

بررسی مدل فرسایش بادی در افزایش شدت بیابان‌زایی و ارائه مدل مسطقه‌ای بیابان‌زایی در حوزه آبخیز ماهان

• غلامرضا زهتابیان، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
 • محمدرضا جوادی، عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد شهرستان نور
 • حسن احمدی، استاد دانشگاه منابع طبیعی دانشگاه تهران
 • حسین آذرنیوند، استادیار دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
 تاریخ دریافت: اسفند ماه ۱۳۸۳ تاریخ پذیرش: مهر ماه ۱۳۸۴
 Email: ghzehtab@ut.ac.ir

چکیده

باد یکی از عوامل مهم فرسایش خاک در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود که به دلیل محدودیت پوشش گیاهی در این نواحی، قادر است بر اثر کاوش، ذرات قابل انتقال خاک را با خود حمل نموده و منجر به ایجاد فرسایش بادی گردد. فرسایش بادی از مهمترین فرآیندهای بیابان‌زایی در مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شود که در مدل‌های مختلف بیابان‌زایی به وفور مورد استفاده قرار می‌گیرد. از جمله مدل‌های فوق می‌توان به مدل‌های FAO-UNEP (۱) و ICD (۲) اشاره نمود که با وجود نواقصی که در هر یک از آنها موجود می‌باشد، همچنان یکی از مطرح‌ترین مدل‌های بیابان‌زایی در خارج و داخل (ICD) کشور به‌کار برآورد شدت بیابان‌زایی می‌باشند. در این تحقیق با توجه به تجزیه و تحلیلی که بر روی دو روش فوق انجام شد، سعی شد شاخص‌ها و زیر شاخص‌های موثر در معیار فرسایش بادی و عوامل انسانی و محیطی بالقوه آن شناسایی و مناسب‌ترین آنها انتخاب شوند تا در نهایت با توجه به ارزش عددی که به هر یک از این پارامترها داده می‌شود بتوان شدت بیابان‌زایی منطقه را با مد نظر قرار دادن فرسایش بادی در قالب یک مدل بیابان‌زایی تعیین نمود. در این رابطه پس از تعیین واحدهای کاری (رخساره‌های ژئومورفولوژی) تمامی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها در هر یک از آنها و سپس در کل منطقه مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند که در نتیجه آن کل منطقه مورد مطالعه (۲۹/۹۰۱ کیلومتر مربع) در کلاس متوسط شدت بیابان‌زایی از نظر فرسایش بادی قرار گرفت.

کلمات کلیدی: مدل بیابان‌زایی، وضعیت فعلی بیابان‌زایی، روش FAO/UNEP و ICD، معیار فرسایش بادی، عوامل انسانی و محیطی بالقوه بیابان‌زایی، حوزه آبخیز ماهان.

Pajouhesh & Sazandegi No: 73 pp: 65-75

investigation on effect of wind erosion on increasing of desertification

Intensity and presenting of regional desertification model in Mahan basin

By: Gh. Zehtabian, professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran.

M. R. Javadi, PhD Student of Watershed Management, Islamic Azad University of Science.

H. Ahmadi, Professor, Faculty of Natural Resources University of Tehran and Research unit of Tehran.

H. Azarnivand, Assistant Professor, Faculty of Natural Resources University of Tehran.

Wind is a main factor of the soil erosion in arid regions. Due to limitation of vegetation in this region, it can affect on the soil grains and transports them. Wind erosion is one of the most important processes that it is used on the different desertification models. FAO/UNEP and ICD were the best current methods that they have analyzed. Then, the effective indices and sub factors of wind erosion criterion and its human and physical factors were identified, and then were selected the most suitable of them. The numerical value of them was considered as desertification intensity class of wind erosion in the study area. In order to, the study area divided into 17 geomorphologic families (Work units) on the base of geomorphologic studies, and then all of the assessment was carried out in these work units (except, No.17). The results show that, total study is under average class of desertification as the result of wind erosion.

Key words: Desertification model, Current status of desertification, FAO/UNEP and ICD methods, Wind erosion criterion, Human and Physical factors of desertification, Mahan Basin.

مقدمه

فرسایش آبی و بادی - ماندابی شدن - حاصل خیزی خاک - شور شدن و افت سطح آب زیرزمین در چهار کلاس با شدت بیابان‌زایی (کم - متوسط - زیاد و بسیار زیاد) مورد بررسی قرار گرفتند (۹).

۲ - نقشه بیابان‌زایی یونان (۲۰۰۱) که توسط کمیته ملی مقابله با بیابان‌زایی یونان در دانشگاه کشاورزی آتن صورت گرفت پارامترهای استفاده شده در این مدل از بافت خاک، قطعات سنگی و سنگریزه‌های و صخره‌های، عمق خاک، زهکشی، مقدار شیب، بارندگی، شاخص خشکی، جهت، خطر آتش‌سوزی، پتانسیل فرسایشی، مقاومت به خشکی، پوشش گیاهی، نوع و شدت بارندگی و پایداری عمل شده که در غالب چهار فرآیند خاک - اقلیم - پوشش گیاهی و مدیریت مورد بررسی قرار گرفتند. به طوری که با معرفی آنها به سیستم اطلاعات جغرافیایی GIS و روی هم گذاری لایه‌ها نقشه بیابان‌زایی یونان به دست آمد (۱۰).

۳ - ارزیابی بیابان‌زایی منطقه باری ایتالیا (۲۰۰۲) که با استفاده از روش (MEDALUS) توسط Ladisa و همکاران انجام شد. در این مطالعه شاخص شاخص خاک، اقلیم، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، مدیریت کیفیت و شاخص فشار انسانی مورد بررسی قرار گرفت که در نهایت به کمک میانگین هندسی شاخص‌های مورد نظر نقشه نهایی بیابان‌زایی ترسیم شد (۱۱).

۴ - روش طبقه بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران (۱۳۷۴) که توسط اختصاصی و مهاجری انجام گردید که در طی آن سطحی بالغ بر ۱۰ میلیون هکتار از اراضی ایران مرکزی مورد بررسی قرار گرفت (۲).
۵ - کاربرد مدل مدالوس در بررسی بیابان‌زایی دشت کاشان (۱۳۸۳) که توسط خسروی انجام شد. وی در مطالعه خود فرآیند فرسایش آبی، بادی،

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۹۰۲۵۳ هکتار در فاصله حدوداً ۳۰ کیلومتری شهرستان کرمان قرار دارد. این منطقه دارای مختصات جغرافیایی "۱۴'۱۳" ۵۷° تا "۳۶'۳۶" ۵۷° طول شرقی و "۲۹'۴۵" ۲۹° تا "۱۸'۰۸" ۳۰° عرض شمالی می‌باشد. این منطقه بخشی از شهرستان کرمان از توابع استان کرمان می‌باشد. همان‌طور که می‌دانیم فرسایش بادی در محیط‌های خشک و نیمه خشک دارای شدت اثر بیشتری بوده و با قدرت زیادتری منجر به تخریب اراضی می‌گردد. قابل ذکر است که در ایجاد فرسایش بادی و تخریب حاصل از آن عوامل چندی از جمله شدت و مدت وزش باد، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، توپوگرافی منطقه، وضعیت پوشش گیاهی، ... دخالت دارند که کلیه آنها در ارتباط با هم بوده و توأمأ منجر به افزایش یا کاهش شدت فرسایش بادی در یک منطقه می‌گردند (۱). آثار پدیده بیابان‌زایی را در هر منطقه می‌توان به کمک ظهور پاره‌ای از فرآیندهای تخریبی در اکوسیستم مشاهده کرد و جهت ارزیابی و توصیف، آنها را به کمک روش‌های چندی به صورت کیفی و کمی ارزشیابی نمود (۷). در این رابطه باید گفت که ارزیابی شدت بیابان‌زایی در مناطق مختلف با استفاده از مدل بیابان‌زایی از جمله این روش‌ها می‌باشد که دارای اهمیت فوق العاده‌ای است. تا کنون مطالعات گسترده‌ای در این رابطه در نقاط مختلف جهان و ایران انجام شده است که برخی از آنها بشرح زیر می‌باشد:

۱ - ارزیابی تخریب اراضی در منطقه جنوب آسیا که توسط کارشناسان فائو و یونپ در طی هشت سال در دهه ۱۹۹۰ در چند کشور آسیایی از قبیل ایران، افغانستان، هندوستان، نپال، سری لانکا، بنگلادش و پاکستان در دو منطقه اقلیمی خشک و مرطوب انجام شد که طی آن فرآیندهای

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی شدت اثر فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه و ارائه یک مدل منطقه‌ای جهت تعیین شدت بیابان‌زایی مرحله‌ای به ترتیب زیر انجام شده است:

- تجزیه و تحلیل روش‌های ICD، FAO-UNEP و نیز مطالعه روش‌های ارائه شده در کشورهای مختلف و ایران به منظور آگاهی از اصول و مبانی روش‌های موجود، تا بتوان با توجه به مطالعات انجام یافته روشی مناسب برای منطقه مورد نظر ارائه داد.

- با توجه به بررسی‌های مختلف، حدود منطقه، اطلاعات پایه از جمله نقشه‌های موضوعی، گزارشات مختلف، عکس‌های هوایی موجود و سایر اطلاعات مورد نیاز گردآوری شد. با توجه به مساحت منطقه مورد مطالعه (۹۰۲۵۳ هکتار) و اهداف تحقیق، مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ به‌عنوان مقیاس پایه در نظر گرفته شد.

- به کمک نقشه‌های توپوگرافی موجود و عکس‌های هوایی ۱:۵۰۰۰۰ موقعیت منطقه و عوارض موجود از جمله جاده‌ها، مناطق مسکونی، تاسیسات و رخساره‌های مختلف ژئومورفولوژی و... بررسی شد و با عملیات‌های میدانی بازبینی شدند.

- به کمک نقشه‌های زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی، توپوگرافی و مورفولوژی (بدست آمده از تفسیر عکس‌های هوایی) و تلفیق آنها، نقشه واحدکاری بدست آمد.

- اطلاعات و آمار مختلف در زمینه اقلیم و هواشناسی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی، هیدرولوژی، بر اساس واحدکاری جمع‌آوری شد.

- کمک بازدیدهای میدانی شاخص‌ها، زیر شاخص‌ها و عوامل انسانی در محوطی مربوط به معیار فرسایش بادی که در روش FAO-UNEP و ICD مناسب منطقه بودند، انتخاب گردیدند. ضمن آنکه با توجه به نظرات کارشناسی به موارد قبلی نیز پارامترهایی اضافه شد.

- بر اساس روش پیشنهادی که تلفیقی از روش FAO-UNEP و ICD

بوده، شاخص‌ها، زیر شاخص‌ها و عوامل انسانی و محلی اثر در معیار فرسایش بادی در هر واحد کاری مورد بررسی و ارزش دهی قرار گرفتند.

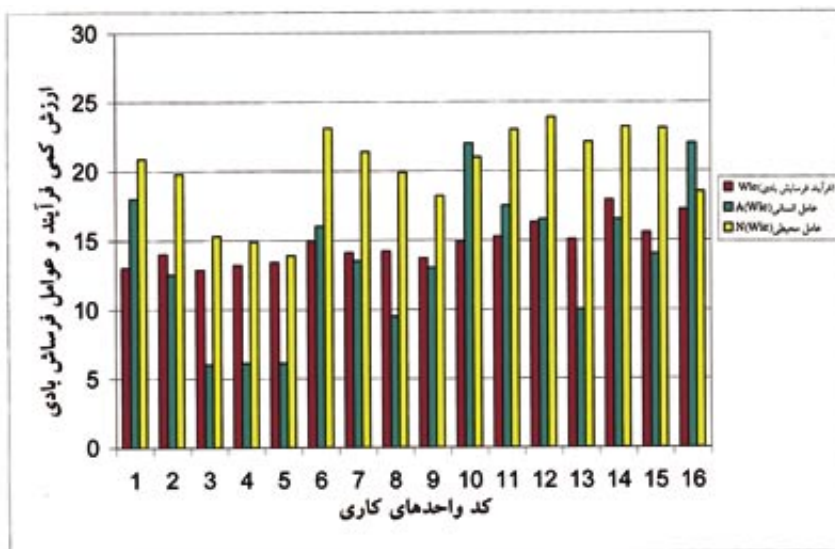
- بر اساس عملیات روش پیشنهادی در منطقه، نقشه وضعی بیابان‌زایی ناشی از فرسایش بادی تهیه شد که نشان دهنده نوع واحدکاری - نوع کاربری آن - نوع عامل بیابان‌زایی - معیار بیابان‌زایی مورد مطالعه - شاخص و زیر شاخص غالب - کلاس شدت بیابان‌زایی، می‌باشد.

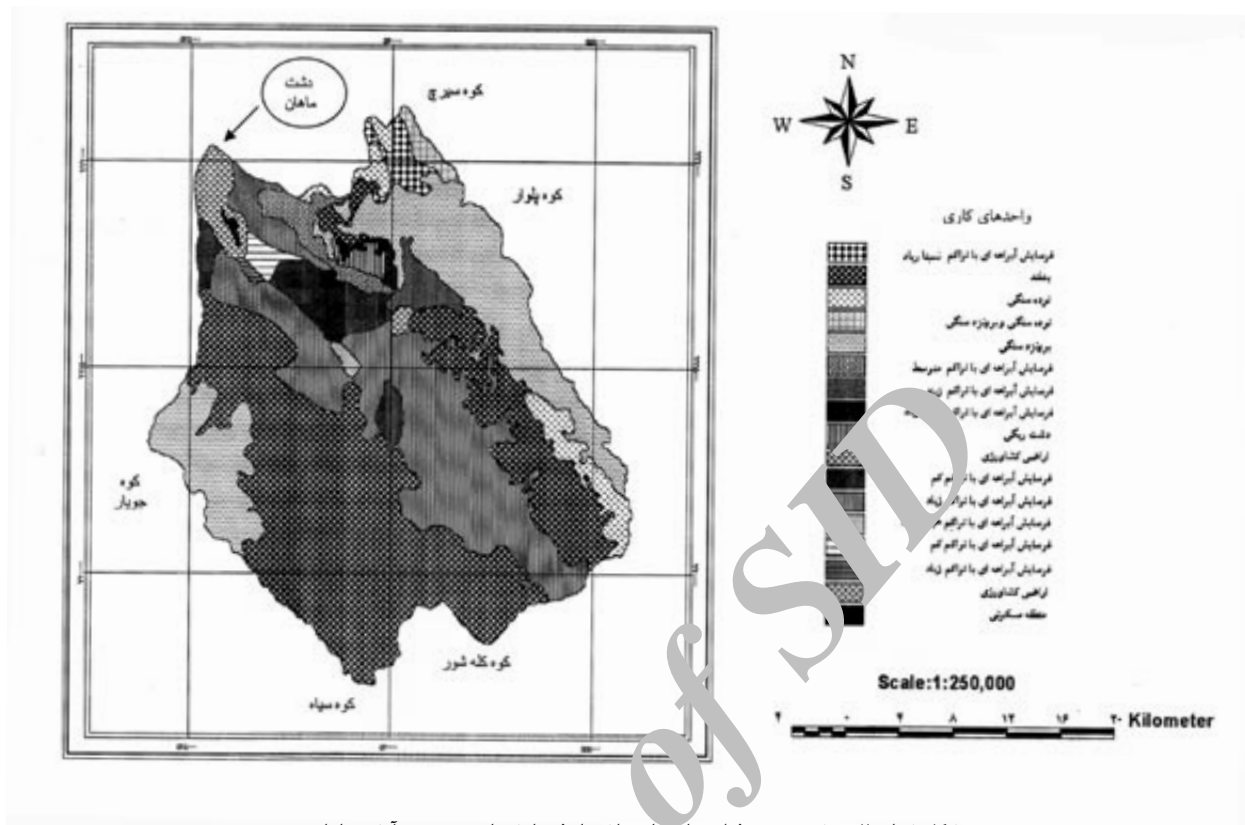
نمودار ۱- تجزیه و تحلیل معیار فرسایش بادی و عوامل بیابان‌زایی آن در واحدهای کاری مختلف در منطقه مورد مطالعه

تخریب منابع آب، پوشش گیاهی، خاک، اقلیم و کیفیت مدیریت بر منابع اراضی را مورد بررسی قرار داد و بیان نمود که از بین فرآیندها، فرآیند تخریب منابع آب زیر زمینی به‌عنوان مهمترین فرآیند بیابان‌زایی مطرح بوده و پس از آن فرآیندهای اقلیم، مدیریت، پوشش گیاهی، فرسایش بادی، خاک و فرسایش آبی قرار دارند (۵).

مدل بیابان‌زایی که بمنظور ارزیابی میزان اثر شدت فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه در نظر گرفته شده، تلفیقی از روش‌های FAO/UNEP و ICD می‌باشد به انضمام آنکه با توجه به تجزیه و تحلیل‌هایی که بر روی این دو روش انجام شده اقدام به رفع نواقص آنها نموده و سعی گردیده تا آن دسته از شاخص‌ها و زیر شاخص‌هایی که متناسب با شرایط منطقه‌اند در نظر گرفته شده و در صورت کمبود برخی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها، با توجه به نظر کارشناسی به موارد قبلی اضافه گردید. در پایان قابل ذکر است که ساختار کلی این تحقیق بر اساس روش‌های FAO/UNEP و ICD بوده ضمن آنکه تغییرات قابل ملاحظه‌ای نیز در جزئیات آن صورت گرفته که به شرح زیر می‌باشد:

در روش پیشنهادی شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها جهت تعیین وضعیت فعلی شدت بیابان‌زایی (با تاکید بر فرسایش بادی) در نظر گرفته شده که از جمع امتیازات آنها، عددی حاصل می‌گردد که در اثر مقایسه این عدد با جدول شدت بیابان‌زایی، شدت وضعیت فعلی بیابان‌زایی ناشی از فرسایش بادی در منطقه مشخص خواهد شد (جدول ۵). در مورد عوامل محیطی بالقوه و انسانی نیز شاخص‌ها و زیر شاخص‌هایی در نظر گرفته شده‌اند که پس از ارزش دهی امتیاز این عوامل با هم جمع بسته نشده‌اند بلکه امتیازات آنها تنها نشان دهنده نوع عامل اصلی در افزایش شدت فرسایش بادی در منطقه خواهد بود. زیرا جمع نمودن امتیازات این عوامل با امتیازات وضعیت فعلی بیابان‌زایی منجر به افزایش غیر منطقی ارزش عددی شدت بیابان‌زایی می‌گردد که این امر در مراحل پایانی، تعیین واقعی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در منطقه را با مشکل مواجه می‌سازد.





شکل شماره ۲- نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی ناشی از فرسایش بادی در حوزه آبخیز ماهان.

آنها مشاهده می‌شود. از ویژگی‌های این امر، می‌توان در همسنگ شدن شاخص‌ها و کاربری‌های مختلف اشاره نمود که در هر واحد کاری با توجه به نوع کاربری از شاخص شاخص جهت تعیین وضعیت فعلی شدت بیابان‌زایی ناشی از فرسایش بادی در نظر گرفته می‌شود. در پایان این مرحله، حاصل جمع امتیاز شاخص‌ها، عددی است که در اثر مقایسه آن با جدول طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی میزان شدت اثر فرسایش بادی در بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه تعیین خواهد داد (جدول ۵). در اینجا توجه به این نکته ضروریست که اگر شاخص‌های زیر شاخص‌های متفاوتی باشد، میانگین‌گیری از امتیاز زیر شاخص‌ها امتیاز و ارزش عددی شاخص مربوطه را مشخص خواهد نمود و در صورتی که هیچ زیر شاخصی موجود نباشد، شاخصی که بیشترین امتیاز را به‌عنوان شاخص غالب معیار فرسایش بادی در افزایش شدت بیابان‌زایی در منطقه معرفی خواهد شد. شاخص‌ها و زیر شاخص‌های ارزیابی معیار فرسایش بادی در جدول ۲- آمده است.

تعیین شاخص‌های عامل انسانی موثر در فرسایش بادی

همان‌گونه که از تعاریف بیابان‌زایی بر می‌آید، یکی از عوامل اصلی ایجاد شرایط بیابانی یا افزایش شدت اثر آن عامل انسانی است که می‌تواند اثرات غیر قابل جبرانی را نیز در پی داشته باشد. در تحقیق فوق عوامل انسانی که در افزایش شدت بیابان‌زایی ناشی از فرسایش بادی در منطقه

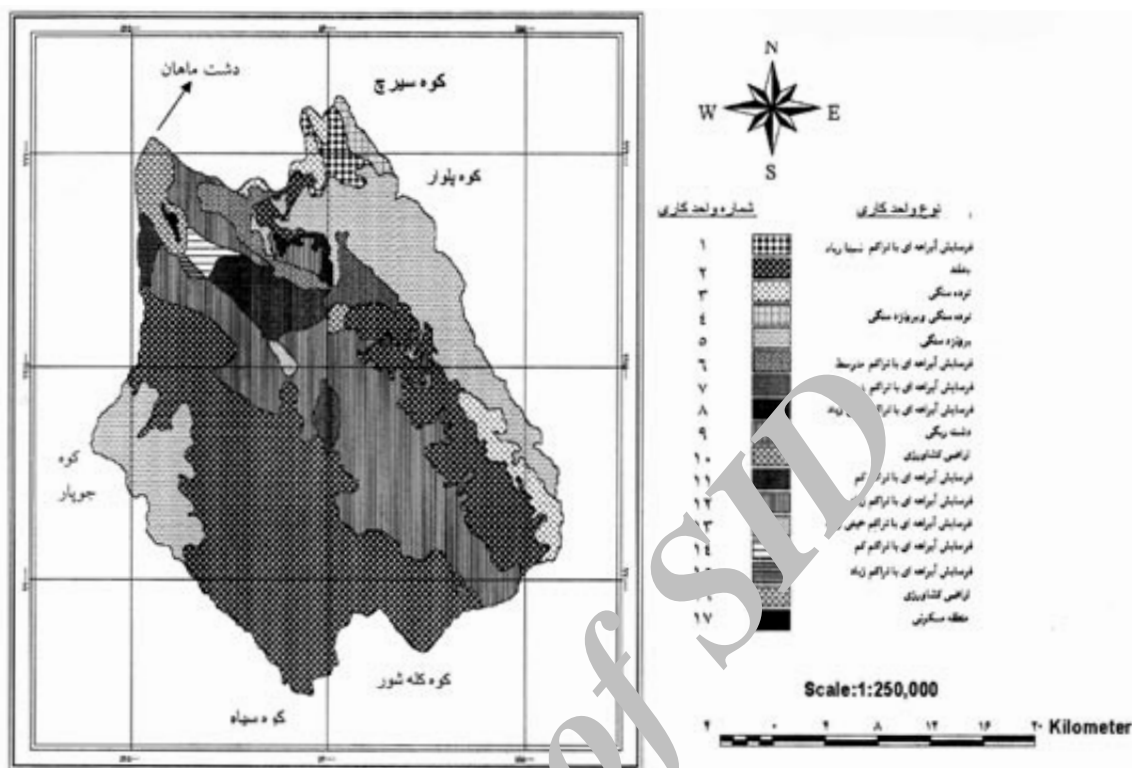
نتایج

تعیین واحد کاری جهت ارزیابی به کمک روش ارائه شده در این تحقیق، اولین گام تعیین واحدهای کاری بوده است. بدین منظور در منطقه مورد مطالعه با توجه به مطالعات مورفولوژی، توپوگرافی، زمین شناسی (سنگ شناسی) و بازدیدهای میدانی، ۱۷ رخساره ژئومورفولوژی مشخص گردید (رخساره شماره ۱۷، مناطق مسکونی، از شمار رخساره‌های مورد ارزیابی حذف گردید).

در ادامه تحقیق با توجه به هدف مطالعه هر یک از آنها به‌عنوان یک واحد کاری در نظر گرفته شد. به‌طوری‌که کلیه ارزیابی‌ها جهت رسیدن به وضعیت فعلی بیابان‌زایی در آنها انجام شده است.

تعیین شاخص‌های ارزیابی معیار فرسایش بادی

با توجه به ویژگی‌های منطقه مورد مطالعه شش شاخص با توجه به نوع کاربری‌های مختلف تعیین گردید. تعیین شاخص‌ها و زیرشاخص‌ها برحسب نوع کاربری در هر واحد کاری به این دلیل بوده است که بسیاری از شاخص‌ها و زیر شاخص‌ها تنها در یکی یا نهایتاً در دو نوع کاربری قابل تشخیص بوده و کاربرد دارند. به‌عنوان مثال بسیاری از شاخص‌هایی که در اراضی مرتعی ممکن است کاربرد داشته باشند، نمی‌توانند در اراضی کشاورزی به‌کار روند، که از جمله آنها می‌توان به شاخص تنوع رخساره‌های بادی اشاره نمود که محدودیت بسیاری از نظر کاربری کشاورزی در



شکل شماره ۱- نقشه واحدهای کاری منطقه مورد مطالعه (ماهان)

محیطی است. این ده‌ده شدت اثر عامل محیطی بالقوه معیار فرسایش بادی می‌باشد (جدول ۳). در ادامه مقایسه امتیاز بدست آمده از مجموع امتیازات این چهار شاخص با مجموع امتیازات چهار شاخص انسانی، آن عاملی که دارای امتیاز بیشتر باشد، به‌عنوان عامل اصلی در ایجاد و افزایش شرایط بیابان‌زایی در منطقه شناخته خواهد شد.

تعیین کلاس بیابان‌زایی

در تحقیق حاضر، تعیین تعداد کلاس‌های انتخابی بر اساس روش فائو - یونپ بوده و از چهار کلاس بیابان‌زایی - کم - متوسط - شدید - بسیار شدید) استفاده گردیده است. همچنین حدود کلاس‌ها نیز حداقل از ارزش عددی (صفر) برای کلاس یک (I) تا حداکثر ارزش عددی (۸) برای کلاس چهار (IV) در نظر گرفته شده است. به‌طوریکه دامنه ارزش عددی، تمامی کلاس‌ها (در هر یک از چهار کلاس) دارای ارزش عددی برابر با هم (۲) می‌باشند، ضمن آنکه از کلاس یک (I) به بعد، به ارزش عددی حداقل هر کلاس (I-II-III-IV) که عبارت از اعداد ۲، ۴ و ۶ می‌باشند، عدد ثابتی برابر با ۰/۱ (یک دهم) اضافه گردیده است تا در زمان اجرای عملیات ارزش‌گذاری شاخص‌ها به‌منظور تعیین کلاس‌های آنها، مرز بین هر یک از کلاس‌ها دقیقاً مشخص شود. همچنین تعیین شدت طبقات در وضعیت فعلی بیابان‌زایی معیار فرسایش بادی، با توجه به مجموع امتیازات حداقل و حداکثر حاصل از شش شاخص در هر کلاس بیابان‌زایی صورت گرفته است، همانطور که

مورد مطالعه اثر داشته‌اند، مورد بررسی قرار گرفته و تعیین شدند که تعداد آنها به چهار شاخص رسیده است. در ادامه این چهار شاخص مربوط به عامل انسانی در هر یک از واحدهای کاری، مورد ارزشیابی قرار گرفته و آن شاخصی که حداکثر امتیاز را کسب نموده، به‌عنوان شاخص غالب عامل انسانی در افزایش شدت بیابان‌زایی ناشی از فرسایش بادی در منطقه معرفی گردید و سپس در پایان این مرحله، مجموع امتیازات حاصل از چهار شاخص عامل انسانی، بیانگر شدت اثر عامل انسانی در افزایش شدت بیابان‌زایی منطقه با توجه به معیار فرسایش بادی بوده است (جدول ۳).

تعیین شاخص‌های عامل محیطی بالقوه موثر در فرسایش بادی

در این تحقیق عوامل محیطی خود به دو دسته تقسیم گردیده‌اند که عامل محیطی بالفعل در ردیف شاخص‌های معیار فرسایش بادی و عامل محیطی بالقوه به‌عنوان شاخص‌های محیطی یا همان شاخص‌هایی که بیانگر استعداد های محیطی منطقه می‌باشند محسوب می‌گردند (در رابطه با فرسایش بادی) شاخص‌های عامل محیطی فرسایش بادی در منطقه نیز همانند شاخص‌های عامل انسانی به چهار دسته تقسیم شده‌اند که این شاخص‌ها در هر یک از واحدهای کاری، ارزش‌گذاری شده و آن شاخصی که دارای حداکثر امتیاز باشد، به‌عنوان شاخص غالب عامل محیطی در ایجاد فرسایش بادی در منطقه معرفی خواهد شد. در مورد این عامل نیز همانند عامل انسانی باید گفت که مجموع امتیازات حاصل از چهار شاخص

انسانی و محیطی در جداول ۵ و ۶ آمده است.

**برآورد اثر شدت فرسایش بادی
با استفاده از مدل بیابان‌زایی در منطقه ماهان**

در این مرحله، ابتدا آن دسته از شاخص‌های مربوط به فرسایش بادی را که بنظر می‌رسید در ایجاد شرایط بیابانی و افزایش شدت آن اثر دارند، انتخاب گردیده و پس از آن با توجه به نوع کاربری در هر واحد کاری سعی شد تا شاخص‌های مربوطه تعیین شوند، ضمن آنکه

قبلاً اشاره شد، طبقه بندی شدت بیابان‌زایی برای عوامل محیطی بالقوه و انسانی، متفاوت از طبقه بندی شدت بیابان‌زایی برای وضعیت بالفعل فرسایش بادی می‌باشد. به‌طوریکه در این رابطه اولاً به‌جای شش شاخص از چهار شاخص استفاده شده که در نتیجه، دامنه ارزش‌گذاری آنها با وضعیت فعلی یکسان نخواهد بود و ثانیاً امتیاز هر یک از این دو عامل تنها نشان دهنده شدت اثر آنها در بیابان‌زایی بوده و فقط نوع بیابان‌زایی را تعیین نموده و امتیازات آنها با امتیاز وضعیت بالفعل بیابان‌زایی جمع نخواهد شد. در ادامه نحوه طبقه‌بندی شدت بیابان‌زایی برای وضعیت بالفعل و عوامل

جدول ۱- واحدهای کاری در منطقه مورد مطالعه

کد و نام واحدهای کاری				کد و نام تیپ			کد و نام واحد ژئومورفولوژی		
شماره واحد کاری	نام	کد	شیب (درصد)	نام	ویژگی‌های شناسایی	کد	نام	کد	
۱	فرسایش آبراه‌های با تراکم نسبتاً زیاد	۳-۱-۱	>۲۰٪	ساییش آبی	$Q_{al} - P_{tr}^l - P_e^l - J_{lg}^b$	۱-۱	کوهستان	۱	
۲	بدلند	۶-۱-۱	>۲۰٪		$P_e^{lr} - P_r^l - Q_{al} - Q_{tr} - P_r^l - K_r^l - J_k$ $- J_s^b - P_e^{lr} - P_e^{lr} - P_e^{lr}$				
۳	توده سنگی	۷-۲-۱	>۲۰٪		$K_u^{sh} - P_e^{lr} - Q_{al}$				
۴	توده سنگی و برون‌زد سنگی	۸.۷-۲-۱	>۲۰٪		$K_r^{ml} - J_b^s$				
۵	برون‌زد سنگی	۸-۲-۱	>۲۰٪		$Q_{al} - K_r^{ml} - P_r^l - J_b^s - J_k - K_r^l - K_r^s$ $- P_e^m$				
۶	فرسایش آبراه‌های با تراکم متوسط	۳-۱-۲	۱۰٪ تا ۲۰٪	دشت سرلخت	$Q_{al} - K_r^{ml} - P_e^{lr} - J_b^s - K_r^l - K_r^s$ $- P_e^m$	۲-۱	دشت سر	۲	
۷	فرسایش آبراه‌های با تراکم زیاد	۴-۱-۱	۱۰٪ تا ۲۰٪		$Q_{r1} - Q_{tr} - Q_{al} - K_1^c$				
۸	فرسایش آبراه‌های با تراکم خیلی زیاد	۵-۱-۲	۱۰٪ تا ۲۰٪		$P_r^l - P_e^l - Q_{tr} - Q_{al}$				
۹	دشت‌ریزی	۹-۱-۲	۱۰٪ تا ۲۰٪		$K_1^c - Q_{tr} - P_r^l$				
۱۰	اراضی کشاورزی	۱۰-۱-۲	۱۰٪ تا ۲۰٪		$Q_{tr} - Q_{al}$				
۱۱	فرسایش آبراه‌های با تراکم کم	۱-۲-۲	۵٪ تا ۱۰٪		$P_r^l - Q_{tr}$	۲-۲			
۱۲	فرسایش آبراه‌های با تراکم زیاد	۴-۲-۲	۵٪ تا ۱۰٪		$P_e^{lr} - Q_{r1} - Q_{tr} - Q_{al} - P_r^l$				
۱۳	فرسایش آبراه‌های با تراکم خیلی زیاد	۵-۲-۲	۵٪ تا ۱۰٪		P_r^l				
۱۴	فرسایش آبراه‌های با تراکم کم	۱-۳-۲	<۵٪		دشت سر پوشیده	Q_{tr}			۲-۳
۱۵	فرسایش آبراه‌های با تراکم زیاد	۴-۳-۲	<۵٪			$Q_{tr} - Q_{al}$			
۱۶	اراضی کشاورزی	۱۰-۳-۲	<۵٪	$Q_{cf} - Q_{al}$					
۱۷	مناطق مسکونی	۱۱-۳-۲	<۵٪	Q_{al}					

جدول ۲- شاخص‌های ارزیابی معیار فرسایش بادی در وضعیت فعلی بیابان‌زایی

شاخص‌های ارزیابی	کلاس‌های بیابان‌زایی			
	ناچیز و کم I	متوسط II	شدید III	بسیار شدید IV
ارزش عددی شاخص	۲-۰	۴-۲/۱	۶-۴/۱	۸-۶/۱
۱- کلاس فرسایش بادی (کشاورزی- مرتعی- بدون کاربری)	II, I	III	IV	V
۲- تنوع رخساره‌های بادی (مرتعی- بدون کاربری)	فایده آثار فرسایش بادی و یا تنوع رسوبات در زیر پای دائمی صورت رجستگی بسیار کوچک (فرسایش سبک)	تجمع رسوبات بادی بطور قابل توجه در پشت بوته‌های گیاهی، اختلاف ارتفاع واضح بین خاک و پای بوته‌ها و یا بادکندهای متوسط	نبکاهای غیر فعال، تپه‌های کم ارتفاع و نیمه فعال بادآورده و پراکنده، وجود آثار شبه یاردانگ و یا بادبردگی زیاد	نبکاهای فعال، تپه‌های ماسه‌ای فعال و بدون پوشش گیاهی، وجود آثار کلوتک و یاردانگ و بادبردگی شدید و بسیار شدید
۳- پوشش سطح خاک (مرتعی و تا حدودی بدون کاربری)	تجمع سنگ‌ریزه در سطح خاک در حال زیاد شدن و درصد سنگ‌ریزه سطحی بیش از ۵۰ درصد. گونه‌های مرغوب غالب هستند. تراکم تاج پوشش بین ۳۰ تا ۵۰ درصد	تجمع سنگ‌ریزه در سطح خاک در حال کم شدن و درصد سنگ‌ریزه سطحی بین ۳۰ تا ۵۰ درصد. از بین رفتن کم شمشاد ظهور زیاد شونده و گیاهان ماسه دوست و یاردانگ تاج پوشش بین ۲۰ تا ۳۰ درصد	تجمع سنگ‌ریزه در سطح خاک در حال کم شدن و درصد سنگ‌ریزه سطحی بین ۱۵ تا ۳۰ درصد. از بین رفتن گیاهان مهاجم و ماسه دوست و یا درصد تاج پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد	تجمع سنگ‌ریزه در سطح خاک در حال کم شدن و درصد سنگ‌ریزه سطحی کمتر از ۱۵ درصد. از بین رفتن گیاهان مهاجم و ماسه دوست و یا درصد تاج پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد
۴- شوری و قلیائیت خاک (کشاورزی- مرتعی و بدون کاربری)	EC < ۸ SAR < ۱۳ ESP < ۱۰	۸ > EC > ۱۶ ۱۳ > SAR > ۳۰ ۱۰ > ESP > ۳۰	۱۶ > EC > ۳۲ ۳۰ > SAR > ۷۰ ۳۰ > ESP > ۵۰	EC > ۳۲ SAR > ۷۰ ESP > ۵۰
۵- میزان آشفته‌گی و ناپایداری خاک. (مرتعی و غیر کاربری)	در اثر عبور انسان یا ضربه بسیار مقاوم است	در اثر عبور انسان یا ضربه نوک پا برآحتی خرد نمی‌شود	در اثر عبور انسان یا ضربه نوک پا خرد شده و زخم می‌باشد	در اثر عبور انسان یا ضربه نوک پا، بطور کلی از هم پاشیده و پودر می‌شود
۶- جایجایی تپه‌های ماسه‌ای و خسارت ناشی از فرسایش بادی حاصل از آن به منابع اقتصادی در طول سال (کشاورزی- مرتعی و تا حدودی بدون کاربری)	ایجاد تپه‌های ماسه‌ای در منطقه مشهود نیست	بندرت تپه‌های ماسه‌ای در منطقه ایجاد شده و به منابع اقتصادی (کشاورزی و...) خسارت کمی‌وارد می‌کنند.	حرکت تپه‌های ماسه‌ای در پاره‌ای از سالها به سوی راه‌های شهری و کشاورزی و یا راه آهن و جاده مشهود بوده و خسارت نسبتاً زیادی ببار می‌آورد	حرکت تپه‌های ماسه‌ای در سالها به سوی مناطق شهری و منابع اقتصادی (کشاورزی و...) کاملاً مشهود بوده و حتی ممکن است چند بار در سال به وقوع بپیوندد
۷- فاصله نهشته‌های بادی تا کاربری خاص (D به کیلومتر). (کشاورزی)	D > ۲۵	۱۰ > D > ۲۵	۵ > D > ۱۰	D < ۵
تغییر کاربری همراه با افت بیومس نسبت به اراضی طبیعی (کشاورزی- مرتعی)	سالانه کمتر از ۱ درصد از کل منطقه تحت این امر واقع می‌شود	سالانه حدود ۱ تا ۲ درصد از کل منطقه تحت این امر واقع می‌شود	سالانه حدود ۲ تا ۵ درصد از کل منطقه تحت این امر واقع می‌شود	سالانه بیش از ۵ درصد از کل منطقه تحت این امر واقع می‌شود
روزهای شن باد در سال (کشاورزی- مرتعی و بدون کاربری)	۱ تا ۲ روز در سال	۳ تا ۴ روز در سال	۵ تا ۱۰ روز در سال	بیش از ۱۰ روز در سال

انسان و گسترش فعالیت‌های انسانی در مناطق دشتی (به دلایل وجود شرایط مناسب جهت کشت و زرع و...) و نیز وجود عوامل بازدارنده جهت فرسایش بادی از قبیل وجود مناطق صخره‌ای و ... که شرایط را جهت افزایش و کاهش روند بیابان‌زایی مهیا می‌نماید، ذکر نمود.

(ب) در مورد عامل انسانی موثر در فرسایش بادی، باید گفت که پس از ارزشیابی شاخص‌های انتخاب شده، مشخص شد که حداکثر ارزش عددی و حداکثر میزان اثر این عامل در افزایش شدت بیابان‌زایی در واحدهای کاری شماره ۳، ۲ و ۴ می‌باشد که از نظر کلاس بیابان‌زایی در کلاس ناچیز و کم قرار دارند. از جمله دلایلی که منجر به وجود چنین شرایطی گردیده است، می‌توان به عدم وجود شرایط مناسب جهت دخالت‌های انسانی در مناطق صخره‌ای و کوهستانی پرشیب (واحدهای کاری شماره ۲، ۳ و ۴) و نیز وجود شرایط مناسب تخریب توسط انسان در مناطق مستعد به تخریب (مناطق دشتی) اشاره نمود.

(ج) در مورد عامل محیطی بالقوه موثر در فرسایش بادی در منطقه نیز باید اضافه نمود که این عامل با توجه به شاخص‌هایی که مطابق با شرایط منطقه بوده‌اند در هر واحد کاری مورد بررسی قرار گرفت، نتایج ارزیابی بدین صورت بوده است که واحدهای کاری شماره ۱۲، ۱۴، ۱۵ و ۱۶ با دارا بودن حداکثر ارزش عددی و واحدهای کاری شماره ۴، ۵، ۳ و ۲ با دارا بودن کمترین ارزش عددی، حداکثر و حداقل اثر شاخص‌های محیطی را در افزایش یا کاهش شدت بیابان‌زایی از نظر فرسایش بادی نشان می‌دهند.

(د) مقایسه ارزش کمی عامل انسانی و عامل محیطی بالقوه موثر در فرسایش بادی، این نکته را مشخص نموده است که به‌جز دو واحد کاری شماره ۱۰ و ۱۶ که مربوط به اراضی کشاورزی می‌باشد، عامل انسانی در هر بقعه واحدهای کاری، عامل محیطی به‌عنوان عامل اصلی در افزایش شرایط بیابان‌زایی ناشی از فرسایش بادی نقش اصلی را ایفا می‌کند. بررسی متوسط ارزش عددی و ارزش کمی عوامل بیابان‌زایی نیز غالب بودن عامل محیطی بالقوه را نسبت به عامل انسانی تایید می‌نماید. به‌طوری‌که ارزش کمی عامل محیطی ۹/۶۶ و ارزش کمی عامل انسانی ۱۲/۵۳، (متوسط) برآورد شده است. همچنین متوسط وزنی ارزش کمی معیار فرسایش بادی برای کل منطقه حدود $DS = 14/49$ نام برده شده است که در اثر مقایسه با جدول طبقه بندی شدت بیابان‌زایی، کلاس شدت فرسایش بادی برای کل منطقه کلاس متوسط بوده است.

در مطالعه‌ای که توسط جعفری و همکاران (۱۳۸۷) به منظور تهیه نقشه بیابان‌زایی با تحلیل و بررسی روش‌های FAO-UNEP و ICD و با تاکید بر فرسایش بادی و تخریب منابع آب در کاشان انجام شد، مشخص گردید که اثر فرآیند فرسایش بادی با توجه به اقدامات بیابان‌زایی که در رابطه با کنترل فرسایش بادی انجام شده از شدت کمی برخوردار بوده و در عوض در منطقه فرآیند تخریب منابع آب بدلیل گسترش استفاده بی‌رویه از منابع آب زیرزمینی به منظور افزایش پوشش سطح زمین (به‌ویژه مصرف در بخش کشاورزی و نهال کاری متمرکز و غیر متمرکز) از شدت بیشتری برخوردار بوده است. به عبارت دیگر از یک طرف اقدامات بیابان‌زایی منجر به کاهش شدت فرآیند فرسایش بادی شده و از طرف دیگر با کاهش شدت اثر این فرآیند در بیابان‌زایی فرآیند تخریب منابع آب جایگزین آن گردیده است (۴).

همچنین همتی با استفاده از مدل FAO-UNEP و با تکیه بر سه فرآیند

سعی گردید تا تعداد شاخص‌ها در کلیه واحدهای کاری برابر با هم و به تعداد شش شاخص باشد. پس از آن شاخص‌های مورد نظر در هر واحد کاری با توجه به نوع کاربری‌ای که داشتند مورد ارزشیابی قرار گرفتند. ارزشیابی این شاخص‌ها در هر واحد کاری با توجه به اطلاعات پایه و همچنین مطالعات و بازدیدهای میدانی (صحرائی) انجام گردید. در مرحله بعد شاخص‌های عوامل انسانی و محیطی بالقوه مربوط به فرسایش بادی نیز که به‌نظر می‌رسید در افزایش شدت بیابان‌زایی در منطقه موثرند، انتخاب شدند و سپس همانند آنچه که در سطور قبل گفته شد، شاخص‌ها با توجه به نوع کاربری که در هر واحد کاری موجود بود، مشخص گردیدند. به انضمام آنکه سعی گردید تعداد شاخص‌ها برای هر یک از این عوامل (محیطی بالقوه انسانی) در کلیه واحدهای همگن یکسان بوده و به تعداد چهار یا کمتر باشد و یا همسنگ بودن شاخص‌ها در کلیه واحدهای کاری اعمال گردد. پس از ارزش‌گذاری شاخص‌های مربوط به هر یک از دو عامل، در نهایت در نسبت آن عاملی که دارای امتیاز بیشتری بود، به‌عنوان عامل اصلی در افزایش شدت بیابان‌زایی در هر واحد کاری معرفی شد. قابل ذکر است که امتیازات مربوط به شاخص‌های معیار فرسایش بادی و عوامل محیطی بالقوه و انسانی آن در هر یک از واحدهای کاری در جدول (۷) آمده است.

بحث و نتیجه‌گیری

در هر منطقه وضعیت فعلی بیابان‌زایی با مشخص شدن معیارها، شاخص‌ها و عوامل بیابان‌زایی تعیین می‌گردد که در این تحقیق نیز به آن توجه شده است. به‌طوری‌که از بین معیارها، معیار فرسایش بادی و عوامل محیطی بالقوه و انسانی آن همراه با شاخص‌های مربوط به آنها مورد مطالعه قرار گرفته است. روش اجرا شده در این تحقیق همانند سایر روش‌ها دارای ویژگی‌هایی به‌شرح زیر است:

- ۱- در نظر گرفتن تعداد نسبتاً کافی از شاخص‌ها و زیرشاخص‌های منطبق با شرایط محیط.
 - ۲- توجه به نوع کاربری هر واحد کاری و انتخاب شاخص‌ها و زیرشاخص‌های مربوط به هر واحد کاری.
 - ۳- همسنگ بودن شاخص‌ها در هر واحد کاری با توجه به نوع کاربری آنها (تعداد ۶ شاخص برای تعیین وضعیت فعلی بیابان‌زایی و تعداد ۴ شاخص برای تعیین نوع عامل بیابان‌زایی).
 - ۴- ارزیابی شدت بیابان‌زایی در واحدهای کاری مختلف و در نتیجه مشخص شدن شاخص‌های غالب در هر یک از آنها، نحوه مدیریت خاص را جهت بیابان‌زایی در هر یک از آنها مشخص می‌سازد.
- توجه به نتایج بدست آمده از این تحقیق که در مورد تعیین شدت وضعیت بیابان‌زایی در منطقه ماهان با تاکید بر فرسایش بادی صورت گرفته، نشان می‌دهد که:

(الف) عموماً شدت عمل فرسایش بادی در کلیه واحدهای کاری، متوسط می‌باشد. به‌طوری‌که در این بین واحدهای کاری شماره ۱۴، ۱۶ و ۱۲ با بیشترین ارزش کمی که دارند بیشترین اثر تخریبی ناشی از فرسایش بادی در آنها وجود داشته و واحدهای کاری شماره ۳، ۱، ۴ و ۵ با دارا بودن کمترین ارزش کمی، کمترین اثر تخریبی را از نظر فرسایش بادی در خود دارند. وجود چنین شرایطی را می‌توان به دلایل چندی از قبیل وجود دخالت‌های

جدول ۳) شاخص‌های عامل انسانی موثر در معیار فرسایش بادی

شاخص‌های ارزیابی	کلاس‌های بیابان‌زایی			
	ناچیز و کم I	متوسط II	شدید III	بسیار شدید IV
	۰-۲	۱-۲/۴	۱-۴/۶	۱-۶/۸
۱ - میزان چرای مفرط و بی رویه در طی سال (کشاورزی- مرتعی و تاحدودی بدون کاربری)	نسبت تعداد واحد دامی موجود به ظرفیت چرای در طی این مدت کمتر از ۱/۵ است	نسبت تعداد واحد دامی موجود به ظرفیت چرای در طی این مدت بین ۱/۵ تا ۲ است	نسبت تعداد واحد دامی موجود به ظرفیت چرای در طی این مدت بین ۲ تا ۳ است	نسبت تعداد واحد دامی موجود به ظرفیت چرای در طی این مدت بیش از ۳ است
۲ - میزان بوته کنی در طی سال (مرتعی و تاحدودی بدون کاربری)	میزان بوته کنی در طی سال بسیار کم بوده (کمتر از ۱۰ درصد منطقه تحت تاثیر است)	میزان بوته کنی در طی سال تا حدی قابل ملاحظه بوده و بین ۱۰ تا ۲۵ درصد منطقه تحت تاثیر است	میزان بوته کنی در طی سال زیاد بوده و بیشتر از ۵۰ درصد منطقه تحت تاثیر است	میزان بوته کنی در طی سال زیاد بوده و بیشتر از ۵۰ درصد منطقه تحت تاثیر است
۳ - شخم اراضی مرتعی و میزان اراضی کم بازده رها شده (کشاورزی- مرتعی و تاحدودی بدون کاربری)	اراضی کم بازده رها شده موجود در طی سال نبوده و یا شخم اراضی مرتعی بسیار کم است (کمتر از ۱۰ درصد سطح منطقه).	اراضی کم بازده و رها شده موجود در طی سال بین ۱۵ تا ۵۰ درصد سطح منطقه را شامل می‌شود.	اراضی کم بازده و رها شده موجود در طی سال بسیار زیاد بوده و بیشتر از ۷۵ درصد از سطح منطقه را شامل می‌شود.	اراضی کم بازده و رها شده موجود در طی سال بسیار زیاد بوده و بیشتر از ۷۵ درصد از سطح منطقه را شامل می‌شود.
۴ - تردد انسان و دام و وسایل نقلیه در سطح خاک در واحد سطح (کشاورزی- مرتعی و تاحدودی بدون کاربری)	بسیار کم	کم	متوسط	زیاد
۵ - رعایت اصول کشاورزی (شخم و آیش) (کشاورزی)	اصول کشاورزی (شخم، آیش و تناوب زراعی) به خوبی رعایت می‌شود. (باغ و زراعت چند ساله)	اصول کشاورزی (شخم، آیش و تناوب زراعی) نسبتاً رعایت می‌شود. (زراعت چند ساله)	اصول کشاورزی (شخم، آیش و تناوب زراعی) نامناسب است. (تناوب زراعی نامناسب با آیش‌های کمتر از ۶ ماه)	اصول کشاورزی (شخم، آیش) اصلاً رعایت نمی‌شود. (عدم وجود تناوب زراعی، شخم بیش از حد و آیش بیش از ۶ ماه)
۶ - عدم وجود بادشکن (فیزیکی و شیمیایی) و حذف پس مانده‌ها زراعی (کشاورزی)	بادشکن با تراکم و ابعاد مناسب و پس مانده‌های زراعی و باغی بلند در باغات (اغلب بصورت درختچه‌ای و درختی).	بادشکن با تراکم و ابعاد نسبتاً مناسب و پس مانده‌های زراعی و باغی بلند و متوسط (اغلب بصورت بوته‌ای و علفی چند ساله)	بادشکن و پس مانده‌های با تراکم و ابعاد کم و یا عدم وجود بادشکن.	بادشکن و پس مانده‌های با تراکم و ابعاد کم و یا عدم وجود بادشکن.
۷ - کیفیت آب آبیاری (کشاورزی)	EC < ۲۵۰ SAR < ۱۰	۲۵۰ > EC > ۷۵۰ ۱۰ > SAR > ۱۸	۷۵۰ > EC > ۲۲۵۰ ۱۸ > SAR > ۲۶	EC > ۲۲۵۰ SAR > ۲۶

عوامل بازدارنده‌ای دانست که توانسته شدت بیابان‌زایی ناشی از فرسایش بادی در این منطقه را تعدیل نماید. در چند دهه گذشته مهمترین معیار بیابان‌زایی در منطقه معیار فرسایش بادی بوده است که امروزه به‌علت اقدامات گسترده بیابان‌زدایی که به‌منظور تثبیت ماسه‌های روان و کنترل فرسایش بادی در منطقه صورت گرفته، این پدیده (فرسایش بادی) تا حد بسیار زیادی کنترل شده و از شدت اثر آن کاسته شده است. با توجه به مطالب ذکر شده این اقدامات بیابان‌زدایی در منطقه را می‌توان در راستای عوامل بازدارنده و کنترل

فرسایش آبی- فرسایش بادی- و تخریب پوشش گیاهی به ارزیابی بیابان‌زایی حوزه نعمت آباد بیچار اقدام نمود. وی اصلی‌ترین فرآیندهای بیابان‌زایی در منطقه را در ابتدا تخریب منابع گیاهی و پس از آن فرسایش آبی و در نهایت فرسایش بادی دانسته است. قابل ذکر است که وی از جمله دلایل این امر را نقش دخالت‌های انسانی در افزایش و کاهش اثر هر یک از فرآیندها می‌داند (۸). قابل ذکر است که تحقیق فوق نیز نتایج مشابهی را با نتایج تحقیقات ذکر شده در سطور بالا نشان می‌دهد. وجود چنین شرایطی را می‌توان به‌دلیل وجود

جدول ۴- شاخص‌های عامل محیطی بالقوه موثر در معیار فرسایش بادی

شاخص‌های ارزیابی	کلاس‌های بیابان‌زایی	ناچیز و کم I	متوسط II	شدید III	بسیار شدید IV
۱- تراکم و زبری سطحی خاک	ارزش عددی شاخص	۲-۰	۴-۲/۱	۶-۴/۱	۸-۶/۱
۲- بافت خاک سطحی		خاک‌های با بافت شنی	خاک‌های غیر حساس مناطق کوهستانی، رگ متوسط با تراکم ۴۰٪ تا ۷۰٪.	بافت خاک شنی-رسی با چسبندگی متوسط تا کم.	بافت خاک لومی تا ماسه‌ای با ساختمان دانه‌ای و فاقد چسبندگی، خاک سیلتی
۳- تعداد ماه‌های با سرعت متوسط ماهانه m/s ۶ یا بیشتر از آن در سال در ارتفاع ۱۰ متری.		۲-۱	۴-۳	>۴	
۴- جنس سازند زمین شناسی		واحدهای رسوبی پایدار و غیرشور و مقاوم در برابر تخریب (سنگ‌های آذرین سخت با بافت یکنواخت)	واحدهای رسوبی نسبتاً پایدار و با شوری حداقل متوسط و مقاوم در برابر تخریب (سنگ‌های با بافت دانه‌ای نسبتاً سخت-آهک مقاوم- ماهه سست- کنگلومرا با سیمان سخت)	واحدهای رسوبی با پایداری کم و حساس در برابر عوامل تخریب و با شوری زیاد. (مارن-رس آبرفت دانه متوسط- شیل و کنگلومرای سست)	واحدهای رسوبی، ناپایدار و بسیار حساس در برابر عوامل تخریب و با شوری بسیار زیاد. (ارگ دانه ریز- نهشته‌های بادی- آبرفت ریز دانه)

جدول ۵- طبقه بندی شدت بیابان‌زایی فعلی

کلاس شدت بیابان‌زایی فعلی	طبقه بندی کیفی شدت بیابان‌زایی فعلی	جمع اعداد بدست آمده از ۶ معیار موثر در وضعیت فعلی بیابان‌زایی معیار فرسایش بادی
I	ناچیز و کم	۱۲-۰
II	متوسط	۱۲/۱-۲۴
III	شدید	۲۴/۱-۳۶
IV	بسیار شدید	۳۶/۱-۴۸

جدول ۶- طبقه بندی شدت بیابان‌زایی (عوامل محیطی بالقوه، عوامل انسانی)

کلاس شدت بیابان‌زایی فعلی	طبقه بندی کیفی شدت بیابان‌زایی فعلی	جمع اعداد بدست آمده از چهار شاخص محیطی بالقوه یا انسانی.
I	ناچیز و کم	۰-۸
II	متوسط	۸/۱-۱۶
III	شدید	۱۶/۱-۲۴
IV	بسیار شدید	۲۴/۱-۳۶

جدول ۷- ارزیابی، کلاس بندی و تجزیه و تحلیل معیار فرسایش بادی، عوامل انسانی- محیطی و شدت بیابان‌زایی حاصل از آن در حوزه آبخیز ماهان

ردیف	واحدهای کاری	مساحت (Km ²)	ارزش کمی معیار فرسایش بادی	نوع عامل معیار فرسایش بادی		نوع کاربری	کلاس شدت بیابان‌زایی معیار فرسایش بادی
				انسانی	محیطی		
۱	فرسایش آبراه‌های با تراکم نسبتاً زیاد	۱۲/۸۲	۱۳	۱۸	۲۰/۹	مرتعی	متوسط II
۲	بدلند	۳۷۷/۲۸	۱۴	۱۲۵	۱۹/۸	مرتعی	متوسط II
۳	توده سنگی	۳۱/۹۸	۱۲/۸۵	۶	۱۵/۳	بدون کاربری- مرتعی	متوسط II
۴	توده سنگی و برونزد سنگی	۷/۳۷	۱۳/۲	۶/۱	۱۴/۹	بدون کاربری- مرتعی	متوسط II
۵	برونزد سنگی	۱۶۴/۴	۱۳/۴	۶/۱	۱۳/۹	بدون کاربری- مرتعی	متوسط II
۶	فرسایش آبراه‌های با تراکم متوسط	۱۸/۳۳	۱۴/۹۵	۱۶	۲۳/۱	مرتعی	متوسط II
۷	فرسایش آبراه‌های با تراکم زیاد	۱۵/۵	۱۴/۱	۱۳۵	۲۱/۴	مرتعی	متوسط II
۸	فرسایش آبراه‌های با تراکم خیلی زیاد	۴/۸	۱۴/۲	۹/۵	۱۹/۹	مرتعی	متوسط II
۹	دشت ریگی	۵/۶	۱۳/۷	۱۳	۱۸/۲	مرتعی- بدون کاربری	متوسط II
۱۰	اراضی کشاورزی	۷	۱۴/۹	۲۲	۲۱	کشاورزی	متوسط II
۱۱	فرسایش آبراه‌های با تراکم کم	۴۱/۳	۱۵/۲۵	۱۷۵	۲۳	مرتعی	متوسط II
۱۲	فرسایش آبراه‌های با تراکم زیاد	۱۹۲/۱	۱۶/۳	۱۶۵	۲۳/۹	مرتعی	متوسط II
۱۳	فرسایش آبراه‌های با تراکم خیلی زیاد	۲/۷۳	۱۵/۰۵	۱۰	۲۲/۱	مرتعی	متوسط II
۱۴	فرسایش آبراه‌های با تراکم کم	۶/۵۷	۱۷/۹	۱۶۵	۲۳/۲	مرتعی	متوسط II
۱۵	فرسایش آبراه‌های با تراکم زیاد	۱/۶۵	۱۵/۱	۱۴	۲۳/۱	مرتعی	متوسط II
۱۶	اراضی کشاورزی	۱۷/۹۶	۱۷/۲	۲۲	۱۸/۵	کشاورزی	متوسط II
-	جمع	۹۰۱/۲۹	-	-	-	-	-
-	متوسط وزنی ارزش عددی معیار فرسایش بادی، عوامل محیطی و انسانی و شدت بیابان‌زایی حاصل از آن	-	۱۴/۴۹	۱۲/۵۳	۱۹/۶۶	-	-

کننده‌های دانست که توانسته شدت اثر فرسایش بادی را کاهش دهد. در نتیجه این امر، معیارهای دیگر از جمله (فرسایش آبی و تخریب منابع آب) به دلیل عدم اجرای مدیریت صحیح آنها و نیز عدم وجود اقدامات قابل توجه جهت کنترل آنها، توانسته‌اند شدت عمل بیشتری را از خود نشان داده و به عنوان فرایندهای مهمتری در ایجاد شرایط بیابان‌زایی مطرح شوند.

پاورقی

1- Medalus

منابع مورد استفاده

- ۱- احمدی، حسن، ۱۳۷۷؛ ژئومورفولوژی کاربردی، جلد ۲، بیابان- فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۲- اختصاصی، محمد رضا و سعید مهاجر، ۱۳۷۴؛ روش طبقه بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران.
- ۳- اختصاصی، محمد رضا، ۱۳۷۹؛ تحلیلی بر عوامل (پارامترهای) مختلف ارزیابی فرآیند فرسایش بادی جهت تعیین شدت بیابان‌زایی به روش فائو- یونپ، سمینار دکتری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- ۴- جعفری، رضا، ۱۳۸۰؛ ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی با تحلیل و بررسی روش های FAO/UNEP و ICD در منطقه کاشان (فرسایش بادی و تخریب منابع

- ۵- خسروی، حسن، ۱۳۸۱؛ کاربرد مدل مدالوس در بررسی بیابان‌زایی کاشان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- ۶- رفاهی، حسینقلی، ۱۳۸۰؛ فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۷- مشکوه، محمد علی، ۱۳۷۷؛ ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی، ترجمه، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- ۸- همتی، نعمت الله، ۱۳۸۰؛ بررسی و تحلیل عوامل مؤثر در شدت بیابان‌زایی و ارائه مدل منطقه‌ای در حوزه آبخیز نعمت‌آباد، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.
- 9-FAO/UNEP/UNESCO/W/10.,1977; World map of desertification at a scale of 1:25000000
- 10-Yassoglu, N, .1995; Land and desertification» a Fanrichi, R. Peter, D.Balabanis» P.and Rubio, JI,eds.Desertification in the European context. Physical and Socioeconomic aspects. Europeans commission Eunp/415 EN.
- 11- Ladisa G, Todorovic M, Trisorio- Liuzzi G,2002; Characterization of area sensitive to desertification in southern Italy, proc. Of the 2nd.Conf.On New Trend in Water and Environmental Engineering for Safety and Life.Eco-Compatible Solution for Aquatic Environmental, Capri, Italy.