مجله علمی‌پژوهشی مهندسی اکوسیستم بیابان

دورهٔ ۱۲، شمارهٔ ۲ (پیاپی ۳۹)، تابستان ۱۴۰۲، صفحه ۱ـ۲۲

مقاله پژوهشی

تدوین و اولویت‌بندی استراتژی‌های مدیریتی خطر بیابان‌زایی با استفاده از برنامه‌ریزی سناریو در استان خراسان رضوی

مرتضی اکبری،[1*] علی‌اصغر طالبان‌فرد،[2] مهسا پاکدین،[3] مریم شاهرخی[4]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۷/۰۳ **تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۲/۰۹**

چکیده

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی شدت خطر بیابان‌زایی براساس مدل جهانی ESAs و ارائهٔ راهبردهای مدیریتی مبتنی‌بر برنامه‌ریزی سناریو در خراسان رضوی انجام شد. در این تحقیق از ۵ معیار اقلیم، خاک، پوشش گیاهی، فرسایش و مدیریت انسانی و ۲۰ شاخص استفاده شد. امتیازدهی شاخص‌ها با استفاده از پرسشنامه و براساس نظرات کارشناسان، مدیران و افراد باتجربه در موضوع بیابان‌زایی و به‌همراه بازدیدهای میدانی صورت گرفت. ارائهٔ راهبردها و استراتژی‌های مدیریتی نیز به روش دلفی، برنامه‌ریزی سناریو و در قالب پنل‌های کارشناسی انجام شد. نتایج نشان داد که معیار پوشش گیاهی با ارزش ۱/۴۱۹، بیشترین اهمیت را در گسترش بیابان‌زایی خراسان رضوی داشته است. سپس، معیارهای مدیریت انسانی، اقلیم، فرسایش و خاک نیز به ترتیب مهم‌ترین عوامل شدت خطر بیابان‌زایی بوده‌اند. بخش‌های شمال غربی استان به‌دلیل تغییرات شدید کاربری اراضی و شدت فرسایش آبی و بخش‌های مرکزی، شرقی و جنوبی نیز به‌دلیل استمرار خشکسالی، تخریب پوشش گیاهی و شدت فرسایش بادی در شرایط بحرانی بیابان‌زایی قرار دارند. این موضوع می‌تواند یک هشدار جدی برای مدیریت اراضی در خراسان رضوی باشد؛ لذا برای کاهش خطر بیابان‌زایی، ٦ راهبرد مدیریتی و ٤١ استراتژی اجرایی در قالب سه رویکرد مبتنی بر توسعهٔ پایدار و تحلیل سناریوهای آینده‌نگر پیشنهاد شد.

کلیدواژه‌ها: آیندهٔ پژوهی، تخریب سرزمین، روش دلفی، شاخص، فرسایش خاک.

مقدمه

بیابان‌زایی یک فرایند و خطر تهدیدی همراه با خسارت محیط و اجتماعی–اقتصادی است (اکبری، ۲۰۱٦؛ اکبری و همکاران،

۱. دانشیار، گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد، ایران، نویسنده مسئول، m-akbari@um.ac.ir

۲. کارشناسی‌ارشد مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

۳. دکترای بیابان‌زدایی، دانشکده کویرشناسی، دانشگاه سمنان، سمنان، ایران

٤. کارشناسی‌ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد، ایران

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد است.

doi: 10.22052/DEEJ.2024.253646.1023

۲۰۲۰a). در تعریف ارائه‌شده توسط کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل (۱۹۹۲)، بیابان‌زایی، تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک جنب مرطوب و ناشی از عوامل مختلف طبیعی و فعالیت‌های انسانی تعریف شده است (کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل،[1] ۱۹۹٤؛ کنفرانس محیط‌زیست و توسعهٔ سازمان ملل،[2] ۱۹۹۲). تعریف ارائه‌شده یک تعریف کامل است؛ اما به‌دلیل عدم اشاره به برگشت‌ناپذیری فرایندهای بیابان‌زایی و از دست رفتن تنوع زیستی، کمبودهایی در این تعریف دیده می‌شود (اکبری و همکاران، ۲۰۱٦؛ اکبری و همکاران، ۲۰۲۰a). امروزه تعامل نیروهای پیشران طبیعی و انسانی در مقیاس‌های فضایی–زمانی، روند بیابان‌زایی را در جهان بسیار پیچیده و تسریع نموده است (گزارش جهانی توسعهٔ آب سازمان ملل،[3] ۲۰۲۱؛ نشست علمی بین دول درزمینهٔ تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی،[4] ۲۰۱۸؛ هیئت بین دول تغییرات اقلیمی سازمان ملل،[5] ۲۰۱۸ و ۲۰۲۱). براساس گزارش‌های کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی، بیش از دو میلیارد هکتار از اراضی که قبلاً قابلیت تولید داشته‌اند، امروزه تخریب شده است. علاوه‌بر آن، بیش از ۷۰ درصد اکوسیستم‌های طبیعی دگرگون شده و پیش‌بینی می‌شود تا سال ۲۰۵۰ میلادی، میزان تغییرات به ۹۰ درصد نیز برسد (کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل، ۲۰۲۰). گزارش‌های فائو نیز نشان می‌دهد که ۳۳ درصد از خاک‌های کرهٔ زمین درحال حاضر دچار درجاتی از تخریب شده و بیش از ۹۰ درصد اراضی ممکن است تا سال ۲۰۵۰ آلوده شوند (فائو،[6] ۲۰۱۵؛ نشست علمی بین دول درزمینهٔ تنوع زیستی و خدمات اکوسیستمی، ۲۰۱۸). این درحالی است که فعالیت‌های انسانی در قرن گذشته،[7] با رشد سریع جمعیت همراه با توسعهٔ شهرنشینی، کشاورزی و صنعتی، تغییرات شدید کاربری اراضی را در نقاط مختلف جهان رقم زده است (جیلنگ[8] و همکاران، ۲۰۱۹؛ کاریس[9] و همکاران، ۲۰۱۵؛ لی[10] و همکاران، ۲۰۱۹؛ نصریان و همکاران، ۲۰۱۹a). توسعهٔ انسانی باعث شده است که امروزه خاک‌ها در سرتاسر جهان ۱۰۰ برابر سریع‌تر از فرایندهای طبیعی فرسایش پیدا کنند (کنوانسیون مقابله با بیابان‌زایی سازمان ملل، ۲۰۲۰). بنابراین، شناسایی عوامل تشدیدکنندهٔ بیابان‌زایی، پهنه‌بندی حساسیت اراضی به تخریب سرزمین و همچنین چگونگی مهار آن از دغدغه‌های اغلب کشورهایی است که به‌نوعی با انواع تهدیدهای محیطی ازجمله بیابان‌زایی مواجه‌اند (اکبری و همکاران، ۲۰۱۹؛ سالوتی و باجاکو[11]، ۲۰۱۱؛ نونتز[12] و همکاران، ۲۰۰۹).

امروزه با هدف ارزیابی روند و اثرات بیابان‌زایی، مدل‌ها، معیارها و شاخص‌های متعدد و با رویکردهای مختلف ابداع شده‌اند (اکبری و همکاران، ۲۰۲۰c؛ سربازی و همکاران، ۲۰۲۱؛ لاباچی[13] و همکاران، ۲۰۲۱؛ لالائوی[14] و همکاران، ۲۰۱۷؛ لامگادم[15] و همکاران، ۲۰۱۸)؛ به‌طوری‌که نتایج حاصل از این ارزیابی‌ها می‌تواند راهنمای مفیدی در فرایند تصمیم‌گیری مدیران مورد استفاده قرار گیرد (خواجه‌الدین و همکاران، ۲۰۰۸؛ نونتز و همکاران، ۲۰۰۹؛ صادقی روش، ۲۰۲۰). در این میان می‌توان به روش جهانی[16] ESAs (حساسیت محیطی اراضی به بیابان‌زایی) اشاره کرد (کاسموس[17] و همکاران، ۱۹۹۹ و ۲۰۰٦). مطالعات و پژوهش‌های متعددی در ارتباط با ارزیابی شدت خطر بیابان‌زایی با مدل ESAs در مناطق مختلف جهان (بوجملاین و سمر،[18] ۲۰۱۸؛ لی و همکاران، ۲۰۱۹؛ لاباچی و همکاران، ۲۰۲۱؛ لامگادم و همکاران، ۲۰۱۸؛ رابا و آیدا،[19] ۲۰۱۸) و ایران (افضلی و همکاران، ۲۰۲۱؛ جعفری و همکاران، ۲۰۱۹؛ طالبان‌فرد و همکاران، ۲۰۲۲) انجام شده است.

بررسی‌ها و نتایج مطالعات انجام‌شده نشان می‌دهند که به‌استثنای مطالعات موردی و در مقیاس محلی، مطالعات جامعی

1. United Nations Convention to Combat Desertification
2. United Nations Conference on Environment & Development, UNCED
3. United Nations World Water Development Report
4. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services
5. Intergovernmental Panel on Climate Change
6. Food and Agriculture Organization of the United Nations
7. Anthropocene
8. Jiang
9. Kairis
10. Lee
11. Salvati and Bajocco
12. Nunez
13. Labbaci
14. Lahlaoi
15. Lamqadem
16. Environmental Sensitive Areas to Desertification, ESAs
17. Kosmas
18. Boudjemline and Semar
19. Rabah and Aida

دربارهٔ پهنه‌بندی شدت خطر بیابان‌زایی خراسان رضوی ازنظر درجهٔ حساسیت به عوامل تخریب سرزمین و براساس ارزیابی‌های محیط‌زیستی صورت نگرفته است. ازسوی دیگر به‌دلیل فقدان نقشه‌های پهنه‌بندی حساسیت اراضی، متناسب‌سازی امکانات و تصمیم‌گیری‌های مدیریت سرزمین نیز دشوار خواهد بود (اکبری و همکاران، ۲۰۲۰b؛ جیانگ و همکاران، ۲۰۱۹). یکی از روش‌های پیش‌بینی راهبردها و استراتژی‌های مدیریتی، سناریوهای آینده‌پژوهی است که در این میان روش دلفی به‌عنوان روشی که بر مبنای نظرات مدیران، کارشناسان و متخصصان، امکان ارائه و اولویت‌بندی راهکارهای مدیریتی را فراهم می‌سازد، حائز اهمیت است (دالکی و هلمر،[1] ۱۹۶۳). دلفی علاوه‌بر آنکه یک روش آینده‌پژوهی است، یکی از پرکاربردترین مدل‌های تحقیق کیفی نیز محسوب می‌شود (مرجانی بجستانی، ۲۰۲۱؛ طالبان‌فرد و همکاران، ۲۰۲۲).

بررسی‌ها و مطالعات انجام‌شده در استان خراسان رضوی نشان می‌دهند که خشکسالی‌های مکرر، برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی (گزارش سیل خراسان رضوی، دفتر مطالعات پایهٔ منابع آب،[2] ۲۰۲۱)، فرونشست زمین، بهره‌برداری شدید از جنگل‌ها و مراتع، تخریب پوشش گیاهی، الگوی غلط کشت و رعایت نکردن تناوب زراعی، توسعهٔ نامطلوب کشاورزی و فرسایش خاک، از مهم‌ترین عوامل مؤثر در گسترش بیابان‌زایی در خراسان رضوی در ۳۰ سال گذشته بوده‌اند (گزارش چشم‌انداز منابع طبیعی، اداره‌کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی،[3] ۲۰۲۰)؛ لذا پژوهش حاضر با هدف شناسایی و تدوین مؤلفه‌ها، عوامل اصلی و کلیدی مؤثر در گسترش خطر بیابان‌زایی در خراسان رضوی انجام شده است؛ به‌طوری‌که شناسایی و اولویت‌بندی دقیق عوامل اصلی بیابان‌زایی براساس روش‌های علمی و تدوین راهبردها و استراتژی‌های مناسب مدیریتی می‌تولند در مدیریت منابع محیطی و مبتنی‌بر توسعهٔ پایدار سرزمین نقش مهمی را ایفا نماید.

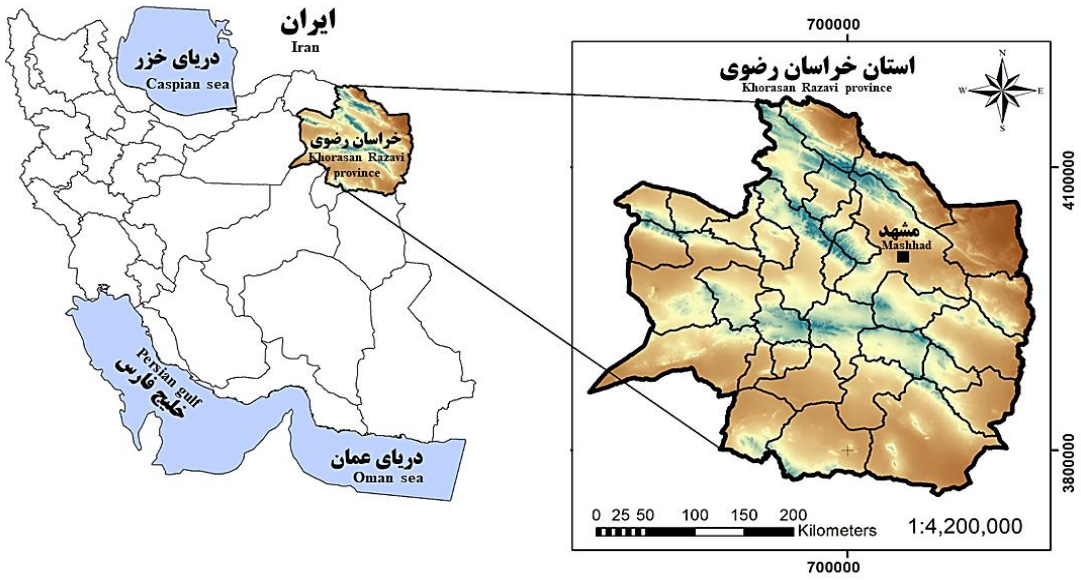
مواد و روش‌ها

معرفی منطقهٔ مورد مطالعه

استان خراسان رضوی با مساحتی در حدود ۱۱/۶ میلیون هکتار، با اقلیم خشک و نیمه‌خشک حاکم در بیش از ۷۰ تا ۷۵ درصد از مساحت استان، متوسط بارندگی در حدود ۲۰۸ میلی‌متر و دمای متوسط حدود ۱۶ درجهٔ سانتی‌گراد (براساس آمار ۲۰ ساله)، وجود صحرای بزرگ قره‌قوم در کشور ترکمنستان در بخش‌های شمالی، از شرایط طبیعی مناسبی برای تخریب زمین و بیابان‌زایی برخوردار است (اکبری و همکاران، ۲۰۲۰b؛ اکبری و همکاران، ۲۰۲۲). (شکل ۱).

استان خراسان رضوی با داشتن ۵/۵ میلیون هکتار رخساره بیابانی دارای شرایط مستعد بیابان‌زایی است. براساس گزارش‌های موجود سرانهٔ بیابان‌زایی شدن در کشور و همچنین خراسان رضوی در حدود نیم هکتار است؛ این درحالی است که سرانهٔ جهانی بیابانی شدن دودهم هکتار (اکبری و همکاران، ۲۰۲۲). بر اساس آمار و گزارش‌های موجود ۱/۶ میلیون هکتار از اراضی به‌طور مستقیم تحت‌تأثیر کانون‌های بحران فرسایش بادی قرار دارند (گزارش چشم‌انداز منابع طبیعی، اداره‌کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی، ۲۰۲۰). در شمال شرق شهرستان سرخس و در غرب، جنوب غربی و جنوب شهرستان‌های سبزوار، کاشمر، بجستان، خواف و نیشابور ازجمله مناطقی هستند که فرسایش خاک در آن‌ها بسیار زیاد بوده و دارای محدودیت شوری هستند (راشکی[4] و همکاران، ۲۰۲۱). استمرار خشکسالی، تخریب پوشش گیاهی، افزایش تعداد چاه‌ها، تبدیل کاربری مراتع و جنگل‌ها به اراضی کشاورزی و مسکونی، شور شدن خاک و منابع آبی از عوامل طبیعی و انسانی بیابان‌زایی در خراسان رضوی هستند (معماریان و اکبری، ۲۰۲۱؛ فیضی کوشکی، ۲۰۱۹a,b؛ اکبری و همکاران، ۲۰۲۰b؛ داوری و همکاران، ۲۰۱۷).

1. Dalkey and Helmer
2. Bureau of Basic Studies of Water Resources
3. Development of Natural Resources and Watershed
4. Rashki



شکل (۱): نقشهٔ موقعیت منطقهٔ مورد مطالعه در استان خراسان رضوی، ایران

Figure (1): The study area location map in Khorasan Razavi province, Iran

ارزیابی شدت خطر بیابان‌زایی با روش ESAs

در این پژوهش برای ارزیابی شدت خطر بیابان‌زایی از مدل جهانی ESAs اصلاح‌شده[1] استفاده شد. براساس این مدل و با توجه به شرایط جغرافیایی و محیطی استان خراسان رضوی، تعداد ۲۰ شاخص مؤثر در بیابان‌زایی مانند بافت خاک، عمق خاک، شیب زمین، زهکشی خاک که براساس استانداردهای جهانی و منطقه‌ای (کتاب راهنما و طبقه‌بندی خاک، ادارهٔ کشاورزی ایالات متحده،[2] ۱۹۹۳ و ۲۰۱٤) ارزیابی شده‌اند، شاخص بارندگی، خشکسالی، تراکم پوشش گیاهی، مقاومت به خشکسالی و فرسایش، خطر آتش‌سوزی، فرسایش آبی و بادی، تراکم و تعداد دام، طرح‌های اجرایی و... مشخص و تعیین شدند که در ۵ گروه تحت عنوان معیارهای کیفیت خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، فرسایش خاک (فرسایش آبی و بادی)، و کیفیت مدیریت انسانی مورد ارزیابی قرار گرفتند. وزن‌دهی و کمّی نمودن هر شاخص، طبق جدول استاندارد مدل ESAs انجام گردید (جدول ۱). ابتدا، در سیستم اطلاعات جغرافیایی با استفاده از فرمول میانگین هندسی، مقادیر شاخص‌های هر معیار محاسبه و مجدداً با محاسبهٔ میانگین هندسی مقادیر شاخص‌های هر معیار، ارزش وزنی کیفیت معیارها تعیین شد. سپس با روی‌هم‌گذاری مقادیر کیفیت معیارها در ماژول‌های آنالیز فضایی- مکانی GIS، میزان حساسیت و پهنه‌بندی اراضی استان به بیابان‌زایی به دست آمد (کاسموس، ۱۹۹۹ و ۲۰۰٦؛ لالائوی و همکاران، ۲۰۱۷؛ لامگادم و همکاران، ۲۰۱۸). علت استفاده از مدل ESAs اصلاح‌شده در این پژوهش، استفاده از شاخص و معیارهای مهم و کلیدی شدت خطر بیابان‌زایی و انطباق آن‌ها با شرایط منطقه‌ای و جغرافیایی استان خراسان رضوی بوده است.

با محاسبهٔ میانگین هندسی معیارها، ارزش وزنی شدت خطر بیابان‌زایی استان خراسان رضوی یا ESAI[3] محاسبه شد و با مقایسهٔ مقدار به‌دست‌آمده با طبقات استاندارد مدل (جدول ۲)، طبقهٔ شدت خطر بیابان‌زایی نیز تعیین گردید (طالبان‌فرد و همکاران، ۲۰۲۲).

$$ESAS = (SQI \times CQI \times VQI \times EQI \times MQI)^{1/5} \quad (۱)$$

در رابطهٔ ۱، SQI معیار کیفیت خاک، CQI معیار کیفیت اقلیم، VQI معیار کیفیت پوشش گیاهی، EQI معیار کیفیت فرسایش و MQI معیار کیفیت مدیریت (مدیریت انسانی) هستند. لازم به توضیح است که میانگین هندسی هر معیار نیز براساس شاخص‌های معرفی‌شده در جدول ۱ و در محیط سیستم اطلاعات جغرافیایی محاسبه شدند.

1. Modified Environmental Sensitive Areas to Desertification
2. USDA. Keys to soil taxonomy
3. Environmentally Sensitive Area Index

جدول (۱): ارزش وزنی شاخص‌ها و معیارهای مؤثر بیابان‌زایی استان خراسان رضوی

Table (1): Weighted value of effective criteria and indicators of desertification of Khorasan Razavi province

معیار Criteria	شاخص Index	ویژگی شاخص‌ها Indicators Characteristics	ارزش وزنی Weighted Value
خاک Soil	بافت Soil Texture	لومی، سیلتی لوم، ماسه‌ای لومی، لومی ماسه‌ای، رسی لومی L, SCL, SL, LS, CL	1
		ماسه‌ای رسی، سیلتی لوم، سیلتی رسی لوم SC, SiL SiCL	1.2
		سیلتی، رس، رسی سیلتی Si, C, SiC	1.6
		ماسه‌ای S	2
	عمق Soil Depth	عمیق (>۷۵) Deep	1
		عمق متوسط (۳۰ – ۷۵) Moderate	1.2
		کم عمق (۱۵ – ۳۰) Shallow	1.6
		خیلی کم عمق (<۱۵) Very shallow	2
	شیب Slope Gradient	خیلی ملایم تا مسطح (< ٦) Very gentle to flat	1
		ملایم (٦ – ۱۸) Gentle	1.2
		شیب زیاد (۱۸ – ۳۵) Steep	1.5
		شیب خیلی زیاد (> ۳۵) Very steep	2
	سنگ و سنگریزه Rock Fragment	کاملاً پوشیده از سنگ و سنگ‌ریزه Very stony	1
		دارای سنگ و سنگ‌ریزه (متوسط) Stony	1.3
		فاقد سنگ و سنگ‌ریزهٔ سطحی Bare to slightly stony	2
	مواد مادری Parent Material	شیل، شسیت، بازیک، اولترا بازیک، کنگلومرا Shale, schist, basic, ultra basic, Conglomerates, unconsolidated	1
		سنگ آهک، مارن، گرانیت، ریولیت، گنیس، ماسه‌سنگ Limestone, marble, granite,Rhyolite, Ignibrite, gneiss,siltstone, sandstone	1.7
		مارن، پیروکلیست Marl, Pyroclastics	2
	زهکشی خاک Drainage	خوب well drained	1
		ناقص Imperfectly drained	1.2
		ضعیف Poorly drained	2
اقلیم Climate	بارندگی Rainfall	> ۳۰۰	1
		۲۰۰ – ۳۰۰	1.2
		۱۵۰ – ۲۰۰	1.5
		۱۰۰ – ۱۵۰	1.7
		< ۱۰۰	2
	جهات جغرافیایی Aspect	NW-NE-E-W-N	1
		S-SW-SE	2
	خشکسالی Drought	(۰/۲۰ – ۰/۵۰) نیمه‌خشک Semi Arid	1.5
		(۰/۰۳ – ۰/۲۰) خشک Arid	1.8
		(< ۰/۰۳) خیلی خشک Hyper Arid	2
پوشش گیاهی Vegetation	تراکم پوشش گیاهی Plant Cover	>٤۰٪	1
		٤۰–۱۰٪	1.8
		<۱۰ ٪	2
	نوع پوشش زمین و شاخص مقاومت به فرسایش Erosion Protection	بوستان‌ها و باغات میوه، مراتع همیشه‌سبز Mixed Mediterranean macchia/evergreen forests	1
		چمنزارها و مراتع دائمی Mediterranean macchia, pine forests, Permanent grasslands, evergreen perennial crops	1.3
		کشتزارها و مزارع غلات، چمنزارهای یک‌ساله Deciduous perennial agricultural crops (almonds, orchards)	1.6

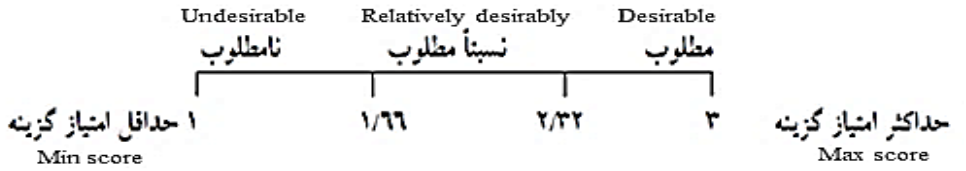
معیار Criteria	شاخص Index	ویژگی شاخص‌ها Indicators Characteristics	ارزش وزنی Weighted Value
	نوع پوشش زمین و شاخص مقاومت به خشکسالی Drought Resistance	پوشش یک‌ساله Annual agricultural crops (cereals), annual grasslands, vines,	2
		بوستان‌ها و باغات میوه، مراتع همیشه‌سبز Mediterranean macchia Mixed Mediterranean macchia/evergreen forests,	1
		چمنزارها و مراتع دائمی Conifers, deciduous, olives	1.2
		کشتزارها و مزارع غلات، چمنزارهای یک‌ساله Perennial agricultural trees (vines, almonds, ochrand)	1.7
		پوشش گیاهی چمنزار یک‌ساله Perennial grasslands, Annual agricultural crops,	2
	خطر آتش‌سوزی Fire Risk	فاقد پوشش گیاهی bare land, perennial agricultural crops, annual agricultural crops (maize, tobacco, sunflower)	1
		کشتزارها و مزارع غلات، چمنزارهای یک‌ساله Permanent grasslands, evergreen perennial crops	1.5
		بوستان‌ها و باغات میوه، مراتع همیشه‌سبز Annual agricultural crops (cereals), annual grasslands, vines,	2
فرسایش Erosion	نوع و شدت فرسایش آبی Type and intensity of water erosion	کم Low	1
		متوسط Moderate	1.4
		زیاد High	1.7
		خیلی زیاد Very high	2
	نوع و شدت فرسایش بادی Type and intensity of wind erosion	کم Low	1
		متوسط Moderate	1.5
		زیاد High	1.8
		خیلی زیاد Very high	2
مدیریت (مدیریت انسانی) Management	تغییر کاربری اراضی Landuse Change	کم Low	1
		متوسط Moderate	1.5
		زیاد High	2
	توسعهٔ معدنی (مناطق معدنی) Mining Areas	کم Low	1
		متوسط Moderate	1.5
		زیاد High	2
	مدیریت مناطق حفاظت‌شده Management of protected areas	کم Low	1
		متوسط Moderate	1.5
		زیاد High	2
	تعداد و تراکم دام livestock density in Pasture	<50	1
		50-100	1.2
		100-200	1.4
		200-300	1.7
		>300	2
	سیاست‌های اجرایی (اجرای طرح) Policy	دارای طرح مدیریتی و اجراشده (Implemented Management plan)	1
		دارای طرح، اجرانشده (No Implemented Management plan)	1.5
		فاقد طرح مدیریتی، اجرانشده (No management plan)	2

جدول (۲): طبقه‌بندی کلاس‌های شدت بیابان‌زایی (کاسموس و همکاران، ۲۰۰۶)

Table (2): Classification of desertification intensity

دامنهٔ تغییرات هر طبقه در ESAI	کلاس/ طبقهٔ حساسیت اراضی	نماد کلاس
> 1.53	بحرانی شدید (High Critical)	C3

C2	بحرانی متوسط (Moderate Critical)	1.42-1.53
C1	نسبتاً بحرانی (Low Critical)	1.38-1.41
F3	خیلی شکننده (High Fragile)	1.33-1.37
F2	شکننده (Moderate Fragile)	1.27-1.32
F1	نسبتاً شکننده (Low Fragile)	1.23-1.26
P	دارای پتانسیل شکنندگی (Potential)	1.17-1.22
N	بدون تأثیر (Non affected)	< 1.17



شکل (۲): طیف سه‌قسمتی تعیین مطلوبیت (فیضی و همکاران، ۲۰۱۹a,b)

Figure (2): The plot of desirability determination (Feyzi Koushki et al., 2019a,b)

طراحی پرسش‌نامه و استفاده از روش دلفی

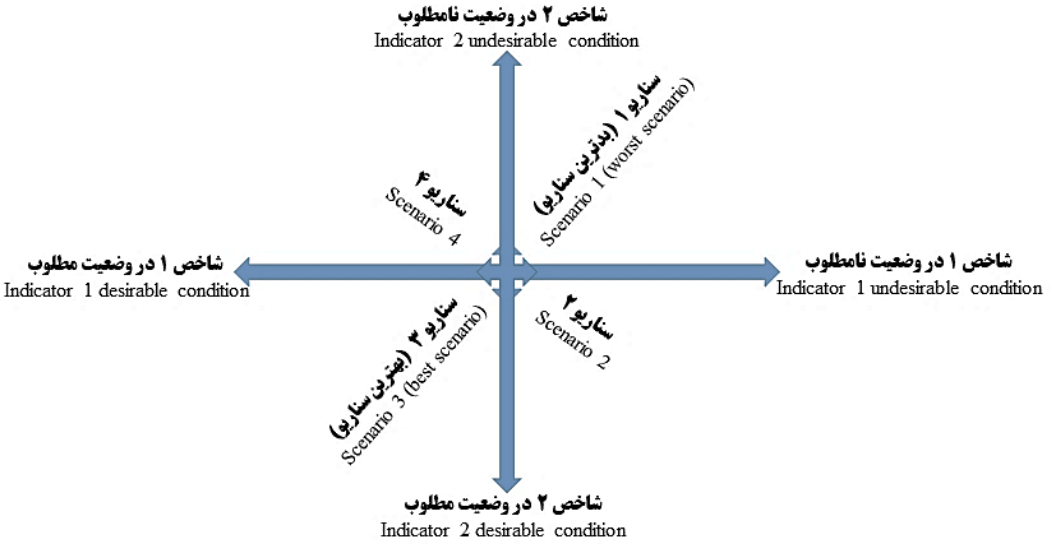
با توجه به اینکه یکی از اهداف پژوهش حاضر، ارائهٔ راهبردها و استراتژی‌های مدیریتی مبتنی‌بر آینده‌پژوهی در استان خراسان رضوی است، پس از تهیهٔ نقشهٔ پهنه‌بندی شدت بیابان‌زایی براساس معیارها و شاخص‌های اصلی و تأثیرگذار در بیابان‌زایی استان و به‌منظور شناسایی و اولویت‌بندی راهبردهای مدیریتی، براساس دریافت نظرات جامعهٔ آماری، پرسش‌نامه طراحی شد. پاسخ سؤالات در این روش براساس طیف لیکرت[1] و به‌شکل گسسته-پیوسته انجام شد (فیضی و همکاران، ۲۰۱۹a؛ خشتابه و همکاران، ۲۰۲۰). پرسش‌نامه، شامل ۲۱ سؤال/گویه، در قالب پنج معیار خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، فرسایش و مدیریت انسانی طبقه‌بندی و هر معیار نیز مشتمل بر چند سؤال دربارهٔ شاخص‌های مرتبط بود که در دو مرحله یا راند بین جامعهٔ آماری توزیع گردید. جامعهٔ آماری نیز از ۳۲ نفر از کارشناسان، متخصصان، افراد بومی منطقه و مدیران اجرایی در حوزهٔ بیابان، منابع طبیعی و محیط‌زیست انتخاب گردید. برای تعیین ضریب پایایی از ضریب آلفای کرونباخ[2] (کرونباخ، ۱۹۵۱) و روایی پرسش‌نامه‌ها نیز با استفاده از نظرات کارشناسان، صاحب‌نظران و تیم نویسندگان نهایی شد. مقیاس شاخص‌ها در طراحی پرسش‌نامه به‌صورت رتبه‌ای انتخاب شدند. به عبارت دیگر برای گزینه‌های این نوع مقیاس، سلسله‌مراتب درجه‌بندی‌شده (خیر، ناچیز، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) در نظر گرفته شد (اکبری، ۲۰۱٦). سطح مطلوبیت هریک از شاخص‌ها نیز با استفاده از طیف سه‌قسمتی تعیین مطلوبیت انجام گردید؛ به‌طوری‌که از ۱ تا ۱/٦٦ نامطلوب، از ۱/٦٦ تا ۱/۳۲ نسبتاً مطلوب و از ۱/۳۲ تا ۳ مطلوب در نظر گرفته شد (شکل ۲) (طالبان‌فرد و همکاران، ۲۰۲۲).

تهیهٔ ماتریس سناریو (سناریوهای آینده‌نگر)، ارائهٔ راهبردها و استراتژی‌های مدیریتی

در ترسیم سناریوهای آینده‌نگر، از تقاطع دو عامل مؤثر با بالاترین عدم قطعیت، استفاده و ترکیبی از آینده‌های ممکن،[3] آینده‌های باور کردنی[1] و آینده‌های محتمل،[2] به‌عنوان آیندهٔ مطلوب،[3] به‌صورت ماتریس سناریو[4] ترسیم و جهت رسیدن به آن، راهکارهای مدیریتی مختلف تدوین می‌گردد (ولف[5] و همکاران، ۲۰۱۰؛ طالبان‌فرد و همکاران، ۲۰۲۲). در این پژوهش با توجه به تحلیل نتایج پرسشنامه در دو مرحله (دو راند) معیارهای کیفیت اقلیمی، خاک، پوشش گیاهی، فرسایش و مدیریت انسانی با توجه به ارزش وزنی آن‌ها اولویت‌بندی شدند؛ سپس با توجه به امتیاز شاخص‌ها، بالاترین شاخص از

1. Likert Scale
2. Cronbach
3. Possible Futures

هر معیار، انتخاب و با استفاده از ماتریس سناریو (فیضی و همکاران، ۲۰۱۹a,b؛ پستما و لیبل[6]، ۲۰۰۵)، شاخص منتخب از معیار اول با شاخص اول منتخب از معیار دوم به‌طور متقاطع قرار گرفتند. در این مرحله، از ۱۰ ماتریس سناریو برای تحلیل وضعیت طبیعی و محیطی، با توجه به شرایط متقاطع آن‌ها استفاده و سناریوهای قابل تصور، سناریوی ۱ در بدترین حالت، سناریوی ۳ دارای بهترین شرایط و حالت و سناریوهای ۲ و ٤ در وضعیت حدواسط، تدوین و مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفتند (شکل ۳).



شکل (۳): ماتریس سناریو (پستما و لیبل، ۲۰۰۵)

Figure (3): Scenario matrix (Postma and Liebl, 2005)

درخصوص تدوین راهکارهای مدیریتی جامع‌نگر برای سناریوهای مختلف، از نظرات جامعهٔ آماری و تجارب اجرایی، مدیریتی و آکادمیک نویسندگان پژوهش حاضر و نظرات افراد بومی در مناطق مختلف بیابانی استان خراسان رضوی استفاده شد و درنهایت راهبردها و راهکارهای مدیریتی، ازطریق ماتریس مقایسهٔ زوجی معیارها و شاخص‌ها اولویت‌بندی شدند (اکبری، ۲۰۱٦؛ مرجانی بجستانی، ۲۰۲۱؛ طالبان‌فرد و همکاران، ۲۰۲۲).

. Plausible Futures
2. Probable Futures
3. Preferable Future
4. Scenario Matrix
5. Wulf
6. Postma and Liebl

نتایج و بحث

نتایج بررسی پایایی پرسشنامه براساس ۲۱ گویهٔ طراحی‌شدهٔ اولیه، مقدار آلفای کرونباخ را ۰/۷٦۱ نشان داد که در وضعیت مطلوب قرار می‌گیرد. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از پرسشنامه در دو مرحله (دو راند) نیز نشان داد که معیار کیفیت پوشش گیاهی و شاخص‌هایی همچون کاهش تراکم پوشش گیاهی، مقاومت به خشکی، مقاومت به فرسایش و افزایش خطر آتش‌سوزی، با ارزش ۱/٤۱۹ دارای بیشترین وزن و اهمیت در گسترش بیابان‌زایی استان خراسان رضوی بوده‌اند. پس از آن، معیار مدیریت انسانی با شاخص‌های تغییر کاربری اراضی، تراکم دام و سیاست‌های اجرایی دستگاه‌های متولی در میزان اجرای طرح‌های احیایی و حفاظتی با ارزش وزنی ۱/۳۷۵ در مرحلهٔ بعد تأثیرگذاری و پس از آن معیارهای کیفیت اقلیم، کیفیت فرسایش و کیفیت خاک به‌ترتیب با ارزش وزنی ۱/۳۵۱، ۱/۳۱۱ و ۱/۲۳٤ بیشترین تأثیر و نقش را در ایجاد حساسیت اراضی استان به بیابان‌زایی داشته‌اند. با توجه به روند تغییر متغیرهای اقلیمی، میزان بهره‌برداری بیش از حد از آب‌های زیرزمینی و چرای بیش از ظرفیت مراتع، شدت

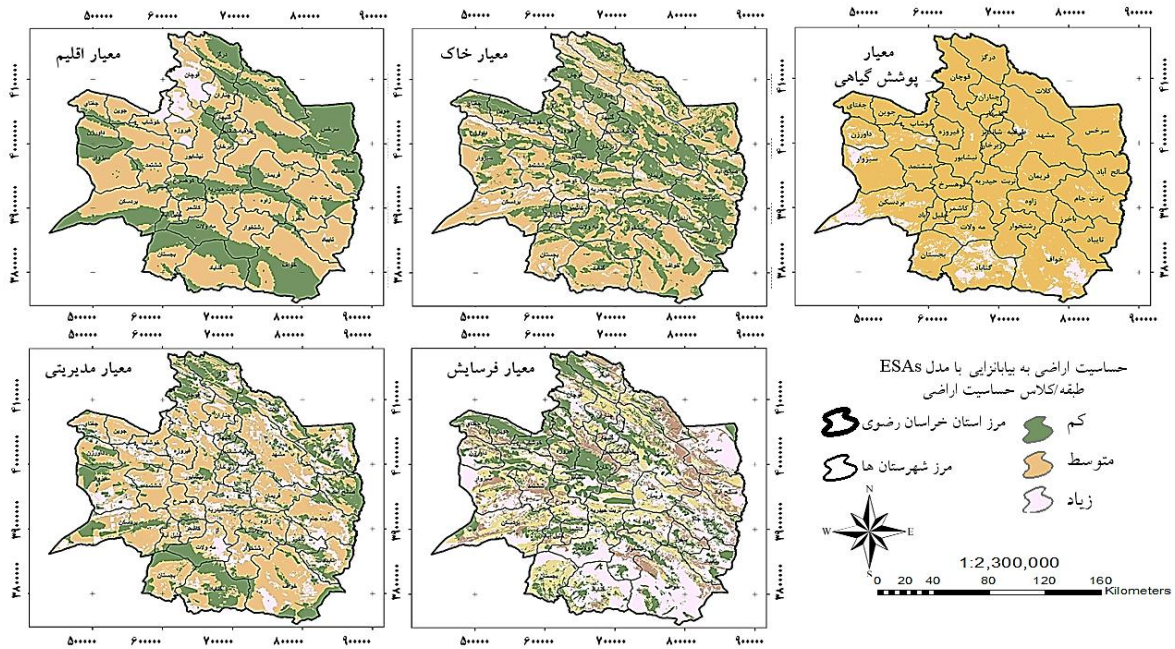
فرسایش بادی و آبی را در بخش‌های زیادی از استان تشدید کرده است. نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش، با نتایج سایر پژوهش‌ها همچون مطالعه در منطقهٔ خشک استان اصفهان (خواجه‌الدین و همکاران، ۲۰۰۸)، خراسان رضوی (داوری و همکاران، ۲۰۱۷؛ فیضی کوشکی و همکاران، ۲۰۱۹b)، همخوانی دارد؛ به‌طوری‌که در بسیاری از مطالعات کاهش پوشش گیاهی را به‌دلیل استمرار خشکسالی، آتش‌سوزی، فرسایش خاک و توسعهٔ فعالیت‌های انسانی مانند تغییرات شدید کاربری اراضی (فائو، ۲۰۱۵؛ معماریان و اکبری، ۲۰۲۱؛ سربازی و همکاران، ۲۰۲۱)، و افزایش شدت چرای دام در مراتع و... را عامل اصلی گسترش بیابان‌زایی معرفی کرده‌اند. نقش فعالیت‌های انسانی در کاهش و تخریب پوشش گیاهی و همچنین اثرات تغییر اقلیم در گسترش و توسعهٔ بیابان‌زایی در حوضهٔ کویر نمک استان خراسان رضوی (طالبان‌فرد و همکاران، ۲۰۲۲)، نیز مورد تأکید قرار گرفته است. وجود املاح و شوری نیز در بخش‌های جنوبی استان مانند شهرستان‌های گناباد، خواف، بجستان، خلیل‌آباد و بردسکن منجر به کاهش تراکم پوشش گیاهی و شدت فرسایش بادی در این اراضی شده است (اکبری و همکاران، ۲۰۲۲؛ راشکی و همکاران، ۲۰۲۱؛ جعفری و همکاران، ۲۰۱۹). علاوه‌بر آن، بررسی روند تغییرات گردوغبار در طی یک دورهٔ بیست‌ساله از سال ۱۳۸۰ تا ۱٤۰۰ نشان داده است که در شهرستان سرخس، سبزوار و فردوس روند فرسایش بادی به‌طور معناداری افزایش یافته است (راشکی و همکاران، ۲۰۲۱؛ طالبان‌فرد و همکاران، ۲۰۲۲). نتایج بررسی معیارها و شاخص‌ها نیز نشان داد که تمامی معیارها ازنظر شدت و کلاس خطر بیابان‌زایی در کلاس‌های شکننده و بحرانی قرار گرفته‌لند (جدول ۳). این موضوع به‌عنوان یک هشدار جدی، نیاز به برنامه‌ریزی محیطی مبتنی‌بر آمایش سرزمین را بیش از پیش تأکید می‌کند. با توجه به شکل (٤) مشاهده شد که ازنظر شاخص‌های معیار پوشش گیاهی، بخش عمده‌ای از اراضی استان در کلاس شدت متوسط تا زیاد بیابان‌زایی قرار دارد. بررسی شاخص‌های سایر معیارها همچون مدیریت انسانی، اقلیم و خاک نیز بیانگر آن است که بخش‌های مرکزی، غرب و شمال غربی و جنوبی استان، تحت‌تأثیر اثرات خشکی و خشکسالی و کمی بارش قرار داشته و عواملی مانند خصوصیات خاک، تغییر کاربری اراضی، افزایش تعداد دام در مراتع بر میزان شدت تخریب پوشش گیاهی تأثیر گذاشته است.

جدول (۳): اولویت‌بندی معیارها براساس میانگین وزنی شاخص‌های مؤثر در شدت بیابان‌زایی استان خراسان رضوی

Table (3): Prioritizing the criteria based on the weighted average of the effective indicators in the intensity of desertification of Khorasan Razavi province

معیار Criteria	اهمیت و اولویت معیار Importance and priority of criteria	میانگین وزنی شاخص Weighted average of the indicators	نوع و شدت کلاس بیابانزایی Type and intensity of desertification class	کد کلاس معیار Code	اولویت‌بندی شاخص‌ها براساس تأثیر آن‌ها در بیابان‌زایی Prioritizing indicators based on their impact on desertification
کیفیت پوشش گیاهی Vegetation Quality	1	1.419	بحرانی متوسط Moderate Critical	C2	تراکم پوشش گیاهی Plant Cover مقاومت به خشکسالی Drought Resistance مقاوم به فرسایش Erosion Protection خطر آتش‌سوزی Fire Risk
کیفیت مدیریت انسانی Management Quality	2	1.375	نسبتاً بحرانی Low Critical	C1	تغییر کاربری اراضی Landuse Change تراکم دام livestock density in Pasture سیاست‌های اجرایی Policy مناطق معدنی Mining Areas

کیفیت اقلیم Climate Quality	3	1.351	خیلی شکننده High Fragile	F3	مناطق حفاظت‌شده Protected Areas خشکسالی Drought بارندگی Rainfall جهت جغرافیایی (شیب) Aspect
کیفیت فرسایش Erosion Quality	4	1.311	شکننده Moderate Fragile	F2	فرسایش آبی Water Erosion فرسایش بادی Wind Erosion
کیفیت خاک Soil Quality	5	1.234	نسبتا شکننده Low Fragile	F1	سنگ و سنگ‌ریزه Rock Fragment مواد مادری Parent Material زهکشی Drainage عمق Depth شیب Slope Gradient بافت خاک Soil Texture
کلاس شدت بیابان‌زایی Desertification intensity class	**1.336**	**خیلی شکننده** High Fragile		**F3**	



شکل (٤): نقشهٔ شدت خطر بیابان‌زایی براساس معیارهای پوشش گیاهی، خاک، اقلیم، فرسایش و مدیریت (مدیریت انسانی)

Figure (4): Intensity of desertification map based on criteria of vegetation, soil, climate, erosion and management (humanity management)

تحلیل شدت خطر بیابان‌زایی استان خراسان رضوی براساس مدل ESAs

نقشهٔ پهنه‌بندی شدت خطر بیابان‌زایی خراسان رضوی براساس مدل ESAs اصلاح‌شده، در هشت کلاس طبقه‌بندی شد.

همان‌طور که در جدول ٤ نیز مشاهده می‌شود، نواحی مرکزی، جنوبی، جنوب شرق در وضعیت بحرانی و شکننده قرار دارند؛ به‌طوری‌که بیش از ۳۰ درصد اراضی استان در کلاس نسبتاً بحرانی تا بحرانی شدید واقع شده است. ازنظر وضعیت شکنندگی در حدود ۵۹ درصد اراضی استان در شرایط نسبتاً شکننده تا خیلی شکننده قرار داشته و در حدود ۷ درصد نیز دارای پتانسیل شکنندگی هستند که در صورت بدتر شدن شرایط ازنظر فاکتورهای محیطی و انسانی، این مقدار نیز به کلاس شکننده اضافه خواهد شد. علاوه‌بر آن، نتایج نشان داد که در بخش‌هایی از اراضی که درحال حاضر تحت کشت آبی (فاریاب) هستند، وضعیت بیابان‌زایی طبق مدل ESAs بحرانی و شکننده نبوده است (شکل ۵). هرچند به‌دلیل استفاده از سموم و آفت‌کش‌های مختلف، رعایت نکردن الگوی کشت در اراضی کشاورزی، افت سطح آب‌های زیرزمینی که دلیل استفاده از منابع آب برای کشاورزی و تبدیل کاربری اراضی، همواره این اراضی با خطر بیابان‌زایی روبه‌رو خواهند بود که در صورت عدم مدیریت درست و بهینه، در آینده این اراضی نیز دچار درجاتی از بیابان‌زایی خواهند شد. در این راستا، نتایج برخی از مطالعات انجام‌شده نیز به نقش و تأثیر توسعهٔ اراضی کشاورزی و تبدیل کاربری اراضی در بخش‌هایی از شمال و جنوب استان خراسان رضوی (داوری و همکاران، ۲۰۱۷؛ خشتابه و همکاران، ۲۰۲۰؛ نصریان و همکاران، ۲۰۱۹a,b) و گسترش خطر بیابان‌زایی تأکید نموده‌اند.

جدول (٤): درصد مساحت کلاس شدت خطر بیابان‌زایی استان خراسان رضوی براساس مدل ESAs

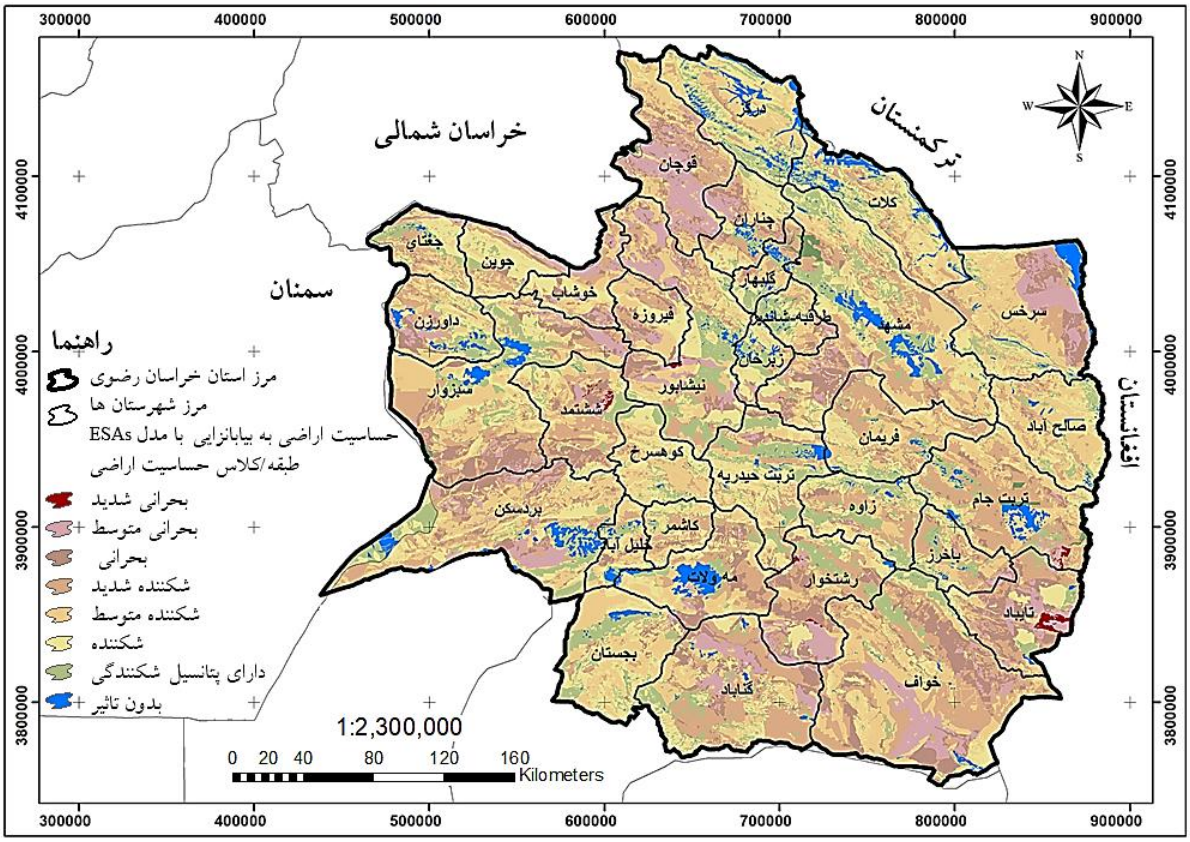
Table (4): The percentage of the area of desertification intensity classes in Khorasan Razavi province based on ESAs model

کلاس/ طبقهٔ شدت خطر بیابان‌زایی Desertification intensity classes	کد کلاس/ طبقه Code	میانگین وزنی هر طبقه Weighted average of each class	مساحت (هکتار) Area (ha)	درصد مساحت (٪) Percent (%)
بحرانی شدید High Critical	C3	1.115	391229	3.36
بحرانی متوسط Moderate Critical	C2	1.195	1520716	13.05
نسبتاً بحرانی Low Critical	C1	1.245	1897701	16.29
خیلی شکننده High Fragile	F3	1.295	3271475	28.08
شکننده Moderate Fragile	F2	1.350	2465523	21.17
نسبتاً شکننده Low Fragile	F1	1.395	1103944	9.48
دارای پتانسیل شکنندگی Potential	P	1.475	866340	7.44
بدون تأثیر Non affected	N	1.595	131670	1.13

نتایج به‌دست‌آمده از پهنه‌بندی شدت خطر بیابان‌زایی در شهرستان‌های استان خراسان رضوی، همان‌طور که در جدول ۵ نیز مشاهده می‌شود، به قرار زیر است:

- اراضی قابل ملاحظه‌ای از محدودهٔ تمامی شهرستان‌های استان خراسان رضوی در وضعیت شکنندگی ازنظر بیابان‌زایی قرار دارند که از میان آن‌ها، شهرستان‌های تربت‌جام، گناباد، خواف، ششتمد و فریمان در کلاس بالاتر شکنندگی قرار دارند.
- بخشی از اراضی در شهرستان‌های تایباد، رشتخوار، خواف، سبزوار، مه‌ولات، ششتمد، فیروزه، جناران، بردسکن و قوچان در وضعیت نسبتاً بحرانی قرار دارند.
- قسمت‌هایی از اراضی شهرستان‌های خوشاب، تایباد، سرخس، نیشابور، رشتخوار، جوین، خواف، چناران، گناباد و فیروزه در وضعیت بحرانی متوسط قرار دارند.

بخش‌هایی از اراضی شهرستان‌های تایباد و ششتمد در وضعیت بحرانی شدید قرار دارند.



شکل (۵): نقشهٔ پهنه‌بندی (توزیع مکانی) شدت خطر بیابانزایی استان خراسان رضوی

Figure (5): Zoning map (spatial distribution) of desertification intensity in Khorasan Razavi province

نتایج نشان داد (جدول ۵) که اکثر شهرستان‌های استان در وضعیت شکننده قرار دارند؛ با این تفاوت که شهرستان‌های فیروزه، گناباد، خواف، رشتخوار و تایباد درحال گذار از وضعیت شکنندگی و بحرانی پایین به‌سمت بحرانی بالا هستند. شهرستان‌های چناران و قوچان نیز در شمال استان دارای همین روند هستند. شهرستان‌های قوچان و چناران به‌دلیل اثرات استمرار خشکسالی، تغییرات شدید کاربری اراضی و فرسایش آبی و شهرستان‌های مرکزی، شرقی و جنوبی استان نیز به‌دلیل استمرار خشکی و خشکسالی، تبدیل کاربری اراضی، عدم مدیریت بهینهٔ اراضی کشاورزی، افزایش فرسایش بادی، تخریب پوشش گیاهی و فرسایش خاک، در معرض گسترش بیابان قرار گرفته‌اند.

جدول (۵): درصد مساحت کلاس شدت خطر بیابانزایی به تفکیک شهرستان‌ها

Table (5): The percentage of the area of desertification intensity classes based on the townships

نام شهرستان	مساحت	درصد (٪) مساحت کلاس‌های شدت خطر بیابانزایی

The percentage of the area of desertification intensity classes								(هکتار) Area (ha)	Township Name
بدون تأثیر Non Affected	دارای پتانسیل Potential	نسبتاً شکننده Low Fragile	شکننده Moderate Fragile	خیلی شکننده High Fragile	نسبتاً بحرانی Low Critical	بحرانی متوسط Moderate Critical	بحرانی شدید High Critical		
1.93	19.26	26.18	43.88	4.89	3.07	0.80	0.00	379202	بجستان Bajestan
2.11	19.63	10.00	23.77	32.69	8.04	3.77	0.00	169333	باخرز Bakharz
5.07	14.47	14.12	29.33	17.34	10.39	9.27	0.00	712571	بردسکن Bardaskan
3.25	12.54	24.21	18.24	18.92	11.90	10.95	0.00	207690	چناران Chenaran
10.94	23.64	23.76	34.63	5.81	0.77	0.44	0.00	377663	درگز Dargaz
5.56	16.75	17.40	28.64	16.51	8.65	6.48	0.01	242031	داورزن Davarzan
1.68	10.53	15.37	36.24	29.98	5.66	0.54	0.00	335606	فریمان Fariman
0.00	0.30	22.36	32.43	21.37	13.02	10.42	0.10	160891	فیروزه Firuzeh
6.42	22.19	14.01	23.48	26.34	6.47	1.09	0.00	100211	گلبهار Golbahar
1.04	9.54	12.81	19.04	35.39	11.25	10.89	0.04	578890	گناباد Gonabad
1.11	17.95	27.69	22.54	21.70	4.96	4.05	0.01	171582	جغتای Joghatai
0.00	6.73	39.11	20.25	16.27	5.70	11.62	0.32	165305	جوین Jovein
11.74	19.97	25.18	30.04	10.98	1.96	0.14	0.00	350281	کلات Kalat
0.40	13.34	26.80	25.19	26.87	6.24	1.16	0.00	115012	کاشمر Kashmar
0.60	6.17	6.73	27.47	32.30	15.58	11.15	0.00	982699	خواف Khaf
7.12	17.60	15.99	38.38	13.75	6.37	0.79	0.00	112093	خلیل‌آباد Khalilabad
0.00	0.87	20.23	30.46	21.54	9.69	17.15	0.06	174898	خوشاب Khooshab
0.35	14.80	36.17	37.54	10.11	0.99	0.03	0.00	220145	کوهسرخ Koohsorkh
11.34	8.84	14.70	26.77	21.44	14.69	2.20	0.00	331644	مه‌ولات Mahvelat
5.14	17.07	19.21	28.92	19.26	7.65	2.74	0.01	916854	مشهد Mashhad
0.83	16.97	15.45	26.59	16.74	9.05	14.11	0.26	575313	نیشابور Neishabour
0.00	0.43	3.24	28.12	21.23	10.28	36.69	0.01	384794	قوچان Quchan
0.47	11.04	11.72	15.89	26.96	19.95	13.49	0.47	359754	رشتخوار Roshtkhar
3.39	10.67	13.95	31.69	19.52	15.34	5.43	0.00	710009	سبزوار sabzevar
1.75	11.69	20.12	51.20	13.67	1.43	0.15	0.00	318314	صالح‌آباد Salehabad
5.75	6.70	11.43	39.24	12.97	9.79	14.13	0.00	539689	سرخس Sarakhs
0.09	10.40	14.77	23.01	30.81	14.37	5.22	1.33	305357	ششتمد Sheshtamad
0.62	7.14	12.29	9.58	27.01	24.25	15.79	3.31	312488	تایباد taybad
3.00	25.41	24.75	27.01	13.57	5.06	1.21	0.00	368111	تربت حیدریه Torbat heidariyeh
5.45	9.29	6.72	28.52	42.13	4.88	2.32	0.68	496646	تربت جام Torbat jam

طرقبه-شاندیز Torghabeh-Shandiz	115792	0.00	3.84	6.09	17.26	26.84	15.61	27.31	3.04
زاوه Zaveh	257544	0.00	0.43	4.12	24.84	23.27	17.22	28.57	1.55
زبرخان Zebarkhan	100136	0.00	3.02	4.43	8.94	13.16	35.63	6.66	28.16

ماتریس سناریو و ارائهٔ راهبردها و استراتژی‌های مدیریتی برای کاهش خطر بیابان‌زایی

نتایج داده‌های آماری استخراج‌شده از دیدگاه جامعهٔ آماری، پس از دسته‌بندی در سه سطح کم، متوسط و زیاد و وزن‌دهی با ارزش‌های عددی ۱، ۲ و ۳ برای تعیین امتیاز شاخص‌ها و متعاقب آن، وزن‌دهی سطح مطلوبیت شاخص‌ها برای تعیین امتیاز معیارها نشان داد که ارزیابی صورت گرفته‌شده برای تعیین وزن شاخص‌ها و معیارهای بیابان‌زایی با استفاده از مدل ESAs از دقت و صحت بالایی برخوردار بوده است. لذا برای تعیین راهبردها و راهکارهای مدیریتی، ضمن استفاده از نتایج داده‌های به‌دست‌آمده، از دیدگاه جامعهٔ آماری و پنل تخصصی مدیران و کارشناسان بخش بیابان دستگاه اجرایی متولی در استان، کارشناسان، محققان و پژوهشگران آکادمیک و افراد باتجربهٔ بومی نیز استفاده شد و تعداد ۱۰ سناریوی محتمل مورد بررسی قرار گرفت (جدول ٦).

جدول (٦): روش تلاقی شاخص‌های مؤثر در معیارهای پنج‌گانه در ماتریس‌های متقاطع

Table (6): The method of crossing the effective indicators in the 5 criteria in the cross matrices

شماره ماتریس	محور افقی ماتریس	محور عمودی ماتریس
۱	شاخص اقلیم	شاخص مدیریت انسانی
۲		شاخص فرسایش
۳		شاخص خاک
٤		شاخص پوشش گیاهی
–	شاخص خاک	شاخص اقلیم *
٥		شاخص فرسایش
٦		شاخص مدیریت انسانی
۷		شاخص پوشش گیاهی
–	شاخص فرسایش	شاخص اقلیم
–		شاخص خاک
۸		شاخص مدیریت انسانی
۹		شاخص پوشش گیاهی
–	شاخص مدیریت انسانی	شاخص اقلیم
–		شاخص مدیریت انسانی
–		شاخص فرسایش
۱۰		شاخص پوشش گیاهی

* ماتریس شاخص‌های درج‌شده در خانه‌های تیره‌رنگ به‌دلیل تکرار شدن آن‌ها اجرا نمی‌گردد.

از میان ۲۰ سناریوی مربوط به بدترین و بهترین حالت‌های ممکن در سناریوهای ده‌گانه، راهکارهای مدیریتی آینده‌نگر با توجه به ویژگی‌ها و شرایط هر منطقه و منطبق بر ترتیب معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی استان خراسان رضوی به شرح زیر استخراج گردید که این راهکارها منطبق با ترتیب و اولویت معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی استان، با سه رویکرد اساسی که

به‌مثابهٔ سه رأس مثلث توسعهٔ پایدار سرزمین تلقی می‌گردند، به شرح زیر دسته‌بندی شد:

الف. رویکرد ارتقای کیفیت معیار پوشش گیاهی؛

ب. رویکرد ارتقای کیفیت معیار مدیریت انسانی؛

ج. رویکرد ارتقای کیفیت معیارهای حفاظت خاک و کنترل فرسایش.

الف. ارتقای کیفیت معیار پوشش گیاهی

الف-۱. راهبرد مدیریت پایدار پوشش گیاهی برای احیای اراضی طبیعی و کشاورزی

ـــ برنامه‌ریزی جهت احیا، اصلاح و تقویت پوشش گیاهی در پهنه‌های دارای پتانسیل و شکننده (P و F)، براساس نقشهٔ حساسیت اراضی به بیابان‌زایی استان خراسان رضوی؛

ـ برنامه‌ریزی جهت احیای پوشش گیاهی سازگار به خشکی و شوری در عرصه‌های واقع در پهنه‌های C1, C2, C3 براساس نقشهٔ پهنه‌بندی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی؛

ـــ معرفی و کاشت گونه‌های گیاهی کم‌آب‌طلب و چندمنظوره (دارویی- صنعتی) سازگار با شرایط خشکی و شوری اراضی استان همراه با روش‌های مکانیکی مانند ایجاد شیار سطحی و زیرشکنی[1] در دامنه‌های کمشیب و اراضی با نفوذپذیری کم به‌ویژه در شهرستان‌های باخرز، فریمان، فیروزه، خوشاب، ششتمد، چناران و قوچان؛

ـــ برنامه‌ریزی استفاده از مشارکت ذی‌نفعان و بهره‌برداران (گرورداران) و جوامع محلی در شهرستان‌های دارای کانون‌های بحرانی فرسایش بادی به‌ویژه در تایباد، خواف، گناباد، بجستان، بردسکن، سبزوار، مه‌ولات، نیشابور و رشتخوار؛

ـــ حفاظت از پوشش گیاهی موجود و جلوگیری از تخریب پوشش گیاهی با روش‌های قانونی در سطح استان؛

ـــ نهال‌کاری، بذرکاری و بذرپاشی در دامنه‌ها و مناطق حساس به فرسایش آبی به‌ویژه در شهرستان‌های کلات، درگز، تایباد، قوچان و چناران.

ـــ شناسایی مبارزه با عوامل مهم خسارت‌زا در جنگل‌های دست کاشت و طبیعی مانند ملخ کوهان‌دار، شپشک و...، مانند جنگل‌های دست‌کاشت تاغ در یحیی‌آباد سبزوار و رئیسی گناباد.

ب. ارتقای کیفیت معیار مدیریت انسانی

ب-۱. راهبرد مدیریت دام و کاهش مخاطرات محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی

ـــ اعمال مدیریت و کنترل دام ازطریق اجرا و بازنگری طرح‌های تعادل دام و مرتع به‌ویژه در شهرستان‌های نیمه‌شمالی استان مانند فریمان، سرخس، کلات، درگز، قوچان، چناران، مشهد، طرقبه-شاندیز و بینالود؛

ـــ کنترل دام و ممانعت از ورود دام به مناطق بحرانی و حساس به وقوع سیل، فرونشست زمین با ایجاد تمهیدات و مشوق‌های لازم در سطح استان.

ـــ تدوین، اصلاح و اجرای دستورالعمل‌ها و مقررات ویژه برای حفاظت از اراضی متناسب با شرایط خشکسالی یک دههٔ گذشته در سطح استان.

ـ تأکید بر بازنگری طرح‌های بهره‌برداری از مراتع و جنگل‌ها متناسب با شرایط محیطی و اقلیمی و اقتصادی اجتماعی مناطق مختلف توسط دستگاه اجرایی متولی.

ب-۲. راهبرد مدیریت پایدار سرزمین مبتنی‌بر تدوین، اصلاح و اجرای درست قوانین و مقررات منابع طبیعی

ـــ اعمال مدیریت و استفاده از شیوه‌های مناسب و اقدامات حفاظتی در پهنه‌های دارای خطر بحرانی و شکننده به بیابان‌زایی استان خراسان رضوی (در اراضی با کلاس خطر F و C)؛

ـــ تدوین و اصلاح قوانین مقابله با مخاطرات طبیعی و محیطی مانند آتش‌سوزی در مراتع و جنگل‌ها، گسترش آفات گیاهی و جانوری، بیابان‌زایی، سیل، فرونشست زمین و لغزش با تعیین کارگروه‌های تخصصی و مسئول؛

ـــ نظارت بر اجرای طرح‌های مدیریت سرزمین همچون طرح‌های احیایی، بیابان‌زدایی و آبخیزداری در خراسان رضوی.

ـ نظارت بر اجرای درست قوانین و مقررات و حفاظت مؤثر اراضی منابع طبیعی استان؛

ـــ تأمین تجهیزات لازم و ادوات مورد نیاز برای شناسایی عوامل تخریب عرصه‌های طبیعی و حمایت‌های قانونی و قضایی از مأموران در برخورد با متخلفان؛

ـــ برخورد قانونی و بازدارنده با متخلفان و متجاوزان به

1. Subsoiler

عرصه‌های طبیعی استان؛

ـــــ بهینه‌سازی روش‌های اجرایی و مدیریتی در راستای مدیریت پایدار منابع محیطی و توجه به تعادل اکوسیستم؛

ـــــ تدوین، ابلاغ و انتشار پروتکل‌های مربوط به اجرای طرح‌های عمرانی و توسعه‌ای به‌منظور کاهش تخریب سرزمین و فرسایش خاک؛

ـ توسعهٔ سیستم‌های هشدار اولیهٔ سیل، بیابان‌زایی و تخریب سرزمین تحت وب در استان خراسان رضوی به‌منظور مدیریت ریسک؛

ـــــ برقراری مشوق‌های لازم به‌منظور توسعهٔ بهره‌برداری از پتانسیل‌های سرزمین مانند انرژی خورشید، باد و زمین‌گرمایی؛

ـ طراحی و توسعهٔ پایگاه جامع داده‌های مکانی منابع طبیعی.

ب-۳. راهبرد آموزش، ترویج، فرهنگ‌پروری و استفاده از دانش بومی

ـــــ استفاده از دانش بومی و تجارب افراد مؤثر و بانفوذ در جوامع محلی در امر حفاظت و احیای اراضی منابع طبیعی؛

ـــــ آموزش و ترویج مشاغل اقتصادی با وابستگی کمتر به اراضی منابع طبیعی؛

ـــــ فرهنگ‌پروری و انجام اصلاحات در بهره‌برداری صحیح از منابع طبیعی استان؛

ـــــ توسعهٔ گردشگری و توانمندسازی جوامع محلی با آشنا نمودن روستائیان و بهره‌برداران با مشاغل کمتر وابسته به زمین همچون طرح‌های بین‌المللی ترسیب کربن در بجستان با رویکرد کاهش خطر بیابان‌زایی و طرح ترسیب کربن نیشابور با رویکرد آبخیزداری؛

ـــــ آموزش همگانی ازطریق رسانه، شبکه‌های اجتماعی و فضای مجازی؛

ـــــ استفاده از ظرفیت مراکز علمی، پژوهشی، تحقیقاتی و سمن‌ها در توسعهٔ فرهنگ منابع طبیعی و محیط‌زیست؛

ـــــ توانمندسازی جوامع محلی ازطریق اجرای طرح‌های منارید و ترسیب کربن و تشکیل گروه‌های توسعه‌ای متشکل از جوامع محلی برای فعالیت‌های اقتصادی زودبازده؛

ـــــ ترویج و افزایش دانش و آگاهی به بهره‌برداران و جوامع روستایی در هنگام وقوع مخاطرات مختلف محیطی و کاهش اثرات مخرب آن‌ها.

ج. رویکرد سوم: ارتقای کیفیت معیارهای حفاظت خاک و کنترل فرسایش

ج-۱. راهبرد مدیریت توسعه و بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی

ـــــ توسعه و ترویج روش‌های نوین انتقال و بهره‌برداری از منابع آبی؛

ـــــ پهنه‌بندی و تحلیل ریسک خسارت ناشی از سیل برای مناطق در معرض سیلاب و فرسایش آبی استان؛

ـــــ اجرای طرح‌های مناسب آبخیزداری در عرصه‌های واقع در کلاس خطر P و F؛

ـــــ بهره‌گیری از روش‌های نوین تأمین آب مانند استفاده از آب مغناطیسی، جمع‌آوری آب باران، جمع‌آوری مه و شبنم، باران مصنوعی و...، و روش‌های حفاظت از منابع آب مانند توسعهٔ کشت حفاظتی و گلخانه‌ای، جلوگیری از تبخیر و تعرق آب از سطوح آبی و خاکی در راستای افزایش بهره‌وری از منابع آب؛

ـ استفاده از آب‌های نامتعارف مانند آب‌های شور- لب شور و دارای املاح، زهاب‌ها و فاضلاب‌های شهری و صنعتی.

ج-۲. راهبرد حفاظت خاک

ـــــ استفاده از مالچ‌های بیولوژیک برای تثبیت خاک در کانون‌های فعال فرسایش بادی در شهرستان‌های نیمه‌جنوبی استان خراسان رضوی؛

ـــــ اجرای عملیات تثبیتی و کنترل فرسایش بادی ازطریق اجرای انواع بادشکن‌های زنده و غیرزنده و احیای پوشش گیاهی در شهرستان‌های دارای کانون‌های بحرانی فرسالش بادی؛

ـ جلوگیری از هرگونه اقدام و فعالیت‌های انسانی که موجب بروز تخریب یا تشدید فرسایش آبی و بادی می‌گردد.

ـــــ تدوین برنامهٔ جامع کنترل گردوغبار در سطح استان خراسان رضوی.

ـــــ توسعه و ترویج استفاده از روش‌های نوین کشاورزی و توسعهٔ کشت‌های گلخانه‌ای.

ـــــ توجه جدی به برنامه‌های حفاظت خاک در سند آمایش سرزمین خراسان رضوی (لازم به توضیح است که بازنگری سند

آمایش سرزمین خراسان رضوی به‌تازگی به اتمام رسیده است).

نتیجه‌گیری

در مدل جهانی ESAs به‌طور عمده از چهار فاکتور مدیریت انسانی، پوشش گیاهی، خاک و اقلیم برای ارزیابی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی استفاده می‌شود و صرفاً در این پژوهش به‌دلیل اهمیت موضوع فرسایش، از معیار فرسایش نیز با دو زیرمعیار فرسایش آبی و بادی استفاده شد و نقشهٔ پهنه‌بندی حساسیت اراضی به بیابان‌زایی به دست آمد. تجزیه و تحلیل نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که فاکتور پوشش گیاهی با شاخص‌هایی چون کاهش و اضمحلال پوشش گیاهی، افزایش خطر آتش‌سوزی در مراتع و جنگل‌های تنک و بیابانی به‌دلیل خشکسالی‌های مستمر دو دههٔ گذشته تاکنون و افزایش شدت فرسایش بادی و آبی به‌دلیل تنک بودن و کاهش پوشش گیاهی بیشترین سهم را در گسترش بیابان‌زایی استان خراسان رضوی داشته‌اند. علاوه‌بر آن، فعالیت‌های انسانی، تغییر پارامترهای اقلیمی، فرسایش و خصوصیات خاک نیز به‌ترتیب بیشترین تأثیر را در افزایش حساسیت اراضی به بیابان‌زایی داشته‌اند؛ به‌نحوی‌که افزایش فعالیت‌های انسانی منجر به تخریب و کاهش پوشش گیاهی شده و درنتیجه میزان فرسایش خاک افزایش یافته است.

برای ارائهٔ برنامه‌های مدیریت کاهش و مقابله با خطر بیابان‌زایی استان خراسان رضوی، در گام اول تعداد ۵ معیار و ۲۰ شاخص مرتبط با هر معیار در مدل ESAs اصلاح‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت. در گام دوم با استفاده از روش دلفی و با طراحی دو سری سؤال و توزیع بین جامعهٔ آماری متشکل از مدیران و کارشناسان بخش بیابان، نظریات کیفی آن‌ها با استفاده از طیف طبقه‌بندی سه‌سطحی مورد ارزیابی و امتیازدهی قرار گرفت. نتایج حاصل از تحلیل داده‌های آماری، نتایج به‌دست‌آمده در گام اول و اولویت‌بندی معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی استان خراسان رضوی را تأیید نمود. در گام بعد، به‌منظور تعیین رویکردهای اصولی و راهبردها و راهکارهای اجرایی برای مدیریت و کنترل بیابان‌زایی استان، از نتایج داده‌های آماری و نظرات متخصصان استفاده شد و ازطریق تشکیل تعداد ۱۰ ماتریس متقاطع، ۲۰ سناریوی محتمل، در بهترین و بدترین حالت‌های ممکن مورد بررسی قرار گرفت. در گام نهایی، نتایج به‌دست‌آمده از ماتریس سناریوهای محتمل که با چشم‌انداز آینده‌نگر حاصل شدند، در پنل تخصصی مرکب از جامعهٔ آماری این پژوهش مورد بحث و تحلیل و تبادل نظر قرار گرفت. سرانجام به‌منظور تعیین و اولویت‌بندی راهبردهای مدیریت سرزمین، تعداد ۳ رویکرد اساسی تحت عناوین رویکرد ارتقای معیار پوشش گیاهی، رویکرد ارتقای معیار مدیریت انسانی و رویکرد ارتقای کیفیت معیارهای حفاظت خاک و کنترل فرسایش به‌مثابهٔ سه رأس مثلث توسعهٔ پایدار سرزمین، استخراج و ٦ راهبرد مدیریتی و درمجموع ٤١ راهکار اجرایی متناسب با شرایط هر منطقه و شهرستان در ذیل رویکردهای توسعه‌ای احصا گردید. براساس این پژوهش، مهم‌ترین راهبردهای مدیریت استان به‌ترتیب شامل راهبرد مدیریت پایدار پوشش گیاهی برای احیای اراضی طبیعی و کشاورزی، راهبرد مدیریت دام و کاهش مخاطرات محیطی ناشی از فعالیت‌های انسانی، راهبرد مدیریت پایدار سرزمین مبتنی‌بر تدوین، اصلاح و اجرای درست قوانین و مقررات منابع طبیعی، راهبرد آموزش، ترویج، فرهنگ‌پروری و استفاده از دانش بومی، راهبرد مدیریت توسعه و بهره‌برداری از منابع آب‌های سطحی و زیرزمین و راهبرد حفاظت خاک هستند که ضرورتاً می‌بایست در قالب برنامه‌های اقدام عمل[1]، به‌طور محلی و منطقه‌ای تنظیم و اجرا گردند.

قدردانی

این پژوهش ارائهٔ نتایج بخشی از طرح پژوهشی در گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشکدهٔ منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد، با کد ۵۸۲۳۸ بوده است. لذا صمیمانه از همکاری و حمایت تمام کسانی که ما را در به سرانجام رساندن این پژوهش یاری نمودند، سپاسگزاری می‌کنیم.

1. Action plan

منابع

1. Afzali, F., Khanamani, A., Kamali Maskooni, E., Ronny Berndtsson. R., 2021. Quantitative Assessment of Environmental Sensitivity to Desertification Using the Modified MEDALUS Model in a Semiarid Area. Sustainability 14,7817. https://doi.org/10.3390/su1314781.
2. Akbari, M., 2016. 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.
3. Akbari, M., Ownegh, M., Asgari, H.R., Sadoddin, A., Khosravi, H., 2016. Desertification risk assessment and management program. Global Journal of Environmental Science and Management 2(4),365-380. https://doi.org/10.22034/gjesm.2016.02.04.006
4. Akbari, M. Reza Modarres, Alizadeh Noughani, M., 2019. Assessing early warning for desertification hazard based on E-SMART indicators in arid regions of northeastern Iran. Journal of Arid Environments 174, 104086. https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2019.104086
5. Akbari, M., Jafari Shalamzari, M., Memarian, H.,Gholamim A., 2020a. monitoring desertification process using ecological indocators and providing management programs in aird regions of Iran. Ecological Indicator 111, . https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106011106011.
6. Akbari, M., Feyzi Koushki, F., Memarian, H., Azamirad, M., Noughani, M., 2020b. Prioritizing effective indicators of desertification hazard using factor-cluster analysis, in arid regions of Iran. Arabian Journal of Geosciences 13(8), 1-17. https://doi.org/10.1007/s12517-020-05296-9
7. Akbari, M., Memarian, H., Neamatollahi, E., Jafari Shalamzari, M., Alizadeh Noughani, M., Zakeri, D., 2020c. Prioritizing policies and strategies for desertification risk management using MCDM–DPSIR approach in northeastern Iran. Environment, Development and Sustainability 23,2503–2523. https://doi.org/10.1007/ s1066 8-020-00684 -3
8. Akbari, M., Neamatollahi, E., Noughani, M.A. Memarian, H., 2022. Spatial distribution of soil erosion risk and its economic impacts using an integrated CORINE-GIS approach. Environmental Earth Sciences 81, 287. https://doi.org/10.1007/s12665-022-10405-w
9. Bureau of Basic Studies of Water Resources. 2021. Floods of Khorasan Razavi 1334-1399. Bureau of Basic Studies of Water Resources. Khorasan Razavi Regional Water Company. First edition, second edition.
10. Boudjemline F., Semar A., 2018. Assessment and mapping of desertification sensitivity with MEDALUS model and GIS – Case study: basin of Hodna, Algeria. Journal of Water and Land Development 36 (I–III), 17–26.
11. Cronbach, L. J., 1951. Coefficient alpha and the internal structure of tests. Psychometric 16, 297-334.
12. 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. https://doi.org/10.22034/jdmal.2017.27855.
13. Dalkey, N., and Helmer, O., 1963. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. Management Science 9, 458- 467.
14. Development of Natural Resources and Watershed. 2020. Natural resource outlook reports of Khorasan Razavi Province. Natural Resources and Watershed Department of Khorasan Razavi Province.
15. FAO. 2015. Healthy Soils Are the Basis for Healthy Food Production (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], pp. 1–4. http://www.fao.org/documents/card/en/c/645883cd-ba28-4b16-a7b8-34babbb3c505/. Accessed 11 August 2020
16. 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. https://doi.org 10.22067/geo.v0i0.84127.
17. Feyzi Koushki, F., Akbari, M., Memarian, H., Azamirad M., 2019b. Provide strategic plans to manage desertification hazard using futures studies. Disaster Prevention and Management Knowledge 8(4), 401–414.
18. Https://www.unwater.org/publications/un-world-water-development-report-2021
19. IPBES. 2018. The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Montanarella, L., Scholes, R., and Brainich, A. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 744 pages. https://doi.org/10.5281/zenodo.3237392
20. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2018. IPCC Special Report: Global Warming of 1.5 °C, https://www.ipcc.ch/sr15/.
21. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2021. AR6 Climate Change 2021: The Physical Science Basis, https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/.
22. 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 Indicicator 195–208.
23. Jafari, H., Akbari, M., Kashki, M.T., Badiee Nameghi, S.H., 2019. An efficiency comparison of the IMDPA and ESAs models on desertification risk management in arid regions of southern Khorasan Razavi, Iran. Arid Biome 9(1), 39–54. https://

doi.org/10.29252/aridbiom.2019.1542.
24. Kairis, O., Karavitis, C.L., Salvati, A., Kounalaki, A., 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, 360–374. https:// doi.org/10.1111/j.1365-2664.2012.02193. X.
25. Khashtabeh, R., Akbari, M., Kolahi, A., Talebanfard, A., 2020. Assessing the effects of desertification control projects using socio-economic indicators in the arid regions of eastern Iran. Environment, Development and Sustainability 23, 10455–10469. https://doi.org/10.1007/s10668-020-0106-6
26. Khajeddin, S.J., Akbari, M., Karimzadeh, H.R., Eghbal, M.K., 2008. Detecting desertification processes using TM and ETM+ data, north of Isfahan, Iran. Chinese Journal of Plant Ecology 32(2), 328-335. https://doi.org/10.3773/j.issn.1005-264x.2008.02.009
27. Kosmas C., Kirkby M., Geeson N., 1999. The Medalus Project, Mediterranean desertification and land use. European Commission. European Union 18882 p. 66–73.
28. Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N. D., Kosma, D., Yassoglou, N., 2006. Environmentally Sensitive Areas and Indicators of Desertification. Desertification in the Mediterranean Printed in the etherlands, A Security Issue 527–547.
29. Lee, J., Piao, D., Song, C., Kim, J., Lim, C., Kim, E., Moon, J., Kafatos, M., Lamchin, M., Jeon, S., Lee, W., 2019. Assessing environmentally sensitive land to desertification using MEDALUS method in Mongolia, Forest Science and Technology 15(4), 210-220, https://doi.org/10.1080/21580103.2019.1667880.
30. Labbaci, A., Bouchaou, L., 2021. Assessing land degradation and sensitivity to desertification using MEDALUS model and Google Earth Engine in a semi-arid area in Southern Morocco: Case of Draa watershed. Frontiers in Science and Engineering 11(2).
31. Lahlaoi, H., Rhinane, H., Hilali, A., Lahssini, S., Moukrim, S., 2017. Desertification Assessment Using MEDALUS Model in Watershed Oued El Maleh, Morocco, Geosciences 3(50), 1-16.
32. Lamqadem, A.A., Pradhan, B., Saber, H., and Rahimi, A., 2018. Desertification Sensitivity Analysis Using MEDALUS Model and GIS: A Case Study of the Oases of Middle Draa Valley, Morocco Sensors 18, 2230.
33. 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. https://doi.org/10.22059/ije.2021.320754.1482.
34. Marjani Bejestani, S. M., Akbari, M., Ghorbanpoor, A., Chamandeh, M., 2021. Prioritizing Driving Force of Green Space Management based on Futures Studies and Scenario Planning in Critical Situation of Water Resources. Geography and Urban Space Development 7(2), 86-65. https://doi.org/10.22067/jgusd.2021.48275.0.
35. Nasrian, A., Akbari, M., Faridhosseini, A., Neamatollahi, E., 2019a. 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. https://doi.org/10.22052/deej.2018.7.21.49.
36. Nasrian, A., Akbari, M., Faridhosseini, A., Neamatollahi, E. Davari, S., 2019b. Quantitative assessment of desertification intensity indices in the agricultural lands of Dargaz plain, Khorasan Razavi Province, Desert Management 7 (13), 149-170. https://doi.org/10.22034/jdmal.2019.36537.
37. Nunez, M, P., Pablo, A., Rieradevall, J., Antón, A., 2009. Assessing potential desertification and environmental impact in life cycle assessment. The international journal of life cycle assessment 15(5), 67–78.
38. 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.
39. Rabah, B., Aida, B., 2018. Adaptation of MEDALUS method for the analysis depicting land degradation in Oued Labiod Valley (Eastern Algeria). In H. M. El-Askary, S. Lee, E. Heggy, & B. Pradhan (Eds.), Advances in Remote Sensing and Geo Informatics
Applications. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-01440-7_65.
40. Rashki, A., Middleton, N. J., Goudie, A.S., 2021. Dust storms in Iran–Distribution, causes, frequencies and impacts. Aeolian Research 48, 100655. https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2020.100655
41. Sadeghi ravesh, M.H., 2020. Evaluating optimal anti-desertification alternatives, using special vector technique and bernardo ranking model. Desert Ecosystem Engineering Journal 9(29), 41-58.
42. Salvati, L., Bajocco, S., 2011. Land sensitivity to desertification across Italy: past, present, and future. Applied Geography 31, 223–231.
43. Sarbazi, M., Ownegh, O., Mohammadian Behbahani, A., Akbari, M., 2021.Quantitative Assessment of the Desertification Intensity and Risk: A Case study of Sarakhs City. Desert Ecosystem Engineering Journal 10 (31), https://doi.org/15-30. 10.22052/deej.2021.10.31.11.
44. Talebanfard, A. A., Akbari, M., Azamirad, M., 2022. Sensitivity Areas Assessment of Desertification Using ESAs Model and Prioritizing Management Strategies (Case study: Kavir-e- Namak Basin, Khorasan Razavi Province). Desert Management 10(2), 1-20. https://doi.org/10.22034/jdmal.2022.549710.1377.
45. UNCCD. 1994. United Nations Convention to Combat Desertification in those countries experiencing serious drought and/or desertification,

particularly in Africa.
46. UNCCD. 2020. 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.
47. 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.
48. USDA. 2014. Keys to soil taxonomy. United States Department of Agriculture
49. USDA-SCS. 1993. National soil handbook title403, Washington DC. Government printing office.
50. 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.

Developing and Prioritizing Desertification Risk Management Strategies Using Scenario Planning in Khorasan Razavi Province

Morteza Akbari,[1*] Ali asghar Talebanfard,[2] Mahsa Pakdin,[3] Maryam Shahrokhi[4]

Received: 25/09/2023 Accepted: 28/02/2024

Extended Abstract

Introduction: Desertification is one of the most significant process of land degradation in all the world, especially in arid and semi-arid regions. In the United Nations Convention to Combat Desertification report (1994), Desertification is land degradation in dry-lands, resulting from various factors, including both climatic variations and human activities. This process is always associated with soil degradation, pollution and reduction of water resources, vegetation and other biological resources in natural and ecological conditions. Therefore, determining the main factors of this process can be very effective in proper land management. This research was conducted with the aim of zoning sensitivity areas to the desertification intensity based on ESAs model and providing management strategies based on scenario planning in Razavi Khorasan province.

Materials and Methods: In this research, five criteria such as climatic quality, soil, vegetation, erosion and management (human activities), and 20 indicators such as soil texture, soil depth, rock fragment, parent Material, vegetation density, fire risk, rainfall. drought, water and wind erosion, land use change, mining, livestock density in pasture, etc. were used. were used. Scoring and weighting of the indicators was done using a questionnaire and based on the expert opinions of specialists, executive managers and field experiments. The designed questionnaire included 21 questions, that classified in the form of 5 criteria of soil, climate, vegetation, erosion and management, which were distributed among the statistical population in two rounds. Management strategies and policies were also obtained in the Delphi method in the form of expert panels (brainstorming).

Results and Discussion: The results showed that the vegetation criteria with indicators such as the reduction of vegetation, the increase in the risk of fire in pastures and forests due to the continuous droughts of the past two decades and the increase in the intensity of wind and water erosion, with a value of 1.419, has had the greatest value and importance in expansion the intensity of desertification. After that, factors such as human activities (management), climate, erosion and soil respectively have had the greatest impact on the sensitivity areas to desertification in Khorasan Razavi province. In terms of the critical situation, the high percentage of the areas in the northwestern regions such as Quchan and Chenaran township due to the impacts of drought, severe changes in land use and water has become desertification. In the central, eastern and southern parts due to drought, land use changes, lack of optimal land management and wind erosion, main reason has been the expansion of desertification. Besides that, all the townships of Khorasan Razavi province have fragile conditions. This issue can be considered as an important and serious warning for the future management of Khorasan Razavi province. Therefore, in order to provide effective ways to deal with the intensity of desertification, based on the opinion of experts and specialists in the current research, by considering only the priority indicators of each of the criteria, the number of 10 cross matrix of the important indicators of each of the criteria, 20 scenarios, 6 strategies and more than 40 strategies were obtained. So that, by using the suggested strategies could be planned and managed according to regional and local conditions, to reduce the intensity of desertification.

Conclusions: The ESAs model uses four criteria of management, vegetation, soil quality and climate mainly to evaluate areas sensitive to desertification. So that, in this research, due to the importance of the erosion (water and

1. Associate Professor, Department of Desert Areas Management, Faculty of Natural Resources and Environment. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad, Iran, Corresponding author; m-akbari@um.ac.ir

2. M.Sc. of Desert Areas Management, Faculty of Natural Resources and Environment. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad, Iran

3. Ph.D. Department of Combat Desertification, Faculty of Desert Studies, Semnan University, Semnan, Iran

4. M.Sc. of Watershed Management, Faculty of Natural Resources and Environment. Ferdowsi University of Mashhad. Mashhad, Iran

doi: 10.22052/DEEJ.2024.253646.1023

wind erosion), for zoning map of sensitivity areas to desertification were used. In order to provide management plans (strategies and policy), to reduce and combat desertification in Khorasan Razavi province, management strategies such as; -sustainable management of vegetation, - water resources management and watershed management, - soil management, - livestock management and reduction of environmental hazards caused by human activities, - education, promotion and culture and sustainable management. Therefore, in this research, only the important strategies and policy that can provide a comprehensive vision of land management in Khorasan Razavi province, were suggested.

Keywords: Delphi method, Futures studies, Index, Land degradation, Soil erosion.