

به نام خداوند جان و خرد

دانشگاه سمنان
دانشکده کویر شناسی

سیستم های هشدار و تحلیل ریسک در بیابانزایی

استاد درس:
دکتر شیما نیکو

شاخص ها و معیارهای بیابانزایی

تعاریف بیابان:

مروری بر تعاریف بیابان که بوسیله متخصصین علوم محیطی در منابع و نوشته جات به چشم می خورد نشان می دهد که هریک از آنها بنا به فراخور دغدغه های خویش از دیدگاه تخصصی خود ویژگی مناطق بیابانی را برشمرده اند مثلا ؛

- گیاه شناسان معتقدند بیابان ها مناطقی هستند که دارای فقر شدید پوشش گیاهی هستند، یعنی از لحاظ تنوع گونه ای و تراکم گیاهی بسیار فقیر هستند.

اکولوژیست ها معتقدند، بیابان ها اکوسیستم هایی هستند که تولید بیولوژیک به حداقل می رسد یعنی از نظر تولید انرژی شیمیایی فقیر هستند و یا مناطقی را بیابان می نامند که فعالیت موجودات زنده (گیاه، انسان، حیوان) در آن کم است. (تعریف کاربری در منابع طبیعی)

خاکشناسان عرصه هایی که قوه بارخیزی یا تولید را به دلیلی از دست می دهند، یا خیلی پایین می آیند بیابان نام گذاشته اند ویژگی این خاکها عموما شامل. نفوذ پذیری ضعیف، مواد آلی پایین ، لایه های تجمع نمک در سطح ، رس های کم توسعه یافته و توسعه کم افق های خاک و... است.

زمین شناسان مناطقی را بیابان می دانند که واجد سازندهای شور و تبخیری (املاح گچ و نمک) هستند.

تعریف بیابانزایی:

بیابانزایی فرآیند کاهش و یا از دست رفتن توان تولید بیولوژیک و اقتصادی اراضی کشاورزی آبی و دیم، مراتع و جنگل ها است.

بیابان زایی روند تدریجی از دست رفتن قابلیت تولید خاک و تنک شدن پوشش گیاهی در نتیجه فعالیت های انسانی و تغییرات آب و هوایی ، نظیر خشکسالی های طولانی و بروز سیل است.

بیابانزایی یا زوال اکوسیستم های طبیعی پدیده ای پیچیده، خزنده و چندبعدی است که با تغییر اقلیم، تخریب پوشش گیاهی و تخریب و فرسایش خاک به وقوع می پیوندد.

بیابانزایی پس رفت سرزمین در محدوده هایی خارج از مرزهای بیابان های طبیعی است که به شکل کاهش حاصلخیزی، افزایش فرسایش پذیری، افت کمی و کیفی آبخوان ها، نشست زمین، افزایش سیل، پر شدن مخازن سدها، شور و ماندابی شدن اراضی، برهنگی خاک و کاهش پوشش گیاهی، کاهش تنوع زیستی، فقر و مهاجرت و ... دیده می شود.

- جریان کاهنده کارایی سرزمین در زیست اقلیم های شکننده

طبق تعریف پذیرفته شده در کنوانسیون مقابله با بیابانزایی (UNCCD)، بیابانزایی تخریب سرزمین در مناطق خشک، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب در نتیجه تغییرات اقلیمی و فعالیت های انسانی است.

The UN Convention to Combat Desertification(UNCCD)(1994) [with the objective of combating desertification and mitigating the effects of drought through action at all levels and achieving sustainable development in affected areas] adopted a definition of desertification as defined by UNEP and modified by UNCED(1992) to read "desertification is land degradation in arid, semi-arid and dry sub-humid areas resulting from various factors, including climatic variations and human activities."

In above definition

-land is a delineable area of the earth's solid surface, the characteristics of which embrace all attributes of the biosphere vertically above or below this surface, including those of the lower atmosphere, the soil and the underlying geology, the hydrology (including lakes, rivers, marshes and swamps), the plant and animal populations, the human settlement pattern and the physical results of past and present human activity (terracing, water storage or drainage structures, roads, etc.).

-Degradation of the land involves the reduction of the renewable resource potential by one or a combination of processes acting upon the land. The resource potential relates to agricultural suitability (rainfed or irrigated arable cropping, animal husbandry, forestry, inland fishery), primary productivity level, and natural biotic functions.

Such a reduction, leading to an abandonment, or "deserting," of the land (e.g. of parts of the Sahara, populated until some 6000 years ago) can be because of natural processes: such as a natural acidification of atmospheric climate, natural processes of erosion, some processes of soil formation such as primary salinization and hardpan formation, a natural change in the base level of river catchments, or natural invasion by noxious plants or animals.

-Arid, semi-arid and dry sub-humid areas:

Areas in which the ratio of annual precipitation to potential evapotranspiration falls within the range from 0.05 to 0.65

- برای رخداد **بیابانزایی** دو شرط لازم وجود دارد، هر چند کافی نیستند:

۱- سرزمین دارای کمینه ای از استعداد تولید باشد (میانگین بارندگی سالانه منطقه، از ۵ درصد میانگین سالانه تبخیر و تعرق آن کمتر نباشد)

۲- توان تولید سرزمین از آستانه ی مشخصی فراتر نرفته باشد (میانگین بارندگی از ۶۵ درصد میانگین تبخیر و تعرق کمتر باشد)

اما شرط کافی، وجود یک عامل بیرونی است که فعالیت آن سبب تغییر شرایط زیست بوم و سیر قهقرایی آن شود، تغییری که عموماً برگشت ناپذیر است. این عامل بیرونی یا متأثر از فشارهای طبیعی، نظیر تغییر اقلیم است و یا پیامد فشارهای انسانی.. از آنجا که روند تغییرات اقلیمی معمولاً در مقیاس سن زمین شناسی است که معنا می یابد، حال آنکه بیابانزایی دارای رشدی سریع (۵ میلیارد هکتار در طول نیم قرن را در معرض زوال قرار داده)، در نتیجه انسان مهمترین عامل به وجود آورنده و تشدید کننده بیابانزایی است. حتی اگر بپذیریم که عامل طبیعی در بروز بیابانزایی نقش دارد، در درستی این امر که انسان تنها عاملی است که میتواند روند بیابانزایی را کند و یا متوقف کند، شکی وجود ندارد

فرآیندهای بیابانزایی

مجموعه فعالیت های متوالی و مرتبط بیابانزایی (یا مراحل تکاملی بیابانزایی) که با ظهور چشم انداز بیابانی و یا تغییر در عملکرد اکوسیستم همراه است. این فرآیندها شامل تخریب پوشش گیاهی (کاهش میزان و تنوع، و تغییر ترکیب گیاهی)، تخریب خاک (فرسایش آبی، فرسایش بادی، شور شدن، فشرده شدن و تشکیل سله، کاهش مواد آلی و...) و تخریب منابع آب (افت کیفی و کمی و آلودگی منابع آب سطحی و زیرزمینی) است.

عوامل بیابانزایی

مهمترین عوامل محیطی و انسانی بیابانزایی در کشور ما شامل:

الف- عوامل محیطی: عامل اقلیمی (با پارامترهای زمان و میزان نامناسب بارندگی، تبخیر بالا، فراوانی و سرعت نسبتا زیاد باد، استمرار خشکسالی ها، وسعت زیاد مناطق با اقلیم خشک و فراخشک)، عامل زمین شناسی (با پارامترهای فراوانی سازندهای شور، قلیایی، تبخیری و حساس به فرسایش، بلایای طبیعی (مانند رانش، لغزش، سیل و...))

ب- عوامل انسانی:

مهمترین عامل انسانی بیابانزایی شامل:

افزایش جمعیت و سطح رفاه، تغییر کاربری های غیراصولی جنگلها و مراتع و اراضی کشاورزی، بهره برداری بی رویه از منابع آب زیرزمینی، شیوه های نامناسب آبیاری (مانند آبیاری غرقابی) و شیوه های نامناسب کشاورزی (مانند آیش بلند مدت اراضی زارعی حساس به فرسایش، شخم در جهت شیب و...)، چرای مفرط یا عدم تعادل دام و مرتع، کمبود علوفه، بوته کنی و قطع درختان، فقر، بیکاری، عدم آگاهی مردم از فرهنگ منابع طبیعی، مصرف گرایبی و سود جویی، عدم هماهنگی بین سازمان های دولتی و عدم توجه به توانایی های مردم در اجرای برنامه های بیابان زدایی و احیای اراضی تخریب یافته، سوء مدیریت ها، عدم نظارت بر اجرای پروژه های احیایی و اصلاحی، عدم وجود مطالعات آمایش سرزمین، تخریب منابع پایه توسط فعالیت های ساختمان سازی، راه سازی، صنعتی و... اتکای معاش به فعالیت های کشاورزی و دامداری در مناطقی که استعداد بالقوه کمی برای این فعالیت ها دارند و عدم وجود فرصت های شغلی در زمینه های دیگر در بسیاری از مناطق روستایی، عدم اجرای قوانین مربوط به حفظ و جلوگیری از تخریب منابع طبیعی در بسیاری از موارد و وجود نواقص در بعضی از قوانین موجود، عدم وجود مالکیت خصوصی، نبود فناوری مناسب در بهره برداری از منابع و...

پیامدهای وسیع اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی بیابانزایی

- هجوم ماسه های روان و خسارت ناشی از آن به کانون های جمعیتی، زیر بنایی، صنعتی، تاسیسات نظامی و اراضی کشاورزی
- کاهش حاصلخیزی و توان تولید اراضی زراعی و عرصه های منابع طبیعی
- تشدید شوری زایی و زهدار شدن اراضی
- کاهش کمی و کیفی منابع آب های زیر زمینی
- پرشدن و کاهش ظرفیت شبکه های انتقال آب با رسوبات بادی، کاهش ظرفیت ذخیره آب در سدها
- افزایش حساسیت اراضی به فرسایش
- افزایش سیل خیزی
- تشدید آلودگی های زیست محیطی
- کاهش تنوع زیستی
- تشدید پدیده های فقر، مهاجرت و بیکاری
- هدر رفت منابع پایه (آب، خاک و پوشش گیاهی)، ناپایداری نظام تولید و تهدید منابع معیشت و در مجموع ناپایداری اکولوژیکی، اجتماعی، اقتصادی و زیستی از جمله مهم ترین آثار سوء این پدیده در ایران محسوب می گردد.

تعریف شاخص (index, indicator): ابزاری است برای ارزیابی و ارزش گذاری کردن از یک یا چند فعالیت برنامه و یا هدف های موردنظر

متغیری که بیانگر و نشان دهنده شرایط موجود باشد و بنابراین بتواند برای اندازه گیری تغییرات مورد استفاده قرار گیرد.

شاخص ها نه تنها برای اندازه گیری متغیرهای موردنظر مورد نیاز است بلکه برای مقایسه آنها در یک منطقه یا مناطق دیگر و یا یک کشور با کشورهای دیگر به کار می رود.

شاخص ها ممکن است یک مبنا یا یک وضعیت خاص یا یک استاندارد و یا ترکیبی از آنها را پایه سنجش قرار دهند

تعریف معیار (criterion):

ابزاری برای تعریف، پایش و ارزیابی یک پدیده

معیارها منظره‌هایی هستند که از دریچه آنها می‌توان به مطالعه موضوع مورد نظر پرداخت و **شاخص‌ها** ابزاری که کیفیت دید ما را هنگام تماشای موضوع از آن منظر ارتقا می‌دهند.

وظیفه معیار ارزیابی موضوع مورد مطالعه (بیابانزایی) و وظیفه شاخص، ارزیابی معیار است.

معیارها، ابزارهای لازم جهت تعیین اثر عوامل مختلف بیابانزایی

شاخص‌ها متغیرهایی که نشان دهنده تخریب در هر مکان و زمان است.

با این مقدمه از آنجا که شاخص‌های بیابانزایی باید از عهده توصیف کمی اثر معیار در شکل‌گیری جریان بیابانزایی از منظر اهمیت، میزان و دامنه آن اثر برآیند، تا زمانی که به معیارها و شاخص‌های معتبر در اندازه‌گیری جریان بیابانزایی دست نیافته ایم، نمی‌توانیم از ارزیابی و در نتیجه مهار این پدیده حرف بزنیم. جهت دست یافتن به شاخص‌ها و معیارهای مناسب یک سری از ویژگیها را باید مدنظر قرار دهیم:

ویژگی های شاخص ها

Reliability (مورد اعتماد بودن) آیا دو بار اندازه گیری با شاخص مورد نظر قادر است نتایج یکسانی را در بر داشته باشد؟ این مورد خصوصا موقعی که خطاهای اندازگیری زیاد است مشکل بزرگی محسوب می شود.

Comparability (قابلیت مقایسه)

Justifiability (توجیه پذیری)

Cost : آیا هزینه تعیین شاخص قابل تهیه است؟ باید توجه داشت که اغلب بین هزینه از یک سو و قابلیت اعتماد و اعتبار و نیز بهنگام بودن شاخص از سویی دیگر تناسب برقرار است.

علاوه بر موارد بالا، بهتر است تا شاخصها بصورت نسبت بیان شوند تا اعداد مطلق (درصد یا نسبت بجای اعداد خام) این کار مقایسه شاخصها را آسانتر می کند، همچنین باعث می شود تعداد شاخصها برای انعکاس ابعاد مختلف عملکرد تا جایی که ممکن است کمتر شوند.

ویژگی شاخص ها :

Validity(اعتبار) آیا شاخص مورد نظر قادر است آنچه که در نظر است سنجیده شود را ارزیابی نماید؟

Precision آیا شاخص مورد نظر به اندازه کافی واضح و شفاف و دقیق تعریف شده است تا بر تمام جنبه های موضوع دلالت نماید؟

Timeliness(بهنگام بودن) آیا شاخص مورد نظر می تواند بطور منظم و دوره ای و بدون تاخیر آماده می گردد؟

ویژگیهای شاخص های بیابانزایی از نظر (Rubio و Bochet ۱۹۹۶):

- کمی بودن

- حساسیت بالا نسبت به تغییرات محیطی

- دارای پراکنش گسترده و قابلیت دسترسی آسان

- نسبتا مستقل

- سهولت اندازه گیری و مقرون به صرفه بودن

- معرف وضع موجود باشند

- توانایی نمایش سرعت بیابانزایی

- تفاوت بین تغییرات ناشی از چرخه های طبیعی و فشارهای انسانی را نشان دهند

- وابسته به پدیده های بوم شناختی

- متناسب با شرایط منطقه مورد مطالعه

معیارها و شاخص های ارزیابی بیابانزایی باید دارای شش ویژگی زیر باشند:

-معیارهایی واقعی، مشخص، تفکیک شده و حتی الامکان ساده برای بررسی ابعاد گوناگون جریان بیابانزایی در نظر گرفته شود که معرفی گویا و کاربردی برای آن به حساب آید.

-امکان ارزیابی معیارهای انتخابی در جنبه های چهارگانه ی وضع موجود، سرعت، استعداد طبیعی و خطر بیابانزایی وجود داشته باشد.

-ساده ترین، ارزانتترین و کاراترین شاخص های ممکن با توجه به ویژگیهای منطقه برای اندازه گیری و تحلیل معیارهای مربوطه برگزیده شود.

-معیارها و شاخص های تعیین شده دربردارنده انحصاری ویژگیهای عام زیست اقلیم های خشک ، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب و اختصاصات بومی آنها در کشور باشد.

-معیارهای منتخب باید به عوامل به وجودآورنده بیابانزایی وزن بیشتری اختصاص دهند تا معلول آن

-امکان پایش مستمر و واسنجی شاخص های مورد نظر به هدف تکامل آنها وجود داشته باشد.

ویژگی های شاخص های مورد استفاده در ارزیابی بیابانزایی باید SMART باشند:

-SMART CRITERIA

SPECIFIC

MEASURABLE

ACCESSABLE

RELEVANT - Real

TIME-BOUND (Time frame,time limited, timely) -Extended

Or

- 1. specificity**
- 2. • data quality and availability**
- 3. • ease of measurability**
- 4. • analytical soundness**
- 5. • ease of interpretation and comprehensibility.**
- 6. • clear time boundaries**

انواع شاخص ها

- کمی (هدایت الکتریکی خاک، میزان بارندگی، درصد پوشش گیاهی) و کیفی (شاخص هایی مرتبط با وضع فرهنگی، اجتماعی، سیاسی و ... مثل میزان اتکای معاش به منابع طبیعی، اعتماد به دستگاه های اجرایی، تعارض و ...)

- مستقیم و غیر مستقیم (مستقیماً نشانه تخریب هستند یا غیر مستقیم)

م: مثل بوته کنی،.....

غیر م: مثل شیوه های آبیاری، میزان استفاده از کودهای شیمیایی و

- شاخص ها در سطوح مختلفی قرار می گیرند، محلی (سرانه اراضی کشاورزی، استفاده از کودهای شیمیایی، نسبت اراضی زیر کشت به آیش)، ملی (تعداد دام)، منطقه ای (شاخص خشکی)، قاره ای (میزان بارندگی)، جهانی (اسیدی شدن خاک)

- شاخص های توصیفی (وضعیت و تغییرات محیط یا پدیده را نشان میدهد. برای ارزیابی فرآیندهای بیابانزایی این شاخص ها مورد نیاز است) و شاخص های اجرایی (این شاخص ها در اجرای طرح ها و برنامه هایی که در زمینه بیابانزدایی انجام میگیرد اهمیت دارند ... مثلاً برای ارزیابی موفقیت یا عدم موفقیت طرح های بیابانزدایی)

- اقتصادی-اجتماعی (نرخ مهاجرت به شهرها، سواد، وضعیت مالکیت اراضی و ...)، بیوفیزیکی (فرسایش بادی، پوشش گیاهی و ...)، سیاستگذاری دولت (قوانین مدون برای حفاظت از اراضی، سیاستگذاری در مورد نوسانات درآمد کشاورزان، کمک های دولتی برای افزایش تولیدات کشاورزی و ...)

برای اینکه شاخص ها در تمام سطوح قابل استفاده باشند (به ویژه جهانی) ، آنها را در یک چهار چوب قرار می دهیم.

-معرفی چارچوب DPSIR

این چهارچوب ، قالب مناسبی است که ارتباط بین فشارهای اعمال شده بر سرزمین، عکس العمل آن به شکل تغییر در کیفیت آن و در نهایت اقداماتی که در پاسخ به تغییرات برای کاهش فشار انجام می شود، نشان می دهد.

در این چهار چوب شاخص ها در پنج گروه قرار می گیرند:

۱- شاخص های پیش برنده (Driving force): فعالیتهای مختلف انسانی که باعث فشار بر محیط و منابع می شود(افزایش جمعیت، توسعه توریسم و

۲- شاخص های فشار (Pressure): فشار بر سرزمین ناشی از نیروهای پیش برنده است. (استفاده بی رویه از منابع آب زیرزمینی، قطع درختان و ...)

۳- شاخص های وضعیت (State): شاخص های پیش برنده از طریق شاخص های فشار وضعیت موجود سرزمین را تغییر می دهند(بالا رفتن دما، افزایش آسیب پذیری خاک در برابر فرسایش و ...)

۴- شاخص های اثر (Impact): تغییراتی که در وضعیت محیط ایجاد می شود اثراتی چون سیل، طوفان ، کاهش محصولات کشاورزی و را به دنبال دارد.

۵- شاخص های پاسخ (Respond): واکنش و پاسخ جامعه برای حل مشکلات ایجاد شده و اثرات سو تغییر وضعیت محیط در اثر فشارها ، مثلا طرح های جنگلکاری، ذخیره نزولات، استفاده از سیستم های آبیاری جدید و

چهار چوب DPSIR



مثال زیر نحوه ارتباط شاخص های این چهارچوب را نشان می دهد:

عدم مدیریت صحیح آب های زیرزمینی (شاخص پیش برنده) برداشت بیش از حد آبخوان ها (شاخص فشار) افت سفره های آبی (شاخص وضعیت) ایجاد پدیده شق (شاخص اثر) ممنوع کردن آبخوانه ها و دشت ها، نصب کنتور (شاخص پاسخ) می شود.

-نوع دیگری از تقسیم بندی شاخص ها :

در پروژه (Desert Links، ۲۰۰۱)، شاخص ها در دو گروه:

۱- شاخص های محرک (عوامل تخریب) که به نوعی دو گروه شاخص های پیش برنده و فشار در چهارچوب DPSIR، در این گروه قرار می گیرند.

۲- شاخص های اثر (پیامد تخریب ها یا به عبارتی واکنش سرزمین و در ادامه پاسخ جامعه به تخریب ها). شاخص های گروه وضعیت، اثر و پاسخ در چهارچوب DPSIR در این گروه قرار می گیرد.

اهداف تعیین شخص ها و معیارهای بیابانزایی

الف: ارزیابی بیابانزایی

ب: پایش بیابانزایی

ج: ایجاد سیستم های هشدار اولیه بیابانزایی

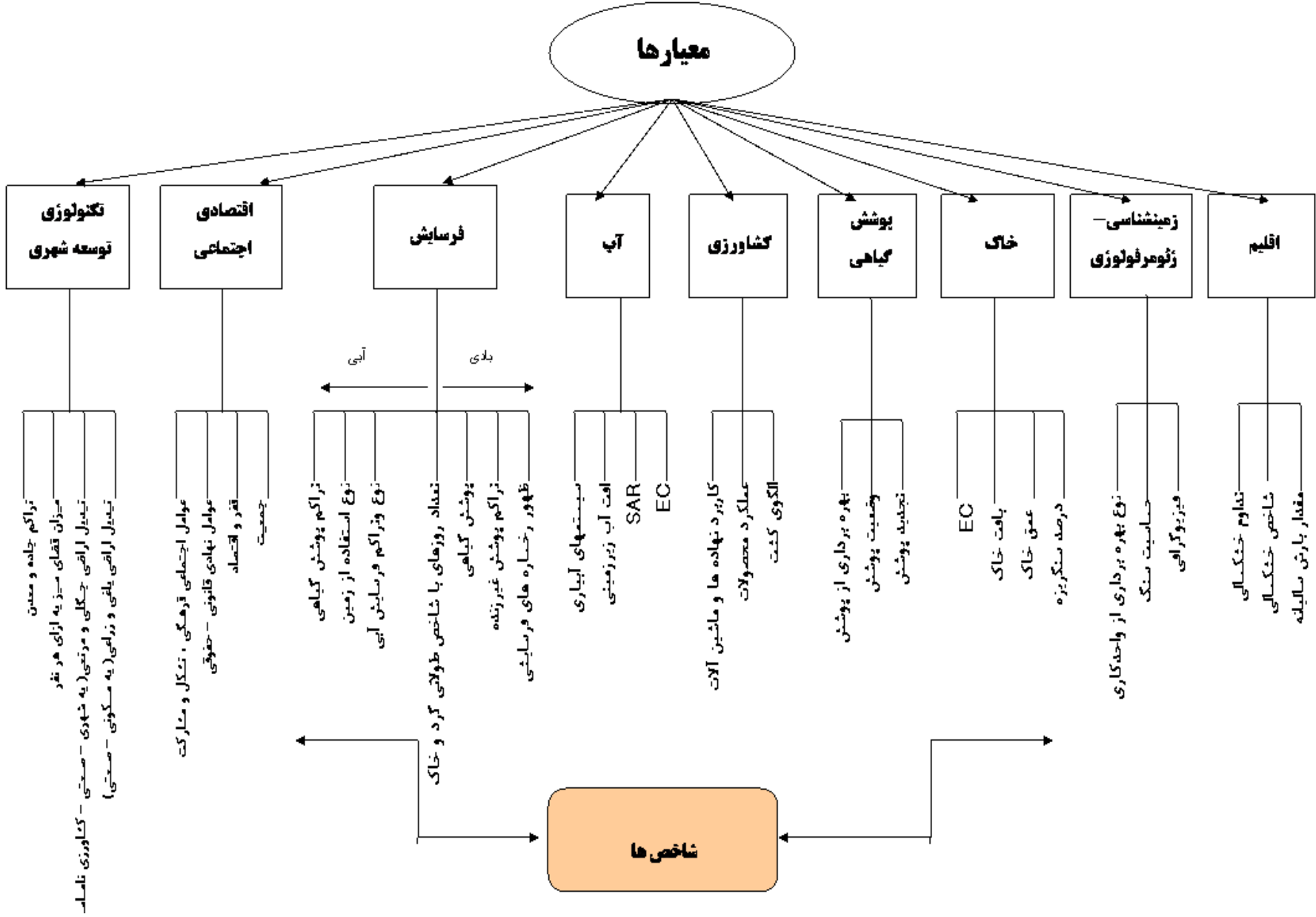
شاخص ها و معیارهای ارائه شده در مدل های مختلف ارزیابی بیابانزایی

با توجه به اهمیت معضل بیابانزایی، مطالعات ویژه ای در زمینه مشخص کردن نرخ تخریب اراضی و وضعیت بیابانزایی در بسیاری از نقاط جهان (به ویژه مناطق خشک) انجام شده است. ولی پژوهشگران معتقدند که ارزیابی پدیده بیابانزایی زمانی امکان پذیر است که معیارها و شاخص های مناسب و معتبر مربوط به این پدیده تعیین شود. اما تاکنون امکان تعیین چنین شاخص هایی که بتوان از آنها در سطوح مختلف جهانی ، ناحیه ای، منطقه ای، ملی و محلی استفاده نمود میسر نشده است

به طوری که شاخص های تعیین شده در روش های ارزیابی بیابانزایی چون TORKAMANESTAN،FAO-UNEP ، GLASOD...و اعتبار آنها در ارزیابی بیابانزایی تاکنون در سطح جهانی مورد پذیرش قرار نگرفته است. در اینجا پروژه UNCCD تحت عنوان Desert Links که ارائه معیارها و شاخص های بیابانزایی را در سطح ملی پیشنهاد می دهد، می تواند راه حل مناسبی برای این مشکل باشد یا به عبارتی بهترین روش جهت ارزیابی بیابانی شدن اراضی(بیابان زایی)، استفاده از مدل های بیابان زایی است که با توجه به شرایط منطقه تدوین می گردد.

با توجه به راه حل مذکور، و بر اساس مدل ESAs حاصل از پروژه MEDALUS، که توسط کمیسیون اروپا در سال 1999 برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابانزایی (با تکیه بر ۴ شاخص کیفیت خاک، کیفیت اقلیم، کیفیت پوشش گیاهی و مدیریت) ارائه گردیده، مدل ایرانی ارزیابی پتانسیل بیابانزایی (IMDPA) توسط احمدی (۱۳۸۵) با مشارکت ۳۵ نفر از اساتید و محققین برجسته کشور تدوین شده است. در این مدل جهت ارزیابی بیابانزایی ۹ معیار (اقلیم، زمین شناسی- ژئومورفولوژی، آب و آبیاری، خاک، پوشش گیاهی، کشاورزی، فرسایش، اقتصادی -اجتماعی و توسعه شهری-صنعتی) و ۳۶ شاخص مربوط به این معیارها مورد بررسی قرار می گیرد.

شاخص ها و معیارهای ارزیابی بیابانزایی در مدل IMDPA



معیار و شاخص های بیابانزایی در مدل IMDPA

۱- معیار اقلیم

۱-۱- شاخص مقدار بارندگی سالانه:

صرف نظر از نحوه توزیع آن در ایام سال، شاخص کلی مناسبی برای ارزیابی مؤلفه بارندگی است. چهار طبقه یا کلاس برای ارزیابی این شاخص در نظر گرفته شده است.

≥

بیان کمی درجه بیابانزایی	بیان کیفی درجه بیابانزایی	حدود بارش سالانه (میلیمتر)	طبقه
۱	کم	۲۸۰	۱
۲	متوسط	۱۵۰-۲۸۰	۲
۳	شدید	۷۵-۱۵۰	۳
۴	بسیار شدید	<۷۵	۴

۱-۲- شاخص خشکی

جهت برآورد شاخص خشکی در مدل ایرانی ارزیابی وضعیت بیابانزایی رابطه ی زیر مورد استفاده قرار می گیرد که در آن WD مبین تعدادروزهای سال است که از نظر بیولوژیکی خشک محسوب نمی شوند و BG ضریب کزروترمیک یا ضریب بانیول-گوسن (تعدادروزهای خشک سال) است.

$$WD=365-BG$$

جهت محاسبه BG از رابطه زیر که بر اساس داده های ۱۰۸ ایستگاه برای ایران به دست آمده است، استفاده شده است. دراین رابطه X ضریب خشکی دومارتن و Y ضریب کزروترمیک است.

$$Y = -96.19 \ln(x) + 404.67$$

طبقه	حدود شاخص WD	بیان کیفی درجه بیابانزایی	بیان کمی درجه بیابانزایی
۱	۱۸۰-۱۵۰	خطر کم	۱
۲	۱۵۰-۱۲۰	خطر متوسط	۲
۳	۱۲۰-۹۰	خطر زیاد	۳
۴	۹۰-۰	خطر بسیار شدید	۴

۱-۳- تداوم خشکسالی

پدیده خشکسالی در مناطق خشک، مرطوب و حتی بسیار مرطوب رخ می‌دهد. وقوع آن به ویژه اگر متوالی باشد، سیستم زندگی اجتماعی، کشاورزی و منابع اقتصادی را مختل می‌سازد. مهاجرت‌هایی که به علت خشکسالی به وقوع می‌پیوندند تعادل زندگی در شهرها را بهم می‌ریزند و متأسفانه این وقایع برگشت‌ناپذیر می‌باشند. برای مطالعه اثر خشکسالی بر بیابان‌زایی در این مدل از مقادیر استاندارد شده بارش مطابق استفاده شده است :

$$Z = \frac{X_i - \bar{X}}{SD}$$

در این رابطه: Z متغیر استاندارد شده، \bar{X} میانگین بارش سالانه برای دوره آماری، X_i متوسط بارش در سال i و SD انحراف استاندارد است. با توجه به رابطه مذکور و جدول زیر، سال‌هایی که در آنها خشکسالی به وقوع پیوسته است، مشخص می‌شوند.

درجه خشکسالی	Z
بسیار شدید	$1.28 \leq Z$
شدید	$-1.28 < Z \leq -1$
خشکسالی	$-1 < Z < -0.84$
نرمال	$-0.84 \leq Z$

-طبقات و وزن شاخص استمرار خشکسالی براساس یک دوره حداقل پنجاه ساله

شماره کلاس	حداکثر طول دوره خشکسالی	طبقه کیفی بیابان‌زایی	درجه کمی بیابان‌زایی
۱	۳ تا ۴ سال	کم	۱
۲	۵ تا ۶ سال	متوسط	۲
۳	۶ تا ۷ سال	شدید	۳
۴	بیشتر از ۷ سال	بسیار شدید	۴

پس از ارزیابی شاخص‌های مذکور، حساسیت به بیابان‌زایی معیار اقلیم از میانگین هندسی شاخص‌های مذکور طبق رابطه زیر به دست می‌آید:

۱/۳

(تداوم خشکسالی*شاخص خشکی*میزان بارش) = معیار اقلیم

- معیار زمین-ژئومورفولوژی

زمین شناسی و ژئومورفولوژی به عنوان عواملی به شمار می آیند که در توان بالقوه سرزمین در جهت پتانسیل بیابانی شدن نقش عمده و بالایی را ایفا می کنند، به طوری که این عوامل در برخورد با سایر عوامل از جمله اقلیم، پوشش گیاهی، مدیریت اراضی و سایر شرایط طبیعی و دست ساخت بشر سبب تشدید تخریب سرزمین می گردد. از سوی دیگر به دلیل گسترده بودن شرایط کشور از نظر ژئومورفولوژی و وجود سه واحد کلان کوهستان، دشت و پلایا برای بررسی عوامل فوق نیاز است تا در شرایط تنوع واحد ها بر پایه واحدهای کاری مشخص که در تمام ایران زمین عمومیت داشته باشند اقدام به امتیاز دهی عوامل نمود.

در مدل IMDPA، سه شاخص شیب، نوع بهره برداری از واحد کاری و حساسیت سنگ نسبت به فرسایش جهت ارزیابی بیابانزایی این معیار به شرح جداول زیر مورد ارزیابی قرار می گیرند:

امتیاز	شاخص نوع بهره برداری از واحد کاری	شاخص شیب		شاخص ها
	ویژگی شاخص	امتیاز	ویژگی شاخص %	واحد کاری
۱	اغلب دارای ساختار سنگ شناسی متراکم و سخت، به دلیل شرایط آب و هوایی خاک تشکیل نشده و یا بسیار سطحی و هیچ گونه توان اکولوژیکی ندارد	-	هر درجه از شیب	توده سنگی و برونزدگی سنگی: اراضی فاقد پوشش گیاهی و بدون توان اکولوژی (۱)
	تغییر کاربری به منظور توسعه مناطق روستایی و شهری داده نشده است	۱	۰-۸	
	۴۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است	۲	۸-۱۲	اراضی شهری و روستایی (۲)
	۶۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است	۳	۱۲-۱۸	
۸۰٪ از اراضی کشاورزی و منابع طبیعی برای توسعه تغییر کاربری داده شده است	۴	>۱۸		
۱	تعادل دام و مرتع وجود دارد و هیچ گونه آثار تخریبی در سطح مرتع وجود ندارد	۱	۰-۱۵	مرتع (۳)
	تعداد دام ۲۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است و آثار تخریب و فشردگی خاک به صورت رد پای دام پراکنده دیده می شود	۲	۱۵-۳۰	
	تعداد دام ۴۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است و آثار تخریب و فشردگی خاک به صورت خطوط رد پای دام دیده می شود	۳	۳۰-۴۰	
	تعداد دام ۶۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است و آثار تخریب و فشردگی خاک به صورت خطوط و، همچنین آثار فرسایشی به صورت شیار و آبراهه در پایین دامنه دیده می شود	۴	>۴۰	
۲	تعداد دام ۸۰٪ بیشتر از ظرفیت مرتع است، پوشش گیاهی به صورت لکه ای وجود دارد، رد پای دام فراوان، وجود فرسایش آبی و ایجاد گرد و غبار در هنگام حرکت دام	۴		

شاخص شیب		شاخص ها واحد کاری
امتیاز	ویژگی شاخص %	
شاخص نوع بهره برداری از واحد کاری		
امتیاز	ویژگی شاخص	
۰		۱ - ۰-۲۰
۱	۴۰٪ از سطح زمین توسط پوشش درختی پوشیده و بقیه به شکل مرتع و زراعت دیم است. آثار تخریبی به شکل برون زد سنگی و فرسایش آبی ناچیز دیده می شود	۲ - ۲۰ - ۳۰
۲	۲۰٪ از سطح زمین از درختان جنگلی و بقیه مرتع یا دیمزار، آثار تخریبی به شکل ظهور قطعات سنگ در سطح زمین (پیپ کراک)، برون زد سنگی و انواع فرسایش آبی حاصل از تمرکز هرز آب (سطحی و شیاری)	۳ - ۳۰ - ۵۰
۳	۱۰٪ پوشیده از درخت و مابقی مرتع و دیمزار. آثار تخریب به شکل فرسایش آبراهه ای و خندقی	۴ - >۵۰
۴	درختان به صورت تک پایه و منفرد دیده شده، اکثرا مراتع به دیمزار تبدیل شده و آثار فرسایشی حاد (خندق بیشتر از ۲۵٪ از سطح را فرا گرفته)	
-	-	۱ - ۰-۲۵
۱	تراکم پوشش ۸۰ - ۶۰٪، تخریب به صورت قطع درختان و تغییر کاربری، ایجاد هرز آبهای گل آلود پس از هر بارش و گاه حرکت توده ای	۲ - ۲۵ - ۳۵
۲	تراکم پوشش ۸۰ - ۶۰٪، تخریب به صورت قطع درختان و تغییر کاربری، آثار فرسایش شیاری، آبراهه ای و حرکات توده ای	۳ - ۳۵ - ۴۵
۳	تراکم پوشش ۸۰ - ۶۰٪، تخریب به صورت قطع درختان و تغییر کاربری، آثار فرسایش شیاری، آبراهه ای خندق و حرکات توده ای زیاد	
۴	جنگل تقریباً از بین رفته و کاربری دیگری جایگزین آن شده. حرکات توده ای و خندق زیاد	۴ - >۴۵
-	-	۱ - ۰-۵
۱	کشاورزی در منطقه توان مناسب دارد ولی منابع مانند آب و خاک در حد عالی نیست (خاک متوسط عمق)، شیب بین ۶ تا ۱۱ درصد و منطقه مناسب دیمکاری (بارش حدود ۴۰۰ میلیمتر)	۲ - ۵ - ۱۵
۲	منطقه برای کشاورزی توان کم تا متوسط دارد و عمق خاک زی متوسط با حاصلخیزی متوسط و شیب بین ۱۲ تا ۱۷٪، مناسب برای دیم کاری منتها با اعمال شرایط (شخم عمود به جهت شیب)	۳ - ۱۵ - ۲۰
۳	منطقه دارای توان مرتعداری و علوفه کاری، شیب آن بین ۱۸-۲۵ درصد، عمق خاک کم تا متوسط، این رخساره برای باغبانی مناسب است ولی برای زراعت دیم مناسب نیست (عامل شیب)	
۴	شیب منطقه بیش از ۲۵ درصد، عمق خاک کم تا خیلی کم، به هیچ وجه مناسب کشاورزی نیست و اغلب به صورت مرتع می باشد	۴ - >۲۰
-	-	۱ - ۰-۱۰
۱	ساختار سنگ شناسی از سنگهای ناپیوسته، آبرفت، مارن، رس و یا شیل تا ۵ تا ۱۲ درصد که گاهی آثار هرز آب و ایجاد خندق مشاهده می شود (۲۰٪ سطح رخساره)	۲ - ۱۰ - ۲۵
۲	ساختار سنگ شناسی از سنگهای ناپیوسته، مارن و رس یا شیل (دوران سوم)، آثار فرسایش به صورت شیاری و آبراهه و گاهی خندق در پایین دامنه (۴۰٪ سطح رخساره را می پوشاند)، شیب ۱۲-۲۵٪	
۳	ساختار سنگ شناسی از سنگهای ناپیوسته، آثار فرسایش، شیاری، آبراهه و بدلند، پای پینگ (۵۰٪ سطح رخساره به شیب ۲۵ تا ۳۵٪)	۳ - ۲۵ - ۴۰
۴	ساختار سنگ شناسی از سنگهای ناپیوسته، آثار فرسایش، آبراهه بدلند، حرکت های توده ای، پای پینگ، شیب بیش از ۲۵٪	۴ - >۴۰
فرسایش آبی (سطحی، شیاری، آبراهه، بدلند، خندق و حرکات توده ای) (۷)		

شاخص نوع بهره برداری از واحد کاری		شاخص شیب		شاخص ها واحد کاری
امتیاز	ویژگی شاخص	امتیاز	ویژگی شاخص %	
۱	اراضی صنعتی و معدنی و جاده در واحد کاری نبوده یا بسیار کم	۱	۰-۱۰	اراضی متفرقه (صنعت، معدن و ...) (۸)
۲	اراضی صنعتی و معدنی و جاده در واحد کاری حدود ۱۰٪	۲	۱۰-۲۰	
۳	اراضی صنعتی و معدنی و جاده در واحد کاری حدود ۲۵٪	۳	۲۰-۳۰	
۴	اراضی صنعتی و معدنی و جاده در واحد کاری بیش از ۲۵٪	۴	>۳۰	
-	-	۱	با توجه به طبیعی بودن شیب اثری در تخریب ندارد	دریاچه، تالاب و مرداب (۹)
۱	رخساره های فرسایش بادی در واحدهای کاری قابل مشاهده نبوده و یا بسیار کم	۱	۰-۵	فرسایش بادی و انواع رخساره های آن (برداشت، حمل و رسوب) (۱۰)
۲	رخساره های فرسایش بادی در ۱۵٪ واحد کاری قابل مشاهده	۲	۵-۱۰	
۳	رخساره های فرسایش بادی در ۲۵٪ واحد کاری قابل مشاهده	۳	۱۰-۱۵	
۴	رخساره های فرسایش بادی در ۵۰٪ واحد کاری قابل مشاهده	۴	۱۵-۲۰	
		۰	>۲۰	
۱	سطح زمین پوشیده از سنگ ریزه درشت دانه با تراکم بیش از ۷۰٪ و بدون هیچ گونه آثار تخریبی سطح زمین پوشیده از سنگ ریزه متوسط دانه با تراکم ۴۰ تا ۷۰٪ و آثار تخریبی کم	۱	۰-۱۰	واحد کاری دشت ریگی (۱۱)
۲	سطح زمین پوشیده از سنگ ریزه با تراکم ۳۰ تا ۴۰٪ با آثار تخریب و به هم ریختگی متوسط در سطح خاک	۲	۱۰-۱۵	
۳	سطح زمین پوشیده از سنگ ریزه با تراکم ۲۰ تا ۳۰٪ با آثار تخریب و به هم ریختگی زیاد در سطح خاک	۳	۱۵-۲۰	
۴	سطح زمین پوشیده از سنگ ریزه با تراکم کمتر از ۲۰٪ و آثار تخریب و به هم ریختگی زیاد در سطح خاک	۴	>۲۰	
۱	سنگ رسی سخت	۱	۰-۱	واحد کاری جلگه رسی (۱۲)
۲	سنگ زسی سبتا سخت	۲	۱-۲	
۳	سنگ شنی - رسی با چسبندگی کم	۳	۲-۴	
۴	سنگ سیلتی و فاقد چسبندگی	۴	>۵	

با توجه به نداشتن توان اکولوژی و در نتیجه عوامل طبیعی تأثیری در روند تخریب ندارد و امتیازات آن صفر است.

واحد کاری کویر (۱۳)

-شاخص حساسیت سنگ

امتیاز	شاخص حساسیت سنگ	شاخص ها
	ویژگی شاخص - سرشت سنگ شناسی	واحد کاری
۱	گرانیت، ریولیت، سینیت، تراکیت، آندزیت، دیوریت، گابرو، بازالت، پیروکسنیت، پریدوتیت، توف، آگلومرا، کوارتزیت، گنیس، آمفیبولیت، مرمر دولومیتی، مرمر کربناته، مرمرکلسیتی، سرپانتینیت، ماسه سنگ، کنگلومرای مستحکم، آهک، چرت، ژاسپ	توده سنگی و برونزدگی سنگی: اراضی فاقد پوشش گیاهی و بدون توان اکولوژی (۱)
		اراضی شهری و روستایی (۲)
۲	نهشته های کواترنر آبرفتی متوسط دانه (نهشته های پادگانه ای، مخروط افکنه ای و دشت سیلابی) نهشته های کواترنر آبرفتی ریز دانه (نهشته های پادگانه ای و مخروط افکنه ای)	
۳	مارن غیر تبخیری	
۴	مارن تبخیری	
۱	نهشته های کواترنر متوسط دانه (نهشته های پادگانه ای، مخروط افکنه ای و واریزه ای)	
۲	اسیدین، اسکوری، پومیس نهشته های کواترنر ریز و خیلی ریز دانه (سیلت، گل، رس)، سیلت سنگ، گلسنگ، شیل، رس سنگ، ماسه سنگ، کنگلومرا، آهک، چرت و ژاسپ درز و شکاف دار	مرتع (۳)
۳	خاکستر آتشفشانی، کنگلومرای نامستحکم، ماسه سنگ، گلسنگ سست، شیل خرد شده، آهک نامستحکم، آهک ریفی چاکی و پودری شده، چاک، مارن غیر تبخیری	
۴	مارن ژیبسی، سنگ ژیبس، سنگ انیدریت مارن نمکی، سنگ نمک	

۱	گرانیت، ریولیت، سینیت، تراکیت، دیوریت، آندزیت، گابرو، بازالت، پیروکسنیت، یدوتیت، توف، آگلومرا، کوارتزیت، گنیس، آمفیبولیت، مرمر دولومیتی، مرمر کربناته، مرمر کلسیتی، سرپانتینیت، سنگ صابونی، شیسست، نهشته های کواترنر کوهرفتی، لس، ماسه سنگ، آهک، چرت، ژالب	
۲	خاکستر آتشفشانی، لس، ماسه سنگ سست، شیل خرد شده،	مراع مشجر (مرغ + جنگل) (۴)
۳	آهک، چاک، مارن	
۴	لس، مارن	
۱	گرانیت هوازده، ریولیت هوازده، خاکستر آتشفشانی، لس، ماسه سنگ سست، کنگلومرای سست، شیل خرد شده، چاک	جنگل (۵)
۲	فیلیت، اسلیت، لس، ماسه سنگ، کنگلومرا، شیل، آهک، مارن	
۳	مارن، لس	
۴	مارن، لس	
۱	نهشته های ابرفتی متوسط دانه (ماسه) (پادگانه ای و مخروط افکنه ای)، لس	کشاوری (۶)
۲	نهشته های ابرفتی درشت دانه (گراول) (نهشته های مخروط افکنه ای و واریزه ای)، لس	
۳	نهشته های کواترنر مخروط افکنه ای و واریزه ای، لس	
۴	ماسه سنگ، شیل، آهک، مارن	
۱	نهشته های ابرفتی کواترنر (مخروط افکنه ای، واریزه ای)، لس، رس، شیل، مارن	فرسایش آبی (سطحی، شیاری، آبراهه، بدلند، خندق و حرکات توده ای) (۷)
۲	خاکستر آتشفشانی، لس، چاک، مارن غیر تیخیری	
۳	لس، مارن ژیبسی	
۴	مارن نمکی	
۱	نهشته های ابرفتی کواترنر دانه درشت (گراول)، متوسط دانه (ماسه) و ریز و خیلی ریز دانه (سیلت، گل و رس)، لس	اراضی متفرقه (صنعت، معدن و ...) (۸)
۲	ماسه سنگ خرد شده، شیل خرد شده، خاک صنعتی، رس فعال	
۳	ماسه سنگ، زغال، شیل زغالی، شیل سازند شمشک و معادل سازند شمشک، مخازن نفتی آهک زاگرس، کپه داغ و ایران مرکزی	
۴	گرانیت، گرانودیوریت، سینیت (سنگ ساختمانی)، بازالت، آندزیت، پیروکسیت و پریدوتیت دارای لایه های کرومیت، توف آرزولی شده، توف دارای رگه های باریت، آهک، سنگ ژیبس در گنبدهای ژیبسی و مارن ژیبسی، سنگ نمک در گنبدهای نمکی و مارن نمکی	
-	-	دریاچه، تالاب و مرداب (۹)
۱	آبرفت ریزدانه (سیلت، گل، رس)، دشت سرپوشیده، سیلت نمکی، سیلت ژیبسی، گل نمکی، گل ژیبسی، رس نمکی، رس ژیبسی	فرسایش بادی و انواع رخساره های آن (برداشت، حمل و رسوب) (۱۰)
۲	آبرفت متوسط دانه (ماسه) دشت سر آبنادر و مخروط افکنه ای	
۳	آبرفت درشت دانه (گراول) دشت سر فرسایشی و مخروط افکنه ای	
۴	نهشته های کواترنر متوسط دانه (ماسه)، لس، مارن	
۱	نهشته های کواترنر درشت دانه (گراول)، نهشته های کواترنر ابرفتی درشت دانه (گراول) هشته های کواترنر متوسط دانه (ماسه)	واحد کاری دشت ریگی (۱۱)
۲	نهشته های کواترنر ابرفتی ریز و خیلی ریز دانه (سیلت، گل، رس)، نهشته های واریزه ای	
۳	نهشته های کواترنر ریز و خیلی ریز دانه (سیلت، گل و رس)، مخروط واریزه ای	
۴	نهشته های کواترنر ریز و خیلی ریز دانه (سیلت، گل و رس)	
۱	رس سنگ سخت	واحد کاری جلگه رسی (۱۲)
۲	رس سنگ نسبتا سخت	
۳	ماسه سنگ، سیلت سنگ، شیل، گلینگ و رس سنگ نسبتا سست	
۴	سیلت	
۰	قشر نمکی، رس نمکی، رس ژیبسی، گل نمکی، گل ژیبسی، سیلت نمکی، سیلت ژیبسی	واحد کاری کویر (۱۳)

- معیار خاک

معیار خاک متشکل از ۴ شاخص هدایت الکتریکی، عمق، بافت و درصد سنگریزه عمقی میباشد (جدول ۶). هدایت الکتریکی بر اساس ds/m بوده و با استفاده از EC متر مشخص می شود. بافت بر اساس روش هیدرومتری بایکاس تعیین میگردد. سنگ و سنگریزه یکی از فاکتورهایی است که حجم خاک قابل استفاده را کاهش میدهد و حضور بیش از حد آن در خاک یک منطقه، بیانگر عدم تکامل خاک میباشد. بر اساس نظر $F.A.O$ سنگریزه در عمق خاک مربوط به لایه ۲۰ تا ۸۰ سانتیمتری است.

وضعیت بالفعل بیابان زایی				شاخص
۴ (خیلی شدید)	۳ (شدید)	۲ (متوسط)	۱ (کم)	
>16	۹-۱۶	۵-۸	<5	۱- $EC (ds/m)$
<20	۲۰-۵۰	۵۰-۸۰	>80	۲- عمق خاک (سانتی متر)
شنی و لومی شنی	لوم درشت	لوم ریز	رسی و لوم رسی	۳- بافت خاک
>75	۳۵-۷۵	۱۵-۳۵	<15	۴- میزان سنگریزه عمقی (درصد)

- معیار پوشش گیاهی

شاخصهای مورد نظر برای ارزیابی پوشش گیاهی موثر بر بیابانزایی عبارتند از وضعیت پوشش گیاهی، بهره‌برداری از پوشش گیاهی و تجدید پوشش گیاهی. هر یک از این شاخصها خود دربرگیرنده ۲ عامل است وضعیت پوشش شامل ترکیب گیاهی (گیاهان مهاجم، یکساله و چندساله) و درصد تاج پوشش است. بررسی ترکیب و درصد تاج پوشش بر اساس روشهای متداول در ارزیابی مرتع و با استفاده از کوآدراتهای با ابعاد مختلف (بسته به نوع و چگونگی پراکنش پوشش) انجام میشود. بهره‌برداری از پوشش گیاهی دربرگیرنده بوته کنی و قطع درختان یا درختچه‌ها به علاوه میزان چرای دام میباشد. بوته کنی یا قطع درختان و درختچه‌ها مستقیماً به وسیله انسان انجام میشود. چرای دام هم به صورت غیر مستقیم ناشی از عوامل انسانی است. تجدید پوشش گیاهی بر اساس تجدید حیات به صورت طبیعی و یا با استفاده از عملیات اصلاحی مورد ارزیابی قرار می‌گیرد.

وضعیت بالفعل بیابان زایی				شاخص
۴ (خیلی شدید)	۳ (شدید)	۲ (متوسط)	۱ (کم)	
گونه‌های مهاجم بیش از ۵۰ درصد از ترکیب گیاهی را تشکیل داده و پوشش گیاهان منطقه از گیاهان یکساله می باشد.	گونه های مهاجم ۲۰-۵۰ درصد ترکیب گیاهی را تشکیل داده و اکثر پوشش گیاهی منطقه یکساله می باشد.	گونه های مهاجم ۲۰-۵ درصد از ترکیب گیاهی را تشکیل داده و ۲۵-۵۰ درصد ترکیب گیاهی منطقه از گیاهان یکساله می باشد.	گونه های مهاجم کمتر از ۵ درصد ترکیب گیاهی را تشکیل می دهد و کمتر از ۲۵ درصد ترکیب گیاهی از گونه های یکساله می باشد.	۱- وضعیت پوشش گیاهی
درصد پوشش تاجی گیاهان دائمی کمتر از ۵ درصد	درصد پوشش تاجی دائمی ۱۵-۵ درصد	درصد پوشش تاجی دائمی ۳۰-۱۵ درصد	درصد پوشش تاجی دائمی بیش از ۳۰ درصد	
قطع بی رویه بوته ها، درختان و درختچه ها در حال حاضر و یا گذشته نه چندان دور	قطع بوته ها، درختچه ها و درختان زیاد و کاملاً محسوس	قطع بوته ها، درختچه ها و درختان نسبتاً زیادتر از بیوماس سالانه	آثار بوته کنی مشاهده نمی شود.	۲- بهره برداری از پوشش گیاهی
مازاد دام بیش از ۵۰٪ بیشتر از ظرفیت چرا	مازاد دام ۲۵ تا ۵۰٪ بیش از ظرفیت چرا	مازاد دام تا ۲۵٪ بیش از ظرفیت چرا	چرا متعادل و یا کمتر از ظرفیت و در فصل مناسب	
تجدید حیات پوشش گیاهی بسیار مشکل و یا غیرممکن و غیر قابل توجیه اکولوژیکی-اقتصادی	تجدید حیات با هزینه زیاد امکان پذیر است	تجدید حیات با هزینه کم امکان پذیر است	تجدید حیات به طور طبیعی انجام می شود	۳- تجدید پوشش گیاهی
عملیات اصلاح و احیاء پوشش تاکنون موفق نبوده است.	عملیات اصلاحی انجام شده نسبتاً موفق بوده است.	عملیات احیاء پوشش تاکنون موثر بوده است.	نیازی به عملیات اصلاحی نمی باشد.	

- معیار آب

وضعیت بالفعل بیابان زایی				شاخص
۴ (خیلی شدید)	۳ (شدید)	۲ (متوسط)	۱ (کم)	
> 5000	$2250 - 5000$	$750 - 2250$	< 750	هدایت الکتریکی $\mu\text{mho/cm}$
≥ 32	$26 - 32$	$18 - 26$	< 18	میزان SAR
> 50	$30 - 50$	$20 - 30$	< 20	افت آب زیرزمینی (سانتی متر در سال)
ستنی	ستنی مدرنیزه شده (سیفون، گسیلند، دریچه ای، سوراخ دار) (ابعاد کرت، نشتی، دبی، طول عرض نشتی، فاصله، شکل کرت، نشتی)	تحت فشار کلاسیک (ستنی)	سیستم تحت فشار مدرن متکی بر برنامه ریزی کامپیوتری	نوع سیستم آبیاری

- معیار کشاورزی

این معیار از طریق سه شاخص الگوی کشت، عملکرد محصولات درمقایسه با تناسب کشت با شرایط رویشگاهی و شدت کشاورزی پیشرفته (کاربرد بیش از نیاز ماشین و نهاده‌های شیمیایی) ارزیابی می‌شود.

- شاخص کاربری کشاورزی یا الگوی کشت

شاخص الگوی کشت تحت تاثیر شرایط استفاده از اراضی کشاورزی می‌تواند در روند تخریب زمین موثر باشد. بدین مفهوم که اراضی کشاورزی که زیر پوشش گیاهان دائمی بویژه درختان هستند طبعاً بهتر از منابع خاک حفاظت کرده و کمترین تاثیر را در روند تخریب سرزمین در کشاورزی دارند، در حالیکه کشت دیم به ویژه اگر در شرایط نامناسب شیب انجام شود، کمترین تاثیر حفاظتی و بیشترین تاثیر را در تخریب سرزمین داشته و بالاترین درجه فرسایش خاک را بوجود می‌آورد

درجه تاثیرگذاری	تشریح	الگوی کشت	ردیف
بریبانزایی			
۱	باغات میوه متراکم	باغات	۱
۱.۰۱-۱.۱۷	باغات میوه نیمه متراکم و دیم		
۱.۱۸-۱.۳۴	باغات پراکنده (تاکستانها)		
۱.۳۵-۱.۵	نهالکاری		

ردیف	الگوی کشت	تشریح	درجه تاثیر گذاری بر بیابانزایی
۲	زراعت آبی و دیم مناسب	علوفه کاری آبی و دیم دائمی	۱.۵۱-۱.۷۵
		دو فصله پائیزه و بهاره آبی	۱.۷۶-۲
		کشت یک فصله آبی	۲.۱-۲.۲۵
		کشت یک فصله دیم با شخم صحیح	۲.۲۶-۲.۵
۳	اراضی آیش	آیش آبی با پوشش خوب < ۵۰٪	۲.۵۱-۲.۷۵
		آیش آبی با پوشش متوسط ۵۰-۲۰٪	۲.۷۶-۳
		آیش دیم با پوشش > ۲۰٪	۳.۱-۳.۲۵
		آیش دیم بدون پوشش	۳.۲۶-۳.۵
۴	اراضی دیم نامناسب	دیم در شیب متوسط ۱۵-۶٪ با شخم غلط	۳.۵۱-۳.۶۳
		دیم در شیب زیاد ۳۰-۱۶٪ با شخم غلط	۳.۶۴-۳.۷۵
		دیم در شیب خیلی زیاد < ۳۰٪ "	۳.۷۶-۳.۸۷
		دیم رها شده و فرسایش یافته "	۳.۸۸-۴

شاخص عملکرد در تناسب اراضی با نوع کشت و تأثیر آن بر معیار کشاورزی بیابانزایی

ردیف	کلاس اراضی برای عملکرد	تناسب اراضی	درجه تاثیرگذاری بر بیابانزایی
۱	اراضی دشت باکشت دائمی	متناسب	۱
		تناسب متوسط	۱.۰۱-۱.۱۷
		تناسب کم	۱.۱۸-۱.۳۴
		نامتناسب	۱.۳۵-۱.۵
۲	اراضی دشت باکشت موقت	متناسب	۱.۵۱-۱.۷۵
		تناسب متوسط	۱.۷۶-۲
		تناسب کم	۲.۱-۲.۲۵
		نامتناسب	۲.۲۶-۲.۵
۳	اراضی مرتفع باکشت دائمی	متناسب	۲.۵۱-۲.۷۵
		تناسب متوسط	۲.۷۶-۳
		تناسب کم	۳.۱-۳.۲۵
		نامتناسب	۳.۲۶-۳.۵
۴	اراضی مرتفع باکشت موقت	متناسب	۳.۵۱-۳.۶۳
		تناسب متوسط	۳.۶۴-۳.۷۵
		تناسب کم	۳.۷۶-۳.۸۷
		نامتناسب	۳.۸۸-۴

- شاخص شدت کشاورزی پیشرفته (کاربرد بیش از نیاز ماشین و نهاده‌های شیمیایی) و تاثیر آن بر پدیده بیابانزایی کشاورزی

ردیف	کلاس کشاورزی	شاخص شدت کاربرد ماشین آلات، کود و سم	درجه تاثیر گذاری بر بیابانزایی
۱	سنتی با کاربرد نهاده‌های درون مزرعه‌ای	سنتی با کاربرد کود دامی و سبز	۱
۲	سنتی با کاربرد نهاده‌های شیمیایی خارجی مزرعه	سنتی با کاربرد کم ماشین آلات و کود و سم	۲
۳	نیمه مکانیزه کاربرد متوسط نهاده‌های خارجی شیمیایی و ماشین آلات	کاربرد نامناسب ماشین آلات و مقدار متوسط کود و سم	۳
۴	تمام مکانیزه با کاربرد سنگین ماشین‌های نامناسب و مواد شیمیایی	کاربرد نامناسب ماشین آلات و مقدار زیاد کود و سم	۴

- معیار فرسایش که شامل دو زیر معیار فرسایش آبی و بادی می باشد:

شاخص های معیار فرسایش آبی

درجه پیاپانی شدن	تراکم پوشش گیاهی	درجه پیاپانی شدن	شاخص نوع استفاده از اراضی	درجه پیاپانی شدن	تراکم زهکشی (شبکه آبرهه)	درجه پیاپانی شدن	نوع فرسایش آبی	اقلیم
۱	>۵۰٪	۱	مرتع و علفزار خوب- زراعت آبی بر اساس اصول زراعی و با استفاده از آبهای سطحی به میزان ۷۰٪- زراعت دیم بدون آیش در اراضی با شیب کمتر از ۲۰ درصد و یا همراه با آیش اراضی به میزان حداکثر ۱۰ درصد اراضی-	۱	کمتر از ۱۰ کیلومتر در کیلومتر مربع	۱	فرسایش سطحی همراه با فرسایش شیاری	خشک
۲	۳۰-۵۰٪	۲	مرتع با وضعیت متوسط، زراعت آبی در اراضی با شیب حداکثر ۲۰٪ و با استفاده از آبهای سطحی به میزان ۵۰٪- زراعت دیم همراه با آیش کمتر از ۳۰ درصد اراضی زراعی در اراضی با شیب حداکثر ۵۰ درصد-	۲	۱۰-۲۰ کیلومتر در کیلومتر مربع	۲	فرسایش خندقی همراه با آبراهه‌ای پراکنده	

درجه بیابانی شدن	تراکم پوشش گیاهی	درجه بیابانی شدن	شاخص نوع استفاده از اراضی	درجه بیابانی شدن	تراکم زهکشی (شبکه آبرهه)	درجه بیابانی شدن	نوع فرسایش آبی	اقلیم
۳	۲۰-۳۰٪	۳	مرتع یا چراگاه فصلی یا وضعیت فقیر- زراعت آبی غیراصولی با استفاده از آبهای زیرزمینی تا ۷۰ درصد- زراعت دیم همراه با آیش به میزان ۳۰-۵۰ درصد اراضی زراعی با شیب ۵۰-۷۰ درصد- اراضی بایر، رها شده کم بازده و یا موات	۳	۲۰-۳۰ کیلومتر در کیلومتر مربع	۳	فرسایش آبراهه‌ای همراه با فرسایش خندقی، سطحی و توده‌ای پراکنده	خشک
۴	<۲۰٪	۴	مرتع اتفاقی با وضعیت خیلی فقیر- زراعت آبی غیراصولی و متکی به آبهای زیرزمینی به میزان بیش از ۷۰ درصد- زراعت دیم همراه با آیش بیش از ۵۰ درصد اراضی زراعی و زراعت غیراصولی در اراضی با شیب بیش از ۷۰ درصد- اراضی بایر، رها شده کم بازده و یا موات	۴	بیش از ۳۰ کیلومتر در کیلومتر مربع	۴	فرسایش انحلالی همراه با فرسایش توده‌ای یا فرسایش خندقی شدید و هزار دره (بدلند) با تراکم	

شاخص های معیار فرسایش بادی جهت ارزیابی پتانسیل بالفعل بیابانزایی

وضعیت بالفعل بیابان زایی و دامنه امتیاز دهی				نوع شاخص
خیلی شدید ۴	شدید ۳	متوسط ۲	کم ۱	
-نبکاهای فعال، -تپه ماسه ای فعال -کلوتک های متراکم و نزدیک به هم -بادبردگی خیلی شدید	- پهنه ماسه ای - کلوتک پراکنده - نبکاهای غیر فعال - تپه های ماسه ای نیمه فعال -بادبردگی زیاد	- سطوح شلجمی پراکنده - نبکاهای کوچک، - بادبردگی متوسط	بدون آثار و اشکال فرسایش بادی و آشفستگی خاک در طول سال، تجمع رسوبات در زیر بوته ها به صورت برجستگی های کوچک	*ظهور رخساره فرسایشی
$MC < 20$	$20 < MC < 40$	$40 < MC < 80$	$MC > 80$	-درصد پوشش غیر زنده (سنگریزه بزرگتر از ۲ میلیمتر) در سطح خاک (MC)
$PC < 10$	$10 < PC < 20$	$20 < PC < 40$	$PC > 40$	-درصد پوشش گیاهی (PC)

وضعیت بالفعل بیابان زایی و دامنه امتیاز دهی				نوع شاخص
خیلی شدید ۴	شدید ۳	متوسط ۲	کم ۱	
>۶۰	۶۰- ۳۰	۱۰-۳۰	<۱۰	-تعداد روزهای با شاخص طوفانی گرد وخاک (DSI)

$$DSI=5 SDS+ MDS+ 0.05 LDE$$

SDS: (۵۶۳۵ میکروگرم بر متر مکعب) روزهای طوفانی با گرد و غبار شدید و میزان دید کمتر از ۲۰۰ متر

LDE: (۰.۰۵۵ میکروگرم بر متر مکعب) گرد و غبار محلی با میزان دید ۱۰۰۰-۲۰۰۰۰ متر

MSD: (۱۱۱۶ میکروگرم بر متر مکعب) روزهای طوفانی با گرد و غبار متوسط و میزان دید ۱۰۰۰-۲۰۰۰ متر

معیار اقتصادی - اجتماعی

امتیاز	کمیت های مورد سنجش	نوع شاخص	گروه
۱	۱٪ <	نرخ رشد (روستایی، کشاورز، عشایر)	۱
۲	۱-۲٪		
۳	۲-۲/۵٪		
۴	۲/۵ <		
۱	کم (کمتر از ۱ نفر در کیلومتر مربع)	تراکم	
۲	متوسط (بین ۱ تا ۱۰ نفر در کیلومتر مربع)		
۳	زیاد (بین ۱۰ تا ۲۵ نفر در کیلومتر مربع)		
۴	خیلی زیاد (بیش از ۲۵ نفر در کیلومتر مربع)		

$$r = 100 \ln (P2 / P1) / (t2 - t1)$$

که در آن :

r: نرخ رشد جمعیت

P1 و P2: جمعیت در سال های t1 و t2

(t2 - t1): فاصله ی زمانی بین سال های t1 و t2

$$D = P / A$$

که در آن،

D:: تراکم جمعیت بر حسب نفر در کیلومتر مربع

P: جمعیت

و A، مساحت محدوده مورد بررسی بر حسب کیلومتر مربع است.

گروه	نوع شاخص	کمیت های مورد سنجش	امتیاز	
۱	جمعیت	مهاجرت	۱	
			۲	
			۳	
			۴	
	بیکاری	۱		
		۲		
		۳		
		۴		
	فقر و محرومیت	فقر	۱	
			۲	
			۳	
			۴	
	فقر و اقتصاد	نوع بهره برداری و بازده	شکل بهره برداری	۱
				۲
				۳
				۴
عملکرد و بازده تولید		بازده بسیار خوب	۱	
			۲	
			۳	
			۴	

امتیاز	کمیت های مورد سنجش		نوع شاخص	گروه
۱	تبادل دام و مرتع	تراکم دام در مرتع		
۲	تبادل نسبی دام و مرتع			
۳	تبادل کم دام و مرتع			
۴	تراز منفی بین دام و مرتع			
۱	مصرف کم	میزان مصرف سوخت نباتی		
۲	مصرف متوسط			
۳	مصرف زیاد			
۴	مصرف خیلی زیاد			
۱	انفرادی		مالکیت	عوامل نهادی، حقوقی و قانونی
۲	مشاع			
۳	دولتی			
۴	نامشخص			
۱	رعایت عرف		تعارض	
۲	روستائیان با یکدیگر			
۳	روستائیان با عشایر			
۴	تعارض با قانون و دستگاه اجرایی			
۱	تشکل های نوین		تشکل و اعتماد به دستگاه اجرایی	تشکل و مشارکت
۲	تشکل های سنتی			
۳	سایر تشکل ها			
۴	فقدان تعامل با دستگاه اجرایی			

امتیاز	کمیت های مورد سنجش		نوع شاخص	گروه
۱	در تصمیم گیری	مشارکت	تشکل و مشارکت	۴
۲	کاری			
۳	مالی			
۴	فقدان مشارکت			
۱	مشاغل غیرمرتبط با منابع طبیعی	میزان اتکای معاش به منابع طبیعی و کشاورزی	معیشت	۵
۲	معیشت مبتنی بر کشاورزی			
۳	معیشت مبتنی بر دامداری			
۴	معیشت مبتنی بر کشاورزی و دامداری سنتی			

شاخص‌های مربوط به معیار توسعه شهری و صنعتی (بیابان‌زایی تکنوژنیک)

وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنه امتیاز دهی				نوع شاخص
خیلی شدید ۴	شدید ۳	متوسط ۲	کم ۱	
بیش از ۵ درصد	۲-۵	۱-۲ درصد	کمتر از ۱ درصد	نسبت اراضی مسکونی و صنعتی به اراضی باغی و زراعی
$0.5 <$	۰.۲-۰.۵	۰.۱-۰.۲	کمتر از ۰.۱	نسبت اراضی مسکونی و صنعتی به اراضی مرتعی و جنگلی
بیش از ۴۰	۲۰-۴۰	۱۰-۲۰	کمتر از ۱۰	تراکم جاده و معدن در محدوده های اراضی بر حسب km/km^2
کمتر از ۲۰ متر مربع سرانه	۲۰-۵۰	۵۰-۱۰۰	بیش از ۱۰۰ متر مربع سرانه	میزان فضای سبز (باغی و خانگی و پارک) به ازاء هر نفر در محدوده های اراضی به وسعت یک km^2

ضرایب مربوط به اهمیت انواع جاده ها در بیابانزایی (۵)

نوع جاده	آسفالته و ۲ طرفه	آسفالته یک طرفه	خاکی	اتوبان	راه آهن
ضریب اهمیت جاده در بیابانزایی	۲	۱	۱	۳	۱

- مدل طبقه بندی نوع و شدت بیابانزایی اراضی در ایران (ICD)

این روش توسط اختصاصی- مهاجری(۱۳۷۴) برای طبقه بندی نوع و شدت بیابانزایی در ایران ارائه شده است. در این روش سعی شده است تا غالب عوامل موثر در بیابانی شدن اراضی به صورت گام به گام مورد بررسی قرار گیرد و با رعایت اثرات متقابل آنها، امکان ارزیابی دقیق و درعین حال آسان برای کارشناسان فراهم شود.

این روش طی چهار مرحله انجام می شود که شامل :

۱- تعیین و تفکیک محیط های همگن بیابانی

۲- تعیین عوامل اصلی و فرعی بیابانزایی

۳- برآورد شدت بیابانزایی اراضی

۴- تهیه نقشه بیابانزایی

مرحله اول: تعیین نوع محیط بیابانی

در این مرحله به کمک مطالعات پایه اعم از تیپ ها، جوامع گیاهی و نقشه های کاربری اراضی ابتدا چشم اندازهای طبیعی از نظر نوع پوشش گیاهی و سپس محیط های بیابانی تفکیک می شود و علامت گذاری به شرح زیر انجام می شود:

۱- اراضی دارای پوشش گیاهی اعم از جنگل ها و مراتع P شامل:

۱-۱- اراضی دارای پوشش گیاهی طبیعی جنگلی P/f

۱-۲-.....مرتعی P/R

۱-۳- اراضی دارای پوشش گیاهی دست کاشت جنگلی ap/f

۱-۴-.....مرتعی ap/R

۲- اراضی فاقد پوشش گیاهی:

۲-۱- کوه های لخت (رخنمون سنگی) B(M)

۲-۲- اراضی کویری B(s)

۲-۳- اراضی رسی B(c)

۲-۴- اراضی با سطوح سنگفرشی B(h)

۲-۵- اراضی مارنی B(b)

۲-۶- تپه های ماسه ای فعال B(s.d)

۳- اراضی کشاورزی و آبادی ها A :

۳-۱- اراضی کشاورزی آبی $A(I)$

۳-۲- اراضی کشاورزی دیم $A(n)$

۳-۳- اراضی مسکونی و آبادی ها $A(b)$

-مرحله دوم: تعیین ۶ عامل بیابانزایی شامل سه عامل محیطی (اصلی و فرعی) و سه عامل انسانی (اصلی و فرعی):

۱- عوامل محیطی E شامل عوامل اصلی و فرعی :

۱-۱- اقلیم C : مقدار بارندگی r و دوره خشکسالی dr

۱-۲- ژئومورفولوژی G : توپوگرافی و شیب t و ژئولوژی g

۱-۳- کیفیت و کمیت منابع آب و خاک Q : کیفیت آنها QL و کمیت آنها QN

۲- عوامل انسانی A شامل:

۲-۱- تخریب منابع گیاهی P.D شامل:

-بوته کنی و قطع درختان CU

-چرای مفراط gr

-مدیریت غلط و عدم تناسب الگوهای زراعی و احیای پوشش پوشش گیاهی با شرایط منطقه pa

۲-۲- تخریب منابع آب:

-پمپاژ و افت سفره آب زیرزمینی pu

-سیستم های غلط آبیاری، افزایش سطح ایستابی وi

۲-۳- تخریب منابع اراضی و خاک L.D:

-شخم غلط و آیش بلند مدت PL

-تبدیل غلط و بیرویه جنگل و مرتع به کشاورزی و اراضی شهری، صنعتی و ...ch

-مرحله سوم: برآورد شدت بیابانزایی

از آنجایی که شاخص های چون اشکال و شدت فرسایش و یا امکان برگشت پذیری و یا بازسازی اکوسیستم می تواند در برآورد دقیق تر شدت بیابانزایی موثر باشد، علاوه بر عوامل مذکور دو شاخص زیر نیز در ارزیابی نهایی بیابانزایی ارزیابی و امتیازدهی می شوند:

۱- شدت فرسایش و رسوبدهی S.E

۲- امکان برگشت پذیری و بازسازی اکوسیستم C.D

بر اساس جدول (۵-۲۰) ارائه شده در روش ICD ، امتیازدهی به عوامل انجام و در پایان با جمع کل امتیازات با توجه به جدول (۵-۲۱) شدت بیابانزایی در ۵ طبقه کلاس بندی می شود.

مرحله چهارم: تهیه نقشه بیابانزایی

پس از ارزیابی هر یک از واحدهای بیابانی به منظور تهیه نقشه بیابانزایی، ابتدا کلیه واحدهایی که دارای شدت بیابانزایی یکسانی هستند، در یک محدوده قرار گرفته و سپس با توجه به نوع واحدهای کاری و نهایتاً عوامل اصلی و فرعی موثر در بیابانزایی محدوده های کوچکتر تفکیک و مشخص و در پایان خلاصه مربوط به شدت بیابانزایی ، نوع محیط بیابانی و عوامل موثر در بیابانی شدن به زیر روی نقشه خلاصه می شود.

نوع محیط بیابانی - شدت بیابانزایی

عامل فرعی بیابانزایی - عامل اصلی بیابانزایی

-ارائه مدل ESA_s جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابانزایی در کشورهای مدیترانه ای

کمیسیون اروپا (۱۹۹۰)، پروژه مدالوس را با هدف انجام دادن بررسی های پایه ای در بیابان زایی کشورهای مدیترانه ای پیشنهاد کرد. این پروژه به مدت ۹ سال به طول انجامید و در سال ۱۹۹۹ مدلی برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی تحت عنوان ESA_s ارائه گردید. در این مدل چهار شاخص تحت عنوان شاخص کیفیت خاک، شاخص کیفیت اقلیم، شاخص کیفیت پوشش گیاهی و شاخص مدیریت به عنوان شاخص های کلیدی بیابان زایی تعریف شدند و در نهایت نقشه بیابانزایی از میانگین هندسی شاخص های مذکور و با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی (GIS) بدست آمد. بعد از ارائه این مدل با توجه به انعطاف پذیری، دقت و سهولت کاربرد آن، دانشمندان کشورهای مختلف اروپایی و آسیایی به ارزیابی کارایی آن جهت بررسی بیابانزایی در مناطق خود پرداختند. جداول ۲۷-۵، ۲۸-۵ الف، ۲۸-۵ ب، ۲۸-۵ ج و ۲۸-۵ د معیارها و شاخص های مورد ارزیابی در این مدل و نحوه امتیازدهی به آنها را نشان میدهد. (همچنین جداول ۲۸-۵ و ۲۸-۵ ی شاخص های مربوط به دو معیار اضافه شده به مدل اصلی را (برای ارزیابی بیابانزایی در ایران به توجه به مهمترین عوامل آن در کشور)، نشان می دهد.

- طرح FAO-UNEP به منظور ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی

در سال ۱۹۸۰، تحقیقی به منظور طراحی روشی مقدماتی جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی توسط یونپ و فائو آغاز گردید که اهداف زیر را تعقیب می نمود:

الف- توسعه روش (یا روشهایی) جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی

ب- پیاده نمودن و آزمون چنین روشهایی در مناطق بیابانی

ج- آموزش پرسنل موردنیاز در این زمینه

د- بررسی و ارائه پیشنهاد به منظور استفاده در ارزیابیهای بعدی در مناطق در معرض بیابان زایی.

ه- مستند نمودن روشهای مورد قبول و کاربرد آنها در مطالعات منطقه ای

در این طرح یک روش یا مدل مقدماتی ارائه گردیده که در آن وضعیت فعلی، نرخ و خطر بیابان زایی تشریح شده و فرآیندهای بیابان زایی به شش مورد به شرح زیر تفکیک شده اند:

1. تخریب پوشش گیاهی
2. فرسایش بادی
3. فرسایش آبی
4. کاهش مواد آلی خاک
5. شور و قلیایی شدن
6. تجمع مواد سمی

بطور کلی این فرایندها براساس مشاهدات زمینی، تفسیر عکس های هوایی و تصاویر ماهواره ای و اطلاعات موجود (نقشه و آمار و ...) و به کمک مدلسازی آماری در چهار کلاس خفیف، متوسط، شدید و خیلی شدید طبقه بندی شدند.

طرح مذکور در طی ۴ سال کار میدانی در نقاط مختلف از جمله مکزیک، تگزاس، سودان، تونس، سوریه، پاکستان، ترکمنستان، و استرالیا مورد آزمایش و ارزشیابی قرار گرفت و در سال ۱۹۸۴ تحت عنوان «روش تحقیق مقدماتی برای ارزیابی و نقشه بندی بیابان زایی» جهت کاربرد در شرایط مرتعی منتشر گردید. (جداول ۳-۵، ۴-۵، ۵-۵، ۷-۵، ۶-۵)

– ارزیابی و نقشه بندی بیابان زایی توسط موسسه تحقیقات بیابان ترکمنستان

پس از ارائه طرح یونپ و فائو (۱۹۸۱)، برخی کشورها اقدام به ارزشیابی و اصلاح روش فوق و برشمردن نقاط ضعف و معایب اساسی آن نمودند. به عنوان نمونه موسسه تحقیقات بیابان وابسته به آکادمی علوم ترکمنستان پس از بازبینی و ارزشیابی روش پیشنهادی مذکور، روشی را بدین منظور طراحی و در اراضی خشک آسیای مرکزی و دیگر نقاط جهان به مورد اجرا گذاشت. روش اولیه ای که در اراضی ترکمنستان مورد آزمایش قرار گرفت تحت عنوان «اصول روشمند ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی» بود که توسط خارین (Kharin) و همکاران تهیه شد. در این روش فرآیندهای زیر به عنوان انواع بیابان زایی پیشنهاد گردید:

تخریب پوشش گیاهی، فرسایش آبی، فرسایش بادی، شور شدن خاک، باتلاقی شدن خاک، آلودگی محیط، بیابان زایی تکنولوژیکی و بیابان زایی حاصل از فعالیت جانوران.

پس از آن کارشناسان این موسسه طی سالهای ۸۹-۱۹۸۷ و با هدف ارائه روشی مناسب جهت ارزیابی و تهیه نقشه بیابان زایی، طرح مشترک میدانی یونپ و اتحاد جماهیری شوروی سابق (USSR/UNEP) را بر روی اراضی خشک کشور سومالی به مورد اجرا گذاشتند. در این طرح پس از جمع آوری اطلاعات مورد نیاز از منطقه، معیارهای پیشنهاد شده توسط فائو و یونپ در سال ۱۹۸۴، مورد بازبینی قرار گرفت و ۵ فرآیند عمده بیابان زایی شامل: تخریب پوشش گیاهی، فرسایش آبی، فرسایش بادی، شور شدن و بیابانزایی تکنوژنیک تشخیص داده شد.

به منظور توصیف خطر کل بیابان زایی (TDH)، موارد وضعیت فعلی بیابان زایی (CS)، خطر ذاتی (IH)، اثر دام (LA)، درجه تأثیر انسان (DAI) و نرخ بیابان زایی (DR) تعیین گردید.

$$TDH=CS+IH+LA+DAI+DR$$

در نهایت پس از پردازش رقومی و عددی و پردازش تصاویر ماهواره ای، نقشه های وضعیت فعلی، نرخ، خطر ذاتی و خطر کل بیابان زایی تهیه گردید. (جداول ۵-۱۵ تا ۵-۱۹)

معرفی پروژه ارزیابی تخریب در مناطق خشک (LADA)

مجموعه سازمان های بین المللی از جمله UNEP، FAO، UNDP، UNCCD (۲۰۰۰)، به منظور هماهنگی و جامعیت بخشیدن به شاخص ها و معیارهای مورد استفاده برای ارزیابی بیابانزایی، پروژه ارزیابی تخریب در مناطق خشک (LADA) را معرفی کردند. در این پروژه لیست بزرگی از شاخص های بیابانزایی در زمینه های بیوفیزیکی، جمعیت شناسی، اقتصادی-اجتماعی، سیاست گذاری دولت و موسسات مردم نهاد از سراسر جهان جمع آوری شده و پس از خالص سازی و انتخاب مناسب ترین آنها توسط کارشناسان و متخصصان، در جداولی با توجه به مقیاس مورد استفاده آنها (جهانی، ملی، منطقه ای، حوزه آبخیز و روستا) و در چهار چوب (نیروهای محرک، فشار، وضعیت، اثر و پاسخ) آورده شده اند

1- تعیین سطح و مقیاس

2- انتخاب معیارها و شاخص ها از فهرست لادا

3- انتخاب روش ها و ابزارها و دستورالعمل ها

4- جمع آوری داده ها و تشخیص داده های ناقص

5- طبقه بندی تغییر پذیری

6- طرح استرلتری جمع آوری داده ها

7- آنالیز داده ها با استفاده از روش ها و ابزارهای انتخاب شده از جعبه ابزار چارچوب LADA-

DPSIR

8- تلفیق نتایج با استفاده از ابزارپشتیبان تصمیم گیری لادا(که به شکل دستی یا سیستم های رقومی طراحی شده) و بیان علت ها ، تلفیق یافته ها و آثار واکنش ها مثل آثار بر معیشت یا هزینه های اقتصادی تخریب

9- تشخیص نقاط داغ (مناطقی که تخریب و خطر تخریب در آنها بالاست) و روشن (تخریب متوقف می شود یا حتی کاهش می یابد) از تلفیق و یکپارچگی علت ها و واکنش ها در تخریب زمین

10- تایید نتایج و صحت ارزیابی

11- نقشه خروجی و گزارش نتایج

12- پایش تغییرات طی زمان (طرح یک راهکار پایش متناسب با داده های موجود و هماهنگ با

-شاخص های ارائه شده در سطح حوزه آبخیز و روستا شامل موارد ذیل می باشند:

(الف) شاخص های بیوفیزیکی: درصد مناطق تحت آبیاری، خشک شدن چاهها و منابع آب، تغییرات فصلی جریان های آب دائمی، از بین رفتن درختان در کناره رودخانه ها، مقدار زیاد نمک در آبهای سطحی، سازگاری روش های حفاظت خاک، مناطق حفاظت شده، انواع روش های استحصال آب، تغییرات فصلی سطح آب در رودخانه ها، کیفیت آب (گل آلودگی و جلبک ها)، عمق سفره آب، کمبود آب، مناطق متاثر از شوری و ماندابی شدن، وقوع طوفانهای گرد و غبار، مدفون شدن خاک حاصلخیز به وسیله ماسه های متحرک، منابع عمده سوخت، تولید ذغال، مهمترین مصالح ساختمانی، افزایش عمق چاهها و...

(ب) شاخص های جمعیت شناسی: جمعیت و مهاجرت، مرگ و میر به دلیل خشکسالی، جنگ و ...

(ج) شاخص های مربوط به موسسات (سیاستگزاری دولت و موسسات مردم نهاد): جایگزین کردن قوانین غیر رسمی و محلی با قوانین و شیوه های مدیریتی جدی و رسمی، تعداد و نقش موسسات مردم نهاد (NGO)، استقرار کمیته ها، در دسترس بودن و فراوانی خدمات. میزان بودجه ای که صرف تحقیقات و آموزش بخش کشاورزی و منابع طبیعی می شود، کنترل نرخ تولیدات کشاورزی، سیاست ها و کمک های دولتی که باعث افزایش تخریب می شود....

(د) شاخص های اقتصادی-اجتماعی: تغییر در میزان دسترسی مصرف کنندگان به کالاها در بازار، کاهش در منابع معمول ثروت، وجود گرو های سنی، مذهبی و...، باورهای ذهنی و منعیات، میزان استخدام، فراوانی و شدت درگیری ها، نوع مالکیت، سهولت دسترسی به منابع، تراکم جاده، سواد، فقر، مهاجرت، بیکاری، مشکلات حمل و نقل به دلیل بدی جاده ها، نصب لوله های آب، مهاجرت فصلی مردان، دسترسی به بازار، مقدار گوشت موجود در بازار، تلفن عمومی و امکان استفاده از اینترنت، آموزش کشاورزی و....

-اجرای پروژه DESERTLINK و ارائه سیستم جامع شاخص های بیابانزایی برای اروپای مدیترانه ای

DESERTLINK یک پروژه تحقیقاتی بین المللی اروپایی است که توسط کمیسیون اروپا پایه ریزی شده و در طول سه سال (۲۰۰۱ تا ۲۰۰۴)، اجرا شده است. هدف اولیه این پروژه یاری رساندن به کنوانسیون مبارزه با بیابانزایی سازمان ملل در گسترش و بهبود بخشیدن به سیستم شاخص های بیابانزایی برای اروپای مدیترانه ای بود.

در اجرای این پروژه یازده گروه تحقیقاتی از دانشگاهها و موسسات کشورهای پرتغال، اسپانیا، ایتالیا، یونان، هلند و انگلستان همکاری داشته اند. حاصل این پروژه، سیستم جامع شاخص های بیابانزایی برای اروپای مدیترانه ای (DIS4ME) با ۱۵۰ شاخص بیابانزایی بود.

این سیستم با ارائه تعریف و تشریح کامل شاخص ها و ابزار و روشهای اندازه گیری آنها، کاربران مختلف (شامل دانشمندان، سیاستگذاران و کشاورزان) را قادر می سازد تا دریابند که در کدام مناطق بیابانزایی یک مشکل است، بتوانند ارزیابی نمایند که این مشکل تا چه حد بحرانی است و فرآیند بیابانزایی را بهتر درک نمایند. در این سیستم شاخص ها در ۴ بخش فیزیکی-اکولوژیکی، اقتصادی، اجتماعی و موسسات آورده شده است. در زیر به برخی از این شاخص ها اشاره خواهیم کرد::

-Desertification Indicators System for Mediterranean Europe

لیست کامل معیارها و شاخص های آن در لینک زیر در دسترس می باشد:

https://esdac.jrc.ec.europa.eu/public_path/shared_folder/projects/DIS4ME/indicators_list.htm

بخش اول، شاخص های فیزیکی و اکولوژیکی شامل:

(الف) اقلیم: دمای هوا، شاخص خشکی، شاخص کیفیت اقلیم، خشکسالی، شاخص خشکسالی، بارندگی موثر، تبخیر و تعرق

پتانسیل، بارندگی، فرسایش دهندگی بارش، فصلی بودن بارش، سرعت باد

(ب) آب: عمق آب زیرزمینی، کیفیت آب، رواناب، رسوب گذاری سد، شدت زهکشی، فرساینده‌گی باران، فراوانی سیل،

مرفولوژی کانال ها و دشت های سیلابی، آستانه رواناب، نفوذپذیری خاک

(ج) خاک: مناطق اسیدی شده، زهکشی، خطر فرسایش، ظرفیت نفوذ پذیری، مواد آلی موجود در سطح خاک، مواد مادری،

سنگ و سنگریزه، جهت شیب، گرادیان شیب، سله بستن خاک، عمق خاک، فرسایش خاک، شاخص پایداری خاک،

شاخص کیفیت خاک، ساختمان خاک، پایداری سطح خاک، بافت خاک، ظرفیت ذخیره آب

(د) پوشش گیاهی: سطح جنگل ها، حفظ تنوع زیستی، مناطق جنگل زدای شده، انعطاف پذیری اکوسیستم، جلوگیری از

فرسایش، از بین رفتن جنگل، پوشش گیاهی، ترکیب پوشش گیاهی، شاخص کیفیت پوشش گیاهی

(ه) آتش: مناطق سوخته شده، فراوانی آتش، خطر آتش، نوع مواد سوختی مورد استفاده، آتش سوزی طبیعی ناگهانی، آتش

سوزی غیر طبیعی

۲- بخش دوم، شاخص های اقتصادی:

الف) کشاورزی : هزینه آب، اندازه خانواده، سن کشاورزان، مالکیت مزارع، اندازه مزارع، تولیدات جنگلی، تولیدات کشاورزی سنتی، درآمد مزارع، سایر مشاغل همراه کشاورزی

ب) مدیریت زمین : مدیریت محیطی-کشاورزی، حفاظت از آتش، کیفیت مدیریت جنگلها، کشاورزی ارگانیک، احیای خاکهای متاثر، ابزارها وامکانات کنترل فرسایش خاک و کشاورزی پایدار

ج) کاربری اراضی : سطح اراضی حاشیه ای که خاکهای آنها مورد استفاده قرار گرفته، فراوانی اراضی کشاورزی، تغییر کاربری اراضی، شدت کاربری اراضی، انواع کاربری اراضی، پوشش گیاهی طبیعی، دوره زمانی استفاده از هر نوع کاربری و مناطق شهری

ج) زراعت : کاربرد کودها، شاخص مکانیزه شدن، عمق و نوع شخم و عملکرد آن

د) دامداری : چرا، کنترل چرا، شدت چرا و شدت دامداری

ه) استفاده از آب : بهره برداری بیش از حد از آبخوان ها، منابع آب خارجی، سطح آبیاری شده، شدت آبیاری، ذخیره رواناب، چرخه هدر رفت آب، کمبود آب و دسترسی به آب

و) توریسم : شدت توریسم و تغییرات توریسم

ز) اقتصاد کلان : شاخص اشتغال و نرخ بیکاری

۳- بخش سوم، شاخص های اجتماعی شامل:

سطح تحصیلات بزرگسالان، کاهش جمعیت به دلیل تخریب اراضی، شاخص جینی، شاخص پیری، نرخ رشد جمعیت، درک عمومی از بیابانزایی

۴- بخش چهارم، شاخص های مربوط به موسسات شامل :

برنامه های جنگل داری و هیدرولوژی، بازیافت ضایعات، برنامه های مدیریت حوزه آبخیز، سیاست و قوانین استفاده از آب و مناطق حفاظت شده

Desertification Mitigation and Remediation of Land (DESIRE)

پروژه کاهش بیابانزایی و بازسازی اراضی

هدف این پروژه ایجاد استراتژی های محافظتی در مدیریت اراضی و جایگزینی مناسب کاربری اراضی در هجده نقطه آسیب پذیر به بیابانزایی در مدیترانه، شرق اروپا، امریکای لاتین، افریقا و آسیا، بر اساس یک همکاری نزدیک محققان با گروه های ذینفع محلی بود. این روش مشاکتی یکپارچه حرکت از سطوح پایین به بالا را مطابق نظر کنوانسیون مقابله با بیابان زایی به کار می گیرد:

-Degradation and desertification hotspots and stakeholder groups have been identified in all countries surrounding the Mediterranean, and in 6 external nations facing similar environmental problems,

روش کار در پروژه DESIRE

۱- فرآیندهای زیر به عنوان فرایندهای اصلی و یا علل تخریب زمین و بیابان زایی در ۱۸ سایت مورد مطالعه تشخیص داده شدند:

(الف) فرسایش خاک از جمله فرسایش ناشی از شخم / (ب) شوری خاک / (ج) تنش آب / (د) آتش سوزی جنگل ها / (ه) چرای بیش از حد

۲- تعریف یک لیست از شاخص ها (فهرست شاخص های نامزد (جدول ۱) از راه های زیر جمع آوری شده است:

(الف) بررسی ادبیات و پیشینه / (ب) مشاوره با ذینفعان از جمله کاربران زمین، مدیران زمین، و گروه های تحقیقاتی کار بر روی زمین تخریب و بیابان زایی در سطح بین المللی و در منطقه مورد مطالعه

(ج) استفاده از پژوهش های قبلی در پروژه های تحقیقاتی تخریب زمین و بیابان زایی

۳- هر یک از شاخص ها، به چهار یا پنج کلاس (جدول ۲) با استفاده از سیستم های طبقه بندی موجود مانند مرجع جغرافیایی اروپایی پایگاه داده های خاک، و داده های تحقیق موجود گروه بندی شده است.

نمرات حساسیت در محدوده ۱۰ تا ۲۰ به هر کلاس بر اساس داده های پژوهش های موجود و اهمیت تخریب زمین و بیابان زایی قرار گرفتند:

جدول ۱. فهرست شاخص کاندید مربوط به علل و یا فرایندهای فرسایش زمین و بیابان زایی در سایت های مطالعه

شاخص ها	فرآیندهای مهم برای بیابان زایی در سایت های مطالعه					
	فرسایش آبی	فرسایش شخم	شور شدن خاک	استرس آبی	آتش سوزی جنگل	چرای بیش از حد
شاخص های فیزیکی و اکولوژیکی						
اقلیم						
درجه حرارت هوا			◆	◆	◆	◆
بارش	◆	◆	◆	◆	◆	◆
شاخص خشکی			◆	◆	◆	◆
تبخیر و تعرق پتانسیل	◆		◆	◆	◆	◆
بارش فصلی	◆		◆	◆	◆	◆
فرسایندهای بارش	◆					◆
آب						
کیفیت آب			◆	◆		
کمیت آب			◆	◆		
بهره برداری آب زیرزمینی			◆	◆		
مصرف آب / تقاضای آب			◆	◆		
خاک ها						
زهکشی			◆	◆		
مواد مادری	◆	◆	◆	◆		◆
قطعه سنگ	◆	◆		◆		◆
جهت شیب	◆			◆	◆	◆
گرادیان شیب	◆	◆		◆		◆
عمق خاک	◆	◆	◆	◆	◆	◆
بافت خاک	◆	◆	◆	◆	◆	◆
ظرفیت ذخیره آب خاک	◆		◆	◆	◆	◆
در معرض قرار گرفتن رخنمون سنگ	◆			◆		◆
ماده ارگانیک افق سطحی	◆	◆				◆
هدایت الکتریکی			◆			
پوشش گیاهی						
پوشش رایج زمین	◆	◆		◆	◆	◆
نوع پوشش گیاهی	◆			◆	◆	◆
پوشش گیاهی	◆			◆	◆	◆
سطوح جنگل تراشی شده				◆	◆	◆
رواناب						
تراکم زهکشی	◆			◆		
فراوانی سیلاب			◆			
سطوح غیر قابل نفوذ	◆			◆		
آتش سوزی ها						
فراوانی آتش سوزی				◆		◆
خطر آتش سوزی					◆	◆
مساحت سوخته شده	◆				◆	◆
شاخص های اقتصادی - اجتماعی						
کشاورزی						
مالکیت مزرعه	◆		◆		◆	◆
اندازه مزرعه	◆					◆
قطعه قطعه شدن زمین	◆					◆
درآمد خالص مزرعه	◆				◆	◆
اشتغال موازی	◆			◆		◆
کشت						
عملیات خاک ورزی	◆	◆		◆		

ادامه جدول ۱.

شاخص ها	فرایندهای مهم برای بیابان زایی در سایت های مطالعه			
	فرسایش آبی	فرسایش شخم	شور شدن خاک	آتش سوزی های جنگل
عمق شخم	◆	◆		
جهت شخم	◆	◆		
شاخص مکانیزم شدن		◆		
دامداری				
کنترل چرا	◆			◆
شدت چرا	◆			◆
مدیریت زمین				
حفاظت آتش	◆			◆
کشاورزی پایدار	◆			
احیا مناطق تحت تاثیر			◆	
احیا مناطق معدنی	◆			◆
عملیات کنترل فرسایش خاک	◆	◆		◆
عملیات حفاظتی آب خاک	◆			◆
تراس (حضور)	◆	◆		◆
استفاده از زمین				
ترک زمین	◆			◆
تراکم استفاده از زمین	◆	◆		◆
نوع استفاده از زمین	◆		◆	◆
دوره استفاده از زمین موجود	◆		◆	◆
فاصله از ساحل دریا			◆	
استفاده آب				
بهره برداری بیش از آبخوان			◆	
درصد آبیاری زمین های زراعی	◆		◆	
ذخیره آب رواناب	◆		◆	
مصرف آب توسط بخش			◆	
کمپایی آب			◆	◆
جهانگردی				
شدت جهانگردی	◆		◆	◆
تغییر جهانگردی			◆	◆
اجتماعی				
شاخص فقر انسانی				◆
شاخص کهنسالی	◆			
تراکم جمعیت	◆		◆	◆
نرخ رشد جمعیت	◆		◆	◆
توزیع جمعیت				
صنعت				
یارانه های کشاورزی	◆			◆
مناطق حفاظت شده				◆
اجرای سیاست	◆	◆	◆	◆

جدول ۲. فهرست شاخص ها با کلاس های مجزا برای هر شاخص و نمره حساسیت مربوطه

اقلیم							
درجه حرارت سالانه هوا (°C)	<12	12-15	15-18	18-21	>21		
	1.0	1.8	1.5	1.8	2.0		
بارش سالانه (mm)	<280	280-650	650-1000	>1000			
	2	1.6	1.3	1.0			
شاخص خشکی BG	<50	50-75	75-100	100-125	125-150	>150	
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	
پات سالانه تبخیر و تعرق (ETo) (mm)	<500	500-800	800-1200	1200-1500	>1500		
	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0		
بارش فصلی	<0.19	0.20-0.39	0.40-0.59	0.60-0.79	0.80-0.99	1.00-1.19	>1.20
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0
فرساینده گی باران (mm h ⁻¹)	<60	60-90	91-120	121-160	>160		
	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0		
آب							
کیفیت آب (μS)	<400	400-800		800-1500		>1500	
	1.0	1.3		1.6		2.0	
کمیت آب	کافی	متوسط		پایین		None	
	1.0	1.3		1.6		2.0	
بهره برداری از آب زیرزمینی	> بهره برداری تغذیه	> تغذیه بهره برداری تغذیه > ۰/۸		مشکلات محلی بهره برداری بیش از حد		بدون مشکلات بهره برداری بیش از حد	
	2.0	1.6		1.3		1.0	
مصرف آب/تقاضای آب (WC/WD)	کم (WC/WD < 0.5)	متوسط (WC/WD = 0.5-1)		زیاد (WC/WD=1-2)		بسیار زیاد (WC/WD>2)	
	1.0	1.3		1.6		2.0	
خاک							
زهکشی	خوب	ناقص	ضعیف	خیلی ضعیف			
	1.0	1.3	1.6	2.0			
مواد مادری	Limestone-marble	Acid igneous	Sandstone, flysch	Marl, clay, conglomerates	Basic igneous	Shale, schist	Alluvium, colluvium
	2.0	1.8	1.6	1.3	1.4	1.2	1.0
تخته سنگ در خاک سطحی (%)	<15	15-40	40-80	>80			
	2.0	1.0	1.6	1.8			
جهت شیب	N, NW, NE	S, SW, SE	دشت				
	1.0	2.0	1.0				

ادامه جدول ۲.

خاک								
گرادیان شیب (%)	<2	2-6	6-12	12-18	18-25	25-35	35-60	>60
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.7	1.8	1.9	2.0
عمق خاک (cm)	<15	15-30	30-60	60-100	100-150	>150		
	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0		
کلاس بافت خاک	بسیار درشت	درشت	متوسط	ریز متوسط	ریز	خیلی ریز		
	2.0	1.8	1.6	1.2	1.3	1.4		
ظرفیت نگهداری آب خاک (mm)	<50	50-100	100-200	200-300	>300			
	2.0	1.8	1.5	1.3	1.0			
بیرون زدگی سنگ بستر (%)	None	2-10	10-30	30-60	>60			
	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0			
ماده ارگانیک افق سطحی (%)	زیاد (>6.0)	متوسط (2.1-6.0)	کم (2.0-1.1)	خیلی کم (<1.0)				
	1.0	1.3	1.6	2.0				
درجه فرسایش خاک	None	کم	متوسط	شدید	خیلی شدید			
	1.0	1.2	1.5	1.8	2.0			
هدایت الکتریکی (dS m ⁻¹)	عاری (EC < 2)	کم (EC = 2-4)	متوسط (EC = 4-8)	زیاد (EC = 8-15)	خیلی زیاد (EC > 15)			
	1.0	1.3	1.5	1.8	2.0			
پوشش گیاهی								
استفاده عمده از زمین	کشاورزی	مرتع	زمین درختچه ای	جنگل	معدن	تفریحی		
	1.5	1.6	1.4	1.0	2.0	1.2		
نوع پوشش کشاورزی	حبوبات	زیتون	انگور	بادام	پرتقال	سبزیجات	پنبه	زمین لخت
	2.0	1.0	1.4	1.3	1.6	1.8	1.5	2.0
نوع پوشش گیاهی طبیعی	ترکیب باجیای مدیترانه ای جنگل همیشه سبز	ماجیای مدیترانه ای	مرتع دائمی	مرتع یکساله	جنگل برگریز	جنگل کاج	جنگل همیشه سبز	زمین لخت
	1.2	1.4	1.5	1.8	1.6	1.4	1.0	2.0
(%) پوشش گیاهی	<10	10-25	25-50	50-75	>75			
	2.0	1.8	1.5	1.3	1.0			
مساحت جنگل تراشی شده (% year ⁻¹)	کم (<1.5)	متوسط (1.5-2.5)	زیاد (2.5-3.5)	بسیار زیاد (>3.5)				
	1.0	1.3	1.7	2.0				

رواتب							
تراکم زهکشی (km of channels km ⁻²)	درشت (<5)	متوسط (5-10)	ریز (10-20)	خیلی ریز (>20)			
	1.0	1.3	1.7	2.0			
فراوانی سیلاب	No	بسیار نادر (once/10 years)	نادر (once/6-10 years)	به ندرت (once/3-5 years)	فراوانی (once/1-2 years)		
	1.0	1.2	1.5	1.7	2.0		
سطح غیر قابل نفوذ (ha 10 km ⁻² of territorial 10 years ⁻¹)	کم (<10)	متوسط (10-25)	زیاد (26-50)	خیلی زیاد (>50)			
	1.0	1.3	1.7	2.0			
آتش سوزی							
فراوانی آتش سوزی (سال)	کم (once/>50)	متوسط (once/25-50)	زیاد (once/25-15)	خیلی زیاد (once/ <15)			
	1.0	1.3	1.7	2.0			
خطر آتش سوزی	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد			
	1.0	1.4	1.7	2.0			
مساحت های سوخته شده (ha burned 10 years ⁻¹ 10 km ⁻² of territorial)	کم (<10)	متوسط (10-25)	زیاد (26-50)	خیلی زیاد (>50)			
	1.0	1.3	1.7	2.0			
کشاورزی							
مالکیت مزرعه	کشاورزی شخصی	کشاورزی مستاجری	کشاورزی اشتراکی	کشاورزی ایالتی	سایرین		
	1.0	2.0	1.5	1.7			
اندازه مزرعه (ha)	<2	2-5	5-10	10-30	30-50	50-100	>100
	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
چندپارگی زمین (تعداد قطعات)	1-3	4-6	7-9	10-12	13-15	16-19	>19
	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	1.9	2.0
درآمد خالص مزرعه	کم (<Local mean—St. Dev.)	متوسط (>Local mean—St. Dev. < local mean)	زیاد (>Local Mean < Local Mean + St. Dev.)	خیلی زیاد (>Local Mean + St. Dev.)			
	2.0	1.7	1.3	1.0			
اشتغال موازی	ندارد	صنعتی	جهاگردی	ایالتی	شهرداری		
	1.0	2.0	1.4	1.7	1.5		
خاک ورزی							
عملیات شخم	ندارد	شخم زدن	خاک کش کردن و دیسک زدن	کولتیواتور			
	1.0	2.0	1.7	1.4			
فراوانی شخم (تعداد)	ندارد	1	2	3	4		
	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0		

ادامه جدول ۲.

کشت		<20	20-30	30-40	>40		
عمق کشت (cm)	No	1.1	1.3	1.7	2.0		
جهت کشت	پایین شیب	بالای شیب	به موازات جد فاصل تا شیار شیب	به موازات جد فاصل پایین تا شیار شیب	مایل به شیب پایین	مایل به شیب بالا	سایر (بدون کشت)
شاخص مکانیزم بودن	2.0 کم (Local mean— St. Dev.)	1.4 متوسط (>Local mean—St. Dev. < local mean)	1.2 زیاد (>Local Mean < Local Mean + St. Dev.)	1.5 خیلی زیاد (>Local Mean + St. Dev.)	1.8	1.3	1.0
	1.0	1.3	1.7	2.0			
دامداری							
کنترل چرا	ندارد	تعداد پایدار حیوانات		جلوگیری از تراکم خاک (خاک بسیار مرطوب)		حفاظت آتش	
شدت چرا	2.0 کم (SR < GC)	1.0 متوسط (SR = GC to 1.5GC)	1.2 زیاد (SR > 1.5GC)	1.4		1.3	
	1.0	1.5	2.0				
مدیریت زمین							
حفاظت آتش (حفاظت شده / کل منطقه %)	ندارد	کم (<25)	متوسط (25-50)	زیاد (50-75)	خیلی زیاد (>75)		
کشاوری پایدار	بدون کشاوری پایدار	بدون کشت	حداقل کشت	ایجاد پوشش گیاهی	کشت شیب بالا	عمق شخم حداقل	
احیا مناطق تحت تاثیر	2.0 ندارد	1.0 زهکشی کافی	1.3 آب شویی کافی نمک	1.1 آهکی کردن کافی خاک اسیدی	1.4 غلظت پایین مواد سنگین	1.5	
احیا مناطق معدنی (منطقه حفاظت شده / کل منطقه %)	2.0 ندارد	1.0 کم (<25 % protected)	1.0 متوسط (25-75 % protected)	1.0 کافی (>75 % protected)	1.0		
عملیات کنترل فرسایش خاک (منطقه حفاظت شده / کل منطقه %)	2.0 ندارد	1.7 کم (<25 % protected)	1.3 متوسط (25-75 % protected)	1.0 کافی (>75 % protected)	1.0		
عملیات حفاظت آب خاک	2.0 کنترل علف های هرز	1.7 مالج پاشی	1.4 ذخیره موقت رواناب	1.0 ایجاد جذب بخار آب	ندارد		
	1.0	1.0	1.0	1.2	2.0		

ادامه جدول ۲.

مدیریت زمین								
تراس (حضور)	ندارد	کم (<25)	متوسط (25-50)	زیاد (50-75)	خیلی زیاد (>75)			
(منطقه حفاظت شده / کل منطقه %)	2.0	1.7	1.5	1.2	1.0			
استفاده از زمین								
ترک زمین ($10 \text{ km}^{-2} \text{ 10 years}^{-1}$)	کم (<10)	متوسط (10-25)	زیاد (26-50)	خیلی زیاد (>50)				
شدت استفاده از زمین	کم	متوسط	زیاد					
دوره استفاده از زمین موجود (سال)	<1	1-5	5-10	10-20	30-50	>50		
فاصله از ساحل (km)	<0.25	0.25-0.5	0.5-1	1-2	2-5	5-8	8-15	>15
	2.0	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
استفاده آب								
درصد آبیاری زمین زراعی	<5	5-10	10-25	25-50	>50			
ذخیره آب رواناب	ندارد	کم	زیاد	کافی				
آب مصرفی هر بخش (هر بخش %)	صنعت	گردشگری	خانگی	آبیاری				
کمبود آب (سراجه آب در دسترس) / سراجه آب مصرفی (هر 10 سال = K)	ندارد ($R > 2$)	کم ($R = 1.5-2$)	متوسط ($R = 1-1.5$)	زیاد ($R = 0.5-1$)	خیلی زیاد ($R < 0.5$)			
	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0			
جهانگردی								
تراکم جهانگردی		($R < 0.01$)	($R = 0.01-0.04$)	($R = 0.04-0.08$)	($R > 0.08$)			
تغییر جهانگردی	کم	متوسط	زیاد	خیلی زیاد				
	1.0	1.3	1.7	2.0				
	($R < 2$)	($R = 2-5$)	($R = 5-10$)	($R > 10$)				
	1.0	1.3	1.7	2.0				

اجتماعی		کم (HPI < 10)	متوسط (HPI = 10-20)	زیاد (HPI = 20-50)	خیلی زیاد (HPI = R > 50)	
شاخص فقر انسانی (HPI) (%)		1.0	1.3	1.7	2.0	
جمعیت با سن ۶۵ (شاخص سن کهنسالی (کل جمعیت % >		کم (R < 5)	متوسط (R = 5-10)	زیاد (R = 10-20)	خیلی زیاد (R > 20)	
تراکم جمعیت (people km ⁻²)		کم (<50)	متوسط (50-100)	زیاد (100-300)	خیلی زیاد (>300)	
نرخ رشد جمعیت (% year ⁻¹)		کم (<0.2)	متوسط (0.2-0.4)	زیاد (0.4-0.6)	خیلی زیاد (>0.6)	
توزیع جمعیت (جمعیت روستایی / جمعیت شهری %)		>20	10-20	5-10	<5	
سازمانی		1.0	1.3	1.7	2.0	
یارانه ها	ندارد	یارانه ها / حفاظت زیست محیطی	یارانه ها / منطقه	یارانه ها / تعداد حیوانات	یارانه ها / کیلوگرم تولید	
مناطق حفاظت شده	ندارد	1.0	2.0	2.0	2.0	
اجرای سیاست	کافی	ذخایر طبیعت / یابان	پارک ملی	اثر تاریخی ملی	زیستگاه / مدیریت گونه	چشم انداز محافظت شده
	1.5	1.0	1.0	1.0	1.3	1.2
	1.0	>75 % از منطقه	متوسط (25-75 % از منطقه)	کم (<25 % از منطقه)	ندارد	1.0
	1.0	1.4	1.7	2.0		

استفاده از سنجش دور در ارزیابی بیابانزایی

لینک مقاله بررسی کاربردهای سنجش از دور در ارزیابی و پایش تخریب سرزمین:

FILE:///C:/USERS/DRNIKO/DOWNLOADS/DOCUMENTS/SEPEHR_VOLUME%20
22_ISSUE%2088_PAGES%20115-128.PDF