

## شناسایی و رتبه‌بندی مهم‌ترین عوامل بیابان‌زایی در استان خراسان رضوی با استفاده از روش دلفی

فاطمه فیضی کوشکی - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مدیریت مناطق بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

مرتضی اکبری<sup>۱</sup> - استادیار گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

هادی معماریان - دانشیار گروه آبخیزداری دانشگاه بیرجند، بیرجند، ایران

محمود اعظمی‌راد - دکترای آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی، مشهد، ایران

تاریخ تصویب: ۱۳۹۸/۱۱/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۸/۱۷

### چکیده

بیابان‌زایی از مهم‌ترین عوامل تخریب سرزمین در نقاط مختلف جهان به‌ویژه مناطق خشک به شمار می‌آید و شناخت عوامل اصلی این پدیده می‌تواند در مدیریت صحیح و مناسب اراضی بسیار مؤثر باشد. لذا این تحقیق باهدف شناسایی و رتبه‌بندی شاخص‌های مؤثر خطر بیابان‌زایی در مناطق خشک شمال شرق ایران - استان خراسان رضوی و بر اساس روش دلفی، انجام شد. در این پژوهش ابتدا، بر اساس توزیع چندمرحله‌ای پرسش‌نامه (راند) در بین جامعه آماری که شامل؛ مدیران اجرایی، کارشناسان و متخصصان حوزه منابع طبیعی است، مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در گسترش خطر بیابان‌زایی استان خراسان رضوی شناسایی گردید. روایی و پایایی پرسش‌نامه‌ها به ترتیب طبق نظر جامعه خبره و همچنین با استفاده از ضریب آلفای کرونباخ محاسبه شد. تجزیه و تحلیل آماری نتایج حاصل از پرسشنامه‌ها و رتبه‌بندی شاخص‌ها در محیط نرم‌افزاری Matlab و SPSS انجام گردید. سپس با بررسی روایی پرسشنامه‌ها ۳۰ پرسش اصلی انتخاب شد و نتایج پایایی نیز بیانگر ضریب آلفای کرونباخ معادل ۰/۸۲۳ می‌باشد که اعتبار و پایایی قابل قبول پرسش‌نامه را تأیید نمود. نتایج حاصل از راند اول پرسش‌نامه‌ها نشان داد که معیارهایی همچون معیار اقلیم، آب، فعالیت‌های انسانی، معیار اجتماعی-اقتصادی، پوشش گیاهی، فعالیت‌های کشاورزی، خاک و زمین‌شناسی و فرسایش به ترتیب از مهم‌ترین عوامل توسعه بیابان‌زایی بوده‌اند. نتایج ارزیابی پرسشنامه‌ها در راند دوم، طبق روش دلفی و آزمون آماری فریدمن نیز نشان داد فعالیت‌های انسانی با شاخص بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی، معیار اقلیم با شاخص خشک‌سالی‌های مکرر، معیار آب با شاخص برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی، معیار اجتماعی-اقتصادی با شاخص

بهره‌برداری شدید از جنگل‌ها و مراتع، معیار پوشش گیاهی با بهره‌برداری بی‌رویه از پوشش گیاهی، معیار کشاورزی با شاخص الگوی غلط کشت و عدم رعایت تناوب زراعی، معیار خاک و زمین‌شناسی با شاخص فرسایش‌پذیری خاک در برابر عوامل فرساینده از مهم‌ترین معیارها و شاخص‌های مؤثر در گسترش خطر بیابان‌زایی استان خراسان رضوی در طی ۳۰ سال گذشته بوده است.

**کلیدواژه‌ها:** شدت بیابان‌زایی، تخریب سرزمین، شاخص، تجزیه و تحلیل آماری، پرسش‌نامه.

#### ۱- مقدمه

بیابان‌زایی یکی از پیچیده‌ترین تهدیدهای محیط‌زیست با اثرات منفی اجتماعی-اقتصادی است. از این‌رو درک ویژگی‌های فضایی-زمانی این فرآیند با شناسایی، پایش و ارزیابی معیارها و شاخص‌های مهم امکان‌پذیر است (Akbari et al., 2016; Akbari et al., 2020). بیابان‌زایی دارای ابعاد جهانی است. بطوریکه گسترش این فرآیند، در چند سال اخیر باعث کاهش چشم‌گیر پتانسیل حاصلخیزی اراضی زراعی، مرتعی و جنگلی، کاهش زیست‌توده جانوری و گیاهی، شور شدن و فرسایش خاک، افت کمی و کیفی منابع آب سطحی و زیرزمینی در جهان و به‌خصوص در ایران شده است (زهتاییان و همکاران، ۱۳۹۳؛ Akbari et al., 2019).

تاکنون برای مفهوم بیابان‌زایی بیش از یک‌صد تعریف ارائه شده است. تعاریف مربوط به دهه ۱۹۷۰ بر تخریب اکوسیستم و تعاریف مربوط به دهه ۱۹۸۰ تا به امروز بر کاهش فعالیت و عملکرد تولیدات بیولوژیکی محیط تأکید دارند (اکبری و ضیایی، ۱۳۹۳). در حال حاضر معتبرترین تعریف مربوط به کنفرانس توسعه و محیط‌زیست سازمان ملل در سال ۱۹۹۲ است که در فصل ۱۲ از دستور کار راهنمای ۲۱ (Agenda 21) به آن اشاره شده است. در این کنفرانس تعریف جامعی از بیابان‌زایی در سطح جامعه جهانی ارائه شد. بطوریکه "بیابان‌زایی تخریب زمین در مناطق خشک، نیمه‌خشک و خشک نیمه مرطوب توسط عوامل آب و هوایی (تغییرات اقلیمی) و فعالیت‌های انسانی، تعریف شده است" (UNCED, 1992). نکته مهم در آن سال اشاره به تغییرات اقلیمی به‌عنوان یکی از عوامل کلیدی اصلی در فرآیند بیابان‌زایی در مناطق خشک و بیان این موضوع که بیابان‌زایی مسائل اقتصادی و اجتماعی را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Jiang et al., 2019; Khosravi et al., 2014) می‌باشد. تعریف ارائه شده یک تعریف کامل است؛ اما کمبودهایی نیز دارد؛ مانند عدم اشاره به برگشت‌ناپذیری فرآیندهای بیابان‌زایی و از دست رفتن تنوع زیستی (Rasmy et al., 2010). در سال ۱۹۹۴ در مناطقی با اقلیم گرم و خشک فرآیند بیابان‌زایی می‌تواند سرعت بیشتری بیابد و به‌صورت فاجعه درآید. این فرآیند همواره با تخریب خاک و منابع آبی، پوشش گیاهی و دیگر منابع در شرایط طبیعی و اکولوژیکی همراه است (Akbari et al., 2016)؛ بنابراین، شناسایی عوامل تشدیدکننده بیابان‌زایی و همچنین چگونگی مهار بیابان‌زایی از دغدغه‌های اغلب کشورهای است که به‌نوعی با این تهدید مواجه هستند (Akbari et al., 2020).

بیابان‌زایی را نمی‌توان منحصر به اقلیم خاصی دانست. اگرچه نقش این پدیده در مناطق خشک و نیمه‌خشک تأثیرگذارتر از سایر مناطق است. مشخصه بارز این فرآیند، کاهش تولید بیولوژیک سرزمین بوده که به صورت مختلف نمایان می‌شود (اکبری و همکاران، ۱۳۸۶؛ زهتابیان و همکاران، ۱۳۹۳). بیابان‌زایی مشتمل بر فرآیندهایی است که هم نتیجه عوامل طبیعی بوده و هم به عملکرد نادرست انسان در محیط برمی‌گردد (Veron et al., 2006). از عوامل انسانی مهم می‌توان به بیابان‌زایی ناشی از تبدیل کاربری اراضی، فعالیت‌های کشاورزی، فعالیت‌های دامداری و چرای دام در مراتع، تخریب پوشش گیاهی و فعالیت‌های اجتماعی-اقتصادی در مطالعات میرکتولی و همکاران (۱۳۹۱)، سیلاخوری و همکاران (۱۳۹۳) و همچنین مطالعات Danfeng (2006)، Olokeogun et al., (2014) و Gomes et al., (2019) اشاره نمود. در ارتباط با بیابان‌زایی ناشی از فرسایش بادی می‌توان به مطالعات هنزدوست و همکاران (۱۳۹۰) و اکبری (۱۳۹۵) و در خصوص بیابان‌زایی ناشی از تغییرات کمی و کیفی آب، به مطالعات مقصودلورد و همکاران (۱۳۹۳) و (AbbasiTeshnizi et al., 2017) و درباره بیابان‌زایی ناشی از تغییر پارامترهای اقلیمی نیز به مطالعات صبوری راد و همکاران (۱۳۹۱) و Akbari et al., (2016) اشاره نمود.

مدل‌های مختلفی برای ارزیابی شدت بیابان‌زایی در جهان و ایران وجود دارد که هر یک از مدل‌ها از معیارها (پیش‌ران‌ها و یا عدم قطعیت‌ها) و شاخص‌های مختلف استفاده می‌کنند. مدل‌هایی از جمله<sup>۱</sup> IMDPA،<sup>۲</sup> ESAS،<sup>۳</sup> MEDALUS،<sup>۴</sup> MICD،<sup>۵</sup> GLASOD و<sup>۶</sup> JCD که در آنها عمدتاً معیارهای اصلی بیابان‌زایی شامل عوامل همچون فاکتور خصوصیات اقلیمی، خاک و زمین‌شناسی، فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، پوشش گیاهی، آب و فعالیت‌های اجتماعی-اقتصادی می‌باشند (اکبری، ۱۳۹۵). علاوه بر آن هر کدام از معیارهای مؤثر در توسعه بیابان‌زایی می‌تواند شامل چندین شاخص تأثیرگذار نیز باشد که شناخت دقیق، ارزیابی مکانیسم‌های مؤثر در وقوع پدیده بیابان‌زایی آنها به مدیریت صحیح اراضی کمک قابل توجهی خواهد نمود. به‌عنوان مثال بیابان‌زایی ناشی از فعالیت‌های کشاورزی می‌تواند به سبب مناسب نبودن روش‌های بهره‌برداری از منابع آب، شخم در جهت شیب اراضی، استفاده زیاد از سم و کودهای شیمیایی و ... صورت گیرد (زهتابیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ نصریان و همکاران، ۱۳۹۸). امروزه دیگر بر هیچ‌کس پوشیده نیست که برای مدیریت پایدار محیط‌زیست به پایش و ارزیابی همیشگی معیارها و شاخص‌های مؤثر در تغییر اراضی نیاز داریم (Akbari et al., 2020). با توجه به اهمیت پدیده بیابان‌زایی، مطالعات زیادی انجام شده، ولی پژوهشگران معتقدند ارزیابی بیابان‌زایی زمانی به‌طور رضایت‌بخشی امکان‌پذیر است که معیارها و شاخص‌های مناسب و معتبر مربوط به این پدیده تعیین شود؛ اما تاکنون امکان تعیین چنین شاخص‌هایی که بتوان

1 Iranian Model of Desertification Potential Assessment

2 Environmentally Sensitive Areas to desertification

3 Mediterranean desertification and land use

4 Modified Iranian Classification of Desertification

5 Global Assessment of Human Induced Soil Degradation

6 Iranian Classification of Desertification

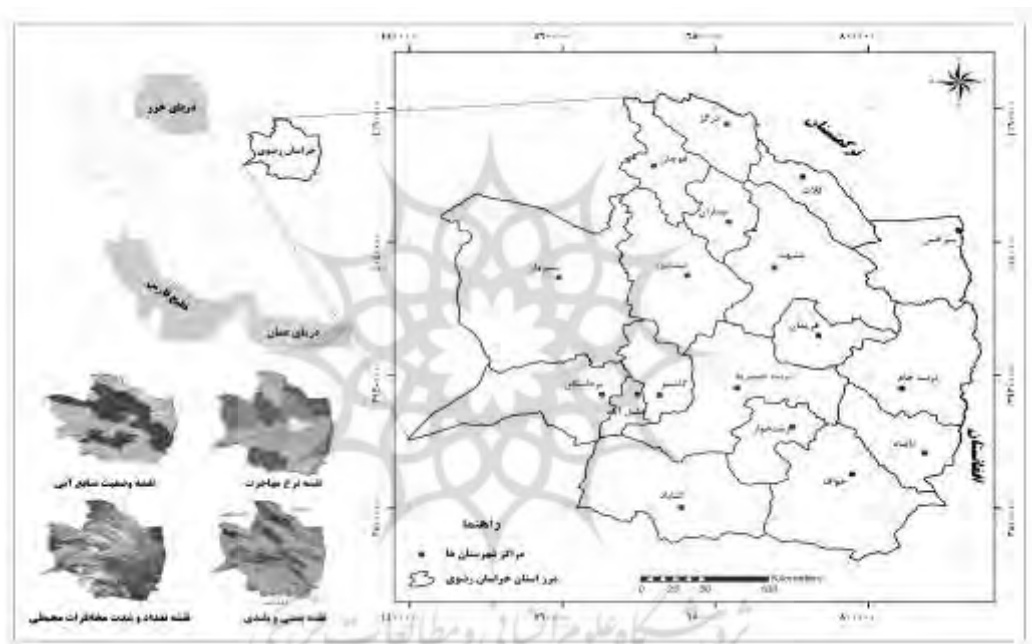
از آن‌ها در سطوح مختلف جهانی، ناحیه‌ای، منطقه‌ای، ملی و محلی استفاده نمود، میسر نشده است (Veron et al, 2006).

تحقیق حاضر با رویکردی اکتشافی به دنبال شناسایی و تدوین مؤلفه‌ها، عوامل اصلی و کلیدی مؤثر در گسترش بیابان‌زایی در استان خراسان رضوی است. این استان با داشتن ۵/۵ میلیون هکتار رخساره بیابانی و وضعیت آب و هوایی حاکم، شرایط مستعدی برای فرسایش خاک و تخریب اراضی دارد. بر اساس آمار و گزارش‌های موجود ۱/۶ میلیون هکتار از اراضی به‌طور مستقیم تحت تأثیر کانون‌های بحران فرسایش بادی بوده که در ۱۵ کانون، ۱۷ نقطه و ۱۵ شهرستان گسترده شده است. این کانون‌ها در مناطق مرکزی، غرب و جنوب غربی استان پراکنده شده‌اند. وجود صحرای بزرگ قره‌قوم در کشور ترکمنستان در شمال استان خراسان رضوی در برخی از فصول سال بر آلودگی‌های محیطی نیز افزوده است (گزارش توسعه‌ی منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی در افق ۱۴۰۴، ۱۳۹۵). برخی از دشت‌ها به دلیل برداشت بیش‌ازحد آب از سفره‌های آب زیرزمینی، به‌طور متوسط سالانه ۶۰ سانتی‌متر (در دشت مشهد در بخش‌های مرکزی) و یا ۷۰ سانتی‌متر (در دشت نیشابور در بخش‌های غربی) دچار نشست زمین شده‌اند. گزارش‌های رسمی موجود در اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی نشان داده است که افزایش تعداد چاه‌ها، تبدیل کاربری اراضی مرتعی و جنگلی به کشاورزی و مسکونی، شور شدن اراضی از عوامل انسانی تخریب زمین در منطقه بوده است. طبق گزارش‌های رسمی موجود سرانه فرسایش خاک در ایران در حدود ۱۵ تن در هکتار در سال است که برای استان خراسان رضوی در حدود ۱۸ تا ۲۰ تن در سال برآورد شده است که این موضوع بیانگر شدت فرسایش خاک در مناطق شرقی ایران می‌باشد (گزارش توسعه‌ی منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی در افق ۱۴۰۴، ۱۳۹۵)؛ بنابراین شناسایی و اولویت‌بندی دقیق عوامل اصلی بیابان‌زایی بر اساس روش‌های مبتنی بر نظرات کارشناسی، میدانی و علمی می‌تواند در مدیریت بهتر اراضی این استان نقش مهمی را ایفا نماید.

## ۲- منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش استان خراسان رضوی با مساحتی در حدود ۱۱۶ هزار کیلومتر مربع در شرق و شمال شرقی ایران مورد بررسی قرار گرفت. استان خراسان رضوی به دلیل وسعت زیاد از نظر شرایط طبیعی، بسیار متنوع و هر یک از نواحی مختلف آن دارای ویژگی‌های خاصی بوده و از تنوع اقلیمی برخوردار است. بیش از ۷۰ تا ۷۵ درصد از مساحت این منطقه بر اساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن تحت حاکمیت اقلیم خشک و نیمه‌خشک است. میزان بارش منطقه مورد مطالعه از شمال به سمت جنوب کاهش پیدا می‌کند. به‌طوری‌که بیش‌ترین میزان بارش مربوط به ایستگاه‌های شمالی همچون شهرستان‌های قوچان و درگز با حدود ۳۰۴/۹ میلی‌متر و کم‌ترین مقدار در ایستگاه‌های جنوبی مانند شهرستان‌های گناباد و تایباد با بارندگی در حدود ۱۴۳/۹ میلی‌متر می‌باشد. از نظر دمایی نیز دارای

تابستان‌های گرم و زمستان‌های نسبتاً سرد است. میانگین سالانه دمای ۱۵/۹ درجه سیلیسوس بوده که از شمال به جنوب افزایش می‌یابد (گزارش توسعه‌ی منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی در افق ۱۴۰۴، ۱۳۹۵). استان خراسان رضوی از لحاظ تقسیمات رویش گیاهی جزء ناحیه ایرانی-تورانی به‌شمار می‌رود. به‌طور کلی اکوسیستم‌های واقع در بخش‌های شمالی استان از تنوع پوششی و زیستی بیشتری در مقایسه با اکوسیستم‌های شکننده و حساسیت‌پذیر بخش‌های جنوبی برخوردارند. وضعیت اقلیمی و بارش کم استان موجب شده که اکوسیستم حاکم بر منطقه از یک شرایط حساس و شکننده برخوردار باشد (فیضی کوشکی و همکاران، ۱۳۹۷). شکل ۱ موقعیت جغرافیایی استان خراسان رضوی را در شمال شرقی ایران نشان می‌دهد.



شکل ۱- نقشه موقعیت جغرافیایی استان خراسان رضوی در شمال شرقی ایران

### ۳- مواد و روش‌ها

با توجه به هدف اصلی این پژوهش که شناسایی و اولویت‌بندی مهم‌ترین عوامل مؤثر در گسترش بیابان‌زایی است، لذا روش تحقیق نیز مبتنی بر متد دلفی<sup>۱</sup> بنا شده است. روش دلفی یک روش چندمرحله‌ای برای استخراج نظرات از یک گروه متخصص در مورد یک موضوع و رسیدن به اجماع گروهی از طریق راندهای پرسش‌نامه‌ای با حفظ گمنامی پاسخ‌دهندگان و بازخورد نظرات به اعضای پانل تا زمان دستیابی به اجماع نظرات است (Adler & Ziglio, 1996). روش دلفی شامل چندین راند بوده و معمولاً به دو یا سه راند تعدیل می‌گردد. این تکنیک توسط

1 Delphi

(1963) Dalje & Helmer در شرکت راند<sup>۱</sup> طراحی و ابداع گردید. پایه این روش بر این است که نظر متخصصان هر قلمرو علمی در مورد پیش‌بینی آینده صاحب‌ترین نظر است؛ بنابراین برخلاف روش‌های پژوهش پیمایشی، اعتبار این روش به اعتبار علمی متخصصان شرکت‌کننده بستگی دارد (انتظاری، ۱۳۹۴). مهم‌ترین نکته در روش دلفی، غلبه بر نکات منفی موجود در کمیته‌های متعارف است. عدم افشای هویت، بازخورد کنترل‌شده و پاسخ‌های مبتنی بر آمار، مهم‌ترین مشخصه‌های روش دلفی است. تکنیک دلفی می‌تواند به بسیاری از پرسش‌های مربوط به چگونگی رشد، ارزیابی و تقاضای آینده‌پژوهی پاسخ دهد و از مداخلات روان‌شناسی کنترل‌نشده‌ی بین متخصصین با ایجاد تعاملات مستقیم غیرممکن اجتناب می‌کند (فیضی کوشکی و همکاران، ۱۳۹۷). از مزایای دلفی می‌توان به امکان استفاده گسترده از نظرات، اجماع قوی و مستحکم از نظرات، بخصوص در موارد عدم وضوح و کمبود شواهد تجربی، استفاده در سطح جغرافیایی وسیع و ارائه دید بی‌طرفانه همراه با صداقت در بیان ایده‌ها و گزینه‌ها اشاره نمود. علاوه بر آن، این تکنیک از هدر رفتن زمان و انرژی برای تصمیمات نامربوط یا مغرضانه جلوگیری می‌کند چراکه پیش‌بینی‌های دلفی با یک روش تحلیلی و نظام‌دار صورت می‌گیرد (Helms et al., 2017).

بنابراین در این تحقیق، مراحل و گام‌های زیر (متناسب با روش دلفی) انجام شد:

گام اول: - تعیین جامعه آماری خبره و متخصص،

گام دوم: - طراحی پرسش‌نامه اولیه با استفاده از نظرات تعدادی از متخصصان (۳۰ متخصص مجرب از جامعه آماری)،

گام سوم: - توزیع مجدد پرسش‌نامه اولیه بین همان ۳۰ متخصص به منظور ارزیابی اولیه پرسش‌ها (روایی و پایایی پرسش‌نامه) جهت مرتفع نمودن ابهامات و ایرادات گویه‌ها و پرسش‌ها از نظر ساختاری و نگارشی، - تعیین عوامل اصلی گسترش بیابان‌زایی (پیش‌ران‌ها و یا معیارها)، - تعیین شاخص‌های مهم برای هر یک از معیارها، -

گام چهارم: توزیع پرسش‌نامه‌ها نهایی در راند اول و تجزیه و تحلیل نتایج راند اول، - ارزیابی مجدد نظرات متخصصان و توزیع مجدد پرسش‌نامه‌ها با ارائه همزمان خلاصه از نظرات جامعه آماری (ارائه اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌های مهم در راند اول)، - توزیع مجدد پرسش‌نامه‌ها (راند دوم) در بین متخصصان و تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌ها در راند دوم

گام پنجم: استفاده از آزمون فریدمن برای مقایسه میانگین رتبه معیارها و شاخص‌ها

## ۳-۱- تعیین جامعه آماری

انتخاب شرکت‌کنندگان واقعی فرآیند مهمی است که نیاز به ملاحظات جدی دارد و کارشناسان و صاحب‌نظران منتخب باید افرادی روشنفکر، فرهیخته، با انگیزه، خلاق و متفکرانی با راهبردهای خاص خود باشند. آن‌ها همچنین باید بتوانند به‌خوبی ارتباط برقرار کنند و به دیدگاه‌ها و علایق مختلف احترام گذارند. جامعه‌ی آماری این پژوهش را خبرگان و متخصصان عرصه‌ی منابع طبیعی و محیط‌زیست تشکیل می‌دهند. در این پژوهش، در ابتدا فهرستی از کارشناسان، مدیران ادارات اجرایی و همچنین متخصصان و استادان حوزه‌ی بیابان، منابع طبیعی و محیط‌زیست در سطح استان خراسان رضوی در نظر گرفته شد که در حدود ۱۶۰ نفر بودند. بطوریکه پس از ارتباط حضوری و تلفنی با برخی از این افراد مشخص شد تعدادی از آنها که تقریباً ۳۰ تا ۳۵ بودند تمایلی به مشارکت و همکاری نداشتند. لذا حداقل تعداد قابل قبول جامعه آماری با استفاده از جدول مورگان تعیین شد و سعی گردید تا تمایل حداقل ۱۱۳ نفر از کارشناسان، مدیران و متخصصین مراکز علمی و دانشگاهی برای مشارکت در تکمیل پرسش‌نامه‌ها و ارائه نظرات کارشناسی، جلب شود و مورد موافقت قرار گیرد. لازم به توضیح است که جدول مورگان، یکی از پرکاربردترین روش‌ها برای محاسبه حجم نمونه آماری است. این جدول در واقع حاصل زحماتی است که Morgan, Daryle, Rabert, Kerjce کشیده‌اند و به ازای مقادیر مختلف از اندازه‌های جامعه تعداد حداقل نمونه را برآورد کرده‌اند؛ یعنی هریک از اعداد این جدول حجم نمونه را مشخص خواهد کرد (Krejci & Morgan, 1970).

## ۳-۲- جمع‌آوری اطلاعات و طراحی پرسش‌نامه

آنچه که بیش از هر چیز در اخذ نتایج و تحلیل صحیح از داده‌های جمع‌آوری شده مؤثر است، انتخاب دقیق و مناسب شاخص‌ها و روش‌های مربوطه در مراحل تدوین، طراحی و اجرای پرسش‌نامه می‌باشد. در این تحقیق به‌منظور جمع‌آوری اطلاعات از دو روش اسنادی و میدانی استفاده شد. در روش اسنادی، با استفاده از منابع و مؤاخذ موجود، کلیه اطلاعات پایه در خصوص ارائه تعاریف، معرفی و شناخت وضعیت کنونی و پیشینه اقدامات انجام شده در منطقه تدوین و تبیین گردید و داده‌های به دست آمده در این بخش، در حقیقت مسیر تحقیق را مشخص و بستر لازم را جهت انجام مطالعات میدانی مهیا نمود. این بخش شامل؛ شناسایی و اولویت‌بندی دقیق عوامل اصلی تأثیرگذار در روند بیابان‌زایی استان خراسان رضوی بر اساس روش‌های مبتنی بر نظرات کارشناسی، میدانی و علمی، طراحی و تنظیم پرسش‌نامه جهت تعیین عدم قطعیت‌ها بر اساس توزیع چندمرحله‌ای (رانند) پرسش‌نامه در بین جامعه آماری کارشناسان و متخصصان و طبق روش دلفی می‌باشد. لازم به توضیح است که برای یکسان‌سازی مفهوم کاربردی عدم قطعیت‌های (معیارها و یا همان نیروهای پیش‌ران) مؤثر و اصلی در شدت بیابان‌زایی استان خراسان رضوی، از مدل‌های رایج ارزیابی شدت بیابان‌زایی در جهان و بخصوص ایران استفاده شد و معیارهای اصلی بیابان‌زایی در ۸ گروه اصلی از جمله؛ عوامل اقلیمی، خاک و زمین‌شناسی، فعالیت‌های انسانی، کشاورزی، پوشش گیاهی، آب و

فعالیت‌های اجتماعی - اقتصادی تقسیم‌بندی شدند؛ بنابراین، در ابتدا از تمام افراد جامعه آماری خواسته شد تا فهرستی از مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر در شدت بیابان‌زایی برای هر یک از معیارهای ۸ گانه با توجه به شرایط استان خراسان رضوی معرفی نمایند. برای آنکه برداشت‌های ذهنی پاسخ‌دهندگان نسبت به پرسش‌ها به یکدیگر نزدیک شود، ابتدا خلاصه‌ای از طرح و موضوع مورد سؤال نیز به متخصصان ارائه شد.

### ۳-۳- بررسی روایی و پایایی پرسش‌نامه‌ها

مفهوم روایی به این سؤال پاسخ می‌دهد که ابزار اندازه‌گیری تا چه حد خصیصه مورد نظر را می‌سنجد؟ و آیا اصولاً قادر است خصوصیتی را که برای سنجش آن طراحی شده اندازه‌گیری کند؟ روش‌های مختلفی برای بررسی روایی پرسش‌نامه ارائه گردیده است. ساده‌ترین و کاربردی‌ترین این روش‌ها استفاده از نظر کارشناسان و صاحب‌نظران در خصوص محتوای پرسش‌نامه می‌باشد.

در بررسی پایایی، هدف این است که بدانیم ابزار اندازه‌گیری در شرایط یکسان تا چه اندازه نتایج یکسانی به دست می‌دهد. به بیان دیگر اگر ابزار اندازه‌گیری را در یک فاصله زمانی کوتاه، چندین بار به گروه واحدی از افراد بدهیم نتایج حاصل نزدیک به هم خواهد بود یا خیر؟ برای اندازه‌گیری پایایی معمولاً از شاخصی به نام ضریب پایایی استفاده می‌کنیم. دامنه ضریب پایایی از ۰ تا ۱ می‌باشد. هر چه این ضریب به یک نزدیک‌تر باشد پایایی بیشتر است. برای تعیین ضریب پایایی شیوه‌های مختلفی استفاده می‌شود، اما متداول‌ترین روش اندازه‌گیری پایایی، ضریب آلفای کرونباخ (Cronbach Alpha) می‌باشد (محمدیگی و همکاران، ۱۳۹۳؛ Bonett and Wright, 2014). با توجه به اهمیت بررسی روایی و پایایی پرسش‌نامه‌ها، در ابتدا پرسش‌نامه اولیه که شامل ۹۰ سؤال (۹۰ شاخص) بر اساس نظر کارشناسان و متخصصان برای هر یک از معیارهای ۸ گانه و در چارچوب یک پرسش‌نامه‌ی بسته و هدفمند با استفاده از روش دلفی و با استفاده از نظرات ۳۰ نفر از افراد جامعه آماری که از افراد با تجربه در عرصه منابع طبیعی است، تهیه و مورد بررسی اولیه کارشناسان قرار گرفت. پس از جمع‌آوری نتایج اولیه بررسی پرسش‌نامه و به‌منظور اصلاح تناقض‌های (مواردی مانند عدم شفاف بودن مفهوم پرسش، ابهام در سؤال و کلی‌گویی)، موجود در پرسش‌نامه، با مقایسه انحراف از معیار پاسخ‌ها و مقایسه پاسخ‌های هر مؤلفه با گویه‌های زیرمجموعه آن، نسبت به حذف پرسش‌های دارای ایراد و ابهام اقدام شد و پرسش‌نامه اصلاح و نهایی شد. بعد از بررسی روایی و پایایی پرسش‌نامه اولیه، جهت شناسایی و اولویت‌بندی عوامل مؤثر در بیابان‌زایی استان خراسان رضوی، پرسش‌نامه اصلاح شده، در دو راند بین جامعه آماری توزیع شد.

### ۳-۴- تجزیه و تحلیل پرسش‌نامه‌ها و محاسبه ارزش عددی عدم قطعیت‌ها (شاخص‌ها)

به‌منظور استخراج و تحلیل داده‌ها ابتدا شاخص‌ها بر حسب نوع مقیاس آن دسته‌بندی شدند. در این تحقیق، از مقیاس رتبه‌ای استفاده شد (فیضی کوشکی و همکاران، ۱۳۹۷). پرسش‌نامه‌ها در دو مرحله (راند) طبق روش دلفی



توسط پاسخ‌دهندگان تکمیل گردید که در نوبت دوم میانگین پاسخ‌های مرحله قبل نیز در اختیار کارشناسان قرار داده شد تا با دقت نظر بیش‌تری نسبت به تکمیل پرسش‌نامه پردازند و اگر تغییر نظری توسط کارشناسان و متخصصان در پاسخ‌دهی وجود داشت، در راند دوم پاسخ درست‌تری برای سؤالات در نظر شود. پاسخ‌ها به‌صورت ۵ گزینه‌ای و به‌صورت طیف لیکرت (ناچیز، کم، متوسط، زیاد و خیلی زیاد) طراحی شدند. پرسش‌نامه با استفاده از معیارهای گردآوری شده طبق نظر کارشناسان تدوین و تعداد پرسش‌ها متناسب با تعداد شاخص‌ها و معیارها به‌صورت مقایسه‌ای تنظیم شد. برای تحلیل داده‌های مربوط به این شاخص‌ها، به پاسخ گزینه‌ها، بر اساس روش وزن‌دهی، ارزش عددی اختصاص داده شد و سپس پاسخ‌های کیفی به رتبه‌های کمی تبدیل گردید. برای مثال اگر در پرسش‌نامه به سؤالی گزینه متوسط انتخاب شده باشد در جدول ۱ ارزش عددی ۳ در نظر گرفته شده است. جدول ۱ نحوه تبدیل ارزش عددی را برای رتبه‌های کمی نشان می‌دهد.

جدول ۱- ارزش عددی برای رتبه‌های کمی بر اساس طیف لیکرت (فیضی کوشکی و همکاران، ۱۳۹۷)

گزینه‌ها	ناچیز	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد
ارزش عددی	۱	۲	۳	۴	۵

سپس با توجه به فراوانی پاسخ‌های مربوط به هر یک از گزینه‌ها، امتیاز شاخص‌ها محاسبه شد. برای مثال اگر به سؤالی ۴۰ نفر گزینه کم، ۳۰ نفر گزینه متوسط و ۴۰ نفر گزینه زیاد را پاسخ داده باشند، امتیاز شاخص طبق رابطه ۱ به‌صورت زیر محاسبه می‌شود:  $(۲ * ۴۰ + ۳ * ۳۰ + ۳ * ۴۰)$  تقسیم بر ۱۱۰ (تعداد کل پاسخ‌دهندگان) می‌شود = ۳، که بر اساس شکل ۲ در محدوده "مطلوب" قرار می‌گیرد. رابطه (۱) نحوه محاسبه امتیاز هر شاخص را بیان می‌کند (فیضی کوشکی و همکاران، ۱۳۹۷).

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{مجموع ارزش عددی وزن هر گزینه سؤال مربوط به نشانگر} * \text{فراوانی مربوط به آن} = \frac{\text{ارزش نشانگر}}{\text{تعداد کل پاسخ دهندگان به سؤال مورد نظر}}$$

وقتی امتیاز هر شاخص به دست آمد، با مراجعه به طیف قضاوت سه قسمتی (شکل ۲)، سطح مطلوبیت آن (مطلوب، نسبتاً مطلوب و نامطلوب) مشخص شد. طیف قضاوت نیز بر اساس حداکثر و حداقل ارزش عددی مربوط به گزینه‌های سؤال هر شاخص طراحی شده است؛ یعنی در یک طرف طیف حداقل ارزش عددی گزینه‌ها و در سمت دیگر آن حداکثر ارزش عددی قرار دارد و سپس فاصله بین این دو به ۳ قسمت مساوی تقسیم شده است که کمترین قسمت نشان‌دهنده سطح نامطلوب، قسمت وسط سطح نسبتاً مطلوب و قسمت انتهایی طیف که بیشترین امتیاز را دارد،

سطح مطلوب به حساب می‌آید. بر اساس اینکه امتیاز عددی شاخص در کدام قسمت طیف است، مطلوبیت آن شاخص تعیین خواهد شد (فیضی کوشکی و همکاران، ۱۳۹۷).

مطلوب	نسبتاً مطلوب	نامطلوب
۳	۲/۳۲	۱

حداکثر امتیاز گزینه ۱ حداقل امتیاز گزینه

شکل ۲ - طیف سه قسمتی تعیین سطح مطلوبیت شاخص (فیضی کوشکی و همکاران، ۱۳۹۷).

### ۳-۵- استفاده از آزمون فریدمن برای مقایسه میانگین رتبه شاخص‌ها

آزمون ناپارامتری فریدمن، که معادل آنالیز واریانس درون‌گروهی است، برای مقایسه میانگین رتبه‌ها در هر گروه استفاده می‌شود. توان آزمون فریدمن در مقایسه با قوی‌ترین آزمون پارامتری برای  $k$  گروه مستقل یعنی آزمون  $F$  یکسان است. در آزمون فریدمن فرض  $H_0$  مبتنی بر یکسان بودن میانگین رتبه‌ها در بین گروه‌ها می‌باشد. رد شدن فرض صفر به این معنی است که در بین گروه‌ها، حداقل دو گروه با هم اختلاف معنی‌داری دارند (رابطه ۲). همچنین برای تمام گروه‌ها آزمون  $\chi^2$  (Chi-squared) محاسبه می‌شود که یکی از معتبرترین آزمون‌های آماری برای درک رابطه سیستماتیک بین متغیرها است. هرچه کای اسکوئر (خی دو) بزرگ‌تر باشد، احتمال وجود رابطه بین متغیرها بیشتر است (Pereira et al., 2015؛ فیضی کوشکی و همکاران، ۱۳۹۷).

$$T_1 = \frac{12}{nk(k+1)} \sum_{k=1}^k R_k^2 - 3n(k+1) \quad \text{رابطه (۲)}$$

که در آن  $N$  تعداد آزمودنی‌ها،  $k$  تعداد مقوله‌ها یا توزیع‌ها می‌باشد که رتبه‌بندی در مورد آن‌ها صورت می‌گیرد و  $R_k^2$  جمع رتبه‌های گروه  $k$  ام می‌باشد.

### ۴- نتایج و بحث

همان‌طور که در بخش مواد و روش‌ها اشاره شد، پس از تعیین جامعه آماری (۱۱۳ کارشناس، مدیر و متخصص دانشگاهی)، ساختار اولیه پرسش‌نامه طراحی گردید. در پژوهش حاضر ابتدا پرسش‌نامه اولیه که شامل ۹۰ سؤال (۹۰ شاخص) در قالب ۸ مجموعه از معیارهای مهم همراه با اهداف، فرضیات و توضیحاتی پیرامون تحقیق مجدداً در اختیار تعداد ۳۰ نفر از افراد جامعه آماری (بر اساس تجربه افراد) قرار گرفت و نظرات اصلاحی آنان در خصوص سؤالات پرسش‌نامه و میزان ارتباط آن‌ها با موضوع پژوهش اخذ گردید. بر این اساس تعداد ۱۰ سؤال حذف و نحوه بیان برخی از سؤالات و همچنین گزینه‌های پاسخ نیز تصحیح گردید. بطوریکه سعی شد برای هریک از معیارهای ۸

گانه حداقل ۱۰ سؤال در نظر گرفته شود. نتایج مقدار آلفای کرونباخ با استفاده از نرم‌افزار SPSS معادل ۰/۸۲۳ به دست آمد.

#### ۴-۱- اولویت‌بندی معیارها بر اساس نتایج حاصل از مرحله اول دلفی

بر اساس نتایج حاصل از مرحله اول (راند اول) دلفی، تکمیل پرسش‌نامه‌ها و استفاده از نظرات خبرگان منابع طبیعی، معیارهای بیابان‌زایی که از تحلیل و آنالیز اول پرسش‌نامه‌ها به دست آمد به ترتیب شامل: معیار اقلیم، آب، فعالیت‌های انسانی، معیار اجتماعی-اقتصادی، پوشش گیاهی، فعالیت‌های کشاورزی، خاک و زمین‌شناسی و درنهایت معیار فرسایش است. جدول ۲ مهم‌ترین معیارها و شاخص‌ها مؤثر در بیابان‌زایی استان خراسان رضوی را بر اساس نظر مدیران، متخصصان و کارشناسان حوزه منابع طبیعی استان نشان می‌دهد.

#### جدول ۲- مهم‌ترین معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی استان خراسان رضوی در راند اول دلفی

مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی	رتبه شاخص	مهم‌ترین شاخص‌ها در راند اول دلفی به ترتیب اولویت
اقلیم	۱	خشکسالی‌های مکرر به علت تغییر الگوی بارش و نامنظم بودن بارش‌های منطقه
	۲	استقرار خشکی‌ها و گستردگی مناطق با اقلیم‌های خشک
	۳	دوره بازگشت طولانی بارش‌ها در مناطق خشک
	۴	فراوانی بادها و شدت نیروی آن در تخریب اراضی
	۵	تغییرات شدید دما در شبانه‌روز و در طول سال، همچنین گرمای منطقه با توجه به خشک و نیمه‌خشک بودن اقلیم
	۶	گرم شدن جهانی کره زمین در اثر تغییر پارامترهای اقلیمی
	۷	افت حاصلخیزی خاک در اثر کاهش پوشش گیاهی و افزایش شدت فرسایش آبی و بادی
	۸	تبخیر و تعرق زیاد به جهت موقعیت جغرافیایی منطقه
	۹	وقوع طوفان‌های گردوغبار
	۱۰	کمبود بارش سالانه و شدت بارندگی
فعالیت‌های انسانی	۱	تخریب و تبدیل غیراصولی کاربری اراضی و صنعتی شدن جامعه
	۲	جاده‌سازی و توسعه شهر و روستاها با تغییر کاربری اراضی مرتعی و جنگلی
	۳	بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی
	۴	افزایش و تراکم جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز کشاورزی و دامداری
	۵	معدن‌کاوی و تخریب ناشی از برداشت غیراصولی از معادن
	۶	مدیریت غلط یا ضعیف خاک و اراضی
	۷	بوته‌کشی از مراتع جهت تعلیف دام و تأمین سوخت
	۸	آلودگی آب‌های زیرزمینی از طریق پسماندهای صنعتی، شهری و کشاورزی
	۹	آیش بلندمدت اراضی حساس به فرسایش بادی

مهم ترین شاخص ها در راند اول دلفی به ترتیب اولویت	رتبه شاخص	مهم ترین معیارهای مؤثر در بیابانزایی
مصرف‌گرایی و سودجویی عوامل انسانی	۱۰	
تأثیر فقر نسبی جوامع روستایی و ناتوانی ساختار روستایی در استفاده از فرصت‌های رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی	۱	اجتماعی-اقتصادی
استفاده نامناسب از روش‌های جدید بهره‌برداری اراضی کشاورزی و منابع طبیعی	۲	
بهره‌برداری شدید از جنگل‌ها و مراتع و تبدیل کاربری اراضی	۳	
ناکافی بودن حمایت‌ها و مشوق‌های صادراتی از محصولات کشاورزی توسط بخش دولتی و خصوصی	۴	
ناکافی بودن سیاست‌های مالی و بیمه‌ای محصولات کشاورزی و منابع طبیعی در هنگام وقوع حوادث طبیعی	۵	
فقدان تعادل و ضعف نظام مدیریتی در توسعه مناطق شهری، روستایی و عشایری (در نظر نگرفتن آمایش سرزمین)	۶	
بهره‌برداری بی‌رویه جهت تأمین درآمد از اراضی طبیعی	۷	
عدم آگاهی عمومی در زمینه قوانین منابع طبیعی	۸	
افزایش نرخ مرگ‌ومیر حیات وحش	۹	
افزایش حجم پرورش دام‌های اهلی و اثر آن‌ها در افزایش متان و گرمایش زمین	۱۰	
نوسانات سطح ایستایی آب‌های زیرزمینی	۱	آب
برداشت از منابع آب سطحی و عدم تأمین حقیقه ساکنان پایین دست	۲	
کاهش حجم رواناب‌ها در اثر کاهش بارش و افزایش تبخیر و تعرق	۳	
برداشت بیش از حد و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی و حفر غیرمجاز چاه‌ها و قنوات	۴	
تغییر مورفولوژی و بستر رودخانه‌ها	۵	
آسیب‌پذیری آبخوان‌ها	۶	
عدم تأمین نیاز آبی جمعیت گیاهی و جانوری	۷	
فرونشست زمین در مناطق مختلف منطقه	۸	
افزایش میزان توانایی جذب سدیم (SAR) و هدایت الکتریکی (EC) در نتیجه افزایش شوری آب	۹	
روش‌های ناکارآمد آبیاری و زهکشی	۱۰	
عدم تعادل بین تعداد دام و ظرفیت مرتع و چرای مفرط و خارج از فصل دام	۱	پوشش گیاهی
بهره‌برداری بی‌رویه از منابع جنگلی و جنگل تراشی	۲	
هجوم آفات و بیماری‌های گیاهی	۳	
فقر پوشش گیاهی و هوموس	۴	
کاهش درصد تاج پوشش گیاهان در منطقه	۵	
کاهش ترکیب، تنوع و غنای گونه‌ای گیاهان	۶	
آتش‌سوزی و از بین رفتن پوشش گیاهی	۷	
کشت و تکثیر بی‌رویه گیاهان مرتعی غیربومی و در نتیجه حذف گونه‌های بومی	۸	
غالب شدن گونه‌های مهاجم نظیر اسپند در اثر تضعیف گونه‌های بومی	۹	

مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی	رتبه شاخص	مهم‌ترین شاخص‌ها در راند اول دلفی به ترتیب اولویت
کشاورزی	۱۰	کاهش پوشش‌های گیاهی یک‌ساله و بوته‌ای و غیرمترکم
	۱	شیوه‌های نامناسب مدیریت و آبیاری اراضی کشاورزی
	۲	الگوی غلط کشت در شیوه‌های متنوع کشاورزی و عدم رعایت تناوب زراعی
	۳	به‌روز و مکانیزه شدن کشاورزی و استفاده از ماشین‌آلات سنگین
	۴	کاربرد نامتعارف نهاده‌ها (کود و آفت‌کش‌ها)
	۵	شخم اراضی در جهت شیب
	۶	شخم مزارع در جهت بادهای فرساینده
	۷	تأثیرات استفاده از کود و سموم شیمیایی بر گیاه، آب‌و‌خاک
	۸	بهره‌برداری نادرست و بیش‌ازحد از زمین‌های کشاورزی
	۹	کاهش بهره‌برداری و میزان محصولات زراعی
خاک و زمین‌شناسی	۱۰	سوزاندن بقایای گیاهی در اراضی کشاورزی
	۱	وجود سازندهای شور، گچی، قلیایی، تیخیری و حساس به فرسایش
	۲	میزان هدایت الکتریکی خاک و تأثیر آن بر کلونیدهای خاک
	۳	فرسایش‌پذیری و ضعیف بودن خاک در برابر عوامل فرساینده
	۴	بافت خاک و عدم توانایی نگهداری رطوبت در خاک
	۵	درصد بالای سنگ و سنگریزه سطحی خاک
	۶	نقش تکنیک بخصوص در ایجاد پلایاها
	۷	ساختمان خاک و شکل خاکدانه‌ها و اثر آن بر نفوذپذیری و نگهداشت آب
	۸	سله بستن، فشردگی خاک و میزان آهک
	۹	عمق کم خاک
فرسایش بادی	۱۰	زبری خاک و مقاومت برشی آن در برابر فرسایش
	۱	بالا بودن سرعت آستانه فرسایش بادی
	۲	شدت فرساینده‌گی بادهای منطقه در تخریب اراضی
	۳	طول، زاویه و شیب دامنه‌های تحت تأثیر باد
	۴	فقر پوشش‌های زنده و غیرزنده در سطح خاک
	۵	زیاد بودن شاخص تعداد روزهای دارای طوفان گردوخاک
	۶	وجود تلماسه‌ها و تپه‌های شنی به‌عنوان مناطق مستعد فرسایش
	۷	وجود گردبادهای فرساینده باد
	۸	فقدان مزارع توربین بادی در تأمین انرژی باد و به‌تبع آن کاهش فرسایش بادی
	۹	کاهش و تخریب پوشش گیاهی
۱۰	تغییر موسمی جهت و شدت وزش بادهای منطقه	

#### ۴-۲- اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌ها (پنج شاخص مهم) بر اساس نتایج حاصل از راند دوم دلفی

در راند دوم دلفی (مرحله نهایی) پس از تحلیل و آنالیز پرسش‌نامه‌ها به ترتیب، معیارهایی همچون فعالیت‌های انسانی، اقلیم، آب، معیار اجتماعی-اقتصادی، پوشش گیاهی، فعالیت‌های کشاورزی، خاک و زمین‌شناسی و فاکتور فرسایش رتبه‌بندی شدند.

مهم‌ترین معیارها و پنج شاخص اول و مؤثر در بیابان‌زایی استان خراسان رضوی با تحلیل نتایج نهایی حاصل از بارش فکری فرآیند دلفی بر اساس نظرات خبرگان این پژوهش و به ترتیب اولویت که تأثیر خیلی زیادی در بیابانی شدن استان خراسان رضوی داشته و وضعیت این شاخص در سطح مطلوبیت با درجه مطلوب می‌باشد، در جدول شماره ۳ نشان داده شده است.

#### جدول ۳- اولویت‌بندی و رتبه‌بندی مهم‌ترین معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی استان خراسان رضوی

مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی	رتبه معیار	رتبه شاخص	مهم‌ترین شاخص‌ها در راند دوم دلفی به ترتیب اولویت	میانگین رتبه شاخص‌ها	خی دو
فعالیت‌های انسانی	۱	۱	بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی	۶/۴۷	۱۸۱/۲۲۰
		۲	مدیریت غلط یا ضعیف خاک و اراضی	۶/۲۵	
		۳	تخریب و تبدیل غیراصولی کاربری اراضی و صنعتی شدن جامعه	۶/۰۴	
		۴	افزایش و تراکم جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز کشاورزی و دامداری	۵/۳۳	
		۵	بوته‌کشی از مراتع جهت تغلیف دام و تأمین قسمتی از سوخت مورد نیاز	۴/۸۱	
اقلیم	۲	۱	خشک‌سالی‌های مکرر به علت تغییر الگوی بارش و نامنظم بودن بارش‌های منطقه	۷/۱۹	۱۷۵/۹۴۶
		۲	افت حاصلخیزی خاک در اثر کاهش پوشش و افزایش فرسایش	۶/۶۲	
		۳	استقرار خشکی‌ها و گسترده‌گی مناطق با اقلیم خشک و وجود سیستم‌های فشار هوای گرم	۶/۱۸	
		۴	گرم شدن جهانی کره زمین در اثر تغییر پارامترهای اقلیمی	۵/۸۸	
		۵	دوره بازگشت طولانی بارش‌ها در مناطق خشک به خاطر تغییرات اقلیمی	۵/۴۹	
آب	۳	۱	برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی و حفر غیرمجاز چاه‌ها و قنوات	۷/۴۳	۱۵۲/۱۸۴
		۲	کاهش حجم رواناب‌ها در اثر کاهش بارش و افزایش تبخیر و تعرق	۷/۱۴	
		۳	برداشت از منابع آب سطحی و عدم تأمین حقبه پایین دست	۵/۸۱	

مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی	رتبه معیار	رتبه شاخص	مهم‌ترین شاخص‌ها در راند دوم دلفی به ترتیب اولویت	میانگین رتبه شاخص‌ها	خی دو
		۴	فرونشست‌های مختلف به علت افت شدید سطح سفره‌های آب زیرزمینی	۵/۷۴	
		۵	نوسانات سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی به علت نوسانات بارش	۵/۰۷	
اجتماعی - اقتصادی	۴	۱	بهره‌برداری شدید از جنگل‌ها و مراتع و تبدیل کاربری اراضی	۶/۰۰	۱۴۸/۳۵۶
		۲	فقدان تعادل و ضعف نظام مدیریت در توسعه مناطق شهری، روستایی و عشایری	۴/۷۲	
		۳	بهره‌برداری بی‌رویه از منابع طبیعی برای بهبود وضعیت معیشت ساکنان بیابان و مراتع	۴/۵۸	
		۴	استفاده نامناسب از روش‌های جدید در بهره‌برداری از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی	۳/۸۳	
		۵	تأثیر فقر نسبی جوامع روستایی و ناتوانی ساختار روستایی در استفاده از فرصت‌های رشد و توسعه اقتصادی و اجتماعی	۳/۷۷	
کشاورزی	۵	۱	الگوی غلط کشت در شیوه‌های متنوع کشاورزی و عدم رعایت تناوب زراعی	۴/۸۷	۱۴۳/۳۰۴
		۲	بهره‌برداری نادرست و بیش‌ازحد از زمین‌های کشاورزی	۴/۳۳	
		۳	شخم اراضی در جهت شیب	۴/۱۲	
		۴	شیوه‌های نامناسب مدیریت و آبیاری اراضی کشاورزی	۴/۰۸	
		۵	کاربرد نامتعارف نهاده‌ها (کود و آفت‌کش‌ها)	۳/۶۸	
پوشش گیاهی	۶	۱	بهره‌برداری بی‌رویه از منابع جنگلی و جنگل تراشی	۶/۴۷	۱۴۳/۲۷۵
		۲	عدم تعادل بین تعداد دام و ظرفیت مرتع و چرای مفرط و خارج از فصل دام	۶/۲۵	
		۳	ترکیب، تنوع و غنای گونه‌ای گیاهان	۶/۰۴	
		۴	درصد تاج پوشش گیاهان در عرصه	۴/۸۱	
		۵	فقر پوشش گیاهی و هوموس	۴/۷۷	
خاک و زمین‌شناسی	۷	۱	فرسایش پذیری و ضعیف بودن خاک در برابر عوامل فرساینده	۶/۰۹	۹۹/۳۷۱
		۲	سازندهای شور، گچی، قلیایی، تبخیری و حساس به فرسایش	۵/۰۱	
		۳	بافت خاک و عدم توانایی نگهداری رطوبت در خاک و کمبود آب قابل دسترس گیاه	۴/۶۵	
		۴	ساختمان خاک و شکل خاکدانه‌ها و اثر آن بر نفوذپذیری و نگهداشت آب	۴/۳۸	
		۵	سله بستن، فشردگی خاک و میزان آهک آن	۴/۲۶	
فرسایش بادی	۸	۱	بالا بودن سرعت آستانه فرسایش بادی	۳/۹۹	۲۷/۸۸۱

مهم‌ترین معیارهای مؤثر در بیابان‌زایی	رتبه معیار	رتبه شاخص	مهم‌ترین شاخص‌ها در راند دوم دلفی به ترتیب اولویت	میانگین رتبه شاخص‌ها	خی دو
		۲	شدت فرسایش بادهای منطقه در تخریب اراضی	۳/۶۸	
		۳	وجود تلماسه‌ها و تپه‌های شنی به‌عنوان مناطق مستعد فرسایش	۳/۵۱	
		۴	فقر پوشش‌های زنده و غیرزنده در سطح خاک	۳/۵۰	
		۵	طول، زاویه و شیب دامنه تحت تأثیر باد	۲/۴۲	

بر اساس نتایج حاصل از تحلیل پرسش‌نامه در راند دوم پانل خبرگان در روش دلفی برای پنج شاخص با مطلوبیت بالا و مؤثر، مشخص شد که از معیار فعالیت‌های انسانی، مهم‌ترین شاخص مؤثر در بیابان‌زایی استان خراسان رضوی، بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی است که منجر به شوری آب و خاک، نشست زمین و بیابان منفی آب دشت‌ها گردیده است، با میانگین رتبه‌ای ۶/۴۷ درصد معرفی شد (انطباق با گزارش‌های رسمی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی، ۱۳۹۵). علاوه بر آن، در ارتباط با فعالیت‌های انسانی و تأثیر آن در بیابان‌زایی نیز نتایج حاصل از این پژوهش با مطالعات (Gomes et al., 2019)، میرکتولی و همکاران (۱۳۹۱) و سیلاخوری و همکاران (۱۳۹۳) که آن‌ها نیز فعالیت‌های انسانی را مهم‌ترین عامل بیابان‌زایی معرفی کردند، همخوانی دارد؛ زیرا در تحقیق حاضر از میان ۸ معیار مؤثر، فعالیت‌های انسانی در اولویت اول قرار گرفته است و در حقیقت یکی از معیارهای اصلی در روند توسعه بیابان‌زایی استان خراسان رضوی بوده است.

در معیار اقلیم ۵ شاخص اول (طبق جدول ۳) شرایط حضور در رتبه‌بندی فریدمن را دارا هستند. مهم‌ترین شاخص مؤثر در بیابان‌زایی در این معیار، افت حاصلخیزی خاک در اثر کاهش پوشش آن، با میانگین رتبه‌ای ۷/۱۹ درصد بوده است. در معیار آب، شاخص مؤثر، برداشت بیش‌ازحد و غیرمجاز از منابع آب زیرزمینی و حفر غیرمجاز چاه‌ها و قنات، با میانگین رتبه‌ای ۷/۱۹ درصد دارای تأثیر چشم‌گیری بر افزایش نرخ بیابان‌زایی داشته است (انطباق با گزارش‌های رسمی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی، ۱۳۹۵). معیار اقلیمی و خاک از همبستگی مثبت بالاتری نسبت به سایر پارامترها برخوردار می‌باشند؛ یعنی در این عامل شرایط اقلیمی منطقه از سهم بالاتری در گسترش بیابان‌زایی منطقه برخوردار بوده است.

بر اساس تحلیل نهایی پرسش‌نامه‌ها و نظرات پرسشگران چهارمین معیار مؤثر و کمک‌کننده در تشدید پدیده بیابان‌زایی، تأثیر معیار اجتماعی-اقتصادی و شاخص‌های آن می‌باشد. یافته‌های این بررسی مبنی بر تأثیرگذار بودن عامل اجتماعی-اقتصادی و تغییرات کاربری زمین به‌عنوان یکی از شاخص‌های مهم و همچنین برداشت بیش‌ازحد از منابع آب زیرزمینی، به‌عنوان نیروهای پیش‌ران در گسترش بیابانی شدن، همخوانی داشته است. در معیار اجتماعی-اقتصادی مهم‌ترین شاخص مؤثر در بیابان‌زایی استان، بهره‌برداری شدید از جنگل‌ها و مراتع، کاهش روند ترسیب



کربن و نیز افزایش گازهای گلخانه‌ای که نتیجه تغییر کاربری اراضی است، با میانگین رتبه‌ای ۶ درصد نسبت به سایر شاخص‌های این معیار به بیابان‌زایی کمک می‌کند (اشاره به نتایج مطالعات Akbari et al., 2019).

در معیار کشاورزی شاخص مؤثر در تخریب زمین در این معیار، الگوی غلط کشت در شیوه‌های متنوع کشاورزی و عدم رعایت تناوب زراعی، با میانگین رتبه‌ای ۴/۸۷ درصد نسبت به سایر شاخص‌های این معیار به بیابان‌زایی معرفی شد. نصریان و همکاران (۱۳۹۸) نیز در مناطق شمالی استان خراسان رضوی به نتایج مشابهی در ارتباط با توسعه کشاورزی و تأثیر آن در تخریب زمین و بیابان‌زایی دست یافته‌اند، که نتایج این تحقیق را در ارتباط با تأثیر توسعه کشاورزی در گسترش بیابان‌زایی تأیید می‌نماید.

در مورد معیار پوشش گیاهی مهم‌ترین شاخص بهره‌برداری بی‌رویه از جنگل، جنگل‌تراشی و مراتع با میانگین رتبه‌ای ۶/۴۷ درصد نسبت به سایر شاخص‌ها در گسترش بیابان‌زایی مؤثر بوده است. نتایج حاصل از مطالعات صبوری و همکاران (۱۳۹۱)، با نتایج این تحقیق در ارتباط با کاهش پوشش گیاهی (جنگل و مراتع) ناشی از بیابان‌زایی همسو بوده است. در فاکتور خاک و زمین‌شناسی نیز مهم‌ترین شاخص مؤثر فرسایش‌پذیری و ضعف بودن خاک در برابر عوامل فرساینده همچون آب و باد، با میانگین رتبه‌ای ۶/۰۹ درصد می‌باشد. این نتایج اطلاعات موجود در گزارش‌های رسمی اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی و همچنین مطالعات Akbari et al., (2019) را در مورد بهره‌برداری بی‌رویه از اراضی طبیعی (اراضی مرتعی و جنگلی) و تأثیر آن در بیابان‌زایی، تأیید می‌کند.

در تحلیل‌های انجام شده، در معیار فرسایش، شاخص فقر پوشش‌های زنده و غیرزنده در سطح خاک، با میانگین رتبه‌ای ۳/۹۹ درصد مهم‌ترین شاخص مؤثر در بیابان‌زایی معرفی شد.

##### ۵- نتیجه‌گیری

بیابان‌زایی یکی از پیچیده‌ترین تهدیدهای محیط‌زیست با اثرات منفی اجتماعی-اقتصادی است. از این‌رو درک ویژگی‌های فضایی-زمانی این فرآیند با شناسایی، پایش و ارزیابی معیارها و شاخص‌های مهم امکان‌پذیر است. در تدوین عوامل اصلی و مؤثر بیابان‌زایی (عدم قطعیت‌ها، نیروهای پیش‌ران محیطی) در استان خراسان رضوی و بر اساس نظرات متخصصان حوزه منابع طبیعی بر این باورند که مهم‌ترین معیارهای بیابان‌زایی فعالیت‌های انسانی با بهره‌برداری بی‌رویه از سفره‌های آب زیرزمینی، مدیریت غلط یا ضعف خاک و اراضی، تخریب و تبدیل غیراصولی کاربری اراضی و صنعتی شدن جامعه، بوته‌کنی از مراتع جهت تعلیف دام و تأمین قسمتی از سوخت مورد نیاز نقش مهمی در تخریب اراضی و بیابان‌زایی داشته است. بطوریکه عوامل دیگری همچون افزایش جمعیت و به تبع آن افزایش نیاز کشاورزی و دامداری در طی سال‌های گذشته تأثیرات غیرقابل جبرانی را بر عرصه‌های طبیعی و گسترش بیابان‌زایی وارد نموده است. لازم به توضیح است که فاکتورهای مؤثری دیگری نیز در گذشته و حال، در تشدید

بیابان‌زایی نقش مؤثری داشته‌اند. عواملی همچون خشک‌سالی‌های مکرر ناشی از تغییر پارامترهای اقلیمی، تغییر الگوی بارش و یا تغییر دوره بازگشت طولانی بارش، که منجر به کاهش حجم رواناب‌ها، تغییر نوسانات سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی شده است. نتیجه این تغییرات فرونشست زمین در بخش‌های مرکزی، غربی و شمال غربی استان بوده است که آن نیز حاصل برداشت بیش از حد از منابع آب زیرزمینی و حفر غیرمجاز چاه‌ها و قنوت می‌باشد. علاوه بر آن، توسعه فعالیت‌های کشاورزی، فرسایش‌پذیری خاک به عوامل فرساینده‌ای چون آب و باد (در نتیجه کاهش و تخریب پوشش گیاهی)، از دیگر عوامل مهم بیابان‌زایی استان خراسان رضوی در طی سال‌های گذشته به شمار می‌آیند. تحقیق حاضر، به دلیل نگاه موشکافانه به موضوع بررسی و اولویت‌بندی معیارها و شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی با استفاده از روش دلفی، به‌عنوان یک روش جامع‌نگر و مبتنی بر نظرات کارشناسی، توانسته است به‌خوبی مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر در بیابان‌زایی استان خراسان رضوی را اولویت‌بندی نماید. لذا نتایج این پژوهش برای پیش‌بینی برنامه‌های مدیریتی و کاهش اثرات منفی تخریب زمین مفید خواهد بود. با توجه به نتایج این بررسی پیشنهاد می‌گردد از روش‌های مناسب آماری جهت ارزیابی وضعیت تخریب زمین و ارزیابی ریسک بیابان‌زایی و اولویت‌بندی عوامل و معیارهای مؤثر جهت ارائه راهکارهای مناسب استفاده گردد.

#### قدردانی و تشکر

این تحقیق در گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشکده منابع طبیعی و محیط‌زیست دانشگاه فردوسی مشهد به انجام رسیده و تحت عنوان طرح پژوهشی با کد ۴۳۳۳۹ حمایت شده است؛ بنابراین، از همه کسانی که در این فرآیند به ما کمک کرده‌اند، تشکر می‌کنیم. علاوه بر آن، نویسندگان این تحقیق، از نظرات مفید داوران که باعث بهبود مقاله شده است، تشکر و سپاسگزاری می‌کنند.

#### کتابنامه

- اکبری، مرتضی؛ ۱۳۹۵. ارائه سیستم پیش‌آگاهی خطر بیابان‌زایی (منطقه مورد مطالعه: مناطق نیمه بیابانی غرب استان گلستان)، رساله دکتری، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.
- اکبری، مرتضی؛ کریم‌زاده، حمیدرضا؛ مدرس، رضا؛ چکشی، بهاره؛ ۱۳۸۶. ارزیابی و طبقه‌بندی بیابان‌زایی با فناوری سنسجس‌ازدور و سیستم اطلاعات جغرافیایی (مطالعه موردی: منطقه خشک شمال اصفهان). فصلنامه علمی پژوهشی، تحقیقات مرتع و بیابان ایران. سال ۱۴. شماره. ۱۲۴-۱۴۲.
- اکبری، مرتضی؛ ضیائی، نوید، ۱۳۹۳. نقد و بررسی تعاریف بیابان و بیابان‌زایی در راستای ارائه تعریفی استاندارد، دومین همایش ملی بیابان با رویکرد مدیریت مناطق خشک و بیابانی، دانشگاه سمنان.

- انتظاری، منیر سادات؛ ۱۳۹۴. مدیریت استراتژیک و آینده‌پژوهی برای به‌سازی سازمان بر طبق روش دلفی، کنفرانس بین‌المللی پژوهش‌های نوین در مدیریت، اقتصاد و حسابداری. استانبول. ترکیه.
- زهتابیان، غلامرضا؛ خسروی، حسن؛ مسعودی، ریحانه؛ ۱۳۹۳. مدل‌های ارزیابی بیابان‌زایی (معیارها و شاخص‌ها). انتشارات دانشگاه تهران.
- سیلاخوری، اسماعیل؛ اوتق، مجید؛ سعدالدین، امیر؛ ۱۳۹۳. ارزیابی خطر و ریسک بیابان‌زایی منطقه سبزوار با استفاده از مدل MICD، دو فصلنامه پژوهشی مدیریت بحران. شماره ۹۱. ۸۹-۹۹.
- صبوری‌راد، سیما؛ نظری سامانی، علی‌اکبر؛ سپهر، عادل؛ ۱۳۹۱. تعیین مهم‌ترین شاخص‌های مؤثر در بیابان‌زایی بر پایه پارچوب مفهومی DPSIR و روش‌های تصمیم‌گیری چندمعیاره (مطالعه موردی: منطقه میاندهی، استان خراسان رضوی). پژوهش‌های دانش زمین. سال ۱۲. شماره ۳. ۸۳-۹۴.
- فیضی کوشکی، فاطمه؛ اکبری، مرتضی؛ معماریان، هادی؛ اعظمی‌راد، محمد؛ ۱۳۹۷. ارائه برنامه‌های راهبردی جهت مدیریت بحران بیابان‌زایی با استفاده از علم آینده‌پژوهی، مجله دانش پیشگیری و مدیریت بحران. سال ۸. شماره ۴. ۴۱-۴۱۵.
- گزارش توسعه‌ی منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان رضوی در افق ۱۴۰۴؛ ۱۳۹۵. اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری خراسان رضوی.
- محمدبیگی، ابوالفضل؛ محمدصالحی، نرگس؛ علی‌گل، محمد؛ ۱۳۹۳. روایی و پایایی ابزارها و روش‌های مختلف اندازه‌گیری آنها در پژوهش‌های کاربردی در سلامت. سال ۱۳. شماره ۱۲. ۱۱۵۳-۱۱۷۰.
- مقصودلوراد، رضا؛ صفری، حجت‌اله؛ عباس‌زاده، زهرا؛ ۱۳۹۳. بررسی روند تغییرات کیفی آب‌های زیرزمینی در دوره‌های خشک و ترسالی، مطالعه موردی: دشت گرگان، فصلنامه بین‌المللی پژوهشی-تحلیلی منابع آب و توسعه. سال ۲. شماره ۳. ۱۶۲-۱۷۱.
- میرکتولی، جعفر؛ حسینی، علی؛ رضایی‌نیا، حسین؛ نشاط، عبدالحمید؛ ۱۳۹۱. آشکارسازی تغییرات پوششی و کاربری اراضی با رویکرد به مجموعه‌های فازی (مطالعه موردی: شهر گرگان)، پژوهش‌های جغرافیایی انسانی. شماره ۷۹. ۳۳-۵۴.
- نصریان، آذین؛ اکبری، مرتضی؛ فریدحسینی، علی؛ نعمت‌الهی، احسان؛ سرور داوری، سرور؛ ۱۳۹۸. ارزیابی کمی شاخص‌های شدت بیابان‌زایی در اراضی کشاورزی دشت درگز، شمال استان خراسان رضوی، مدیریت بیابان. سال ۷. شماره ۱۳. ۱۴۹-۱۷۰.
- هندوست، فرهاد؛ اوتق، مجید؛ شیخ‌بردی، واحد؛ ۱۳۹۰. ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی دشت صوفیکم-منگالی در شمال غربی استان گلستان، پژوهش‌های حفاظت آب‌وخاک. سال ۱۸. شماره ۳. ۲۱۳-۲۱۹.

AbbasiTeshnizi, F., & Nouri Emamzadehei, M.R., 2017. Assessment of ground water quality in Kaboudarahang Plain using factor and cluster analysis. *Journal of Environment and Water Engineering*, 3(3), 272-279.

- Adler, M., & Ziglio, E., 1996. *Gazing into the oracle: The Delphi method and its application to social policy and public health*. London: Kingsley Publishers
- Akbari, M., Jafari Shalamzari, M., Memarian, H., & Gholami, A., 2020. Monitoring desertification processes using ecological indicators and providing management programs in arid regions of Iran. *Ecological Indicators*, 111, 106011-16. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.106011>.
- Akbari, M., Neamatollahi, E., & Neamatollahi, P., 2019. Evaluating land suitability for spatial planning in arid regions of eastern Iran using fuzzy logic and multi-criteria analysis. *Ecological Indicators*, 98, 587-598. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.035>.
- 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.
- Bonett, D.G., & Wright, T.A., 2014. Cronbach's alpha reliability: Interval estimation, hypothesis testing, and sample size planning. *Journal of Organizational Behavior*, 36(1), <https://doi.org/10.1002/job.1960>.
- Dalkey, N., & Helmer, O., 1963. An experimental application of the Delphi method to the use of experts. *Management Science*, 9, 458-467.
- Danfeng, S., Dawson, R., & Baoguo, L., 2006. Agricultural causes of desertification risk in Minqin, China. *Journal of Environmental Management*, 79, 348-356.
- Gomes, E., Banosa, A., Abrantes, P., Rocha, J., Bech, S., Kristensen, P., & Busck, A., 2019. Agricultural land fragmentation analysis in a peri-urban context: From the past into the future. *Ecological Indicators*, 97, 380-388.
- Helms, C., Gardner, A., & McInnes, E., 2017. The use of advanced web-based survey design in Delphi research. *Journal of Advanced Nursing*, 73(12), 3168-3177. <https://doi.org/10.1111/jan.13381>.
- 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*, 1, 95-208.
- Khosravi, H., Zehabian, G., Ahmadi, H., & Azarnivand, H., 2014. Hazard assessment of desertification as a result of soil and water recourse degradation in Kashan Region, Iran. *Desert*, 19, 45-55.
- Krejcie, R.V., & Morgan, D.W., 1970. Determining Sample Size for Research Activities. *Educational and Psychological Measurement*, 30, 607-610. <https://doi.org/10.1177/001316447003000308>.
- Olokeogun, O.S., Iyiola, K., & Iyiola, O.F., 2014. Application of remote sensing and GIS in land use/land cover mapping and change detection in Shasha forest reserve, Nigeria, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-8, 613-616.
- Pereira, D.G., Afonso, A., & Melo Medeiros, F., 2015. Overview of Friedman's Test and Post-hoc Analysis. *Communication in Statistics- Simulation and Computation*, 44(10), 2636-2653. <http://dx.doi.org/10.1080/03610918.2014.931971>.
- Rasmy, M., Gad, A., Abdelsalam, H., & Siwailam, M., 2010. A dynamic simulation model of desertification. *Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Sciences*, 13, 101-111. <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2010.03.001>.
- UNCED., 1992. *Managing Fragile Ecosystems: Combating Desertification and Drought*, Agenda 21-Chapter 12, United Nations Conference on Environment & Development Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June. <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/Agenda21.pdf>.

Veron, S.R., Paruelo, J.M., & Oesterheld, M., 2006. Assessing Desertification. *Journal of Arid Environments*, 66, 751-763. [https:// doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.01.021](https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2006.01.021)

