

تعیین شدت فرسایش بادی در منطقه کاشان با استفاده از مدل بیابان‌زایی^۱

غلامرضا زهتاییان^۲ حسن احمدی^۳ محمدرضا اختصاصی^۴ رضا جعفری^۵

چکیده

فرسایش بادی در مناطق خشک، یکی از مهمترین فرایندهای بیابان‌زایی است که در مدل‌های مختلف بیابان‌زایی به صورت‌های متفاوت به آن پرداخته شده است. یکی از مهمترین روش‌ها، روش FAO-UNEP است. این روش یکی از کامل‌ترین و جامع‌ترین روش‌های مبارزه با پدیده بیابان‌زایی است که تاکنون در جهان ارائه شده است، ولی براساس تجزیه و تحلیلی که بر روی فرایند فرسایش بادی در این روش صورت گرفت، برخی از معیارهای این روش دارای نواقصی بودند که مورد بررسی قرار گرفتند و برخی دیگر از معیارهایی که مناسب منطقه مورد مطالعه بودند، انتخاب و مورد استفاده واقع شدند. روش دیگری که برای ارزیابی شدت پدیده بیابان‌زایی ارائه شده، روش طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی در ایران (ICD) است که در این روش به علت منطقه‌ای بودن، به شرایط خاص بیوم‌های منطقه توجه زیادی شده است. البته با توجه به تجزیه و تحلیلی که بر روی این روش صورت گرفت، تعداد معیارهای در نظر گرفته شده برای ارزیابی فرسایش بادی کافی نبوده و با توجه به کوچک مقیاس بودن روش (۱:۲۵۰۰۰۰) معیارهای موجود بیشتر به صورت کلی و کیفی مورد ارزیابی قرار گرفتند. در این تحقیق، مطابق تجزیه و تحلیلی که بر روی روش‌های مورد بحث انجام شد، سعی گردید تا معیارها و زیرعامل‌های موثر در فرسایش بادی شناسایی شده و مناسب‌ترین آنها انتخاب و در نتیجه شدت فرسایش بادی منطقه با توجه به ارزش‌دهی به هر یک از معیارها و زیرعامل‌ها در قالب یک مدل بیابان‌زایی تعیین می‌شود. بعد از تعیین واحدهای کاری (رخساره‌های ژئومرفولوژی)، کل معیارها و زیرعامل‌ها در هر یک از رخساره‌ها و سپس در کل منطقه مورد ارزیابی قرار گرفتند که در نتیجه آن کل منطقه مورد مطالعه (۶۱۶/۸۱ کیلومتر مربع)، حدود $118/2 \text{ km}^2$ (۱۹/۱۶٪) در کلاس بسیار شدید، حدود $316/81 \text{ km}^2$ (۵۱/۳۶٪) در کلاس شدید و حدود $1181/8 \text{ km}^2$ (۲۹/۴۸٪) در کلاس متوسط قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: مدل بیابان‌زایی، وضعیت فعلی بیابان‌زایی، روش FAO-UNEP، روش ICD، فرایند بیابان‌زایی، فرسایش بادی، عوامل بیابان‌زایی (انسانی، محیطی) و کاشان.

۱- تاریخ دریافت: ۸۰/۷/۱۶، تاریخ تصویب نهایی: ۸۰/۱۱/۲۹

۲- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۳- استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران

۴- عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی و کوریشناسی دانشگاه بزد

۵- کارشناس ارشد بیابان‌زایی

مقدمه

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۶۱۶۸۱ هکتار در فاصله ۲۴۰ کیلومتری جنوب شرقی تهران در موقعیت جغرافیایی ۵۱° ۱۵' تا ۵۱° ۳۴' طول شرقی و ۵۱° ۳۳' تا ۳۴° ۲۰' عرض شمالی قرار گرفته است. این عرصه از نظر تقسیم‌بندی سیاسی - اداری کشور بخشی از شهرستان کاشان از توابع استان اصفهان است.

باد در بیابان‌ها به‌طور موثرتر عمل می‌کند، نه به دلیل آنکه باد در محیط‌های خشک قوی‌تر از محیط‌های مرطوب است، بلکه به دو دلیل زیر: (۱) داشتن سطوح زمین خشک و (۲) وجود پوشش گیاهی بسیار پراکنده. بنابراین بادهای با سرعت زیاد، همواره سبب وقوع فرسایش نمی‌شوند و بادهای فرساینده سبب فرسایش یکسان در تمام موقعیت‌ها نمی‌گردند. برای اینکه برنامه‌های حفاظت خاک با موفقیت بیشتری انجام گیرد، لازم است اطلاعاتی در مورد شدت فرسایش و عوامل موثر در آن و نیز مساحتی که تحت تاثیر فرسایش قرار دارد، داشته باشیم. باید در نظر داشت که معمولاً نمی‌توان عامل مشخص و معینی را به‌عنوان عامل اصلی فرسایش بادی در یک منطقه معرفی کرد، بلکه شرایط فرسایش موجود در منطقه را باید معلول تاثیرات متقابل مجموعه عوامل موثر در ایجاد فرسایش بادی دانست (۵).

همان‌گونه‌که در فرسایش آبی، هزاردره‌ها خود تشدید می‌دارند و وقتی که شروع شوند با شدت بیشتری توسعه می‌یابند، در فرسایش بادی نیز این وضعیت حاکم است. چنین کیفیتی را باید در ماهیت خاک جستجو کرد. به هر صورت ادامه و توسعه فرسایش بادی شدیدتر از شروع آن صورت گرفته و شاید بتوان کیفیتی را با سقوط یک توده برف روی یک دامنه و ایجاد بهمن تشبیه کرد (۱).

مطابق آنچه در مقدمه گفته شد، مدل بیابان‌زایی موجود برای ارزیابی میزان شدت فرسایش بادی بعد از تجزیه و تحلیل روش‌های FAO-UNEP و ICD (Iranian Classification of Desertification)

شکل گرفته که برای آشنایی بیشتر به‌صورت خلاصه و مختصر به شناسایی این روش‌ها می‌پردازیم.

ساختار سیستم ارزیابی و نقشه‌بندی بیابان‌زایی در روش FAO-UNEP (روش منتشره در سال ۱۹۸۴)، متشکل از فرایندها، جنبه‌ها و کلاس‌های بیابان‌زایی است. فرایند شامل زوال پوشش گیاهی، فرسایش آبی، فرسایش بادی، شورشدن خاک، کاهش مواد آلی خاک، تشکیل سله و فشرده شدن خاک و تجمع مواد سمی برای گیاهان و حیوانات در خاک است که چهار مورد اول از فرایندهای مهم و تعیین‌کننده و سه معیار آخر از مولفه‌های فرعی بیابان‌زایی محسوب می‌شوند (۹). برای ارزیابی بیابان‌زایی نیاز به بررسی، تشریح، کمی‌سازی و کدبندی جنبه‌های بیابان‌زایی برای هر یک از فرایندهای توصیف‌شده در قسمت قبل است. این جنبه‌ها عبارتند از: وضعیت موجود، سرعت و استعداد بیابان‌زایی. خطر کل یا شدت بیابان‌زایی در این روش، از جمع امتیازات جنبه‌های مختلف و فشار دام و جمعیت انسانی بر روی محیط زیست حاصل می‌گردد که امتیازات مربوط به هر یک از جنبه‌ها از جمع امتیازات معیارهای در نظر گرفته شده برای هر یک از فرایندها حاصل می‌شود (۴).

مدل دیگری که مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است، روش ICD است. این روش طی چهار مرحله به شرح زیر قابل بررسی است: ۱- تفکیک و تعیین نوع محیط بیابانی، ۲- تعیین عوامل اصلی و فرعی موثر در بیابان‌زایی، ۳- برآورد شدت بیابان‌زایی و ۴- تهیه نقشه بیابان‌زایی. خطر کل یا شدت بیابان‌زایی در این روش، از جمع امتیازات عوامل انسانی، محیطی و شاخص‌های بیابان‌زایی حاصل می‌شود که در اثر مقایسه عدد حاصل با جدول طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی، شدت بیابان‌زایی مربوطه تعیین خواهد شد.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود، خطر کل یا شدت بیابان‌زایی در روش FAO-UNEP از مجموع امتیازات عوامل محیطی (وضعیت فعلی، سرعت و استعداد) و فشار دام و انسان بر روی محیط زیست به‌دست می‌آید، همچنین در روش ICD شدت

استفاده قرار گرفته است، به طوری که کلیه ارزیابی‌ها جهت رسیدن به وضعیت فعلی فرسایش بادی در آنها صورت خواهد گرفت.

برای به دست آوردن میزان شدت فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه، مراحل زیر انجام شد.

تعیین معیارهای ارزیابی فرسایش بادی

با توجه به خصوصیات منطقه، هفت معیار براساس نوع کاربری تعیین شد، زیرا معیارهایی که در اراضی مرتعی یا غیرکاربری به کار می‌روند، نمی‌توانند در اراضی کشاورزی نیز به کار روند. در نتیجه از مزایای روش موجود، همسنگ بودن معیارها در کاربری‌های مختلف است. حاصل جمع امتیاز معیارها، عددی است که در اثر مقایسه با جدول طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی، میزان شدت فرسایش بادی را نشان خواهد داد (جدول ۴). هنگامی که معیارها دارای زیرمعیارهای متفاوتند، میانگین‌گیری از امتیاز زیرمعیارها، امتیاز معیار مربوطه را مشخص خواهد کرد، در صورتی که زیرمعیار دخالتی در فرسایش بادی نداشته باشد، امتیاز زیر غالب به عنوان امتیاز معیار در نظر گرفته خواهد شد. معیارهای ارزیابی فرسایش بادی در جدول ۱ آمده است.

تعیین زیرعوامل‌های عامل انسانی موثر در

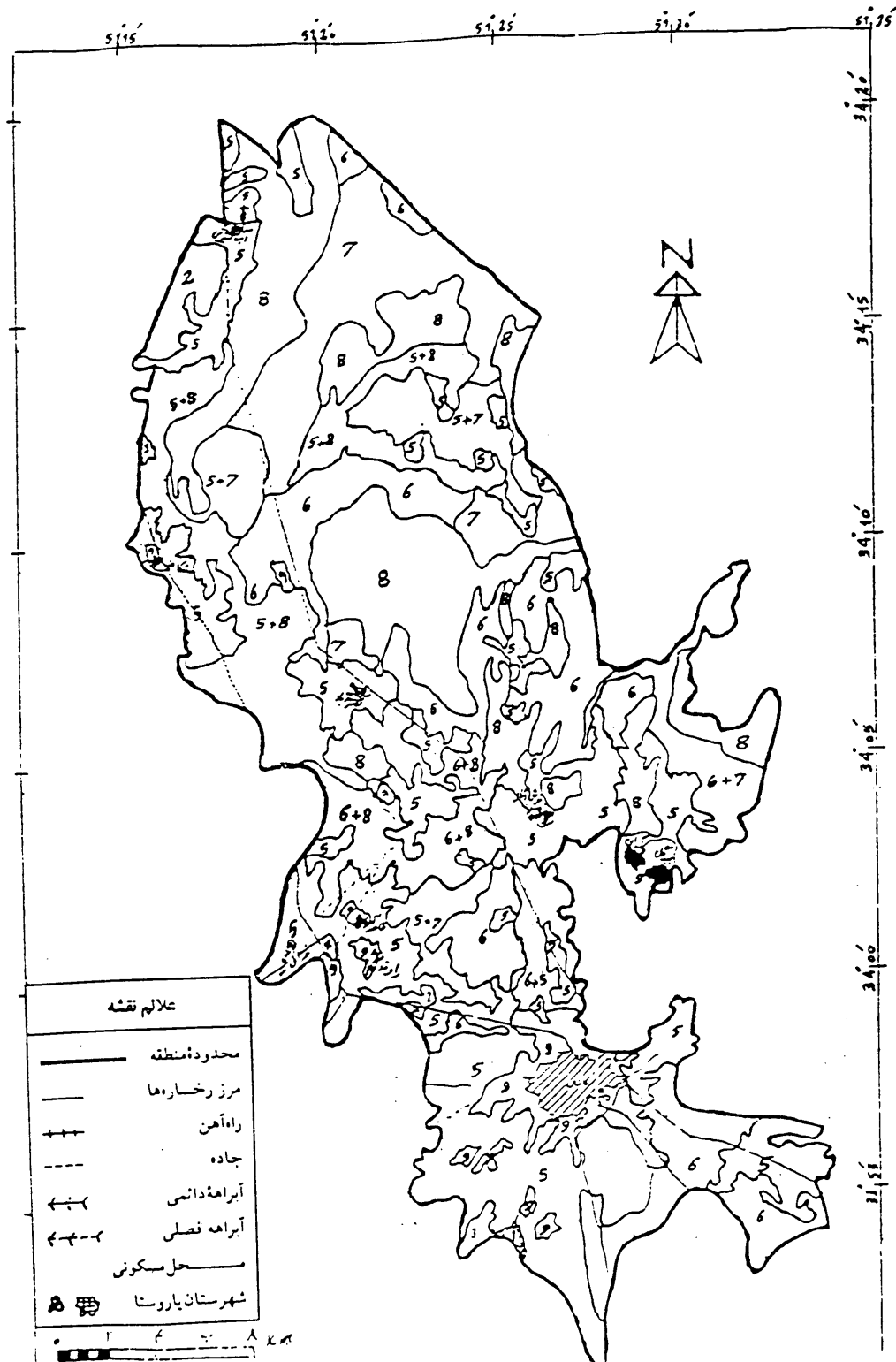
فرسایش بادی

بنابر تعریف نخستین از پدیده بیابان‌زایی، عامل انسانی به عنوان عامل اصلی بیابان‌زایی شناخته شده بود. البته در تعریف جدید به عوامل انسانی همراه با عوامل محیطی (تغییرات اقلیمی) توجه شده، اما با مطالعاتی که در مناطق خشک انجام شده (همچنین اقلیم دیگر)، انسان یکی از محورهای اصلی ایجاد بیابان است که می‌تواند حتی موجب تشدید عوامل محیطی شده و در نتیجه سرعت بیابانی شدن را تسریع کند (۸). زیرعوامل‌های عوامل انسانی موثر در فرسایش بادی در منطقه مطالعاتی به چهار زیرعامل تقسیم می‌شوند (۳). این چهار زیرعامل عامل انسانی در هریک از رخساره‌های ژئومورفولوژی امتیازدهی شده و زیرعاملی که حداکثر امتیاز را به خود اختصاص دهد، به عنوان زیرعامل غالب انسانی

بیابان‌زایی از مجموع عوامل انسانی، محیطی و شاخص‌های بیابانی نتیجه می‌شود. درحالی که در روش پیشنهادی، معیارهایی جهت تعیین وضعیت فعلی فرسایش بادی در نظر گرفته شده که از جمع امتیازات معیارهای موجود، عددی حاصل می‌گردد که در اثر مقایسه این عدد با جدول شدت بیابان‌زایی، شدت وضعیت فعلی فرسایش بادی مشخص خواهد شد (جدول ۴). در نتیجه امتیازات کسب‌شده در بخش عامل انسانی و محیطی بالقوه با امتیاز حاصل از معیارهای ارزیابی جمع بسته نشده، بلکه امتیازات عامل انسانی و محیطی بالقوه تنها نشان‌دهنده نوع عامل فرسایش بادی در منطقه خواهد بود، زیرا جمع‌کردن امتیازات عامل انسانی (تعیین وضعیت بالفعل و بالقوه در مورد انسان مشکل است) و عامل محیطی بالقوه با امتیاز حاصل از وضعیت فعلی فرسایش بادی برای تعیین شدت بیابان‌زایی یا شدت فرسایش بادی نمی‌تواند از صحت چندان برخوردار باشد.

مواد و روش‌ها

برای تعیین شدت فرسایش بادی در این تحقیق، ابتدا مبنای کار یا واحدهایی که ارزیابی‌های مختلف در آنها صورت می‌گیرد، مشخص شد. این واحدها، همان واحدهای کاری می‌باشند که از پارامترهای ژئومورفولوژیکی حاصل می‌شوند. این واحدهای همگن که با بهره‌گیری از اطلاعات زمین‌شناسی، توپوگرافی و نقشه مرفولوژی و نقشه رخساره‌ها (به کمک تفسیر عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرائی) و تلفیق آنها حاصل می‌شوند، تحت عنوان نقشه ژئومورفولوژی از آن یاد می‌شود که همان واحد کاری یا مطالعاتی در ارزیابی و مدیریت منابع زیرزمینی هستند. در این مطالعه به علت ناچیز بودن شیب و زمین‌شناسی تقریباً یکسان منطقه (رسوبات دوران کواترنری)، از رخساره‌های ژئومورفولوژی به عنوان واحدهای کاری استفاده شده است (شکل ۱). براساس مطالعات انجام‌شده ۱۲ رخساره ژئومورفولوژی تشخیص داده شده که هر رخساره به عنوان یک واحدکاری و به عبارت دیگر یک واحد پهنه‌بندی مورد



شکل ۱- نقشه رخصاره‌های ژئومورفولوژی (واحدهای کاری)

و زیرعاملی که حداکثر امتیاز را کسب کرده باشد، به‌عنوان زیرعامل غالب در ایجاد فرسایش بادی دخالت خواهد کرد. در نتیجه، مجموع امتیازات زیرعامل‌هایی عامل محیطی بالقوه، نشان‌دهنده شدت عامل محیطی بالقوه در فرسایش بادی خواهد بود (جدول ۵) که در اثر مقایسه با امتیاز کسب‌شده برای عامل انسانی، نوع عامل فرسایش بادی (انسانی یا محیطی) مشخص خواهد گردید. زیرعامل‌های عامل محیطی بالقوه موثر در فرسایش بادی در جدول ۳ آمده است.

تعیین کلاس‌های بیابان‌زایی

تعیین کلاس‌های بیابان‌زایی و حتی حدود آنها، با توجه به محلی بودن معیارها و زیرعامل‌ها و البته نظر محقق متفاوت خواهد بود. تعداد کلاس‌ها در این روش از چهار قسمت تشکیل شده است و همان‌طوری که ذکر گردید، ارزیابی وضعیت فعلی فرسایش بادی از هفت معیار و ارزیابی عوامل انسانی و محیطی بالقوه از چهار زیرعامل حاصل شده است. به همین علت نیز طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی در دو جدول جداگانه تهیه شده است. نحوه طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی در جداول ۴ و ۵ آمده است.

در فرسایش بادی شناخته خواهد شد و بعد از این مرحله، مجموعه امتیازات زیرعامل‌های عامل انسانی، نشان‌دهنده شدت عامل انسانی در فرایند فرسایش بادی خواهد بود (جدول ۵) که در اثر مقایسه با امتیاز کسب‌شده برای عامل محیطی بالقوه برای فرسایش بادی، نوع عامل فرسایش بادی (انسانی یا محیطی) مشخص خواهد گردید. زیرعامل‌های عوامل انسانی موثر در فرایند فرسایش بادی در جدول ۲ آمده است.

تعیین زیرعامل‌های عامل محیطی بالقوه در فرسایش بادی

عامل محیطی به دو دسته تقسیم می‌شود: عامل محیطی بالفعل و بالقوه. عوامل محیطی بالفعل در ارزیابی وضعیت فعلی فرسایش بادی و عوامل محیطی بالقوه در قسمت عوامل محیطی بالقوه فرآیند مذکور به‌کار رفته‌اند. شایان ذکر است که عوامل محیطی در وضعیت بالفعل به‌عنوان معیار و در وضعیت بالقوه به‌عنوان زیرعامل به‌کار رفته‌اند.

زیرعامل‌های عامل محیطی بالقوه موثر در فرسایش بادی، به چهار قسمت تقسیم می‌شوند در هریک از رخساره‌های ژئومرفولوژی، امتیازدهی شده

جدول ۱- معیارهای ارزیابی فرایند فرسایش بادی در وضعیت فعلی بیابانزایی

| معیارهای ارزیابی | کلاس‌های بیابانزایی | | | | |
|---|---|--|--|---|---|
| | ارزش عددی معیار | ناچیز (I,II) | متوسط (III) | شدید (IV) | بسیار شدید (V) |
| فعالیت رخساره‌های فرسایش بادی (اراضی مرتعی - غیرکاربری) ^۱ | ۰-۲ | ۲/۱-۳ | ۳/۱-۶ | ۶/۱-۸ | فاقد آثار فرسایش بادی و یا تجمع رسوبات در زیر بوته‌های دائمی به صورت برجستگی‌های بسیار کوچک |
| پوشش سطح خاک _درصد سنگ و سنگریزه (اراضی مرتعی و غیرکاربری) | تجمع سنگریزه در سطح خاک زیاد و درصد سنگریزه سطحی بیش از ۵۰٪ | تجمع سنگریزه در سطح خاک در حال کم شدن و درصد سنگریزه سطحی بین ۳۰-۵۰٪ | تجمع سنگریزه در سطح خاک در حال کم شدن و درصد سنگریزه سطحی بین ۱۵-۳۰٪ | تجمع سنگریزه در سطح خاک کم و درصد سنگریزه سطحی کمتر از ۱۵٪ | تجمع سنگریزه در سطح خاک در حال کم شدن و درصد سنگریزه سطحی بین ۱۵-۳۰٪ |
| کاهش گونه‌های کلیماکس و ظهور گیاهان مهاجم و ماسه‌دوست یا تراکم پوشش گیاهی و غیرکاربری) | گونه‌های کلیماکس غالب‌اند و تراکم یا درصد تاج پوشش بین ۳۰-۴۰٪ | از بین رفتن کم‌شونده‌ها و ظهور گیاهان ماسه دوست یا درصد تاج پوشش گیاهی بین ۲۰-۳۰٪ | از بین رفتن زیادشونده‌ها و ظهور گیاهان مهاجم و افزایش گیاهان ماسه‌دوست یا درصد تاج پوشش گیاهی کمتر از ۱۰٪ | از بین رفتن گیاهان مهاجم و ماسه‌دوست و زمین تقریباً خالی از پوشش گیاهی یا درصد تاج پوشش گیاهی کمتر از ۱۰٪ | از بین رفتن گیاهان مهاجم و ماسه‌دوست و زمین تقریباً خالی از پوشش گیاهی یا درصد تاج پوشش گیاهی کمتر از ۱۰٪ |
| -کاهش عملکرد محصول غالب (گندم و جو) یا کاهش تولید در اراضی مرتعی -میزان آشفتنی یا ناپایداری خاک (کراست، رسی، نمکی یا سستی خاک زیرسنگریزه‌ها) (اراضی مرتعی و غیرکاربری) | ناچیز | متوسط | زیاد | بسیار زیاد | در اثر عبور انسان یا ضربه به‌طور کلی از هم پاشیده و پودر می‌شود |
| شوری و قلیابیت _شوری (EC/ds/m) * -قلیابیت (SAR) ** -قلیابیت (ESP) *** (اراضی کشاورزی - مرتعی - غیرکاربری) | <۸ <۲ <۱۵ | ۸-۱۶ ۱۳-۲۰ ۱۵-۳۰ | ۱۶-۲۲ ۳۰-۷۰ ۳۰-۵۰ | >۲۲ >۷۰ >۵۰ | در اثر عبور انسان یا ضربه به‌طور کلی از هم پاشیده و پودر می‌شود |
| کلاس فرسایش بادی (اراضی کشاورزی - مرتعی - غیرکاربری) | I,II | III | IV | V | روزهای ماسه باد با شرایط یکسان در سال (اراضی کشاورزی - مرتعی - غیرکاربری) |
| فاصله نهشته‌های بادی با کاربری خاص به کیلومتر (اراضی کشاورزی) | >۱۵ | ۳-۴ | ۱۰-۱۵ | <۵ | تغییر کلاس اراضی کشاورزی |
| جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای در طول سال (کاربری کشاورزی) | هجوم تپه‌های ماسه‌ای مشهود نیست | به‌ندرت تپه‌های ماسه‌ای به منابع اقتصادی (کشاورزی و ...) هجوم آورده و موجب خسارت می‌شوند | هجوم ماسه‌ها در پاره‌ای از سال‌ها به اراضی شهری و روستایی یا ریل راه‌آهن و جاده‌ها مشهود است و خسارت زیاد به بار می‌آورد | هجوم ماسه‌ها به اراضی شهری، روستایی، کشاورزی، ریل‌های راه‌آهن و جاده‌ها کاملاً مشهود بوده و حتی ممکن است در سال چند بار به وقوع بپیوندد | |

۱- پراترها نشان‌دهنده نوع کاربری به عبارت دیگر معیارهای ارزیابی در کاربری‌های مختلف متفاوت است.

* هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک **نسبت جذب سدیم ***درصد سدیم قابل تبادل

جدول ۲- زیرعامل‌های عامل انسانی موثر در فرایند فرسایش بادی

| زیرعامل‌های ارزیابی | کلاس‌های بیابان‌زایی | | | |
|---|--|---|---|---|
| | ارزش عددی معیار | ناچیز (I,II) | متوسط (III) | شدید (IV) |
| | ۶/۱-۸ | ۲/۱-۴ | ۳/۱-۶ | بسیار شدید (V) |
| چرای بی‌رویه (اراضی مرتعی - تاحدودی غیرکاربری)* | نسبت تعداد واحد دامی موجود به ظرفیت چرای کمتر از ۱/۵ | نسبت تعداد واحد دامی موجود نسبت به ظرفیت چرای ۱/۵-۲ | نسبت تعداد واحد دامی به ظرفیت چرای ۲-۳ | نسبت تعداد واحد دامی موجود به ظرفیت چرای بیش از ۳ |
| بوته‌کشی (اراضی مرتعی - تاحدودی غیرکاربری) | ضریب تغییرات کمتر از ۱۰٪ | ضریب تغییرات ۱۰-۲۵٪ | ضریب تغییرات ۲۵-۵۰٪ | ضریب تغییرات بیشتر از ۵۰٪ |
| شخم و آیش (اراضی کشاورزی) | شخم و تناوب زراعی رعایت می‌شود (باغ و زراعت چندساله) | شخم و تناوب زراعی نسبتاً خوب (زراعت چندساله) | شخم و تناوب زراعی نامناسب با آیش‌های کمتر از ۶ ماه | شخم بی‌رویه و تناوب زراعی وجود ندارد، آیش‌های بیش از ۶ ماه |
| عدم بادشکن (بیولوژیکی - فیزیکی) و حذف پس‌مانده زراعی (اراضی کشاورزی) | بادشکن با تراکم و ابعاد مناسب و پس‌مانده زراعی به صورت باغ که به صورت درختچه‌ای و درختی است (بلند) | بادشکن با تراکم و ابعاد نسبتاً مناسب و پس‌مانده زراعی به صورت بوته‌ای و علفی چندساله (بلند-متوسط) | بادشکن با تراکم و ابعاد نامناسب و پس‌مانده زراعی به صورت کوتاه و یکساله (متوسط-کوتاه) | بادشکن با تراکم و ابعاد نامناسب و پس‌مانده زراعی وجود ندارد |
| شخم اراضی مرتعی و میزان اراضی کم بازده رها شده (اراضی کشاورزی - مرتعی) | اراضی کم بازده رها شده وجود ندارد و شخم اراضی مرتعی بسیار کم | اراضی کم بازده رها شده و شخم اراضی مرتعی کم | اراضی کم بازده رها شده و شخم اراضی مرتعی متوسط | اراضی کم بازده رها شده و شخم اراضی مرتعی زیاد |
| استفاده غیراصولی از ماشین‌آلات (اراضی کشاورزی - مرتعی) | استفاده از ماشین‌آلات به صورت اصولی صورت می‌گیرد | استفاده نسبتاً مناسب از ماشین‌آلات | استفاده از ماشین‌آلات در اراضی کشاورزی و مرتعی با دقت کم | استفاده غیراصولی از ماشین‌آلات در اراضی کشاورزی و مرتعی |

* پرتنت‌ها نشان‌دهنده نوع کاربری است، به عبارت دیگر زیرعامل‌های ارزیابی در کاربری‌های مختلف، متفاوتند.

جدول ۳- زیرعامل‌های عامل محیطی بالقوه موثر در تخریب منابع آب (آب زیرزمینی)

| زیرعامل‌های ارزیابی | کلاس‌های بیابان‌زایی | | | |
|--|--|--|--|---|
| | ارزش عددی معیار | ناچیز (I,II) | متوسط (III) | شدید (IV) |
| | ۶/۱-۸ | ۲/۱-۴ | ۳/۱-۶ | بسیار شدید (V) |
| فراوانی بادهای با سرعت متوسط بیش از ۶ متر بر ثانیه (درصد تعداد کل بادهای وزیده شده در سال) | < ۵ | ۵-۱۰ | ۱۰-۲۰ | > ۲۰ |
| حساسیت‌پذیری نسبت به فرسایش بادی (بافت خاک) | رسی - شنی (Sa-Cl) | لوم و شنی - لومی (L-Sa, L) | لومی - ماسه‌ای (Si-L) | ماسه‌ای (Si) |
| جنس سازند زمین‌شناسی | واحد‌های رسوبی و خاکی پایدار و غیرشور و مقاوم در برابر عوامل تخریب | واحد‌های رسوبی و خاکی نسبتاً پایدار و با شوری حداقل تا متوسط | واحد‌های رسوبی و خاکی با پایداری کم و حساس در برابر عوامل تخریب و با شوری زیاد | واحد‌های رسوبی و خاکی ناپایدار و بسیار حساس در برابر عوامل تخریب و با شوری بسیار زیاد |
| تراکم عوامل بازدارنده در سطح خاک | وجود یکی از معیارهای پوشش گیاهی، کراست، سنگریزه در سطح خاک در وضعیت عالی | وجود یکی از معیارهای پوشش گیاهی، کراست، سنگریزه در سطح خاک در وضعی متوسط | وجود یکی از معیارهای پوشش گیاهی، کراست، سنگریزه در سطح خاک در وضعیت | عدم وجود هر یک از معیارهای ذکر شده |

جدول ۴- طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی

| کلاس شدت بیابان‌زایی | طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی | جمع اعداد به دست آمده از ۷ معیار موثر در وضعیت فعلی بیابان‌زایی فرایند فرسایش بادی |
|----------------------|--------------------------------|--|
| I,II | ناچیز (آرام) | ۰-۱۲ |
| III | متوسط | ۱۲/۱-۲۴ |
| IV | شدید | ۲۴/۱-۳۶ |
| V | بسیار شدید | >۳۶ |

جدول ۵- طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی براساس زیرعامل انسانی و محیطی بالقوه

| کلاس شدت بیابان‌زایی | طبقه‌بندی کیفی شدت بیابان‌زایی | جمع اعداد به دست آمده از ۴ زیرعامل انسانی و محیطی بالقوه موثر در فرایند فرسایش بادی |
|----------------------|--------------------------------|---|
| I,II | ناچیز (آرام) | ۰-۸ |
| III | متوسط | ۸/۱-۱۶ |
| IV | شدید | ۱۶/۱-۲۴ |
| V | بسیار شدید | >۲۴ |

طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی، عامل انسانی در کلاس بسیار شدید و عامل محیطی بالقوه در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار می‌گیرد که نشان‌دهنده غالب بودن عامل انسانی در فرسایش بادی منطقه مورد مطالعه است (جدول ۵). شکل ۲ فرایند و عوامل فرسایش بادی و شکل ۳ توزیع فراوانی کلاس‌های شدت فرسایش بادی را نشان می‌دهد.

بحث و نتیجه‌گیری

براساس برآوردهای انجام شده از نظر شدت فرسایش بادی، رخساره شماره ۸ (رخساره تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای فعال و تثبیت شده) با بیشترین ارزش کمی (کلاس بسیار شدید) در درجه اول و رخساره‌های ۶، ۷، ۵+۷، ۵+۸، ۶+۷، ۶+۸ در درجه بعدی و دارای کلاس بیابان‌زایی شدید و همچنین رخساره‌های ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ دارای کلاس شدت بیابان‌زایی متوسط می‌باشند. همان‌طور که ملاحظه می‌شود، شدت فرسایش بادی نسبت به گذشته (حدود ۳۵ سال قبل) به علت تاغکاری‌های انجام شده، کاهش چشمگیری داشته است، به طوری که بسیاری از کارشناسان و زارعان منطقه، شدت فرسایش بادی را

نتایج

تعیین شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل بیابان‌زایی

ابتدا امتیاز مربوط به هر یک از معیارها و زیرعامل‌ها با توجه به اطلاعات موجود مربوط به هر یک از آنها (۳) تعیین شد، از مجموع امتیاز معیارها و زیرعامل‌ها، به ترتیب شدت فرسایش بادی و نوع عامل موثر (انسانی یا محیطی) در فرسایش بادی معین گردید. امتیاز کسب شده در هر یک از رخساره‌های ژئومرفولوژی با بازدیدهای صحرائی مطابقت داده شده و در صورت وجود نواقص، اشکالات مربوطه رفع گردید. امتیاز مربوط به فرایند فرسایش بادی و عوامل فرسایش در هر یک از رخساره‌ها در جدول ۶ آمده است.

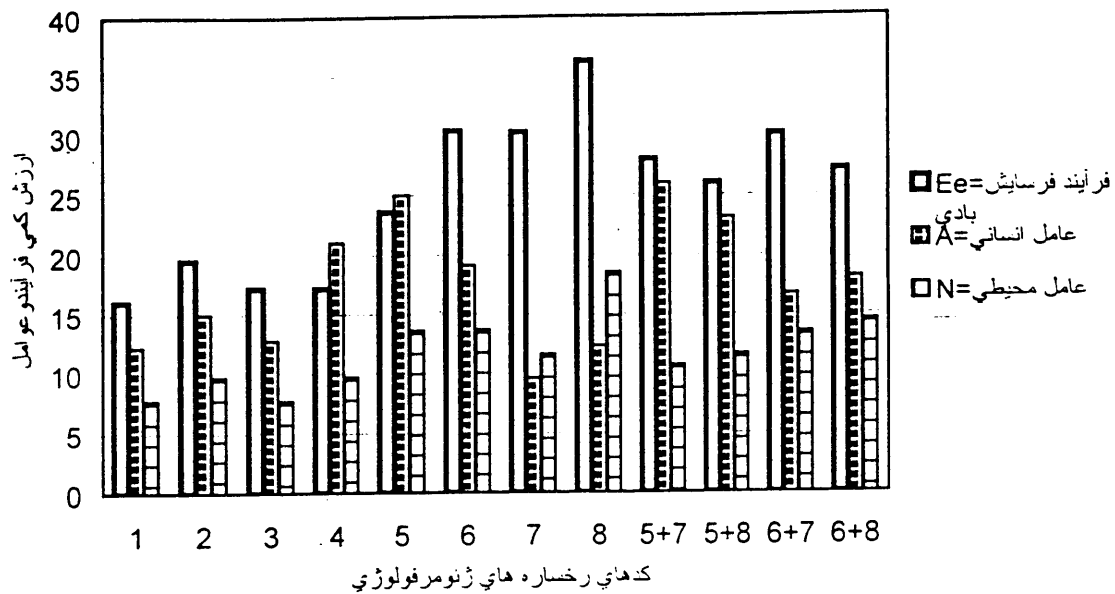
مثال نمونه: تعیین شدت فرسایش بادی در رخساره اراضی کشاورزی و دشت رسی (جدول ۷). همان‌طور که ملاحظه شد، جمع امتیاز معیارهای ارزیابی در این رخساره حدود ۲۸ است که در اثر مقایسه آن با جدول طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی، میزان شدت فرسایش بادی در این رخساره شدید تعیین می‌شود (جدول ۴)، همچنین مجموع امتیاز زیرعامل‌های عامل انسانی و محیطی به ترتیب ۲۶ و ۱۰/۷ است که در اثر مقایسه این اعداد با جدول

جدول ۶- ارزیابی، کلاس‌بندی و تجزیه و تحلیل فرآیند، عوامل و شدت بیابان‌زایی (شدت‌فرسایش بادی) در منطقه کاشان

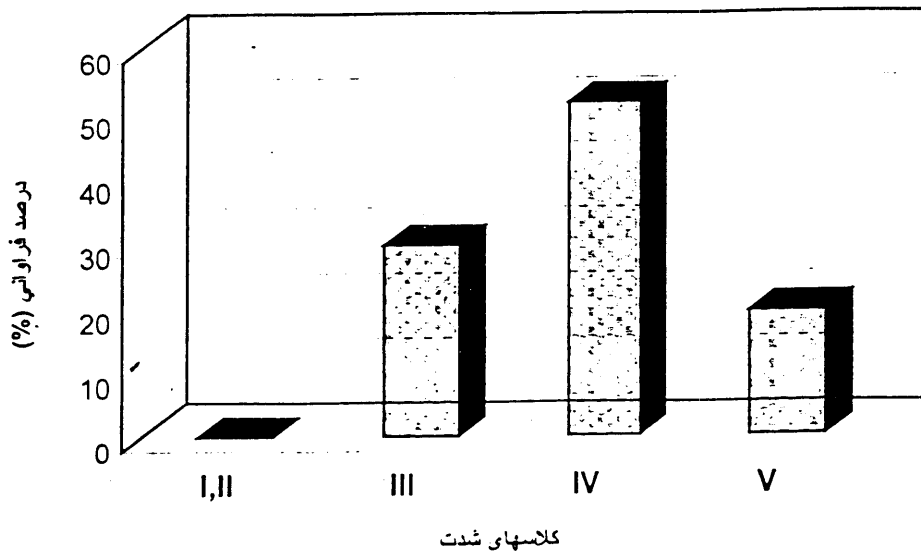
| کلاس شدت بیابان‌زایی | نوع کاربری | نوع عامل فرآیند فرسایش بادی | | ارزش کمی فرآیند فرسایش بادی (Ee) | مساحت | کدر خساره بر روی نقشه | رخسارهای ژئومورفولوژی | رتیف |
|----------------------|---------------------|-----------------------------|------------|----------------------------------|--------|-----------------------|---|------|
| | | محیطی (N) | انسانی (A) | | | | | |
| متوسط | مرتع | ۷/۷ | ۱۲/۲ | ۱۶/۸ | ۷/۶ | 1 | دشت ریگی همراه با فرسایش آبراهه‌ای با تراکم کم | ۱ |
| متوسط | مرتع | ۹/۷ | ۱۵ | ۱۹/۵ | ۱۲/۴ | 2 | منطقه پخش سیلاب | ۲ |
| متوسط | مرتع | ۷/۷ | ۱۲/۸ | ۱۷/۶ | ۳/۸۵ | 3 | دشت ریگی | ۳ |
| متوسط | کشاورزی | ۹/۷ | ۲۱ | ۱۷/۲ | ۴/۱۲ | 4 | اراضی کشاورزی | ۴ |
| متوسط | کشاورزی | ۱۲/۶ | ۲۵ | ۲۳/۶ | ۱۵/۷۹ | 5 | اراضی کشاورزی | ۵ |
| شدید | مرتع | ۱۲/۷ | ۱۹/۸ | ۲۰/۴ | ۱۲۵/۳۲ | 6 | دشت ریگی | ۶ |
| شدید | غیرکاربری | ۱۱/۶ | ۹/۶ | ۲۰/۶ | ۱۲/۶۵ | 7 | دشت رسی | ۷ |
| بسیار شدید | مرتع و غیرکاربری | ۱۸/۵ | ۱۲/۳ | ۳۶/۲ | ۱۱۸/۲ | 8 | تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای فعال و تثبیت‌شده | ۸ |
| شدید | کشاورزی و غیرکاربری | ۱۰/۷ | ۳۶ | ۲۸ | ۲۲/۸۷ | 5+7 | اراضی کشاورزی و دشت رسی | ۹ |
| شدید | کشاورزی و مرتع | ۱۱/۶ | ۲۳/۸ | ۳۶ | ۱۲۱/۲۳ | 5+8 | اراضی کشاورزی و تپه‌های ماسه‌ای | ۱۰ |
| شدید | مرتع و غیرکاربری | ۱۲/۵ | ۱۶/۷ | ۳۰/۸ | ۱۷/۹۷ | 6+7 | دشت ریگی و دشت رسی | ۱۱ |
| شدید | مرتع و مرتع مشجر | ۱۴/۵ | ۱۸/۸ | ۲۷/۸ | ۱۵/۶۷ | 6+8 | دشت ریگی و تپه‌های ماسه‌ای | ۱۲ |
| - | - | - | - | - | ۶۱۶/۸۱ | | مجموع | |
| - | - | ۱۲/۸۶ | ۱۹/۹ | ۲۸/۵ | - | | متوسط وزنی ارزش عددی فرآیند و عوامل بیابان‌زایی | |

جدول ۷- تعیین شدت فرسایش بادی در رخصاره اراضی کشاورزی و دشت رسی

| عامل انسانی | | | فرایند فرسایش بادی | | |
|-------------------|-----------|--|--------------------|-----------|---|
| کلاس | ارزش عددی | زیرعامل‌های ارزیابی | کلاس بیابان‌زایی | ارزش عددی | معیارهای ارزیابی |
| بسیار شدید | ۷/۵ | ۱- شخم و آیش | بسیار شدید | ۷ | ۱- پوشش سطح خاک |
| شدید | ۵ | ۲- عدم بادشکن بیولوژیکی-فیزیکی و حذف پس‌مانده زراعی | متوسط | ۳ | ۱-۱- درصد سنگ و سنگریزه ۱-۲- درصد تاج پوشش گیاهی |
| بسیار شدید | ۷/۵ | ۳- شخم اراضی مرتعی و میزان اراضی کم بازده رها شده | متوسط | ۴ | ۲- کاهش تولید در اراضی زراعی و مرتعی |
| شدید | ۶ | ۴- استفاده غیراصولی از ماشین آلات | - | - | ۲- شوری و قلیائیت |
| | | مجموع | شدید | ۵ | ۲-۱- شوری (EC) |
| | | | شدید | ۵ | ۲-۲- قلیائیت (SAR) |
| | ۲۶ | | ناچیز | ۲ | ۴- کلاس فرسایش بادی |
| عامل محیطی بالقوه | | | | | ۵- روزهای ماسه‌باد با شرایط یکسان در سال |
| کلاس بیابان‌زایی | ارزش عددی | زیرعامل‌های ارزیابی | متوسط | ۴ | ۶- جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای در طول سال |
| ناچیز | ۱/۵ | ۱- فراوانی بادهای فعال و با سرعت متوسط بیش از ۶ متر بر ثانیه (درصد کل بادهای وزیده شده در سال) | متوسط | ۴ | ۷- میزان آشفتنگی یا ناپایداری خاک (قشرهای رسی، نمکی...) |
| متوسط | ۲/۲ | ۲- حساسیت‌پذیری نسبت به فرسایش بادی (بافت خاک) | | | |
| شدید | ۴/۵ | ۳- جنس سازند زمین‌شناسی | | | |
| متوسط | ۲/۵ | ۴- تراکم عوامل بازدارنده در سطح خاک | | | |
| | ۱۰/۷ | مجموع | | ۲۸ | مجموع |



شکل ۲- تجزیه و تحلیل فرایند و عوامل فرسایش بادی



شکل ۲- توزیع فراوانی کلاس‌های شدت فرسایش بادی

محیط را نشان می‌دهند و رخساره‌های ۲، ۴، ۵، ۶، ۷، ۵+۷، ۶+۷ و ۸+۶ در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار می‌گیرند.

با توجه به مقایسه عوامل انسانی و محیطی بالقوه در فرسایش بادی، عامل انسانی در کل رخساره‌ها بجز رخساره‌های دشت رسی و تپه‌های ماسه‌ای فعال و تثبیت‌شده (بیشتر بخش‌های فعال) بر عامل محیطی غالب بوده و عامل اصلی موثر در فرسایش بادی و در نتیجه تشدید فرایند بیابان‌زایی در منطقه است.

بررسی متوسط وزنی ارزش کمی عوامل بیابان‌زایی نیز غالب بودن عامل انسانی بر عامل محیطی بالقوه را تایید می‌کند، به طوری که ارزش کمی عامل انسانی برابر ۱۹/۹ (کلاس شدید) و ارزش کمی عامل محیطی برابر ۱۳/۸۶ (کلاس متوسط) برآورد شده است. همچنین متوسط وزنی ارزش کمی فرایند فرسایش بادی برای کل منطقه حدود $DS=28/5$ ^۱ محاسبه شده است که در مقایسه با جدول طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی، کلاس شدت فرسایش بادی برای کل منطقه مورد مطالعه شدید برآورد گردید، همین‌طور با توجه به کل منطقه ($616/81 \text{ km}^2$) حدود $118/2 \text{ km}^2$ (۱۹/۱۶٪) در

آرام و تا حدودی شدید در نظر می‌گیرند. در صورتی که شدت فرسایش بادی را قبل از جنگلکاری‌های انجام‌شده بسیار شدید معرفی می‌کنند (۷). به هر حال میزان توزیع کلاس‌های شدت فرسایش بادی به‌طور نسبتاً دقیق در این تحقیق ذکر شده است.

عامل انسانی موثر در فرسایش بادی، با توجه به زیرعامل‌های انتخاب شده مورد ارزیابی قرار گرفت که بنابر آن رخساره اراضی کشاورزی و دشت رسی با حداکثر امتیاز در کلاس بسیار شدید و رخساره اراضی کشاورزی نیز با امتیاز کمتر در کلاس بسیار شدید قرار می‌گیرد و رخساره‌های ۴، ۶، ۵+۸، ۶+۷ و ۸+۶ در درجه بعدی و در کلاس شدید و همچنین رخساره‌های ۱، ۲، ۳، ۷ و ۸ با حداقل امتیاز در کلاس متوسط بیابان‌زایی قرار می‌گیرند. عامل محیطی بالقوه موثر در فرسایش بادی نیز با توجه به زیرعامل‌های انتخاب‌شده مورد ارزیابی قرار گرفت که براساس آن رخساره تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای فعال و تثبیت شده با حداکثر ارزش کمی (کلاس شدید) رخساره‌های دشت ریگی در تپه دشت‌سر آپانداز همراه با رخساره دشت ریگی همراه با فرسایش آبراهه‌ای با تراکم کم با حداقل امتیاز (کلاس آرام) به ترتیب حداکثر و حداقل شدت بیابان‌زایی و دخالت

^۱ - Desertification Severity

کلاس بسیار شدید و حدود $316/81 \text{ km}^2$ در $51/36$ ٪ در کلاس شدید و حدود $181/8 \text{ km}^2$ در $29/48$ ٪ در کلاس متوسط قرار گرفت. روش مذکور با توجه به در نظر گرفتن معیارها و زیرعامل‌های مناسب و به تعداد نسبتا کافی در مناطق خشک و به‌علت سادگی و مرحله‌ای بودن آن در امتیازدهی معیارها و زیرعامل‌ها، روش نسبتا دقیقی است و می‌تواند در مناطق مشابه منطقه مورد مطالعه برای تعیین شدت بیابان‌زایی (شدت فرسایش بادی) مورد استفاده قرار گیرد.

منابع

- ۱- احمدی، حسن، ۱۳۷۷. ژئومرفولوژی کاربردی جلد ۲، بیابان - فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۳۹۶، چاپ اول، شماره مسلسل ۴۰۳۵، ۵۷۰ ص.
- ۲- اختصاصی، محمدرضا و سعید مهاجر، ۱۳۷۴. روش طبقه‌بندی و نوع شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران، مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابان‌زایی و روش‌های مختلف بیابان‌زدایی.
- ۳- جعفری، رضا، ۱۳۸۰. ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی با تحلیل و بررسی روش‌های UNEP-FAO و ICD در منطقه کاشان (فرسایش بادی، تخریب منابع آب)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۴- جعفری، رضا، ۱۳۷۹. عوامل موثر در بیابان‌زایی، سمینار کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۵- رفاهی، حسینقلی، ۱۳۷۸. فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، شماره ۲۴۱۸، چاپ اول، شماره مسلسل ۴۱۰۶، ۳۲۰ ص.
- ۶- زهتابیان، غلامرضا، ۱۳۷۹. مطالعه و طبقه‌بندی بیابان‌های کشور (مطالعه موردی کاشان)، گزارش نهایی طرح ملی، دانشکده منابع طبیعی، شورای پژوهش‌های علمی کشور، برنامه تحقیقات ۳۱۳۰۵۲۹۳ کد ۳۸، ۱۱۴۵۰۰، دانشگاه تهران.
- ۷- زهتابیان، غلامرضا، ۱۳۷۸. احیای و توسعه اراضی مستعد کشور (مطالعه موردی کاشان)، گزارش نهایی طرح مستمر، مرکز تحقیقات مناطق کویری و بیابانی ایران، دانشگاه تهران، وزارت کشاورزی.
- ۸- عباس‌آبادی، محمدرضا، ۱۳۷۸. ارزیابی کمی بیابان‌زایی در دشت آق‌قلا-گمیشان جهت ارائه یک مدل منطقه‌ای، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۹- مشکوه، ۱۳۷۷. روشی موقت برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی، ترجمه، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور.

Intensity Determination of Wind Erosion in Kashan Area by the Deseretification Model

Gh. R. Zehtabian¹ H. Ahmadi² M. R. Ekhtessassi³ R. Jafari⁴

Abstract

Erosion is a phenomenon during which soil and sediment materials are transferred by such damaging factors as water and wind. The type of erosion, of course, is different in various climates. As an example, in wet and semi-wet areas, water erosion is more likely than wind erosion. In turn, wind erosion is the main reason for damaging and transferring soil and sediment materials in arid and semi-arid zones, which can cover talented lands and bring about indispensable damage to land administrators. Wind erosion in arid zones is one of the most important processes of desertification, which is considered in different forms and in various models. One of the main methods is FAO-UNEP method, which is considered the most complete and comprehensive method for desertification up to now. However, analysis made on the wind erosion process showed that some of its criteria had deficiencies that were reviewed, and some of them, that were suitable for studying area were selected and applied. Another method that was presented for evaluating the intensity of desertification is ICD, in which more attention is paid to special conditions of the area biomes. An analysis made on this method indicated that the number of criteria considered for evaluating the wind erosion were not sufficient, and due to small scale of the method (1:250000), the available criteria were evaluated qualitatively and in the overall form. From the analysis made on both methods, suitable factors were selected in order to determine the intensity of the region's wind erosion, giving value to each of the standards and sub-factors in the form of a desertification model. After determining working units (geomoprphologic facies), all criteria and sub-factors were evaluated in each facies and then across the region. Among the whole area understudy (616.81km²), about 118.2km² (19.16 percent) was found to be in very high class, about 316.81 km² (51.36 percent) in high class and 181.8km² (29.48 percent) in middle class intensity of wind erosion.

Keywords: Desertification model, Present situation of desertification, FAO-UNEP method, ICD method, Desertification process, Wind erosion, Desertification factors (human, environmental), Kashan

¹ - Professor, Faculty of Natural Resources, University of Terhan

² - Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran

³ - Ph.D. student of Watershed Management and Instructor, Faculty of Natural Resources, University of Yazd

⁴ - M.Sc. in De-desertification