (I_I)◄ / واحدکاری (TMU)▼	بارندگی متوسط	سرعت باد	...	تقسیم اراضی	S_i	U_i
TMU_0	−۰/۰۱۷۲۱	۰/۵۲	...	۰/۶۹	۰/۶۳۵۷۴	۱
(BMG)	−۰/۰۱۰۶۳	−۰/۰۵۵۰۱	...	۰/۰۰۰۹۳	۰/۱۱۵۳۷	۰/۱۸۱۴۶۹
(MGPC)	−۰/۰۱۴۰۳	−۰/۰۵۵۰۱	...	۰/۰۰۰۹۳	۰/۰۸۲۱۳	۰/۱۲۹۱۸۶
.	۰	۰	...	.	۰	۰
(MAG)	−۰/۰۱۱۹	−۰/۰۵۵۰۱	...	۰/۰۶۳۳۰	۰/۶۰۶۲۲	۰/۹۵۳۵۷

سپس مطلوبیت اولیه (S_i) از مجموع سطری مولفه‌های ماتریس موزون آراس حاصل شد (رابطه ۱۱). و در نهایت به منظور برآورد مطلوبیت نهایی (U_i) یا بعبارتی پتانسیل شدت بیابانزایی مطابق معادله ۱۲، مطلوبیت اولیه هر واحدکاری (S_i) بر مطلوبیت اولیه گزینه A_0 (S_0) تقسیم شد (جدول ۱۱).

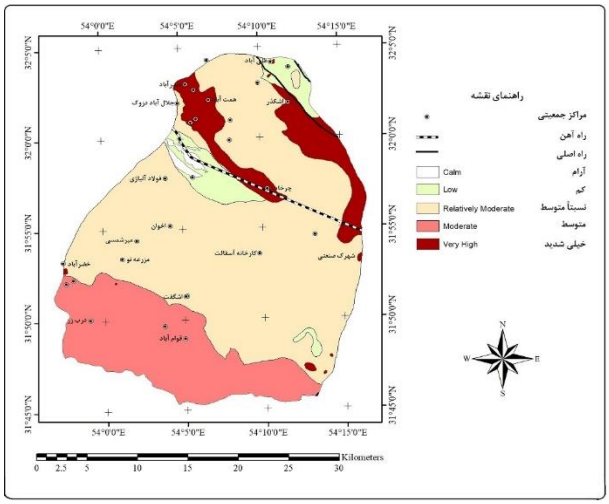
به منظور رتبه‌بندی واحدهای کاری از دیدگاه پتانسیل فرسایش و تهیه نقشه پهنه‌بندی فرسایش منطقه مطالعاتی، از آنجا که ارزش‌های پتانسیل فرسایش برآورد شده، یکسری از ارزش‌های پیوسته هستند که به منظور سهولت در خواندن و فهمیدن نتایج برآورد شده و نشان دادن تفاوت‌های ناحیه‌ای می‌بایستی در سطوح مناسبی طبقه‌بندی شوند. برمبنای هر دو مدل مطابق جدول ۱۲، استعداد اراضی جهت بیابانزایی در منطقه مطالعاتی در هفت سطح، طبقه‌بندی شدند.

جدول ۱۲. طبقه‌بندی پتانسیل فرسایش اراضی در منطقه خضرآباد

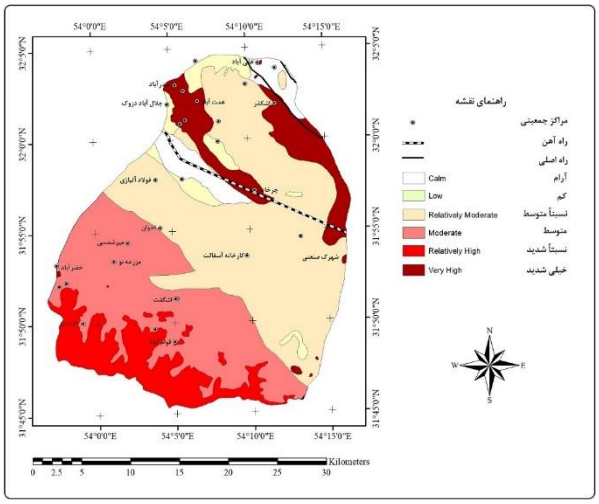
سطح ارزیابی	شاخص استعداد اراضی	کلاس	مدل مورا		مدل آراس	
			مساحت(ha)	درصد(٪)	مساحت(ha)	درصد(٪)
آرام (ناچیز)	$N_i \leq -۰/۱۵$	I	۶۱۹/۱۳	۰/۸	۳۸۲۸/۲۵	۴/۸۹
کم	$-۰/۱۵ < N_i \leq -۰/۰۵$	II	۴۱۵۲/۶۸	۵/۴	۳۱۶۳/۰۵	۴/۰۵
نسبتاً متوسط	$-۰/۰۵ < N_i \leq ۰/۰۵$	III	۴۹۱۱۴/۱۵	۶۲/۷۳	۳۳۳۲۹/۵۵	۴۲/۵۷
متوسط	$۰/۰۵ < N_i \leq ۰/۱۵$	IV	۱۷۲۶۶/۳	۲۲/۰۵	۲۱۶۱۱/۴	۲۷/۶
نسبتاً شدید	$۰/۱۵ < N_i \leq ۰/۲۵$	V	–	–	۹۲۱۹/۹۹	۱۱/۷۸
شدید	$۰/۲۵ < N_i \leq ۰/۳۵$	VI	–	–	–	–
خیلی شدید	$N_i > ۰/۳۵$	VII	۷۱۳۵/۸۶	۹/۱۱	۷۱۳۵/۸۶	۹/۱۱

مطابق جدول ۱۲، هر واحدکاری با توجه به پتانسیل فرسایشی محاسبه شده در یکی از طبقات هفتگانه گانه آرام (ناچیز)، کم، نسبتاً متوسط، متوسط، نسبتاً شدید، شدید و خیلی شدید قرار گرفت، که در نهایت بر روی نقشه واحدهای کاری، از تلفیق واحدهای دارای طبقات یکسان، نقشه نهایی پتانسیل استعداد اراضی بر مبنای مدل مورا و آراس به مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ در محیط Arc Gis به دست آمد (شکل‌های ۳ و ۴).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]



شکل ۳. پتانسیل شدت بیابانزایی بر اساس مدل مورا



شکل ٤. پتانسیل شدت بیابان‌زایی بر اساس مدل آراس

با توجه به جدول طبقه‌بندی و نقشه‌های استعداد اراضی حاصل از دو مدل مورا و آراس (جدول۱۱ و شکل‌های ۳ و ۴) ملاحظه می‌شود که در هر دو مدل، واحدهای اراضی کشاورزی کوهستانی (MAG) و اراضی کشاورزی دشتی (PAG)، با بیشترین ارزش‌های کمی به ترتیب در کلاس خیلی شدید یا VII قرار گرفتند که واجد بیشترین پتانسیل بیابان‌زایی می‌باشند و ۷۱۳۵ هکتار (۹/۱۱ درصد) از کل منطقه مطالعاتی را در برگرفته‌اند. نتایج حاصل از مدل مورا نشان می‌دهد که منطقه مطالعاتی عاری از بیابانزایی شدید (VI) و نسبتاً شدید (V) می‌باشد، در عین حال ۱۷۲۶۶/۳ هکتار (۲۲/۰۵ درصد) از اراضی منطقه در کلاس IV یا متوسط، ۴۹۱۱۴/۱۵ هکتار (۶۲/۷۳ درصد) در کلاس III یا نسبتاً متوسط، ۴۱۵۲/۶۸ هکتار (۵/۴ درصد) در کلاس II یا کم و ۶۱۹/۱۳ هکتار (۰/۸ درصد) در کلاس I یا بیابان‌زایی آرام قرار دارد (جدول ۱۱ و شکل ۳). در این رابطه هر چند ضریب همبستگی مابین نتایج حاصل از مدل مورا، با نتایج حاصل از مدل آراس در سطح ۹۹ درصد معنی‌دار است، در عین حال طبقات شدت برآورد شده متفاوت است، به طوری که در مطالعه تطبیقی نتایج مدل آراس، هر چند همانند مدل مورا در اینجا هم، منطقه مطالعاتی عاری از بیابانزایی شدید (VI) می‌باشد، در عین حال ۹۲۱۹/۹۹ هکتار (۱۱/۷۸ درصد) از اراضی منطقه در کلاس V یا نسبتاً شدید، ۲۱۶۱۱/۴ هکتار (۲۷/۶ درصد) در کلاس IV یا متوسط، ۳۳۳۲۹/۵۵ هکتار (۴۲/۵۷ درصد) در کلاس III یا نسبتاً متوسط، ۳۱۶۳/۰۵ هکتار (۴/۰۵ درصد) در کلاس II یا کم و ۳۸۲۸/۲۵ هکتار (۴/۸۹ درصد) در کلاس I یا بیابان‌زایی آرام طبقه‌بندی می‌شود (جدول ۱۱ و شکل ۴).

به طور کلی، بر اساس لایه نهایی حاصل شده از هر دو مدل مورا و آراس، ۹/۱۱ درصد از مساحت منطقه مطالعاتی در معرض خطر خیلی شدید بیابان‌زایی قرار دارد، بیشترین اراضی منطقه به ترتیب مدل‌ها، معادل ۴۲ و ۶۷ درصد تحت تاثیر بیابان زایی نسبتاً متوسط قرار دارد که شامل اراضی تپه‌های ماسه‌ای با پوشش‌گیاهی (SDPC) اراضی صنعتی (IA)، اراضی دشت سر آپانداز با پوشش گیاهی (EPPC) و اراضی دشت سر لخت با پوشش گیاهی (BPPC) می‌شوند و در عین حال، ارزش کمی پتانسیل بیابان‌زایی برای کل منطقه از مجموع شاخص‌ها در کلاس متوسط یا IV به دست آمد.

نتیجه‌گیری و پیشنهادها

ارزیابی خطر بیابان‌زایی امروزه نقش مهمی را در مدیریت پایدار منابع طبیعی ایفا می‌کند. از این رو، به منظور تهیه نقشه پهنه-بندی خطر بیابان‌زایی در دشت خضرآباد یزد از مدل امتیازی مورا و آراس استفاده شد. نتایج حاصل از تحلیل‌های صورت گرفته نشان داد که واحدهای اراضی کشاورزی کوهستانی (MAG) و اراضی کشاورزی دشتی (PAG)، واجد بیشترین پتانسیل بیابان-زایی می‌باشند. بیشترین اراضی منطقه تحت تاثیر بیابانزایی نسبتاً متوسط (III) قرار دارد و در عین حال، ارزش کمی پتانسیل بیابانزایی برای کل منطقه از مجموع شاخص‌ها در کلاس متوسط یا IV به دست آمد.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

به دلیل یکسان بودن منطقه مطالعاتی که امکان مقایسه تطبیقی بین نتایج را فراهم می‌نماید، نتایج حاصل از ارزیابی شدت بیابان‌زایی حاصل از مدل‌های پهنه بندی مورا و آراس با نتایج حاصل از مدل‌های پهنه‌بندی به انجام رسیده در منطقه از جمله، مدل تاکسنومی عددی توسعه یافته، مدل آسیب‌پذیری زیست محیطی، مدل آنتروپی شانون، مدل تحلیل مولفه‌های اصلی، مدل مطلوبیت چند شاخصه، مدل فازی بونیسون و مدل تاپسیس فازی مورد مقایسه قرار گرفت و مشاهده شد که تا حد زیادی نتایج حاصل با هم همخوانی دارند به این معنی که در هر شش مدل، واحدهای اراضی کشاورزی دشتی (PAG) و اراضی کشاورزی کوهستانی (MAG)، واجد بیشترین پتانسیل بیابان‌زایی می‌باشند. همچنین ضریب همبستگی نتایج حاصل از دو مدل مورا و آراس با مدل آنتروپی شانون، مطلوبیت چند شاخصه و مدل فازی بونیسون در سطح ۹۹ درصد و در مقایسه با نتایج مدل آسیب پذیری زیست محیطی (EVI) در سطح ۹۵ درصد معنی دار است و در مقایسه با ضرایب شدت بیابانزایی منتج از مدل های تاکسنومی عددی توسعه یافته (MNT)، مدل تحلیلی مولفه‌های اصلی و مدل تاپسیس فازی همبستگی ضعیفی را نشان می دهند. بنابراین علیرغم یکسان بودن نوع و تعداد شاخص‌های موثر در بیابان‌زایی و ارزش‌دهی شاخص‌ها در مقیاس واحد و ارزش‌گذاری یکسان واحدها بر مبنای شاخص‌ها در مطالعات انجام شده در منطقه خضرآباد، ارزش‌های عددی به‌دست آمده با هم اختلاف دارند، این امر عمدتاً وابسته به ماهیت مدل‌ها و ساختار روش‌هاست که ارزش‌های کمی را در طیف‌های مختلف ارائه می‌کند و همچنین به خاطر طبقه‌بندی متفاوت ارزش‌های کمی یا ضرایب شدت منتج از آنها در هر پژوهش بر مبنای دامنه نوسان ارزش‌های به دست آمده، می‌باشد. لذا لازم است توابعی ارائه شود که بر مبنای منطق و اصول قوی و مبانی نظری مستدل از میان نتایج ارائه شده در هر منطقه توسط مدل‌های مختلف، پتانسیل شدت بیابانزایی به صورت گروهی و نهایی ارائه شود در این رابطه پیشنهاد می‌شود از توابع رای‌گیری در تصمیم‌گیری گروهی (همانند روش GRV، بردار ویژه، فیشبرن، کوک و سیفورد، و غیره) که روش‌هایی مناسب به منظور دسترسی به یک توافق جمعی به منظور برطرف کردن پارادوکس رای‌گیری و ناسازگاری اولویت‌بندی از یک مجموعه گزینه‌های مفروض می‌باشد، استفاده شود و سپس نقشه پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی با ضریب اطمینان بیشتر ارائه شود.

با توجه به تحلیل صورت گرفته و نتایج حاصل شده، می‌توان گفت که، رویکرد امتیازی در ارزیابی شدت بیابانزایی و تهیه نقشه پهنه‌بندی با توجه به در نظر گرفتن شاخص‌های کمی و بومی و همچنین به دلیل سادگی و مرحله‌ای بودن آن، در نظر گرفتن روش ژئومرفولوژی در تعیین واحدهای پهنه‌بندی، روش وزن دادن به شاخص‌ها با نظرخواهی گروهی در چارچوب جدول امتیازدهی یکسان، روش وزن‌دهی شاخص‌ها نسبت به هم از روش آنتروپی شانون و استفاده از سامانه اصلاعات جغرافیایی، روش سریع و نسبتاً دقیقی در ارزیابی شدت بیابانزایی است و می‌تواند در ارزیابی‌های آتی مورد استفاده قرار گیرد و در صورت لزوم با انتخاب شاخص‌های بومی، انعطاف‌پذیری لازم را داشته باشد.

به طور کلی نتایج حاصل می‌تواند در ارزیابی‌های آتی به منظور سرمایه‌گذاری در جهت دستیابی به توسعه پایدار مدنظر قرار گرفته تا علاوه بر تضمین پایدار ارزش افزوده سرمایه‌گذاری‌ها، اکوسیستم‌های حاشیه‌ای این مناطق را به نحو مطلوب‌تری حفاظت کند. از طرف دیگر به مدیران مناطق بیابانی این امکان را می‌دهد که امکانات و سرمایه‌های محدود اختصاص یافته به منظور کنترل روند بیابانزائی را در مناطق دارای حساسیت بیشتر به کار بندند تا ضمن دستیابی به نتایج بهتر، از هدر رفتن سرمایه‌های ملی جلوگیری کنند. به منظور کاربرد این مدل در مناطق دیگر می‌بایستی به فاکتورهای مؤثر در بیابان‌زایی به عنوان شاخص‌های آسیب‌پذیری به صورت بومی توجه و همچنین به نحوه اثر گذاری هر فاکتور بر فرایند بیابان‌زایی تاکید شود.

ملاحظات اخلاقی

نویسنده اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده و این موضوع مورد تأیید او است.

مشارکت نویسندگان

تهیه و آماده‌سازی نمونه‌ها، انجام آزمایش و گردآوری داده‌ها، انجام محاسبات، تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، تحلیل و تفسیر اطلاعات و نتایج، تهیه پیشنویس مقاله.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسنده این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

مقاله حاضر حامی مالی ندارد.

سپاسگزاری

از داوران محترم به خاطر ارائه نظرهای ساختاری و علمی سپاسگزاری می‌شود.

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

References

Abrisham, E. (2004). *Evaluation and mapping of desertification condition in Fakhrabad--Mehriz region with the FAO-UNEP and MICD models*. (M.Sc Thesis), University of Tehran. Tehran, Iran (in Persian).

Ahmadi, H. (2011). *Applied Geomorphology, Water Erosion*. University of Tehran, Tehran, Iran (in Persian).

Ahmadi, H. (2012). *Applied Geomorphology, Desert-Wind Erosion*, University of Tehran, Tehran, Iran (in Persian).

Ahmadi, H. E., Abrisham, M. Ekhtesasi, R., Jafari, M., and Gokarian, A. (2005). Evaluation and mapping of desertification condition in FAKHRABAD-MEHRIZ region with the ICD and MICD models. *BIABAN*, 10(1-1), 37-50. https://doi.org/10.22059/JDESERT.2005.31880

Ahmadi, H., Zehtabian, G. H., Jafari, M. Azarnivand, H. (2006). *Iranian model of potential desertification assessment.* Faculty of Natural Resources, University of Tehran, Tehran, Iran (in Persian).

Asgharizadeh, E., and Mohammadi Balani, A. (2021). *Multi-attribute decision making techniques*. Publication of Tehran University, Tehran, Iran (in Persian).

Asgharpour, M. J. (2017). *Multi-Criteria Decision Making*. Publication of Tehran University, Tehran, Iran (in Persian).

Aslinezhad, N., Pahlavanravi, A., Basirani, N., Ebrahimi, M., and Kharazmi, R. (2014). Assessment of land degradation and desertification with use of IMDPA model (Case Study; Chah-hashm Plain, Iran). *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research*, 2, 2644-2650.

Azar, A. (1999). Development of Shannon Entropy Method for Data Processing in Content Analysis. *Alzahra University Journal of Science*, 37-38, 1-18 (in Persian).

Azar, A., and Faraji. H. (2016). *Science of fuzzy management*. Mehraban press, Tehran, Iran.

Azar, A., and Rajabzadeh, A. (2017). *Applied Decision Making with an Approach of Multi-Attribute Decision Making (MADM)*. Publication of Negah Danesh, Tehran, Iran (in Persian).

Bakhshandehmehr, L. (2008). *Quantitive assessment of desertification present status in east of Isfahan and a regional model development with emphasis on MEDALUS method*. M.sc. Dissertation, University of Isfahan (in Persian).

Bednarik, M., Magulova, B., Matys, M., and Marschalko, M. (2010). Landslide Susceptibility Assessment of the Kral Ovany–Liptovsky Mikulas Railway Case Study. *Physics and Chemistry of the Earth*, 35(3-5), 162-171.

Bidgoli, R. D., Koohbanani, H., Yazdani, M., and Dashti Amirabad, J. (2019). Risk assessment of land destruction and desertification severity using fuzzy method (case study: Miyandehi, Khorasan Razavi province), *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 25(4), 877-887. https://doi.org/10.22092/ijrdr.2019.118620 (in Persian).

Demers, M. N. (2009). *Fundamental of Geographic Information System*. Fourth edition, John Wiley& sons, Inc. New York, United States.

D'Odorico, P., Bhattachan, A., Davis, K., Ravi, S., and Runyan, C. (2013). Global desertification: Drivers and feedbacks. *Advances in Water Resources*, 51, 326– 344. https://doi.org/10.1016/j.advwatres.2012.01.013

Ekhtesasi, M. R., and Ahmadi, H. (1997). The Experimental Method to Estimate the Wind Erosion Sediment. *Iranian Journal of Natural Resources*. 51, 13-25. (in Persian)

Ekhtesasi, M. R., and Mohajeri, S. (1995). *Classification of the Type and Severity of Desertification in Iran*. Proceeded In 2th National Conference on Desert Areas Issues, Kerman, Iran (in Persian).

European Commission (EC). (1999). *Mediteranean Desertification and Land Use (MEDALUS)*. London, England, MEDALUS office.

FAO\UNEP. (1984). *Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification.* Rome, Italy, *Food and Agriculture Organization of the United Nations*, United Nations Environmental Program.

Gharachelo, S., Ekhtesasi, M. R., Zareian Jahromi, M., and Samadi, M. B. (2021). Evaluation of current condition of desertification using I.C.D Model, case study: Khezrabad, Yazd. *Iranian*

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

Journal of Range and Desert Reseach, 17(3), 402-420. https://ijrdr.areeo.ac.ir/article_102934_6cfa67e0e102171340470f1e0beff691.pdf (in Persian).

Ghohroudi Tali, M. (2004). *Application of Arc View in Geomorphology*. Tarbiyat moalem University Press. Tehran, Iran (in Persian).

Greco, M., Mirauda, D., Squicciarino, G., and Telesca. V. (2005). Desertification Risk Assessment in Southern Mediterranean Area. *Journal of Advances in Geosciences*, 2, 243-247. https://doi.org/https://doi.org/10.5194/adgeo-2-243-2005

Hiscock, K. M., Lovett, A. A., Brainard, J. S., and Parfitt, J. P. (1995). Groundwater Vulnerability Assessment: Two Case Studies Using GIS methodology. *Journal of Geological Society*, 28, 179–194.

Jafari, R., and Bakhshandehmehr, L. (2016). Quantitative mapping and assessment of environmentally sensitive areas to desertification in central Iran. *Land Degradation and Development*. 27, 108-119. https://doi.org/ 10.1002.ldr.2227

Kardavani, P. (2010). *Arid areas, climatic features, drought causes, water issues*, I. Publication of Tehran University, Tehran, Iran (in Persian).

Kirkby, M. J., Abrahart, R., McMahon, M. D., Shao, J., and Thornes, J. B. (1998). MEDALUS soil erosion models for global change, *Journal of Geomorphology*, 24, 35–49.

Koohbanani, H., Dashti Amirabad, S., Nikoo, J., and Taya, A. (2017). Desertification-intensity zoning through Fuzzy-Logic approach: a case study of Deyhook-Tabas, Iran. Quarterly *journal of Environmental Erosion Research*, 7(1), 35-49.

Koohafkan, A. P., Lantieri, D., and Nachtergaele, F. (2003). *Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) guidelines for a methodological approach*. Food and Agriculture Organization (FAO), Rome, Italy. www.fao.org/ag/agl/agll/lada/bckgrdocs.stm

Lamchin, M., Lee, J. Y., Lee, W. K., Lee, E. J., Kim, M., Lim, C. H., Choi, H. A., and Kim, S. R. (2015). Assessment of land cover change and desertification using remote sensing technology in a local region of Mongolia. *Advances in Space Research*, 57, 64-77.

Maged, E. G., Chang, L. M., and Zang, L. (2005). Utility- Function Model for Engineering Performance Assessment. *Journal of Construction Engineering and Management*, 131(5), 558-565.

Meixner, O. (2009). *Fuzzy AHP group decision analysis and its application for the evaluation of energy sources*. In 10th International Symposium on the Analytic Hierarchy/Network Process, Pittsburgh, USA (Vol 29).

Moghadam, M. (2012). *Rangelands & Range Management*. Tehran University Press, Tehran, Iran (in Persian).

Nachtergaele, F. O. F., and Licona-Manzur, C. (2009). *The Land Degradation Assessment in Drylands (LADA) Project: Reflections on Indicators for Land Degradation Assessment*, the Future of Drylands, January 01, 327-348

Oldeman, L. R., Hakkeling, R. T. A., and Sombroek. W. G. (1991). *World Map of the Status of Human Induced Soil Degradation*. ISRIC/UNEP, Wageningen, Netherlands.

Rayegani, B., Zehtabian, G. H. and Barati, S. (2013). Surveying of Iranian Model of Desertification Potential Assessment. *Iranian Journal of Applied Ecology*, 2(4), 73-99 (in Persian).

Sadeghiravesh, M. H. (2014). Zoning the potential of desertification hazard using the MADM approach and Shannon entropy model in the Khezrabad region, Yazd province. *Iranian Journal of Soil Research*, 28(3), 572-588 (in Persian).

Sadeghiravesh, M. H. (2016). Zoning the potential of desertification hazard using the principal component analysis model in the Khezrabad region. *Journal of geographic space*, 16 (56), 241-261. http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-729-fa.pdf (in Persian).

Sadeghiravesh, M. H. (2020). Desertification hazard zoning using Multi-Attribute Utility Theory (MAUT) model. *Environmental Recerches*, 10 (20), 177-194 (in Persian).

Sadeghiravesh, M. H. (2023). Sensitivity analysis of combat desertification strategies in Fuzzy environment in Yazd-Khezrabad sub-catchment (Saduq County). Journal of *Watershed Management Research*, 13(26): 203-214. https://doi.org/10.52547/jwmr.13.26.203 (in Persian).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]
[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]
[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]

Sadeghiravesh, M. H., and Ahmadi, H. (2014). Zoning desertification Potential risk in Abozydabad region by using modified numerical taxonomy model. *Geographical Space*, 14(47), 83-99. http://geographical-space.iau-ahar.ac.ir/article-1-1274-fa.html (in Persian).

Sadeghiravesh, M. H., Ahmadi, H., Zehtabian, G. R., and Rehayi Khoram, M. (2009). Development of the Numerical Taxonomy (MNT) model to assess desertification: an example of modeling intensity in central Iran. *Philippine* Agricultural Scientist, 92(2), 213- 227.

Sadeghiravesh, M. H., and Khosravi, H. (2012). Zoning wind erosion potential risk in central Iran using modified numerical taxonomy model. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 12 (1), 91-99. https://www.idosi.org/aejaes/jaes12(1)12/13.pdf

Sadeghiravesh, M. H., and Khosravi, H. (2022). Assessment the hazard of desertification using fuzzy TOPSIS logic in GIS environment, *Journal of Environmental Sciences and Technalogy*, 24(3), 221-229. https://doi.org/10.30495/jest.2022.64138.5554 (in Persian).

Sadeghiravesh, M. H., Khosravi, H., Abolhasani, A., Ghodsi, M., and Mosavi, A. (2021). Fuzzy logic model to assess desertification intensity based on vulnerability indices. *Acta Polytechnica Hungarica*, 18(3), 7-24. https://doi.org/10.12700/APH.18.3.2021.3.1

Sadeghiravesh, M. H., Zehtabian, G. H., and Tahmores, T. (2012). A vulnerability assessment of environmental issue to desertification risk (case study: Khezrabad region, Yazd). *Journal of Watershed Management Research*, 96 (1), 75-87.

Sepehr, A., Hassanli, A. M., Ekhtesasi, M. R., and Jamali, J. B. (2007). Quantitative Assessment of Desertification in South of Iran Using MEDALUS Method. *Journal of Environmental Monitoring and Assessment*, 134, 243-254. https://doi.org/10.1007/s10661-007-9613-6

Silakhori, E., Ownegh, M., and Soleimani sardo, M. (2019). Assessment of risk and hazard desertification using Topsis-GIS method (case study: Bashtin, Sabzevar, Razavi province)**.** *Journal of Arid Regions Geographics Studies*, 9 (35), 44-59 (in Persian).

Shannon, C. E. (1948). A Mathematical Theory of Communication. *Bell System Technical Journal*, 27 (3), 379–423. https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x

Sharifi, M., and Farahbakhsh, Z. (2016). Investigation about temperature and humidity anomalies between pleistocene and present times؛ reconstruction of climate condition using geomorphic evidence (case study: Khezrabad-Yazd). *Physical Geography Researches*, 47(4), 583-605. https://doi.org/10.22059/JPHGR.2015.56051

Soleimani-damaneh, M., and Zarepisheh, M. (2009). Shannons Entropy Combining the Efficiency Results of Different DEA Models: Method and application. *Journal of Expert System with Applications*. 36(3), 5146-5150. https://doi.org/10.1016/j.eswa.2008.06.031

UNCCD. (1994). *United Nations Convention to Combat Desertification*. Paris, France, UNCCD press, https://www.unccd.int/sites/default/files/relevant-inks/201701/UNCCD_Convention_ENG_0.pdF

Van Lynden, G. W. J., and Oldeman, L. R. (1997). *The Assessment of the Status of Human-induced Soil Degradation in South and South East Asia*. ISRIC, Wageningen, Netherlands. https://edepot.wur.nl/287427

Wang, Y., Zhang, J., Guo, E., and Sun, Z. (2015). Fuzzy comprehensive evaluation- based disaster risk assessment of desertification in Horqin Sand land, China, International *Journal of Environmental Research and Public Health*, 12(2), 1703 –1725. https://doi.org/10.3390/ijerph120201703

Zak, J. (2005). *The Comparison of Multi-Objective Ranking Methods Applied to Solve the Mass Transit Systems Decision Problems*. Proceeding of 16th Mini Euro Conferences and 10th Meeting of the Euro Working Group of Transportation (EWGT). Poznan, Poland: 926-941.

Zehtabian, G. R ., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M. R., and Jafari, R. (2002). Itensity Determination of Wind Erosion in Kashan Area by the Desertification Model. *Iranian Journal of Natural Resources*, 55(2),145-157. https://ijnr.ut.ac.ir/article_17300.html (in Persian).

Zehtabian, G . h., Khosravi, H., and Masoudi, R. (2014). *Desertification assessment models (criteria and indices)*. Tehran University Press, Tehran, Iran (in Persian).

[Downloaded from isharat.khu.ac.ir on 2026-10-28]

[DOR: 20.1001.1.24237892.1403.11.3.4.8]

[DOI: 10.61186/jsaeh.11.3.4]