

## **Sensitivity Areas Assessment of Desertification Using ESAs Model and Prioritizing Management Strategies (Case study: Kavir-e- Namak Basin, Khorasan Razavi Province)**

A. A. Talebanfard<sup>1</sup>, M. Akbari<sup>2\*</sup>, M. Azami Rad<sup>3</sup>

1. Masters Science, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
2. Assistant Professor, Department of Desert Areas Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.
3. Ph.D. Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran.

\* Corresponding Author: m\_akbari@um.ac.ir

Received date: 28/02/2022

Accepted date: 13/05/2022

 [10.22034/JDMAL.2022.549710.1377](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.549710.1377)

### **Abstract**

Desertification, as a complex process, is a serious threat to the environment in many parts of the world, especially in arid regions. With accurate knowledge of the factors influencing the spread of desertification and appropriate management strategies, the impacts of this process can be controlled or reduced. The aim of the current study was to identify and assess indicators and indices of desertification for the assessment and mapping of sensitive areas of the Kavir-e-Namak basin in Khorasan Razavi province, to desertification. In this study, an assessment model of sensitive areas to desertification (ESAs or MEDALUS), available data based on field studies in 2021, was used. At first, five criteria including soil, climate, vegetation, erosion and human activities were identified as the main criteria for desertification. Then, on the basis of the opinions of over 40 natural resource experts, the indices of each criterion were classified, weighted and assessed. The quality of each criterion was determined by the calculation of the geometric average of the indices. Finally, the map of areas sensitive to desertification in the study area was produced using GIS. The identification of management strategies was conducted using the Delphi approach and distributing a two-cycle questionnaire based on scenario planning and future studies. The results showed that among the criteria for desertification in the study area, climatic criteria, human activities, soil and erosion with values of 1.54, 1.53, 1.51 and 1.50, respectively, are the most important criteria followed by the vegetation criterion with a value of 1.45 as a next effective criterion of desertification. Results indicate that 12% of the study area are in the fragile class, and approximately 88% in the moderate to severe critical class. Based on scenario planning and method of futures studies, the best and worst scenarios in four different categories including adaptive management and organizational cohesion, economic and social empowerment of local communities, educational development, culture and advertising, and participatory implementation of natural resource projects as comprehensive management strategies were developed.

**Keywords:** Desertification indicators; Questionnaire; Delphi method; Human activities; Scenario planning





## ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی با بهره‌گیری از مدل ESAs و اولویت‌بندی راهبردهای مدیریتی (مطالعه مورد: حوزه کویر نمک، استان خراسان رضوی)

علی اصغر طالبان فرد<sup>۱</sup>، مرتضی اکبری<sup>۲\*</sup>، محمود اعظمی راد<sup>۳</sup>

۱. کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۲. استادیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

۳. دکتری، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.

\* نویسنده مسئول: [m\\_akbari@um.ac.ir](mailto:m_akbari@um.ac.ir)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۰۹ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۲۳

doi: [10.22034/JDMAL.2022.549710.1377](https://doi.org/10.22034/JDMAL.2022.549710.1377)

### چکیده

بیابان‌زایی فرآیندی پیچیده و تهدید جدی محیط‌زیستی در بسیاری از مناطق به ویژه مناطق خشک جهان است. با شناخت دقیق عوامل مؤثر در گسترش بیابان‌زایی و ارائه راهبردهای مدیریتی مناسب، امکان کاهش و یا مهار این پدیده، فراهم می‌شود. پژوهش حاضر با هدف ارزیابی معیارها و شاخص‌های مهم و پهنه‌بندی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی در حوضه کویر نمک استان خراسان رضوی و ارائه راهبردهای مدیریتی مقابله با بیابان‌زایی انجام شد. در این پژوهش از مدل ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی (ESAs)، داده‌های موجود و مبتنی بر برداشت میدانی و واقعیت‌های زمینی در سال ۱۴۰۰ استفاده شد. در آغاز پنج معیار خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، فرسایش و فعالیت‌های انسانی به عنوان معیارهای اصلی بیابان‌زایی منطقه شناسایی و سپس برپایه نظر کارشناسی بیش از ۴۰ متخصص منابع طبیعی، شاخص‌های هر معیار طبقه‌بندی، وزن‌دهی و ارزش‌گذاری شد. با محاسبه میانگین هندسی شاخص‌ها، کیفیت هر معیار تعیین و در آخر نقشه پهنه‌بندی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی در سامانه اطلاعات جغرافیایی به‌دست آمد. تعیین راهبردهای مدیریتی با بهره‌گیری از روش دلفی و با توزیع پرسش‌نامه در دو مرحله و براساس برنامه‌ریزی سناریو و آینده پژوهی انجام شد. نتایج نشان داد از میان معیارهای بیابان‌زایی منطقه، اقلیم، فعالیت‌های انسانی، خاک و فرسایش به ترتیب با ارزش ۱/۵۴، ۱/۵۳، ۱/۵۱ و ۱/۵۰ مهمترین معیارها و پوشش گیاهی با ارزش ۱/۴۵ به عنوان معیار بعدی مؤثر در بیابان‌زایی می‌باشد. بر اساس نتایج، ۱۲٪ از مساحت منطقه در کلاس شکننده و حدود ۸۸٪ نیز در کلاس‌های بحرانی متوسط تا شدید قرار دارد. براساس برنامه‌ریزی سناریو و روش آینده پژوهی، بهترین و بدترین سناریوها در چهار دسته مختلف محیطی و طبیعی همچون اعمال مدیریت تطبیقی و انسجام سازمانی، توانمندسازی اقتصادی و اجتماعی جوامع محلی، توسعه آموزش، فرهنگ سازی و تبلیغات، طرح‌های مشارکتی منابع طبیعی، به عنوان راهبردهای مدیریتی جامع‌نگر تدوین شد.

**واژگان کلیدی:** شاخص‌های بیابان‌زایی؛ پرسشنامه؛ دلفی؛ فعالیت‌های انسانی؛ برنامه‌ریزی سناریو



## ■ مقدمه

بیابان‌زایی یکی از پیچیده‌ترین تهدیدهای محیط‌زیست با تأثیرهای منفی اجتماعی-اقتصادی است. از این‌رو درک ویژگی‌های فضایی-زمانی این فرآیند با پایش و ارزیابی معیارها و شاخص‌های مهم، به سختی امکان‌پذیر است (۲). براساس تعریف کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل، بیابان‌زایی عبارت است از تخریب سرزمین در اراضی خشک، نیمه خشک و خشک جنب مرطوب که بدلیل عوامل گوناگونی همچون تغییرات اقلیمی و فعالیت‌های انسانی صورت می‌گیرد (۳۵) و به دلیل سوء مدیریت زمین، به آرامی توسعه می‌یابد (۳۶). در حال حاضر بیابان‌زایی یک چهارم اراضی کره زمین را تحت تأثیر قرار داده است (۳۵، ۳۷)، به‌طوری‌که بیش از یک میلیارد هکتار از اراضی آفریقا تحت تأثیر شدید بیابان‌زایی است (۳۶). عامل‌های متعددی به مانند ماشه<sup>۱</sup> یا پیش‌ران، در بروز پدیده بیابان‌زایی عمل می‌کنند که می‌توان به توسعه خشکی و استمرار خشکسالی، فرسایش خاک، تخریب پوشش گیاهی در اثر چرای مفرط، فعالیت‌های معدنی، رشد جمعیت، فقر و سیاست‌های نظام‌های تحقیقاتی توسعه کشاورزی و محیط زیست اشاره کرد (۳، ۴، ۱۳). شخم‌زدن اراضی، شیوه‌های نامناسب کشاورزی، همراه با جنگل‌زدایی و چرای بیش از حد دام، دلایل اصلی بیابان‌زایی ناشی از فعالیت‌های انسان است (۲۶). این عوامل باعث ایجاد یک سری اثرات نامطلوب در خدمات بوم‌سازگان مانند از دست دادن مواد مغذی، کاهش ذخیره کربن، کاهش تنوع زیستی، کاهش پایداری خاک و در آخر کاهش امنیت غذایی می‌شوند (۲۵). این نگاه و نتیجه‌گیری در سایر مطالعات انجام شده در ارتباط با ارزیابی بیابان‌زایی مورد تأکید بسیاری از دانشمندان و محققین بوده است (۶، ۱۶، ۱۷). امروزه بیابان‌زایی به عنوان چالش مهمی است که بسیاری از کشورهای جهان بخصوص کشورهای در حال توسعه و حتی پیشرفته همچون برخی از کشورهای اتحادیه اروپا را تحت تأثیر

قرار داده است (۳۶). نتیجه فرآیند بیابان‌زایی از بین رفتن منابع تجدید شونده در بیشتر کشورهای جهان است (۱۲، ۲۲). براساس گزارشات بین‌المللی بیش از ۷۸۵ میلیون نفر انسان ساکن مناطق خشک، معادل ۱۷/۷ درصد جمعیت کل جهان، تحت تأثیر مستقیم و غیر مستقیم اثرات بیابان‌زایی می‌باشند. به‌طوری‌که، هر ساله دست کم شش میلیون هکتار زمین به گستره<sup>۲</sup> ۴ میلیارد هکتاری بیابان‌های جهان اضافه می‌شود و سالانه خسرت‌هایی بالغ بر ۴۲ میلیارد دلار به همراه دارد (۳۶).

بنابر نظر کنوانسیون جهانی مقابله با بیابان‌زایی<sup>۳</sup>، شناسایی شاخص‌ها و معیارهای اصلی بیابان‌زایی، مدیریت و مقابله با این پدیده را تسهیل می‌نماید. علاوه بر آن برای هدف ارزیابی بیابان‌زایی و تخریب سرزمین، مدل‌ها، معیارها و شاخص‌های متعدد و با رویکردهای مختلف وجود دارد (۷، ۱۸). بررسی‌ها و پژوهش‌های صورت گرفته نشان داد که روش‌های مختلفی برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی در ابعاد جهانی و منطقه‌ای وجود دارد که هر کدام دارای مزایا و معایبی نسبت به یکدیگر بوده که متناسب با شرایط منطقه مورد مطالعه مورد استفاده قرار می‌گیرند. نخستین اقدامی که در زمینه ارزیابی و نقشه‌بندی بیابان‌زایی با هدف درک مسائل این پدیده پیچیده ضرورت گرفت، تهیه نقشه جهانی بیابان‌زایی بود که توسط فائو<sup>۴</sup>، یونسکو<sup>۵</sup> و سازمان هواشناسی جهانی در سال ۱۹۷۷ میلادی انجام پذیرفته است (۱). از روش‌های مهم جهانی می‌توان به روش فائو/یونپ، مدالوس<sup>۵</sup> (یا مدل تهیه نقشه حساس به بیابان‌زایی در منطقه مدیترانه)، آسود<sup>۶</sup> (روش ارزیابی تخریب خاک در آسیا)، گلاسود، لادا<sup>۷</sup> (ارزیابی تخریب زمین در مناطق خشک) و روش ترکمنستان اشاره نمود. در ایران نیز می‌توان به مدل طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی (۱۳۷۴)<sup>۸</sup>، روش طبقه‌بندی بسط یافته (اصلاح شده) بیابان‌زایی (۱۳۸۲)<sup>۹</sup>، و روش IMDPA<sup>۱۰</sup> (۱۳۸۵) اشاره کرد (۱، ۱۵). علاوه بر روش‌های اشاره شده، برخی از مدل‌های

6 Soil Degradation in South and Southeast Asia

7 Land Degradation Assessment in Drylands (LADA)

8 Iranian Classification of Desertification

9 Modified Iranian Classification of Desertification

10 Iranian Model of Desertification Potential Assessment (IMDPA)

1 Trigger

2 UNCCD, The United Nations Convention to Combat Desertification

3 FAO, Food and Agriculture Organization

4 UNESCO

5 Mediterranean desertification and land use

هرچند مدیریت بوم‌نظام‌های (اکوسیستم) پیچیده همچون بیابان و فرآیندها و سازوکارهای پیچیده‌تر مانند بیابان‌زایی کار دشواری است (۱، ۳). به نحویکه با بهره‌گیری از خرد جمعی و تجربه افراد متخصص، می‌توان تا حدی بر این مشکل فائق آمد. به نحویکه، انتخاب بهترین راهبردهای مقابله با بیابان‌زایی بر اساس معیارهای مؤثر، تأثیر به‌سزایی در تصمیم‌سازی مدیران و کارشناسان مناطق بیابانی خواهد داشت (۴، ۵). سناریوهای توسعه در آینده نشان می‌دهد اگر با فرآیند بیابان‌زایی و تخریب سرزمین به شکل منطقی برخورد نگردد و این فرآیندها تا حد امکان کنترل نگردد؛ توسعه، احتمالاً رفاه مردمان مناطق خشک را با تهدید روبرو می‌کند؛ بنابراین، بیابان‌زایی یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط زیستی و مانع عمده‌ای برای رفع نیازهای اساسی بشر در مناطق خشک خواهد بود (۳۶).

در خصوص ارائه راهبردهای مدیریتی مقابله با بیابان‌زایی، کاهش و کنترل اثرات محیطی و انسانی آن، روش‌های مختلفی وجود دارد که عمدتاً مبتنی بر روش‌های تصمیم‌گیری چند معیاره می‌باشند. از این میان می‌توان به روش الکترون (حذف و انتخاب سازگار با واقعیت)<sup>۹</sup>، تحلیل سلسله مراتبی<sup>۱۰</sup>، روش پرموت (ساختاریافته رتبه‌بندی ترجیحی برای غنی سازی ارزیابی‌ها)<sup>۱۱</sup>، روش تکنیک اولویت‌بندی ترجیحی براساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل<sup>۱۲</sup>، روش تکنیک اولویت بندی ترجیحی براساس تشابه به پاسخ‌های ایده‌آل فازی<sup>۱۳</sup>، فرآیند تحلیل شبکه<sup>۱۴</sup>، مدل رتبه‌بندی برناردو<sup>۱۵</sup> و غیره اشاره نمود (۴، ۳۰)، که عمدتاً براساس نظرات جامعه متخصص و خبره انجام می‌شوند. لذا، استفاده از روش‌هایی که بتواند راه حل‌های مناسبی را بر اساس واقعیت مناطق بیابانی و فرایند بیابان‌زایی و مبتنی بر مبانی و اصول نظری ارائه دهد، در مدیریت فرآیند مقابله با بیابان‌زایی، ضروری به نظر می‌رسد (۳۰).

دیگر نیز توسط محققان ایرانی در نقاط مختلف ایران مورد استفاده قرار گرفته است که از این میان می‌توان روش مدل تاکسونومی عددی توسعه یافته<sup>۱</sup>، مدل آسیب‌پذیری محیطی<sup>۲</sup>، روش تحلیل مولفه‌های اصلی<sup>۳</sup> و روش آنتروپی شانون<sup>۴</sup> (۲۹، ۳۱) را نام برد. از آنجا که فرآیند بیابان‌زایی نتیجه تعامل و همگرایی عامل‌های مختلف انسانی و طبیعی است، لذا، انتخاب روش پهنه‌بندی مناسب برای شدت و خطر بیابان‌زایی که با خطای کمتر، دقت و ضریب اطمینان زیاد همراه است و مناسب با شرایط محیطی منطقه مورد مطالعه باشد، نتایج قابل قبولی را برای برنامه‌ریزی و مدیریت مقابله با پدیده مخرب بیابان‌زایی در مقیاس محلی، فراهم خواهد نمود. به عنوان یک روش مناسب برای ارزیابی شدت و پهنه بندی اراضی حساس به بیابان‌زایی در مناطقی با اقلیم مدیترانه‌ای می‌توان به روش ESAs<sup>۵</sup> اشاره نمود. این روش در بسیاری از کشورهای جهان و از جمله ایران، برای ارزیابی حساسیت محیط‌زیستی اراضی به بیابان‌زایی استفاده شده است (۱۲، ۱۵، ۳۲، ۳۳)، که با توجه به نتایج حاصله، می‌توان از این مدل علاوه بر پهنه‌بندی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی، در برنامه‌ریزی سناریو و ارائه راهبردهای مدیریت سرزمین نیز بهره‌برداری نمود. نتایج بدست آمده بیانگر مناسب بودن مدل ESAs جهت ارزیابی شدت و پهنه بندی اراضی حساس به بیابان‌زایی بوده است. در سایر کشورها با اقلیم مشابه نیز نتایج یکسانی بدست آمده است. بطوریکه، برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی در کشورهای حوزه مدیترانه و پهنه‌بندی اراضی حساس به بیابان‌زایی در سه نقطه مختلف جغرافیایی در کشور یونان در جزیره لس وس<sup>۶</sup>، کشور ایتالیا در حوضه آگری در باسیلیکاتا<sup>۷</sup> و در کشور پرتغال در منطقه آلتیگو<sup>۸</sup> اجرا و نتایج آن به کمیسیون اروپا ارائه گردید (۲۰، ۲۱). نتایج بررسی‌های انجام شده تحت عنوان روش و مدل پهنه‌بندی اراضی حساس به بیابان‌زایی در سال ۱۹۹۹ منتشر شد.

10 Analyzes Hierarchy Process (AHP)

11 Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation (PROMETHEE)

12 Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS)

13 Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution (FTOPSIS)

14 Analytical Network Process (ANP)

15 Bernardo Ranking Model

1 Modify Numerical Taxonomy (MNT)

2 Environmental vulnerability index (EVI)

3 Principal Component Analysis (PCA)

4 Shannon's Entropy Model

5 Environmentally Sensitive Areas (ESAs)

6 Lesvos Island

7 Basilicata, Agri Basin

8 Alentejo Region

9 Elimination et Choice Translating Reality (ELECTRE)

استان خراسان رضوی دارای مساحتی در حدود ha  $10^5 \times 116$  است. نزدیک به نیمی از مساحت استان، یعنی در حدود ha ۵۵۰۰۰۰۰، دارای رخساره‌های گوناگون بیابانی است و از این مقدار، در ha  $10^5 \times 15$ ، اراضی تحت تاثیر فرسایش بادی و مساحتی معادل ha ۷۶۸۵۰۰ به عنوان کانون‌های بحرانی فرسایش بادی شناسایی شده‌اند. این استان به ۴ حوزه آبخیز بزرگ تقسیم می‌گردد (قره‌قوم در بخش شمالی، شرق کشور در جنوب و جنوب شرق استان، کویر مرکزی در غرب و بخش کوچکی از اترک در شمال غرب استان). حوزه آبخیز کویر نمک در محدوده طول شرقی ۵۴۰۰۰۰ تا ۷۸۰۰۰۰ متر و عرض شمالی ۳۷۲۰۰۰۰ تا ۳۹۴۰۰۰۰ متر برحسب UTM<sup>۲</sup> قرار دارد (۲۷). محدوده مورد بررسی، بخشی از زیر حوزه آبخیز کویر نمک در کویر مرکزی می‌باشد، از نظر زون ساختاری در پهنه ایران مرکزی واقع است (شکل ۱). بخش شمالی منطقه را کوهستان‌های مرتفع با سنگ‌شناسی رسوبی و آذرین و گستره نسبتاً پهنابوری از آمیزه‌های رنگی<sup>۳</sup> سنگ‌های افیولیتی با ترکیبی از سنگ‌های رسوبی تبخیری که یکی از منابع انتقال شوری به اراضی پایین دست حوزه است، تشکیل می‌دهد. از نظر اقلیمی، بخش جنوبی محدوده مورد مطالعه در اقلیم بیابانی خشک و نیمه خشک و بخش شمالی آن خشک جنب مرطوب است. وضعیت پوشش گیاهی و مراتع در بخش جنوبی ضعیف تا خیلی ضعیف و در بخش شمالی، متوسط می‌باشد (۹، ۱۹، ۲۷). وجود تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای در بخش‌های جنوبی منطقه مورد مطالعه، منشاء آلودگی‌های محیطی و گهگاه مهاجرت افراد بومی شده است. علاوه بر آن چرای دام از عوامل اصلی تخریب مراتع در بخش‌های شمالی و شمالی غربی منطقه به شمار می‌آید. مساحت محدوده مورد مطالعه در حدود ha  $10^6 \times 2$  می‌باشد که شامل شهرستان‌های مه ولات و بجستان و بخش‌های عمده‌ای از شهرستان‌های کاشمر، خلیل آباد، تربت حیدریه، زاوه، رشتخوار و گناباد و نیز قسمت محدودتری از شرق شهرستان بردسکن است. قسمت جنوبی حوزه کویر نمک در خراسان جنوبی واقع گردیده که خارج از محدوده مورد مطالعه در

یکی از روش‌های پیش بینی راهبردها و استراتژی‌های مدیریت برای آینده، برنامه‌ریزی سناریو براساس روش آینده‌پژوهی است (۱۰، ۱۱). در حقیقت می‌توان گفت آینده‌پژوهی، فرآیندی سیستماتیک، مشارکتی و گردآورنده ادراکات آینده است که چشم‌اندازی میان‌مدت تا بلندمدت را با هدف اتخاذ تصمیم‌های روزآمد و بسیج اقدامات مشترک بنا می‌سازد (۱). در این میان روش دلفی<sup>۱</sup> به عنوان یک روش مبتنی بر نظرات دیگران و متخصصین، امکان ارائه و اولویت‌بندی روش‌های مختلف مدیریتی را فراهم می‌سازد. از این روش در جمع‌آوری نظرات درباره موضوعات خاص و نیز یافتن توافق جمعی درباره مسایل مورد اختلاف استفاده می‌گردد. دلفی علاوه بر آنکه یک روش آینده‌پژوهی است یکی از پرکاربردترین مدل‌های تحقیق کیفی نیز محسوب می‌گردد (۱۰، ۱۴).

هدف اصلی پژوهش حاضر، شناسایی و ارزیابی شاخص‌ها و معیارهای موثر بیابان‌زایی و تخریب سرزمین در حوزه کویر نمک و پهنه‌بندی اراضی، بر اساس روش ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی (ESAs) و همچنین ارایه و تدوین راهبردها و استراتژی‌های مدیریتی مبتنی بر برنامه‌ریزی سناریو و روش آینده‌پژوهی می‌باشد هرچند بررسی‌ها و پژوهش‌های متعددی در مناطق مختلف استان خراسان رضوی انجام شده است، اما به دلیل عدم وجود نقشه‌های مناسب همراه با ارائه راهبردهای مدیریتی، امکان کاهش قابل توجه اثرات بیابان‌زایی و تخریب سرزمین در منطقه وجود نداشته و عمده فعالیت‌های اجرایی به صورت پروژه‌های کوتاه مدت و گهگاه بدون ارزیابی اثرات انجام شده است. لذا، امید است نتایج پژوهش حاضر بتواند در ارائه دیدگاه‌های مناسب مدیریتی و ارائه راهبردها و استراتژی‌های عملیاتی مورد استفاده قرار گیرد. مقدار مساحت تحت تأثیر فرسایش بادی در شکل پیوست دیده می‌شود.

## ■ مواد و روش

### معرفی منطقه مورد بررسی

پنج معیار کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، پوشش گیاهی، فرسایش و مدیریت انسانی و تعداد ۱۵ شاخص از جمله بافت خاک، عمق خاک، شیب زمین، زهکشی خاک، بارندگی، تبخیر و تعرق، خشکی، تراکم پوشش گیاهی، محافظت از فرسایش، خطر آتش‌سوزی، فرسایش آبی، فرسایش بادی، تراکم دام سبک، تراکم جمعیت انسانی برای ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی در حوزه کویر نمک استفاده شد. هرکدام از معیارها نیز دارای تعدادی شاخص برای ارزیابی حساسیت مناطق به بیابان‌زایی می‌باشند که بیشتر در سه طبقه ۱ تا ۳ طبقه‌بندی خواهند شد. به‌نحویکه منظور از طبقه ۱ مناطقی با حساسیت کم، کلاس ۲ مناطقی با حساسیت متوسط و مناطق با ارزش و طبقه ۳ مناطقی با حساسیت زیاد به بیابان‌زایی خواهند بود. هرچند برخی از شاخص‌ها دارای بیش از ۳ طبقه می‌باشند (۱۵، ۲۰، ۲۱). مبنای زمانی پژوهش سال ۱۴۰۰ بوده است و برای تکمیل اطلاعات اولیه، علاوه بر بازدیدهای میدانی مکرر از منطقه مورد مطالعه، از طرح‌های اجرایی، گزارشات و نقشه‌های موجود در سال ۱۴۰۰ نیز استفاده شد.

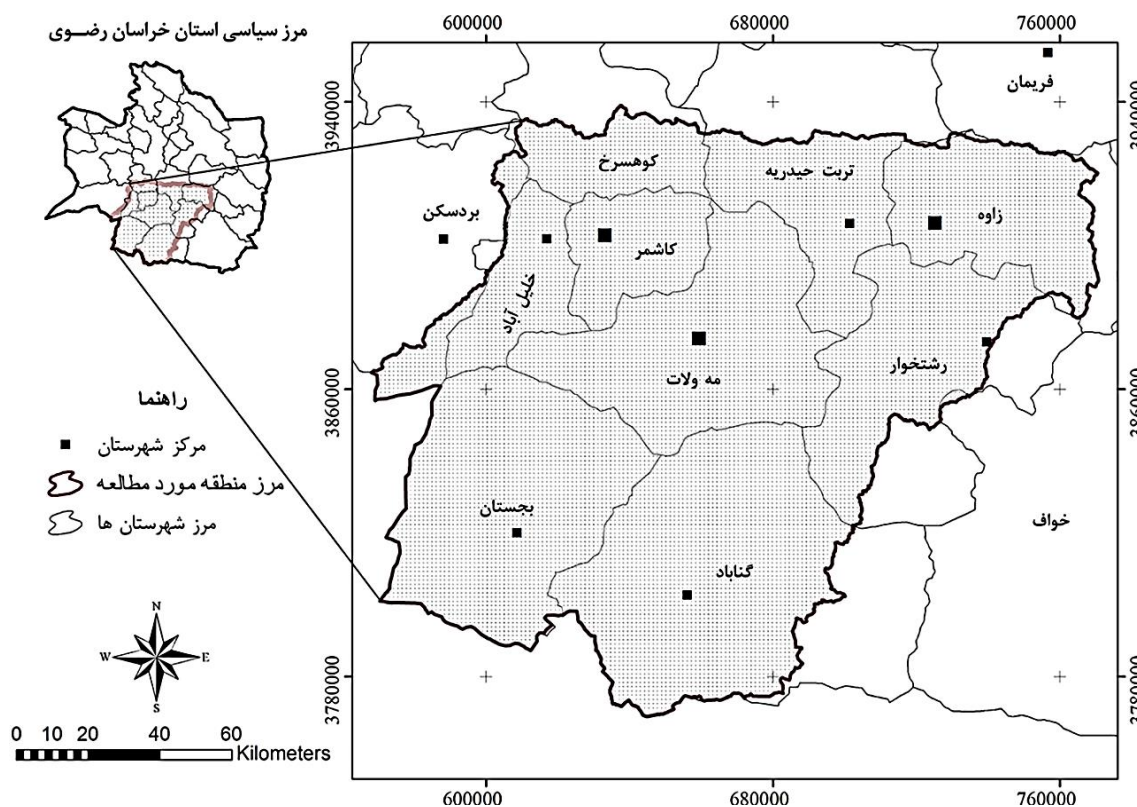
پژوهش حاضر است. علاوه بر آن، بیش از ۱/۳ مساحت این حوزه تحت تأثیر فرسایش بادی و محل وقوع کانون‌های مهم فرسایش بادی استان است. با توجه به اینکه زندگی، معیشت و فعالیت‌های اقتصادی جمعیت انسانی این منطقه که در تمام گستره یا بخشی از ۹ شهرستان واقع در این منطقه سکونت دارند، تحت تأثیر این پدیده قرار دارد (۲۷).

### روش انجام پژوهش

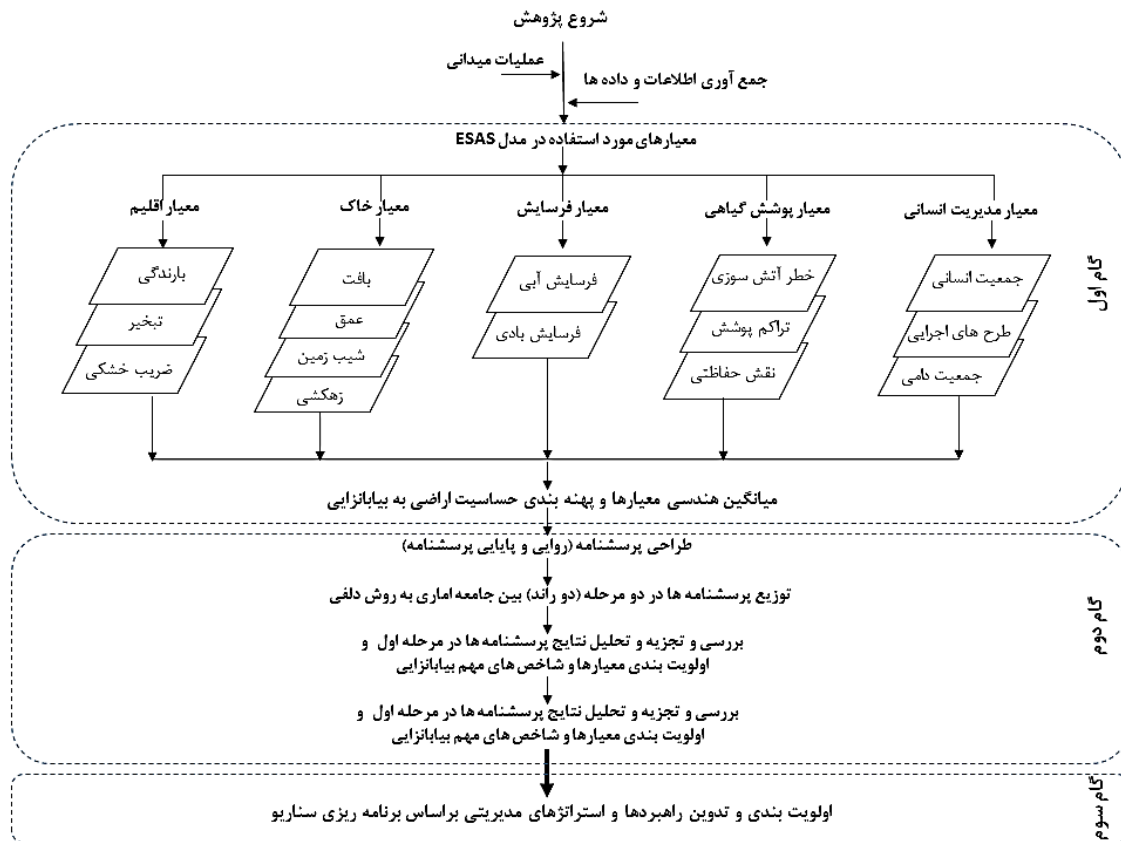
با توجه به ماهیت و هدف، پژوهش حاضر در سه گام طبق نمودار جریان (شکل ۲) انجام شد. گام اول ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی طبق روش ESAs، گام دوم، تعیین جامعه آماری، طراحی پرسشنامه و توزیع آن در دو مرحله و تجزیه و تحلیل نتایج آنها و در گام سوم تعیین و اولویت‌بندی استراتژی‌ها و راهبردهای مدیریتی.

### گام اول: ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی با روش ESAs

برای ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی از مدل جهانی ESAs استفاده شد. بنابراین، با توجه به شرایط منطقه مورد مطالعه و اهمیت موضوع، در پژوهش حاضر از



شکل ۱. محدوده مورد مطالعه، حوزه کویر نمک در ایران و استان خراسان رضوی



شکل ۲. نمودار جریان‌ی مراحل انجام کار

$$MQI = (O \times Pd \times P)^{1/3} \quad (5)$$

در رابطه ۱؛ SQI معیار کیفیت خاک، T شاخص بافت خاک، D شاخص عمق خاک، S شاخص شیب زمین و Dr شاخص زهکشی خاک است (۲۴).

در رابطه ۲؛ CQI شاخص معیار کیفیت اقلیم، E شاخص تبخیر و تعرق، Ai شاخص اندکس خشکی است (۲۳).

در رابطه ۳؛ VQI شاخص معیار کیفیت پوشش گیاهی، F شاخص خطر آتش‌سوزی، Ep شاخص محافظت از فرسایش، V شاخص تراکم پوشش گیاهی است (۲۴).

در رابطه ۴؛ EQI معیار کیفیت فرسایش، Wa شاخص فرسایش آبی، Wi شاخص فرسایش بادی است (۲۴).

در رابطه ۵؛ MQI معیار کیفیت مدیریت انسانی، O تراکم دام، Pd تراکم جمعیت انسانی، P طرح‌های اجرایی (۲۴).

پس از وزن‌دهی و کمی نمودن هر شاخص، طبق جدول استاندارد مدل، شدت بیابانزایی براساس هر شاخص بدست آمد (جدول ۱). سپس با محاسبه میانگین هندسی شاخص‌های هر معیار و با استفاده از روابط ۱ تا ۵، (۲۴)، مقدار ارزش کیفیت معیارها محاسبه و در سیستم اطلاعات جغرافیایی<sup>۱</sup>، لایه اطلاعاتی معیارها تهیه شد (۲۰، ۲۲).

$$SQI = (T \times D \times S \times Dr)^{1/4} \quad (1)$$

$$CQI = (R \times E \times Ai)^{1/3} \quad (2)$$

$$VQI = (F \times Ep \times V)^{1/3} \quad (3)$$

$$EQI = (Wa \times Wi)^{1/2} \quad (4)$$

جدول ۱. ارزش وزنی معیارها و شاخص‌های موثر بیابان‌زایی حوزه کویر نمک طبق استاندارد مدل ESAs (۲۰، ۲۴)

ارزش وزنی	ویژگی کمی و کیفی شاخص‌ها	شاخص	معیار
۱/۲	ماسه‌ای رسی - سیلتی لوم - سیلتی رسی لوم	بافت	
۱/۶	سیلت - رس - رسی سیلتی		
۲	ماسه‌ای		
۱/۲	متوسط (۳۰ - ۷۵)	عمق (سانتی‌متر)	
۱/۶	کم (۱۵ - ۳۰)		
۲	خیلی کم (< ۱۵)		
۱	خیلی کم تا مسطح (< ۶)	شیب (درصد)	خاک
۱/۲	کم (۶ - ۱۸)		
۱/۵	زیاد (۱۸ - ۳۵)		
۲	خیلی زیاد (> ۳۵)	زهکشی خاک	
۱	خوب		
۱/۲	ناقص		
۲	ضعیف	بارندگی (میلی‌متر)	
۱	> ۳۰۰		
۱/۲	(۲۰۰ - ۳۰۰)		
۱/۵	(۱۵۰ - ۲۰۰)	تبخیر و تعرق (میلی‌متر)	
۱/۷	(۱۰۰ - ۱۵۰)		
۲	< ۱۰۰		
۱	> ۱۵۰۰	تبخیر و تعرق (میلی‌متر)	اقلیم
۱/۵	(۱۵۰۰ - ۲۰۰۰)		
۲	> ۲۰۰۰		
۱/۵	(۰/۲۰ - ۰/۵۰) نیمه خشک	ضریب خشکی	
۱/۸	(۰/۲۰ - ۰/۳۰) خشک		
۲	(۰/۳۰) خیلی خشک		
۱/۳	$0/10 < DVI < 0/20$	پوشش گیاهی	
۱/۷	$0 < DVI < 0/10$		
۱	بوستان‌ها و باغات میوه - مراتع همیشه سبز	محافظةت از فرسایش	پوشش گیاهی
۱/۳	چمنزارها و مراتع دائمی		
۱/۶	کشتزارها و مزارع غلات - چمنزارهای یکساله		
۲	فاقد پوشش (لخت)	خطر آتش سوزی	
۱	فاقد پوشش (لخت)		
۱/۵	کشتزارها و مزارع غلات - چمنزارهای یکساله		
۲	بوستان‌ها و باغات میوه - مراتع همیشه سبز	فرسایش آبی*	
۱	کم		
۱/۴	متوسط		
۱/۷	زیاد	فرسایش بادی	فرسایش
۲	خیلی زیاد		
۱	کم		
۱/۵	متوسط	خیلی زیاد	
۱/۸	زیاد		
۲	خیلی زیاد		

\* نقشه مورد استفاده برای ارزیابی فرسایش آبی، از نقشه‌های موجود در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزدای استان خراسان رضوی می‌باشد که با روش PSIA در سال ۱۳۹۷ تهیه شده است.



ادامه جدول ۱. ارزش وزنی معیارها و شاخص‌های موثر بیابان‌زایی حوزه کویر نمک طبق استاندارد مدل ESAs (۲۰، ۲۴)

ارزش وزنی	ویژگی کمی و کیفی شاخص‌ها	شاخص	معیار
۱	< ۲۰		
۱/۵	۲۰ - ۴۰	تراکم جمعیت (نفر در هکتار)	مدیریت انسانی
۱/۷	۴۰ - ۶۰		
۲	> ۶۰		
۱	۵۰ - صفر	تراکم دام (تعداد دام در هکتار)	مدیریت انسانی
۱/۲	۵۰ - ۱۰۰		
۱/۴	۱۰۰ - ۲۰۰		
۱/۷	۲۰۰ - ۳۰۰		
۲	> ۳۰۰		
۱	دارای طرح و اجرا شده	طرح‌های اجرایی	
۱/۳	دارای طرح، اجرا نشده		
۱/۷	فاقد طرح، اجرا نشده		

است که جهت‌گیری و حرکت سازمان‌ها بر اساس آن‌ها صورت می‌گیرد و استراتژی نیز در مفهوم امروز آن، بدین معنی است که، مقصد کجاست و رسیدن به آن چگونه است؟. استراتژی به گونه‌ای، اهداف بلندمدت را تبیین می‌نماید، اما تأکید آن بر چگونگی تحقق این اهداف است. در واقع استراتژی، جنبه عملیاتی از راهبرد است (۱۰، ۲۸، ۳۸). لذا در این گام، به منظور استخراج نقطه نظرها جامعه آماری متخصص در خصوص عامل‌های اصلی بیابان‌زایی منطقه و نیز راهکارهای مدیریت حوضه، از روش آینده‌پژوهی دلفی استفاده شد. بدین منظور، بر اساس نتایج و داده‌های به‌دست آمده در گام اول، طی دو مرحله، پرسشنامه‌هایی تنظیم و بین جامعه آماری مورد نظر توزیع شد (پیوست ۱).

سپس، با محاسبه میانگین هندسی معیارها، حساسیت اراضی به بیابان‌زایی منطقه یا  $ESAI^1$  محاسبه و با مقایسه با طبقه‌بندی استاندارد مدل، طبقه حساسیت به بیابان‌زایی منطقه تعیین شد (جدول ۲).

**گام دوم:** استفاده از روش دلفی، طراحی پرسش‌نامه، انتخاب جامعه آماری و تحلیل داده‌های آماری

یکی از اهداف پژوهش حاضر، ارائه راهبردها و استراتژی‌های مدیریتی مبتنی بر آینده‌پژوهی در مدیریت حوزه آبریز کویر نمک است، منظور از راهبرد، مجموعه‌ای از اهداف غایی، مقاصد اساسی، مأموریت‌های بنیادین، قواعد زیربنایی و نحوه تخصیص منابع برای دست‌یابی به اهداف

جدول ۲. طبقه بندی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی (۲۱)

نماد طبقه	کلاس / طبقه حساسیت اراضی	دامنه تغییرات هر طبقه در $ESAI$
C3	بحرانی شدید	> ۱/۵۳
C2	بحرانی متوسط	۱/۴۲ - ۱/۵۳
C1	بحرانی	۱/۳۸ - ۱/۴۱
F3	خیلی شکننده	۱/۳۳ - ۱/۳۷
F2	شکننده	۱/۲۷ - ۱/۳۲
F1	نسبتاً شکننده	۱/۲۳ - ۱/۲۶
P	دارای پتانسیل شکنندگی	۱/۱۷ - ۱/۲۲
N	غیر موثر	< ۱/۱۷

گزینه‌ها، براساس روش وزن‌دهی، ارزش عددی اختصاص داده شد و پاسخ‌های کیفی، به رتبه‌های کمی تبدیل شدند (۱). سطح مطلوبیت هر یک از شاخص‌ها، با استفاده از طیف سه قسمتی تعیین سطح مطلوبیت انجام شد. بر اساس این طیف، از ۱ تا ۱/۶۶ به عنوان نامطلوب، از ۱/۶۶ تا ۲/۳۳ نسبتاً مطلوب و از ۲/۳۳ تا ۳ به عنوان سطح مطلوب مشخص شد (شکل ۳) (۱، ۱۱) (رابطه ۶).

$$x = \frac{a * b}{N} \quad (۶)$$

که در این رابطه (۱۰):

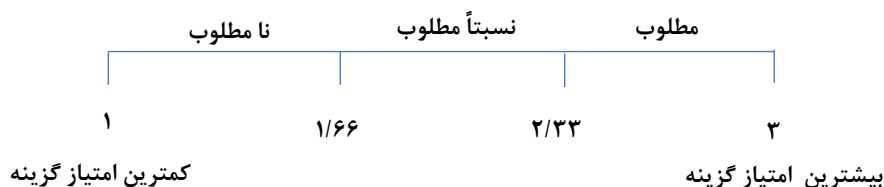
X=امتیاز نشانگر، a، فراوانی گزینه مربوط به هر نشانگر b، ارزش عددی وزن هر سطح N، تعداد کل پاسخ دهندگان به سوال مورد نظر

پس از آنکه سطح مطلوبیت هر پاسخ یا هر شاخص به دست آمد، مجدداً سطوح کیفی مطلوبیت، با وزن دهی مجدد، به ارقام کمی تبدیل شد. به نحویکه به سطح مطلوب، ارزش وزنی ۳، نسبتاً مطلوب؛ ارزش وزنی ۲ و به سطح نامطلوب؛ ارزش وزنی ۱ داده شد. سپس با محاسبه ارزش وزنی سطح مطلوبیت طبق رابطه ۶، ارزش کمی هر معیار نیز تعیین و مشابه شاخص‌ها، سطح مطلوبیت معیارها نیز با استفاده از طیف سه قسمتی تعیین مطلوبیت به دست آمد (شکل ۳) (۱، ۱۱).

در مرحله آخر، ارزش‌های کیفی معیارها، با وزن دهی مجدد بین اعداد ۱ تا ۳، برای سطح مطلوب؛ ارزش عددی ۳، نسبتاً مطلوب؛ ارزش عددی ۲ و نامطلوب؛ ارزش عددی ۱ اختصاص یافت. در ادامه نیز، با محاسبه میانگین وزنی معیارها، امتیاز عامل محاسبه شد.

در تدوین پرسش‌ها سعی شد از سؤال‌های بی‌ربط و مبهم خودداری شود. پاسخ سؤال‌ها در این روش براساس طیف لیکرت<sup>۱</sup> و در ۶ ستون خیر، ناچیز، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد درجه‌بندی و به هر ستون بترتیب، ارزش عددی صفر تا ۵ داده شد (۱۰). پرسش‌نامه‌های طراحی شده، مشتمل بر ۲۵ سؤال، پیرامون ۵ معیار اصلی خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، فرسایش و مدیریت انسانی طبقه‌بندی گردید. جامعه آماری شامل؛ کارشناسان ارشد و مدیران اجرایی متخصص در حوزه بیابان، منابع طبیعی و محیط زیست به تعداد ۴۸ نفر بودند که بر اساس جدول مورگان (۱۰) برای جامعه ۴۸ نفره، تعداد ۴۰ نفر از مدیران و کارشناسان بیابان اداره کل منابع طبیعی استان و سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور و چند تن از استادان گروه مدیریت بیابان دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد به عنوان اعضای نمونه آماری برای تکمیل پرسشنامه انتخاب شدند. ضریب پایایی با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ به مقدار ۲/۸۶ به دست آمد که مبین پایایی مطلوب بود. در خصوص روایی پرسش‌نامه‌ها نیز از نظر کارشناسان و صاحب‌نظران اجرایی و پژوهشی استفاده و روایی پرسشنامه‌ها تایید شد (۱۰، ۱۱).

پس از توزیع پرسش‌نامه‌های دور اول و دریافت پاسخ‌ها، با استفاده از روش محاسبه امتیاز شاخص، نسبت به ارزیابی و امتیازدهی به هر پاسخ اقدام شد (۱۰). طبق این روش، هر پرسش به عنوان یک شاخص، دارای جایگاه مشخص و بر حسب مقیاس رتبه‌ای آن درجه‌بندی شد. به عبارت دیگر برای گزینه‌های این نوع مقیاس، سلسله مراتب درجه‌بندی شده خیر، ناچیز، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد در نظر گرفته شد و به هر یک، ارزش وزنی از صفر تا ۵ داده شد. تعیین امتیاز شاخص‌ها؛ بدین صورت انجام شد که به پاسخ



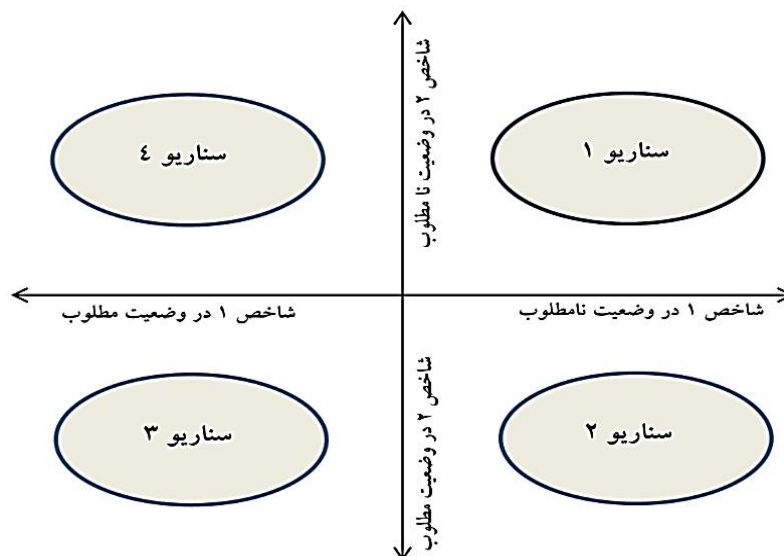
شکل ۳. طیف سه قسمتی تعیین مطلوبیت (۱، ۱۱)

و تحلیل داده‌ها، به ترتیب، معیارهای؛ اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، فرسایش و مدیریت انسانی، به عنوان معیارهای مؤثر، از دیدگاه جامعه آماری شناسایی و اولویت‌بندی شد. پس از آن، با توجه به امتیاز شاخص‌ها، بیشترین شاخص از هر معیار، انتخاب و با استفاده از ماتریس سناریو (۱۰، ۲۸، ۳۸)، شاخص منتخب از معیار اول با شاخص منتخب از معیار دوم مورد بررسی قرار گرفتند. به‌طوریکه براساس قطاع‌های صورت گرفته، تحلیل کارشناسی برای تدوین بهترین راهبردها و استراتژی‌ها طبق نظر جامعه آماری تدوین شد. با توجه به نحوه قرارگیری شاخص‌های متفاوت در هر ماتریس، سناریوهای قابل تصور، در بدترین حالت؛ سناریوی ۱، بهترین شرایط؛ سناریوی ۳ و در وضعیت حدواسط؛ سناریوهای ۲ و ۴ پیش‌بینی و تحلیل و راهبردهای مدیریتی برای هر سناریو تدوین شد (شکل ۴). با توجه به شاخص‌های منتخب از ۵ معیار مؤثر در بیابان‌زایی منطقه، تعداد ۱۰ ماتریس سناریو برای پیش‌بینی و تحلیل وضعیت طبیعی و محیطی، در ۴۰ سناریوی متفاوت تنظیم گردید. سپس با استفاده از تجربه‌های اجرایی، مدیریتی و آکادمیک نویسندگان پژوهش حاضر، راهبردها و اقدامات مدیریتی محتمل و جامع‌نگر برای هر سناریو تدوین که به دلیل حجم بالای مطالب از ارائه آنها در این مجال، خودداری می‌گردد. پس از آن با حذف موارد تکراری و ادغام موارد مشابه، رهنمودهای حاصله در ۴ عنوان، تحت راهبردهای مدیریتی و ۱۲ استراتژی طبقه‌بندی گردید.

در مرحله دوم توزیع پرسشنامه، با توجه به نتایج به‌دست آمده در مرحله اول، تغییراتی در سوال‌ها و ترتیب و تقدم آنها داده شد که بازخورد سوال‌ها مجدداً مورد ارزیابی و تحلیل قرار گیرد. بدین ترتیب، در این گام، داده‌های حاصل از پاسخ‌نامه‌های جامعه آماری طی دو مرحله مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت و مهمترین شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی منطقه از دیدگاه پرسش‌شوندگان نیز احصا و با نتایج حاصل از گام اول مقایسه شد.

#### گام سوم: برنامه‌ریزی سناریوهای آینده‌نگر

در ترسیم سناریوهای آینده‌نگر، سه سطح آینده مورد ارزیابی قرار می‌گیرد، آینده‌های ممکن، که شامل وضعیت‌هایی است که می‌تواند در آینده محقق شود. این دسته از سناریوها، عمدتاً حاصل تصورات ذهنی است. آینده‌های باور کردنی، به آن دسته از آینده‌هایی اطلاق می‌گردد که براساس دانش فعلی تحلیل‌گران استوار است و امکان بروز آنها در آینده متصور است. آینده‌های محتمل که به آن دسته از وقایعی اشاره دارد که احتمالاً در آینده محقق می‌گردند. در سناریو نویسی برای آینده، از تقاطع دو عامل مؤثر با بیشترین عدم قطعیت استفاده و ترکیبی از آینده‌های ممکن، محتمل و باورکردنی به عنوان آینده مطلوب، به صورت ماتریس سناریو ترسیم و برای نیل به آن، راهکارهای مدیریتی مختلف تدوین می‌شود (۳۸). با توجه به نتایج به‌دست آمده از دو مرحله توزیع پرسشنامه



شکل ۴. ماتریس سناریو (۱۱)

در انتها به منظور اولویت‌بندی راهبردها و استراتژی‌های آینده‌نگر، در جلسه‌ای با حضور تعداد محدودتری از جامعه آماری متخصص که عمدتاً از کارشناسان ارشد، مدیران ارشد ادارات اجرایی بودند، راهبردهای مدیریتی و استراتژی‌های مربوط به هر یک، با استفاده از شیوه ماتریس مقایسه زوجی امتیازدهی و اولویت‌بندی گردید (۱۰، ۱۱).

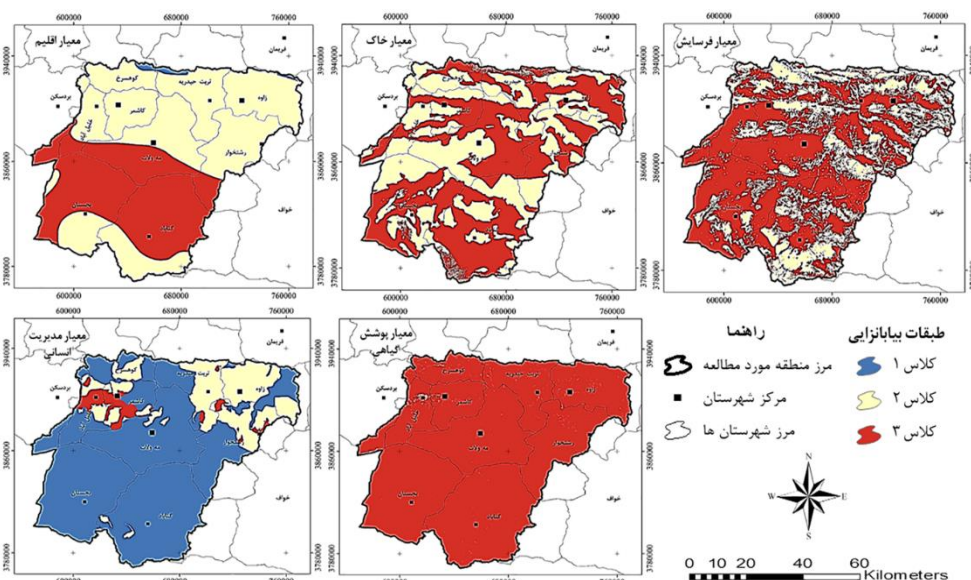
■ نتایج

نتایج گام اول: ارزیابی و پهنه‌بندی حساسیت به بیابان‌زایی

نتیجه تحلیل و پردازش شاخص‌ها و معیارها در سیستم اطلاعات جغرافیایی نشان داد که معیار اقلیم با ارزش وزنی ۱/۵۴ بالاترین رتبه و سایر معیارها بترتیب، مدیریت انسانی، خاک، فرسایش و پوشش با ارزش‌های وزنی ۱/۵۳، ۱/۵۱، ۱/۵۰ و ۱/۴۵ به عنوان معیارهای بعدی موثر در بیابان‌زایی منطقه هستند (جدول ۳). در سامانه اطلاعات جغرافیایی، نقشه‌های مربوط به معیارهای فوق نیز تهیه گردید (شکل ۵).

جدول ۳. طبقه‌بندی و رتبه‌بندی کیفیت معیارها بر اساس مدل ESAs

نوع معیار	طبقه	دامنه معیار	میانگین هندسی معیار	مساحت (کیلومتر مربع)
کیفیت خاک SQI	۱	$< 1/13$	۱/۵۱	۳/۴۵
	۲	$1/13 - 1/45$		۹۶۵۵/۴۳
	۳	$> 1/46$		۱۱۵۵۱/۱
کیفیت اقلیم CQI	۱	$< 1$	۱/۵۴	۱۸۲/۲۹
	۲	$1 - 1/49$		۱۲۵۸۹/۵۸
	۳	$1/5 - 2$		۸۴۴۷/۲۶
کیفیت پوشش گیاهی VQI	۱	$< 1/14$	۱/۴۵	صفر
	۲	$1/14 - 1/38$		۴۴/۴
	۳	$> 1/38$		۲۱۱۷۳/۳
کیفیت فرسایش EQI	۱	$< 1/13$	۱/۵۰	۱۰۸/۲۴
	۲	$1/14 - 1/45$		۷۹۴۵/۹۳
	۳	$> 1/46$		۱۳۱۶۴/۷۸
کیفیت مدیریت انسانی MQI	۱	$< 1/30$	۱/۵۳	۱۶۲۰۳/۲۴
	۲	$1/30 - 1/50$		۴۱۶۸/۰۲
	۳	$> 1/50$		۸۴۷/۶۲



شکل ۵. نقشه معیارهای بیابان‌زایی

بحرانی شدید C3 قرار دارند و سطح محدودی از اراضی نیز دارای پتانسیل بیابان‌زایی P است (جدول ۴). درصد سطح اشغال طبقه‌های حساسیت اراضی به بیابان‌زایی در شهرستان‌های واقع در حوزه مورد بررسی به قرار زیر است (جدول ۵). جالب توجه است که، درصد اراضی واقع در طبقه C2 از C1 و C3 بیشتر و دقیقاً نقش‌گذار از مرحله بحرانی کم به مرحله بحرانی متوسط را ایفا می‌کنند (شکل ۶).

به‌طوریکه مقدار شاخص حساسیت اراضی به بیابان‌زایی منطقه مورد بررسی در حدود ۱/۵ به‌دست آمد و در طبقه بحرانی متوسط C2 قرار دارد. با توجه به نتایج بدست آمده مشخص شد مساحتی در حدود ۱۸۱۴/۵ km<sup>2</sup> از اراضی منطقه در طبقه شکننده (F)، ۳۰۳۷/۲ km<sup>2</sup> عرصه بحرانی C1، ۱۱۱۰۳/۳ km<sup>2</sup> بحرانی متوسط C2، ۵۲۵۱/۳ km<sup>2</sup> در

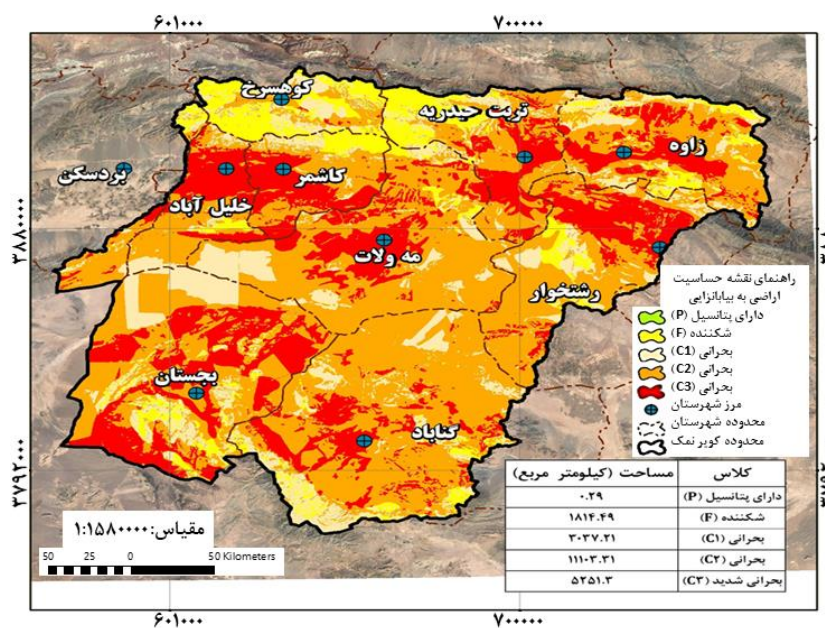
جدول ۴. طبقه‌بندی میزان حساسیت اراضی به بیابان‌زایی اراضی حوزه کویر نمک

سطح اشغال / درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	طبقه بیابان‌زایی / نماد طبقه
۱۲	۲۶۱۴/۶	دارای پتانسیل بیابان‌زایی و شکننده F و P
۱۷	۳۵۸۴/۱	بحرانی C1
۵۲	۱۰۹۸۴/۸	بحرانی شدید C2
۱۹	۴۰۰۳/۳	بحرانی خیلی شدید C3

جدول ۵. درصد توزیع طبقه‌های حساسیت اراضی به بیابان‌زایی در شهرستان‌های حوزه مورد مطالعه

نام شهرستان	C3	C2	C1	F	P
بجستان	۲۶	۴۹	۱۸	۷	
گناباد *	۱۰	۶۲	۲۰	۸	
کاشمر	۳۷	۳۸	۱۰	۱۵	
خلیل‌آباد *	۳۳	۵۰	۱۲	۵	
مه‌ولات	۲۲	۶۲	۱۴	۳	
رشتخوار *	۲۰	۵۲	۱۸	۱۰	
زاوه *	۲۰	۴۵	۱۹	۱۷	
ترت حیدریه *	۲۰	۴۲	۱۴	۲۲	۲
کوهسرخ *	۱	۱۷	۲۰	۶۲	

\* بخشی از مساحت این شهرستان‌ها در خارج از حوزه کویر نمک قرار دارد



شکل ۶. نقشه پهنه‌بندی حساسیت به بیابان‌زایی اراضی حوزه کویر نمک استان خراسان رضوی

## نتایج گام دوم: ارزیابی و تحلیل داده‌های آماری

نتایج تحلیل داده‌ها نشان داد که از نگاه جامعه آماری، معیار اقلیم، مدیریت و فرسایش، هر کدام با امتیاز ۳ مهمترین معیارها و پس از آن‌ها به ترتیب، معیارهای خاک و پوشش گیاهی با امتیازهای ۲/۷۵ و ۲/۵۰ به عنوان معیارهای موثر در بیابان‌زایی هستند (جدول ۶).

## نتایج گام سوم: اولویت‌بندی راهبردها و استراتژی‌های مدیریتی

با توجه به سناریوهای آینده‌پژوهی که از طریق ماتریس سناریوهای محورهای متقاطع تدوین شد، بیش از یکصد راهکار مدیریتی برای شرایط بحرانی، عادی و حدواسط تدوین گشت که پس از حذف موارد تکراری و ادغام موارد مشابه و نزدیک بهم، راهبردها و استراتژی‌های مدیریتی جامع‌نگر برای سناریوهای مختلف تدوین شد. سپس با حذف موارد تکراری و ادغام موارد مشابه، تعداد ۴۹ رهنمود و اقدام مدیریتی احصا و در نهایت اقدامات مدیریتی در ۴ گروه اصلی، به عنوان راهبردهای مدیریتی جامع‌نگر و در ۱۲ دسته به عنوان استراتژی‌های هدفمند تفکیک و برای هر استراتژی، راهکارها و اقدامات مناسب به شرح زیر تدوین شد.

## راهبرد مدیریتی ۱: اعمال مدیریت تطبیقی و انسجام سازمانی

استراتژی اول - برنامه‌های بازدارنده و جلوگیری از تخریب اراضی در کوتاه مدت

اقدام ۱- پی‌گیری وضع و یا اصلاح قوانین بازدارنده حفاظت از منابع زیستی.

اقدام ۲- اعمال تغییر و اصلاح در روش‌های بهره‌برداری از منابع محیطی و زیستی، در راستای کنترل بیابان‌زایی و

پایداری منابع.

اقدام ۳- برخورد با متخلفان تخریب منابع زیستی و محیطی و متوقف نمودن فعالیت‌های منتهی به تخریب.  
اقدام ۴- برقراری مشوق‌های منطقی در راستای متوقف نمودن فعالیت‌های منجر به تخریب.

استراتژی دوم- برنامه‌های توسعه‌ای، اصلاحی و حفاظتی

درمیان مدت و بلند مدت

اقدام ۱- پتانسیل‌سنجی اکولوژیکی منطبق بر اسناد بالادستی (طرح آمایش سرزمین، طرح‌های توسعه شهرستان، شهر و روستا، برنامه‌های توسعه پنج‌ساله، طرح‌های هادی در مناطق روستایی و طرح‌های جامع در مناطق شهری).

اقدام ۲- رایزنی‌های ملی و بین‌المللی جهت برقراری و انتفاع از تجارت کربن به عنوان یکی از منابع درآمدی برنامه‌های توسعه.

اقدام ۳- ایجاد زیرساخت‌های لازم برای تامین نیازهای آموزشی، بهداشتی، ورزشی و فرهنگی آحاد جامعه بخصوص جوانان در راستای کاهش مهاجرت.

اقدام ۴- تامین آب شرب پایدار، برق و گاز از سوی دستگاه‌های متولی در راستای افزایش روحیه و امید به زندگی در مناطق سخت و شکننده.

اقدام ۵- تغییر روش کشت و سبک کشاورزی در مناطق سخت و شکننده به کشت‌های گلخانه‌ای و استفاده از روش‌های نوین آبیاری با همکاری دستگاه‌های ذیربط.

اقدام ۶- اجرای برنامه‌های به‌زراعی، اعم از تغییر در نوع و الگوی کشت و تغییر در شیوه‌های آبیاری و کنترل آفات و بیماری‌های زراعی و باغی با همکاری دستگاه‌های ذیربط به منظور افزایش بهره‌وری و استفاده بهینه از منابع زیستی.

جدول ۶. مقایسه نتایج ارزیابی معیارها با مدل ESAs و روش دلفی (نظر کارشناسان در جامعه آماری)

معیار	ارزش وزنی معیارها در مدل ESAs	ارزش وزنی معیارها در روش دلفی
اقلیم	۱/۵۴	۳
مدیریت	۱/۵۳	۳
خاک	۱/۵۱	۲/۷۵
فرسایش	۱/۵۰	۳
پوشش گیاهی	۱/۴۵	۲/۵۰

اقدام ۶- ایجاد تشکلهای توسعه و تعاونی‌های روستایی در راستای تقویت روحیه مشارکتی و نگرش‌های محیط‌زیستی آحاد جامعه در نقاط آسیب‌پذیر.

استراتژی دوم- توان‌افزایی اقتصادی جوامع محلی در راستای کاهش وابستگی به سرزمین

اقدام ۱- ایجاد صندوق‌های اعتباری خرد روستایی و حمایت محلی و مردمی به دلیل آسیب در تولیدات روستایی.

اقدام ۲- برقراری مشوق‌های لازم جهت مشارکت سرمایه‌گذاران غیر بومی با ساکنان بومی جهت احداث نیروگاه‌های بادی و خورشیدی با همکاری و حمایت دستگاه‌های ذیربط.

اقدام ۳- اعطای وام‌های کم‌بهره و بلاعوض به مستمندان، تهیه وسایل و تجهیزات کارگاهی کوچک و بازاریابی برای ادامه چرخه تولید و کاهش مهاجرت.

اقدام ۴- اعطای وام کم‌بهره به متقاضیان احداث نیروگاه‌های برق خورشیدی  $5\text{ kW}$  متصل به شبکه و ایجاد درآمد پایدار.

اقدام ۵- برنامه ریزی و ایجاد زیرساخت‌های متناسب با شرایط منطقه و جمعیت ساکن و نیاز گردشگران.

اقدام ۶- شناسایی و توسعه ظرفیت‌های بوم‌گردی بیابان در مناطق مستعد و ایجاد اشتغال و درآمدهای جایگزین.

استراتژی سوم - توسعه مشاغل سازگار با محیط و ایجاد درآمدهای جایگزین

اقدام ۱- توسعه مشاغل کوچک کارگاهی و حمایت از آنها و ایجاد شبکه‌های هوشمند مجازی مبادله و بازاریابی با مشارکت جوامع محلی.

اقدام ۲- توسعه و جایگزینی مشاغل سازگار با محیط زیست مانند دامداری‌های بسته، زنبورداری، پرورش آبزیان، پرورش ماکیان، تولید و فرآوری و بسته‌بندی گیاهان دارویی، مشاغل خانگی یا کارگاه‌های کوچک قالبی بافی یا کشت‌های گلخانه‌ای و غیره با حمایت دستگاه‌های ذیربط

استراتژی سوم- انسجام سازمانی و توانمند سازی ساختاری و اداری

اقدام ۱- جایگزین نمودن روش‌های مدیریت تطبیقی یا مدیریت استراتژیک بجای شیوه‌های مدیریت سنتی.

اقدام ۲- چابک‌سازی ساختاری و تشکیلاتی منابع طبیعی استان و شهرستان‌ها و تکمیل کادر مورد نیاز از طریق جذب و بکارگیری نیروهای متخصص و حفاظتی و اداری مورد نیاز در راستای اعمال مدیریت جامع مناطق بیابانی.

اقدام ۳- هماهنگ نمودن دستگاه‌های اجرایی مرتبط و موثر در ایجاد زیرساخت‌های توسعه و ارائه خدمات هوشمند و دستورالعمل‌های استفاده بهینه از منابع زیستی متناسب با ظرفیت‌های بوم‌شناختی (اکولوژیک) منطقه.

اقدام ۴- تقویت نقش مدیران محلی از طریق تفویض اختیار برای مدیریت بهینه و اعمال مقررات استفاده صحیح از منابع.

راهبرد مدیریتی ۲: توانمند سازی اقتصادی و اجتماعی جوامع محلی

استراتژی اول- توانمندسازی جوامع محلی و تقویت نهادهای اجتماعی

اقدام ۱- شناسایی افراد ذی‌نفوذ، رهبران محلی، ریش سفیدان و روحانیون موثر در جوامع محلی و برگزاری جلسات توجیهی.

اقدام ۲- استفاده از نقش افراد ذی‌نفوذ در رفع اثرات نامطلوب محیطی در راستای مدیریت ریسک و پایداری استفاده از منابع زیستی.

اقدام ۳- تشکیل اتاق فکر مشورتی با نمایندگان مورد وثوق جوامع محلی و تدوین دستورالعمل‌های مشارکتی در راستای مدیریت بحران.

اقدام ۴- برگزاری جلسات عمومی با جوامع محلی و آگاهی‌رسانی از وضعیت بحرانی و شرایط سخت آبی و راه‌های برون رفت.

اقدام ۵- اهمیت به نقش مردم در حفاظت از منابع زیستی و برقراری مشوق‌های لازم توسط دستگاه‌های اجرایی.

اقدام ۳- توسعه و بهره‌مندی از ظرفیت‌های رسانه‌ای و فضای مجازی در راستای ارتقای آگاهی و خرد جمعی.

راهبرد مدیریتی ۴: اجرای مشارکتی طرح‌های منابع طبیعی و آبخیزداری  
استراتژی اول- اجرای سازه‌های مهار و تولید آب و پایداری آبخوان‌ها

اقدام ۱- اجرای طرح‌های آبخیزداری و آبخوان‌داری اولویت دار و زود بازده منابع طبیعی مانند عملیات کوچک برای کنترل سیلاب، تغذیه منابع و حفاظت خاک.

اقدام ۲- اجرای طرح‌های آبخیزداری و ذخیره نزولات با مشارکت خیرین و بهره‌برداران.

اقدام ۳- اجرای طرح‌های مناسب برای کنترل رواناب و استفاده از آب‌های سطحی متناسب با فرصت‌ها و تهدیدها.

استراتژی دوم- توسعه پوشش گیاهی و حفاظت خاک  
اقدام ۱- اجرای طرح‌های مرتعداری تلفیقی و طرح‌های چند منظوره و غنی سازی مراتع همراه با ذخیره نزولات با هدف کاهش فشار از مراتع و ایجاد سایر درآمدها.  
اقدام ۲- اجرای طرح‌های مشارکتی جنگلکاری و مرتعداری و نیز اجرای طرح‌های ذخیره نزولات و غنی سازی مراتع با سایر گونه‌های گیاهی سازگار با مشارکت مردم.

اقدام ۳- بازسازی و احیای مراتع تخریب شده با اجرای طرح‌های مرتعداری تلفیقی در راستای توسعه پایدار  
اقدام ۴- اجرای طرح‌های تعادل دام و مرتع بخصوص در مناطق دارای اختلاف و تشویق دامداران به سمت ایجاد دامداری‌های بسته.  
اقدام ۵- برقراری تسهیلات لازم برای تامین علوفه و جیره تکمیلی دام در نقاط حساس.

استراتژی سوم- ایجاد زنجیره ارزش در فعالیت‌های بیابان‌زایی  
اقدام ۱- اجرای عملیات تثبیت ماسه‌های روان و طرح‌های احیای بیابان در مناطق بحرانی و در شعاع مناسبی از روستا و ایجاد کمربند سبز اکولوژیکی و حفاظتی با مشارکت بومیان منطقه.

اقدام ۳- معدنکاری در مناطق بیابانی و استفاده از نیروی کار بومیان در فعالیت‌های معدنی و تدوین و نظارت بر پروتکل‌های محیط‌زیستی و کنترل بیابان.

راهبرد مدیریتی ۳: توسعه آموزش، فرهنگ‌پروری و تبلیغات

استراتژی اول- توسعه آموزش، ترویج و تقویت ظرفیت‌های مشارکتی

اقدام ۱- ارائه دوره‌های آموزشی برای جوامع محلی به منظور ارتقای دانش و آگاهی آنان از بروز شرایط شکننده و بحرانی و بهره‌برداری بهینه از منابع زیستی.

اقدام ۲- ارائه دوره‌های آموزشی برای آشنایی جوامع محلی و بهره‌برداران با روش‌های مدیریت جامع منابع طبیعی، جنگلداری، جنگلکاری، مرتعداری، حفاظت از حوضه‌های آبخیز و آشنایی با قوانین و مقررات.

اقدام ۳- آموزش و ارتقای مهارت در مشاغل روستایی و سازگار با محیط‌زیست، مانند پرورش ماهی، زنبورداری، تولید و فرآوری و بسته‌بندی گیاهان دارویی و دامداری‌های بسته، مشاغل خانگی یا کارگاه‌های کوچک قالی بافی یا کشت‌های گلخانه‌ای در مناطق روستایی.

استراتژی دوم- بکارگیری روش‌های نوین کشاورزی و دامداری

اقدام ۱- ارائه آموزش‌های ترویجی برای آشنایی و بکارگیری روش‌های نوین کشاورزی و آبیاری متناسب با شرایط منطقه.

اقدام ۲- ارائه آموزش‌های ترویجی برای آشنایی دامداران با روش‌های نوین دامداری، به‌نژادی، دامپزشکی و غیره متناسب با شرایط منطقه

استراتژی سوم- توسعه فرهنگ‌پروری و رسانه  
اقدام ۱- آگاهی‌رسانی از طریق صدا و سیمای ملی و استانی در راستای بهره‌برداری‌های منطقی و پایدار از طبیعت بویژه مناطق بیابانی.

اقدام ۲- برگزاری نمایشگاه‌ها و همایش‌های عمومی و تخصصی به منظور معرفی و ارائه خدمات مورد نیاز مناطق و جوامع بهره‌بردار.



توسعه بیابان‌زایی معرفی شده است (۱۲، ۱۶، ۳۲). هرچند در برخی از مطالعات انجام شده در ایران نیز می‌توان به اهمیت عواملی همچون فرسایش بادی و خصوصیات خاک در گسترش بیابان‌زایی اشاره نمود (۱۵، ۳۳).

شاخص حساسیت اراضی به بیابان‌زایی منطقه به میزان ۱/۵ که از طریق محاسبه میانگین هندسی معیارها بدست آمد، در مقایسه با جدول استاندارد مدل نشان داد که حوزه مورد مطالعه در طبقه بحرانی متوسط C2 قرار دارد. نقشه پهنه‌بندی حساسیت بیابان‌زایی منطقه نیز حاکی از آن بود که حدود ۱۲٪ از مساحت حوزه در وضعیت شکننده و سایر بخش‌های منطقه به ترتیب به میزان ۱۷٪، ۵۲٪ و ۱۹٪ در طبقه‌های بحرانی C1، C2 و C3 قرار دارند. این نتیجه‌گیری با نتایج برخی از مطالعات انجام شده در ایران در منطقه خنج لارستان در استان فارس و بررسی‌های انجام شده در جهان مانند حوزه آبخیز الماله و در دره میانی درآ در مراکش که به منظور ارزیابی و پهنه‌بندی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی صورت گرفته است، مطابقت دارد (۲۲، ۲۳، ۳۲).

استفاده از پرسش‌نامه و روش دلفی به دلیل استفاده از آرای جامعه متخصص، نقش بسیار مهمی در تصمیم‌گیری‌های مدیریتی و تجزیه و تحلیل‌های مناسب براساس تصمیمات مبتنی بر آینده پژوهشی دارد. در مطالعات انجام شده در استفاده از پرسشنامه و روش دلفی به اهمیت این موضوع اشاره شده است (۵، ۱۰، ۱۴). نتایج پرسشنامه‌های دور ۱ و ۲ به روش دلفی و تحلیل داده‌های آماری در این پژوهش نشان داد با اختلاف بسیار کم در ترتیب و تقدم معیارهای فرسایش و خاک، با نتایج به‌دست آمده از طریق ارزیابی با مدل ESAs همخوانی داشته است.

راهبردهای مدیریتی پیشنهادی برای کنترل و کاهش بیابان‌زایی در حوضه کویر نمک (استان خراسان رضوی)، طبق نظر مدیران و کارشناسان ادارهای اجرایی به دلیل استفاده از روش آینده پژوهشی و برنامه‌ریزی سناریو و خرد جمعی متخصصان، متناسب با واقعیت زمینی در عرصه بوده است که در صورت اجرایی شدن، امکان برنامه‌ریزی آتی را نیز با دقت و احتمال وقوع بیشتر در آینده فراهم نمود و هزینه‌های پروژه‌های احیای مناطق تخریب شده و

اقدام ۲- اجرای طرح‌های بیابان‌زدایی نهال‌کاری و ایجاد انواع بادشکن‌های غیر زنده و زنده با هدف کنترل و کاهش فرسایش بادی با مشارکت مردم.

اقدام ۳- اجرای بادشکن‌های زنده اطراف مزارع در مناطق خشک و بیابانی به منظور افزایش تولید.

اقدام ۴- برقراری مشوق‌های لازم جهت جوامع محلی در اجرای طرح‌های چند منظوره بیابان‌زدایی مانند نهالکاری و استفاده از زیر اشکوب برای تولید گیاهان دارویی و سایر ظرفیت‌ها.

### ■ بحث و نتیجه‌گیری

نتایج پردازش داده‌های مربوط به شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه نشان داد که بهره‌گیری از مدل ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی امکان تعیین مهم‌ترین معیارها و شاخص‌های بیابان‌زایی را فراهم می‌کند. علاوه بر آن استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی در ارزیابی فاکتورها، فرآیند تجزیه و تحلیل فضایی لایه‌های اطلاعاتی و همچنین دقت نتایج مدل را افزایش می‌دهد. بسیاری از مطالعات انجام شده در جهان و ایران استفاده از این مدل را جهت ارزیابی و چهنه‌بندی اراضی به بیابان‌زایی را به جهت دلایل اشاره شده فوق توصیه می‌کنند (۱۲، ۱۵). تجزیه و تحلیل نتایج نشان داد که موثرترین معیار بیابان‌زایی منطقه، معیار اقلیم و مهم‌ترین شاخص آن، ضریب خشکی<sup>۱</sup> است. پس از آن، معیارهای مدیریت انسانی، خاک، فرسایش و پوشش گیاهی بودند که مهم‌ترین شاخص‌های هر یک بترتیب؛ شاخص تراکم و تأثیرات انسانی در معیار مدیریت؛ بافت، عمق و زهکشی در معیار خاک؛ فرسایش بادی در معیار فرسایش و شاخص تراکم و انبوهی، در معیار پوشش گیاهی، به عنوان موثرترین عامل‌های بیابان‌زایی در منطقه شناخته شدند. در بررسی‌های انجام شده در مناطق مختلف ایران و جهان با شرایط اقلیمی یکنواخت، نتایج تقریباً یکسانی بدست آمده است. بطوریکه در اکثر این مطالعات، فاکتور طبیعی مانند اقلیم و پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی از مهم‌ترین عوامل موثر در

صورت پایلوت، در راستای اقدام مّلی مقابله با بیابان‌زایی مورد توجه مدیران عالی و سازمان‌های مسئول قرار بگیرند.

#### ■ سپاسگزاری

نتایج پژوهش حاضر، بخشی از پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد با کد طرح ۵۳۸۰۰ در دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشگاه فردوسی مشهد است. لذا، نویسندگان از تمامی بزرگوارانی که در جامعه آماری متخصص و یا بنحوی از انحاء در فراهم نمودن داده‌های پایه، تحلیل درست و منطبق با واقعیت‌های زمینی، همکاری نمودند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایند.

پروژه‌های کنترل و مقابله با بیابان‌زایی را تا حد ممکن کاهش خواهد داد (۱، ۴، ۵، ۳۰). نتایج دیگر بررسی‌های انجام شده در استان خراسان رضوی و برخی از مناطق بیابانی کشور نیز، نتایج مشابهی را رقم زده است (۱، ۳، ۱۱). با توجه به اینکه در پژوهش حاضر، واقعیت‌هایی از وضعیت و پهنه‌بندی حساسیت بیابان‌زایی بخش وسیعی از مساحت استان خراسان رضوی با استفاده از مدل جهانی ESAs، آشکار شد، پیشنهاد می‌شود، دیگر محققان نیز به بررسی دیگر حوزه‌های آبخیز استان خراسان رضوی و یا حوزه‌هایی با شرایط اقلیمی مشابه برای پهنه‌بندی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی توجه ویژه نمایند. به‌علاوه، با توجه به راهکارهای پیشنهاد شده مدیریتی جامع نگر، حوزه کویر نمک و یا برخی از شهرستان‌های واقع در آن می‌توانند به

#### ■ References

1. Akbari, M. (2016a). *Proposing an early warning system for desertification hazard (case study: semi desert region of the Gorgan plain, Golestan province, Iran)*. Ph.D. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Iran. (in Farsi)
2. Akbari, M., Ownegh, M., Asgari, H.R., Sadoddin, A., & Khosravi, H. (2016b). Desertification risk assessment and management program. *Global Journal of Environmental Science and Management*, 2(4), 365-380.
3. Akbari, M., Jafari Shalamzari, M., Memarian, H., & Gholami, A. (2020a). Monitoring desertification processes using ecological indicators and providing management programs in arid regions of Iran, *Ecological Indicators*, 111, 106011-106026.
4. Akbari, M., Modarres, R., & Alizadeh Noughani, M. (2020b). Assessing early warning for desertification hazard based on E-SMART indicators in arid regions of northeastern Iran, *Arid Environments*, 174, 104086-104094.
5. Akbari, M., Feyzi Koushki, F., Memarian, H., Azamirad, M., & Alizadeh Noughani, M. (2020c). Prioritizing effective indicators of desertification hazard using factor-cluster analysis, in arid regions of Iran. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(8), 1-17.
6. Bastas, M., & Abdelrahim, A.A. (2019). Awareness of desertification of arable land among university students in Libya, *Religación. Revista de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(13), 194-204.
7. Baartman, J., Lynden, G.V., Reed, M.S., Ritsema, C.J., & Hessel, R. (2007). *Desertification and land degradation, origins, processes, and solution- A literature review*. Report number 4. Scientific reports, ISRIC. Netherlands, and November 20th 2007.
8. Chaudhuri, G. (2015). Evaluating environmental sensitivity of arid and semiarid regions in north-eastern Rajasthan, India. *Geographical Review*, 105(4), 441-461
9. Davari, S., Rashki, A., Akbari, M., & Talebanfard, A. (2017). Assessing intensity and risk of desertification and management programs (Case study: Ghasemabad plain of Bajestan, Khorasan Razavi Province). *Desert Management*, 5(1) 91-106. (in Farsi)

10. Feyzi Koushki, F., Akbari, M., Memarian, H. & Azamirad, M. (2019a). Identifying and ranking important factors of desertification in Khorasan Razavi province using Delphi method, *Geography and Environmental Hazards*, 8(31), 205-225. (in Farsi)
11. Feyzi Koushki, F., Akbari, M., Memarian, H. & Azamirad, M. (2019b) Provide strategic plans to manage desertification crisis using futures studies. *Disaster Prevention and Management Knowledge*, 8(4), 401-414. (in Farsi)
12. Fozooni, L., Fakhiri, A., Ekhtesasi, M.R., Kazemi, Y., Mohammadi, H., & Shafey. H. (2012). Assessment of desertification using MEDALUS model, with emphasis on wind and water indices, "case study Sistan province, Iran". *Elixir Pollution*, 46, 8067-8071.
13. Gomes, E., Banosa, A., Abrantes, P., Rocha, J., Kristensen, S.B.P., & Busck, A. (2019). Agricultural land fragmentation analysis in a peri-urban context: From the past into the future. *Ecological Indicators*, 97, 380-388.
14. Helms, C., Gardner, A., & McInnes, E. (2017). The use of advanced web-based survey design in Delphi research. *Advanced Nursing*, 73(12), 3168-3177.
15. Jafari, H., Akbari, M., Kashki, M.T., & Badiie Nameghi, S.H. (2019). An efficiency comparison of the IMDPA and ESAs models on desertification risk management in arid regions of southern Khorasan Razavi, Iran. *Arid Biome*, 9(1), 39-54. (in Farsi)
16. Jiang, L. Jiapaer, G. Bao, A. Kurban, A. Guo, H., Zheng G. & De Maeyer, P. (2019). Monitoring the long-term desertification process and assessing the relative roles of its drivers in Central Asia. *Ecological Indicators*, 104, 195-208.
17. Kar, A. (2018). *Desertification: causes and effects*. Exploring Natural Hazards, Chapman and Hall/CRC.
18. Kairis, O., Karavitis, C., Salvati, L., Kounalaki, K., & Kosmas, K. (2015). Exploring the impact of overgrazing on soil erosion and land degradation in a dry Mediterranean agro-forest landscape (Crete, Greece). *Arid Land Research and Management*, 29(3), 360-374.
19. Khashtabeh, R., Akbari, M., Kolahi, M., Talebanfard, A. & Khashtabeh, R. (2019). Investigation of participatory needs assessment to prioritize sustainable development indicators of rural communities using hierarchical analysis process. 4th. International Conference on Researches in Science & Engineering & International Congress on Civil, Architecture, and Urbanism in Asia. Bangkok Thailand. 2019/7/18.
20. Kosmas, C., Kirkby, M., & Geeson N. (1999). Methodology for mapping Environmentally Sensitive Areas (ESAs) to desertification. 'The MEDALUS Model. *European Commission. European Union. 18882*, 31-47.
21. Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N. K., Kosma, D., & Yassoglou, N. (2006). Environmental sensitive areas and indicators of desertification. Chapter in book: *Desertification in the Mediterranean region. A Security Issue*, 527-547.
22. Lahlaoui, H., Rhinane, H., Hilali, A., Lahssini, S., & Moukrim, S. (2017). Desertification assessment using MEDALUS model in watershed oued El Maleh, Morocco, *Geosciences*, 7(3), 50.
23. Lamqadem, A.A., Pradhan, B., Saber, H., & Rahimi, A. (2018). Desertification sensitivity analysis using MEDALUS model and GIS: a case study of the oases of Middle Draa Valley, Morocco. *Sensors*, 18(7), 2230.

24. Lee, E.J., Piao, D., Song, C., Kim, J., Lim, C.H., Kim, E., Moon, J., Kafatos, M., Lamchin, M., Jeon, S.W., & Lee, W.K. (2019). Assessing environmentally sensitive land to desertification using MEDALUS method in Mongolia, *Forest Science and Technology*, 15(4), 210-220.
25. Memarian, H., & Akbari, M. (2021). Prediction of combined effect of climate and land use changes on soil erosion in Iran using GloSEM data. *Ecohydrology*, 8(2), 513-534. (in Farsi)
26. Nasrian, A., Akbari, M., Faridhosseini, A., & Neamatollahi, E. (2019). Spatio-temporal monitoring of groundwater changes on desertification intensity in agricultural areas in Dargaz plain, Khorasan Razavi province. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 7(21), 75-90. (in Farsi)
27. Natural Resources and Watershed Department of Khorasan Razavi Province. (2016). *Natural resource outlook reports of Khorasan Razavi Province*. Natural Resources and Watershed Department of Khorasan Razavi Province.
28. Postma, T.J.B.M., & Liebl, F. (2005). How to improve scenario analysis as a strategic management tool? *Technological Forecasting and Social Change*, 72(2), 161-173.
29. Sadeghi raves, M.H. (2017). Zoning desertification hazard by applying Principal Component Analysis, in Khezrabad Region, Yazd. *Geographic Space*, 16(56), 241-261. (in Farsi)
30. Sadeghi raves, M.H. (2020). Evaluating optimal anti-desertification alternatives, using special vector technique and bernardo ranking model. *Desert Ecosystem Engineering Journal*, 9(29), 41-58. (in Farsi)
31. Sadeghi raves, M.H., Zehtabian, G.R., & Tahmores, M. (2013). Vulnerability assessment of environmental issues to desertification risk (Case Study: Khezrabad Region, Yazd). *Whatershed Management Research*, 25(96), 75. (in Farsi)
32. Sepehr, A., Hassanli, A.M., Ekhtesasi, M.R., & Jamali, J.B. (2007). Quantitative assessment of desertification in south of Iran using MEDALUS method. *Environmental Monitoring and Assessment*, 134(1), 243-254.
33. Sobhani, A., & Khosravi. H. (2015). Assessing environmental sensitivity areas to desertification in North of Iran, *Current World Environment*, 10(3), 890-902.
34. Thomas, D.S.G. (1995). *Desertification: causes and processes*. Encyclopedia of environmental biology, Vol. 1, Ed. W. A. Nierenberg. San Diego, Academic Press.
35. UNCCD. (1994). *United Nations convention to combat desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification*, particularly in Africa.
36. UNCCD. (2016). *Desertification – coping with today’s global challenges in the context of the strategy of the United Nations convention to combat desertification*, Unites Nations Convention to Combat Desertification. Report on the High-Level Policy Dialogue. Bonn, Germany.
37. UNCED. (1992). *Managing fragile ecosystems: combating desertification and drought*. United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June. Agenda21, Chpter 12, pdf.
38. Wulf, T, Meißner, P. & Stubner, S. (2010). *A Scenario-based Approach to Strategic Planning – Integrating Planning and Process Perspective of Strategy*. HHL – Leipzig Graduate School of Management, working paper, No.98.