ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی با استفاده از مدل مدالوس تغییر یافته در منطقه فخرآباد- مهریز (یزد)

حسن احمدی*[۱]، محمدرضا اختصاصی[۲]، علی گلکاریان[۳]، الهام ابریشم[۴]

[۱] استاد گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

[۲] استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد، ایران

[۳] کارشناس‌ارشد آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

[۴] کارشناس‌ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۸۳/۹/۲۹، تاریخ تصویب: ۸۴/۱۱/۱۵)

چکیده

برای ارزیابی و تهیه نقشه وضعیت بیابان‌زایی، مدل‌های مختلفی ارائه شده است. در این تحقیق با استفاده از روش مدالوس تغییر یافته (۳) وضعیت فعلی بیابان‌زایی (با تاکید بر فرسایش بادی) در منطقه فخرآباد- مهریز بررسی شد. بدین منظور، امتیازدهی به چهار شاخص بیابان‌زایی معرفی شده در این مدل امتیاز داده شده و لایه‌های اطلاعاتی مربوط به‌این شاخص‌ها تهیه شد. این لایه‌ها عبارتند از: ۱- لایه اطلاعاتی مدل فرسایش بادی IRIFR، این لایه از سه کلاس، شدید (۲۷۹۵۸ هکتار)، متوسط (۲۸۶۲۸ هکتار) و کم (۳۳۳۳۰ هکتار) تشکیل شده است؛ ۲- لایه اطلاعاتی تعداد روزهای با شاخص توفانی گرد و خاک (DSI)، این لایه اطلاعاتی از دوکلاس کم (۸۲۳۵۴ هکتار) و متوسط (۷۵۴۵ هکتار) تشکیل شده است؛ ۳- لایه اطلاعاتی درصد تراکم پوشش غیرزنده در سطح خاک (MC)، این لایه اطلاعاتی از سه کلاس، شدید (۲۶۳۳۱هکتار)، متوسط (۳۱۴۱۲ هکتار) و کم (۳۲۱۶۵ هکتار) تشکیل شده است؛ ۴- لایه اطلاعاتی مقاومت فشاری خاک، این لایه اطلاعاتی نیز از سه کلاس، زیاد (۷۵۶۵ هکتار)، متوسط (۴۹۰۲۴ هکتار) و کم (۳۳۳۲۷ هکتار) تشکیل شده است. در نهایت میانگین هندسی ارزش‌های ۴ لایه اطلاعاتی مذکور محاسبه شد و با کلاسه‌بندی نقشه حاصله، نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه به‌دست آمد. نتایج حاصل از این ارزیابی را می‌توان به‌این ترتیب بیان کرد: از کل منطقه مورد مطالعه (۸۹۹۱۶ هکتار)، ۴۴۶۴۰ هکتار (۴۹/۵۴٪) در کلاس شدت بیابان‌زایی کم، ۳۷۶۴۸ هکتار (۴۱/۷۶٪) در کلاس شدت بیابان‌زایی متوسط و ۷۶۲۸ هکتار (۸/۳۸٪) در کلاس شدت بیابان‌زایی شدید قرار می‌گیرد.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زایی، روش FAO-UNEP، روش ICD، روش مدالوس تغییر یافته، شاخص DSI، مدل فرسایش IRIFR، فرایند بیابان‌زایی.

* نویسنده مسئول: تلفن: فاکس: E-mail:ahmadi@chamran.ut.ac.ir

مقدمه

منطقه مورد مطالعه با وسعت ۸۹۹۱۶ هکتار در ۲۵ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان یزد و در عرض جغرافیایی ۴۶ ۴۲ ۳۱ و ۵۵ ۲۵ ۳۱ و طول جغرافیایی ۱۵ ۳۳ ۵۴ و ۰۲ ۰۳ ۵۴ واقع شده است. حوزه فخر آباد مهریز بخشی از حوزه بزرگ دشت یزد- اردکان است. این منطقه از لحاظ تقسیم‌بندی سیاسی- اداری کشور بخشی از شهرستان یزد است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی حوزه مورد مطالعه را در استان یزد نشان می‌دهد.

پس از بررسی روش‌های FAO-UNEP (۵، ۱۰ و ۱۱)، ICD[1] (۴ و۶) و مدالوس تغییر یافته[2] (۳)، روش مدالوس تغییر یافته برای ارزیابی و تهیه نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی (با تاکید بر فرسایش بادی) در منطقه فخرآباد مهریز انتخاب شد.

با اینکه روش FAO-UNEP، یکی از مناسب‌ترین روش‌های ارزیابی شدت بیابان‌زایی است که تاکنون درجهان ارائه شده، اما معایبی دارد که موجب می‌شود، این روش در خیلی از کشورها به‌ویژه در ایران، چندان قابل استفاده نباشد. از معایب این روش می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱- برای ارزیابی فرایندهای بیابان‌زایی موجود در این روش، در کشورهای مختلف اطلاعات کافی وجود ندارد؛

۲- پیچیده بودن روش برای متخصصان اجرایی؛

۳- عدم پذیرفتن قطعی آن در کشورهای مختلف؛

۴- عدم انطباق فرایندهای اصلی و فرعی آن با خصوصیات بخشی و محلی؛

۵- عدم تفکیک بیابان‌های طبیعی (محیطی) و انسانی.

۶- نادیده گرفتن شرایط خاص بیوم‌های منطقه خاورمیانه از جمله‌ایران.

در روش ICD وضعیت فعلی بیابان‌زایی، از جمع امتیازهای عوامل انسانی، محیطی و شاخص‌های بیابان‌زایی حاصل می‌شود. این روش نیز اشکالاتی دارد که در زیر به برخی از آنها اشاره می‌شود:

۱- ارزیابی و ارزش‌دهی به برخی از عوامل به صورت کاملاً کیفی انجام شده، که دقت امتیازدهی را کاهش می‌دهد؛

۲- دامنه امتیازهای عوامل موجود در این روش زیاد است، این مسئله سبب اختلاف نظر کارشناسان در هنگام ارزش‌دهی به‌این عوامل می‌شود؛

۳- مشکل دیگر این مدل، دو برابر کردن امتیاز عوامل محیطی در مناطق عاری از پوشش گیاهی، جایی که امتیاز عوامل انسانی صفر است، است. این مسئله موجب می‌شود در این مناطق، تاثیر عوامل طبیعی در بیابان‌زایی و همین‌طور شدت بیابان‌زایی دو برابر برآورد شود.

یکی از مدل‌هایی که تا کنون برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی ارائه شده، روش مدالوس[3] است (۷ و ۸). این روش در بیشتر کشورهای اروپایی و بعضی کشورهای خاورمیانه انجام شده و نتایج مثبتی نیز داشته است. در روش مدالوس چهار معیار کلیدی ارزیابی می‌شود:

۱- کیفیت خاک، ۲- کیفیت اقلیم، ۳- کیفیت پوشش گیاهی و ۴- کیفیت مدیریت.

هر معیار نیز شاخص‌هایی دارد که در واقع لایه‌های آن معیار را تشکیل می‌دهند. لایه‌های مذکور در رابطه با تاثیرشان در بیابان‌زایی، امتیازی بین ۱ تا ۳ دریافت می‌کنند. به‌طوری‌که امتیاز ۱ به بهترین کیفیت (عدم تاثیر در بیابان‌زایی) و امتیاز ۳ به بدترین کیفیت (به عنوان تاثیر بسیار شدید در بیابان‌زایی) داده می‌شود. شاخص‌های مربوط به هر معیار در فرمول‌های محاسباتی آن آورده شده است.

(مواد مادری × زهکشی × شیب)= معیار کیفیت خاک

(پوشش سنگی × بافت خاک × عمق خاک × $^{1/6}$

شاخص خشکی × جهت)= معیار کیفیت اقلیم

(بارندگی × $^{1/3}$

× پوشش گیاهی)= معیار کیفیت پوشش گیاهی

× محافظت در برابر فرسایش × تداوم خشکسالی

۱ - Iranian Classification of Desertification.

۲ - Modified Mediterranean Desertification And Land Use.

۱- Mediterranean Desertification And Land Use.

$^{1/4}$(خطر آتش‌سوزی
سیاست‌های اجرایی)= معیار کیفیت مدیریت
$^{1/2}$(کاربری اراضی، نوع و شدت نحوه استفاده از زمین ×

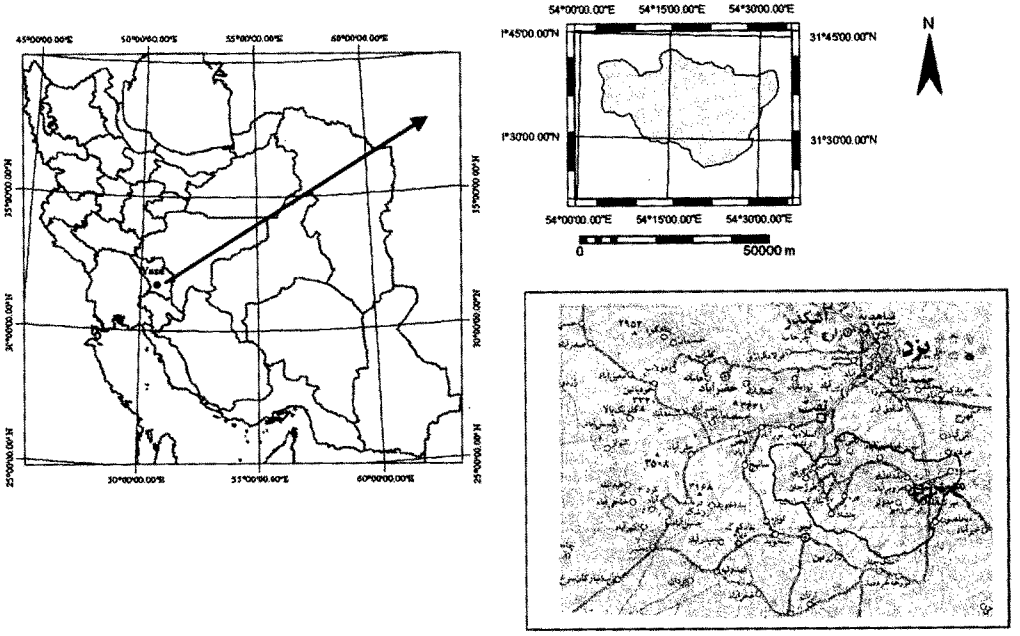
در نهایت نقشه مناطق حساس به بیابان‌زایی از میانگین هندسی معیارهای کیفیت مذکور، بر اساس فرمول زیر به‌دست می‌آید.

معیار کیفیت مدیریت)= نقشه مناطق حساس به بیابان‌زایی
× معیارکیفیت خاک × معیار کیفیت پوشش گیاهی
$^{1/4}$(معیار کیفیت اقلیم

شایان ذکر است که‌این معیارها و شاخص‌ها با توجه به شرایط مناطق مدیترانه‌ای تعریف شده‌اند و برای استفاده از این مدل در سایر مناطق باید معیارهای کلیدی و مناسب برای منطقه مورد نظر، تعریف شود. با توجه به‌اینکه در منطقه مورد مطالعه ارزیابی شدت بیابان‌زایی با تاکید بر فرایند فرسایش بادی مد نظر است، چهار شاخص موثر در فرایند فرسایش بادی جایگزین شاخص‌های موجود در روش مدالوس شد.

در این تحقیق چون از متدولوژی مدالوس که همانا تهیه یک لایه اطلاعاتی برای هر شاخص و سپس گرفتن میانگین هندسی از کلیه لایه‌های مذکور و در نهایت کلاس‌بندی نقشه نهایی است استفاده شده، نام مدالوس در نام تحقیق گنجانده شده است. از طرف دیگر همان‌گونه که در مدل نیز پیش‌بینی شده، چهار شاخص موثر در فرایند فرسایش بادی جایگزین شاخص‌های مدل اصلی شدند. ازاین‌رو کلمه تغییر یافته به مدالوس اضافه شد تا بیانگر تغییر در معیارها و شاخص‌های آن باشد.

با توجه به آنچه گفته شد، روش مدالوس تغییر یافته برای ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی در منطقه مورد مطالعه، مورد استفاده قرار گرفت.



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی حوزه آبخیز فخرآباد- مهریز واقع در استان یزد

مواد و روش‌ها

بیابان‌زایی پدیده‌ای پیچیده است و تحت تاثیر فرایندهای مختلفی ایجاد می‌شود، از آنجا که ارزیابی شدت بیابان‌زایی با بررسی عوامل مربوط به چند فرایند (به‌طور همزمان) موجب تعدیل یا تشدید تاثیر این عوامل می‌شود، بهتر است ارزیابی شدت بیابان‌زایی برای هر فرایند به‌طور مجزا انجام شود. بنابراین در این تحقیق با توجه به‌اینکه فرسایش بادی یکی از موثرترین فرایندها در بیابانی شدن

منطقه است، فقط عواملی که در این فرایند تاثیرگذارند، ارزیابی و ارزش‌دهی شدند.

در روش مدالوس تغییر یافته (با تاکید بر فرسایش بادی)، سعی شده، شاخص‌هایی ارزیابی و ارزش‌دهی شوند که با فرایند فرسایش بادی رابطه مستقیم دارند. این شاخص‌ها عبارتند از:

۱- پیدایش رخساره فرسایشی یا امتیاز مدل فرسایش بادی (IRIFR)[1](۲)؛

۲- تراکم پوشش گیاهی[2] (PC) یا تراکم پوشش غیر زنده (سنگریزه بزرگ‌تر از ۲ میلی متر) در سطح خاک[3] (MC)؛

۳- تعداد روزهای با شاخص توفانی گرد و خاک (DSI)[4]؛

۴- مقاومت فشاری خاک (Kg/cm^2) یا اثر ردپا.

برای تعیین شدت بیابان‌زایی، به روش مدالوس تغییر یافته، ابتدا نقشه واحدهای همگن برای هر شاخص به‌طور جداگانه تهیه شد.

۱- برای تهیه لایه اطلاعاتی مدل فرسایش بادی (IRIFR) یا ظهور رخساره فرسایشی، با استفاده از روش ژئومرفولوژی نقشه واحد کاری تهیه شد (این نقشه از تلفیق نقشه زمین‌شناسی، توپوگرافی و رخساره‌های ژئومرفولوژی به‌دست می‌آید) (۲).

امتیازهای مربوط به واحدهای کاری در این لایه اطلاعاتی یا با امتیازدهی به رخساره‌های فرسایش بادی یا با استفاده از مدل فرسایش بادی IRIFR (جدول ۳)، تعیین شد.

(این لایه برای تعیین میزان فرسایش بادی در منطقه، به کار می‌رود).

۲- لایه اطلاعاتی تراکم پوشش غیرزنده (سنگریزه بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) در سطح خاک(MC)، یا لایه تراکم پوشش گیاهی(PC):

برای تهیه‌این لایه اطلاعاتی از نقشه تیپ‌های گیاهی به عنوان نقشه واحدکاری استفاده شد و امتیازدهی به درصد تراکم پوشش غیرزنده (سنگریزه بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) در سطح خاک در هر واحدکاری، بر اساس جدول ۱ انجام گرفت.

۳- برای تهیه لایه اطلاعاتی مقاومت فشاری خاک، همانند لایه اطلاعاتی IRIFR از روش ژئومرفولوژی برای تهیه نقشه واحدکاری استفاده شد و در هر واحدکاری با استفاده از جدول مقاومت فشاری خاک (جدول ۴)، امتیازی برای این شاخص تعیین شد (۹). سپس با استفاده از جدول ۱ امتیاز مربوط به هر واحد برای تهیه لایه مقاومت فشاری خاک تعیین شد.

۴- برای تهیه لایه اطلاعاتی تعداد روزهای با شاخص توفانی گرد و خاک (DSI)، با توجه به محل قرار گرفتن ایستگاه‌های هواشناسی، حوزه مورد مطالعه به زیر حوزه‌هایی که تحت تاثیر این ایستگاه‌ها هستند، تقسیم شده و براساس جدول ۱ ارزش هر زیرحوزه تعیین می‌شود.

اما در منطقه مورد مطالعه به دلیل موجود نبودن ایستگاه‌های سینوپتیک و آمار کافی، از اظهارات مردم در مورد میزان وقوع توفان‌های همراه با گرد و خاک، استفاده شد.

این شاخص را می‌توان به دو شکل به دست آورد:

الف) استفاده از شاخص Days With Dust (روزهای با توفان گرد و خاک) که در فرم‌های مربوط به‌ایستگاه‌های سینوپتیک وجود دارد.

ب) با استفاده از فرمول زیر:

تعداد روزهای با شاخص توفانی گرد و خاک = (تعداد روزهای با دید کمتر از ۲۰۰ متر× ۵) + (تعداد روزهای با دید بین۱۰۰۰ تا۲۰۰ متر) + [(تعداد روزهای با دید بیش از ۱۰۰۰متر)] / ۲۰

نحوه امتیازدهی به چهار شاخص ذکر شده در روش مدالوس تغییر یافته در جدول (۱) آمده است. لایه‌های اطلاعاتی و نقشه شدت بیابان‌زایی منطقه فخرآباد- مهریز، با استفاده از نرم افزار ILWIS تهیه شده است.

از ویژگی‌های مهم این روش، تهیه یک لایه اطلاعاتی به صورت مجزا برای هر شاخص است. بدین ترتیب می‌توان علاوه بر تعیین وضعیت فعلی بیابان‌زایی در هر قسمت از

---

۱ - Iran Research Institute Forest and Range Lands.

۲ - Plant Cover.

۳ - Material Cover

۴ - Dust Storm Index

منطقه، اهمیت هر شاخص را در بخش‌های مختلف منطقه مورد مطالعه ارزیابی کرد.

پس از تهیه لایه‌های اطلاعاتی، میانگین هندسی ارزش لایه‌ها محاسبه می‌شود (ارزش ۴ لایه اطلاعاتی در هم ضرب شده و ریشه چهارم آنها گرفته می‌شود). نقشه حاصل از این عملیات همان نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی است.

تعیین کلاس‌های بیابان‌زایی

در این روش دامنه امتیازدهی برای تعیین کلاس‌های شدت بیابان‌زایی منطبق با دامنه امتیازها در جدول ارزیابی (امتیازدهی) شاخص‌های بیابان‌زایی در روش مدالوس تغییر یافته است. که دلیل آن استفاده از عملیات میانگین هندسی در این روش است. در روش مدالوس تغییر یافته چهار کلاس برای تعیین وضعیت فعلی بیابان‌زایی وجود دارد که نحوه طبقه‌بندی آن در جدول ۲ آمده است.

نتایج

ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی (با تاکید بر فرایند فرسایش بادی) با استفاده از مدل مدالوس تغییر یافته در منطقه فخرآباد- مهریز انجام شد. پس از امتیازدهی به هر یک از ۴ شاخص معرفی شده در این مدل، لایه اطلاعاتی مربوط به‌این شاخص‌ها تهیه شد. این لایه‌های اطلاعاتی در شکل ۲ تا ۵ نشان داده شده اند. قابل ذکر است که اعداد نوشته شده در هر واحد همگن از لایه‌های اطلاعاتی، نشان‌دهنده امتیازی است که با توجه به جدول ۱، به آن واحد تعلق گرفته است. در منطقه مورد مطالعه وضعیت لایه‌های اطلاعاتی به قرار زیر است:

۱- لایه اطلاعاتی مدل فرسایش بادی IRIFR، این لایه از سه کلاس، شدید (۲۷۹۵۸ هکتار)، متوسط (۲۸۶۲۸ هکتار) و کم (۳۳۳۳۰ هکتار) تشکیل شده است (شکل ۲).

۲- لایه اطلاعاتی تعداد روزهای با شاخص توفانی گرد و خاک (DSI)، در منطقه مورد مطالعه از سه واحد با امتیازهای ۱۰، ۱۵ و ۴۵ تشکیل شده است:

الف) منطقه بین هرفته و سریزد (واقع در بخش شرقی حوزه مورد مطالعه)، که تعداد روزهای با توفان گرد و خاک در این منطقه بین ۱۰ تا ۲۰ روز در سال در نظر گرفته شده و امتیاز آن در لایه اطلاعاتی DSI، ۴۵ است.

ب) مناطق کوهستانی و پر شیب حوزه که امتیاز شاخص DSI در آنها ۱۰ است.

ج) مابقی حوزه که مناطق دشتی (بخش مرکزی حوزه مورد مطالعه)، را شامل می‌شود و امتیاز شاخص DSI در این بخش ۱۵ است.

با توجه به دامنه امتیازها در جدول امتیازدهی مدالوس تغییر یافته (جدول ۱)، این لایه اطلاعاتی در دو کلاس کم (۸۲۳۵۴ هکتار) و متوسط (۷۵۴۵ هکتار) قرار می‌گیرد (شکل ۳).

۳- لایه اطلاعاتی درصد تراکم پوشش غیرزنده (سنگریزه بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) در سطح خاک (MC)، این لایه اطلاعاتی از سه کلاس، شدید (۲۶۳۳۱هکتار)، متوسط (۳۱۴۱۲ هکتار) و کم (۳۲۱۶۵ هکتار) تشکیل شده است (شکل ۴).

۴- لایه اطلاعاتی مقاومت فشاری خاک یا اثر ردپا، این لایه اطلاعاتی از سه کلاس شدید (۷۵۶۵ هکتار)، متوسط (۴۹۰۲۴ هکتار) و کم (۳۳۳۲۷ هکتار) تشکیل شده است (شکل ۵).

برای تهیه نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی منطقه مورد مطالعه، میانگین هندسی ارزش‌های چهار لایه اطلاعاتی مذکور، محاسبه شد، سپس با کلاس‌بندی کردن نقشه حاصل براساس جدول ۲، نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی به‌دست آمد (شکل ۶).

با توجه به نقشه شدت بیابان‌زایی به‌دست آمده، منطقه مورد مطالعه از نظر شدت بیابان‌زایی (فرسایش بادی) در سه کلاس کم، متوسط و شدید قرار می‌گیرد.

مساحت کل منطقه مورد مطالعه ۸۹۹۱۶ هکتار است که ۴۴۶۴۰ هکتار از آن (۵۴/ ۴۹ درصد)، در کلاس شدت بیابان‌زایی کم، ۳۷۶۴۸ هکتار از آن (۴۱/۷۶ درصد)، در کلاس شدت بیابان‌زایی متوسط و ۷۶۲۸ هکتار از آن (۸/۳۷ درصد)، در کلاس شدت بیابان‌زایی شدید قرار می‌گیرد.

بحث و نتیجه گیری

با توجه به نقشه شدت بیابان‌زایی حاصل از روش مدالوس تغییر یافته، مشخص می‌شود که بخش کوچکی از منطقه مورد مطالعه که در شرق حوزه واقع شده، از لحاظ شدت

بیابان‌زایی در کلاس شدید قرار می‌گیرد. در این منطقه آثار فرسایش بادی کاملاً مشهود است. مابقی منطقه مورد مطالعه به‌طور تقریباً مساوی در کلاس کم و متوسط قرار می‌گیرند. مناطق کوهستانی و پر شیب حوزه مورد مطالعه در کلاس شدت بیابان‌زایی کم و مناطق دشتی (در مرکز حوزه) در کلاس شدت بیابان‌زایی متوسط قرار می‌گیرند. این اختلاف در مناطق دشتی و کوهستانی به دلیل اختلاف سرعت و فراوانی باد، متفاوت بودن توپوگرافی، نوع کاربری و سازندهای زمین‌شناسی در این دو بخش است.

شاخص DSI در مناطق شرقی نسبت به سایر بخش‌های حوزه، امتیاز بالاتری دارد. این مسئله نشان‌دهنده وجود توفان‌های گرد و خاک و فرسایش بادی بیشتر در این منطقه است. در مناطق دشتی (در مرکز حوزه)، مهم‌ترین عاملی که موجب می‌شود، امتیاز DSI نسبت به مناطق شرقی حوزه کمتر باشد، وجود پوشش سنگریزه با تراکم مناسب در سطح خاک است.

منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیم جزء مناطق نیمه‌خشک و از لحاظ بارندگی بسیار فقیر است. اقلیم و بارندگی نامناسب، از تشکیل و تحول خاک و استقرار پوشش گیاهی مناسب در این منطقه جلوگیری می‌کند. تمام این عوامل به تشدید فرسایش بادی و افزایش پدیده بیابان‌زایی کمک می‌کنند.

نکته قابل توجه‌اینکه، در مدل‌های مربوط به فرسایش و رسوبات آبی، می‌توان با مقایسه آمار مشاهده‌ای و نتایج حاصل از این مدل‌ها، صحت نتایج را تعیین کرد، اما در مورد ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی، چنین آمار مشاهده‌ای وجود ندارد و تنها راه ارزیابی نتایج حاصل از مدل‌های ارزیابی وضعیت بیابان‌زایی، مقایسه آنها با شرایط حاکم در منطقه مورد مطالعه است. بر این اساس نتایج حاصل از مدل مدالوس تغییر یافته در حوزه فخرآباد-مهریز با شرایط موجود در منطقه تطابق مناسبی دارد.

از مزایای روش مدالوس تغییر یافته می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

۱) ارزیابی و ارزش‌دهی به هر یک از شاخص‌ها براساس نقشه واحدکاری مربوط انجام می‌گیرد و لایه اطلاعاتی مربوط به آنها تهیه می‌شود. این مسئله امکان ارزیابی هر یک از شاخص‌ها را به‌طور جداگانه فراهم می‌سازد. بدین ترتیب می‌توان، مهم‌ترین عاملی را که در کل منطقه مورد مطالعه یا در هر بخش از آن موجب بیابان‌زایی می‌شود، شناسایی و مناطقی را که نسبت به آن عامل حساسیت بیشتری دارند، مشخص کرد؛

۲) ارزیابی شدت بیابان‌زایی، با تاکید بر یک فرایند بیابان‌زایی (فرسایش بادی) صورت می‌گیرد؛

۳) روش مدالوس تغییر یافته روشی ساده، کاربردی و در عین حال دقیق است؛

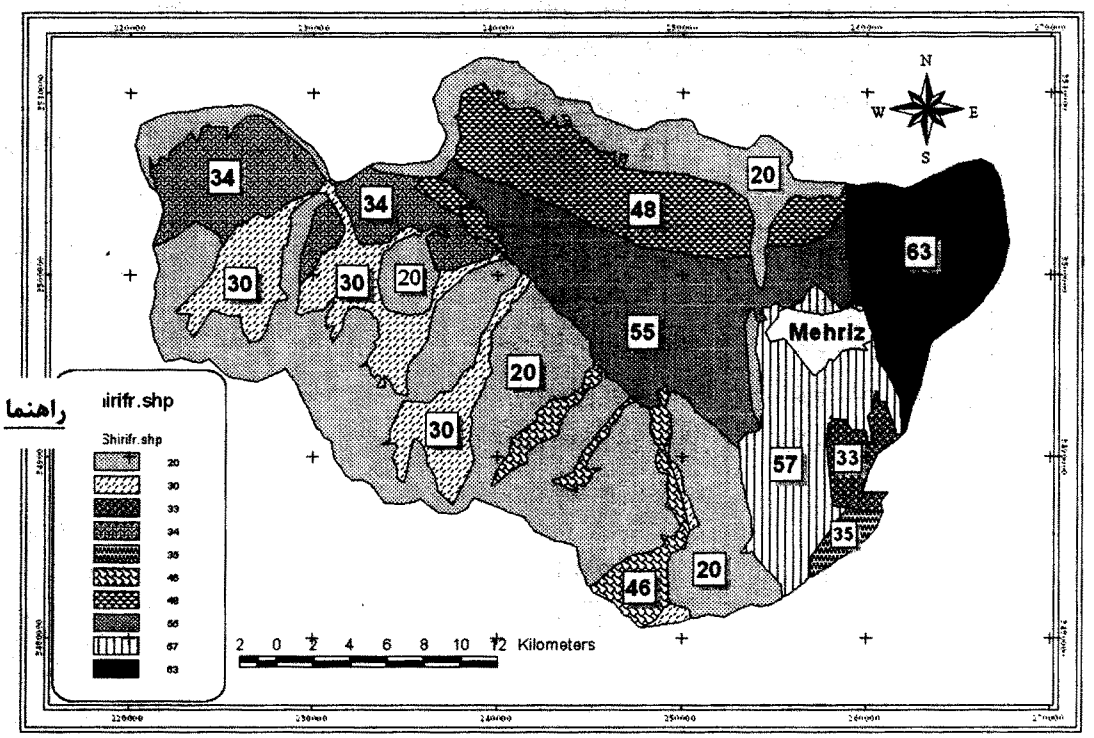
۴) در روش مدالوس تغییر یافته به کمک سیستم اطلاعات جغرافیایی، از تمام لایه‌های اطلاعاتی میانگین هندسی گرفته می‌شود. برتری میانگین هندسی بر جمع امتیاز عوامل مورد بررسی این است که در میانگین هندسی، تعداد شاخص‌هایی که مورد بررسی و امتیازدهی قرار می‌گیرند، در محدوده امتیازهای طبقه‌بندی نهایی (جدول کلاسه‌بندی نهایی وضعیت بیابان‌زایی)، تاثیری نمی‌گذارند، بدین ترتیب با حذف یا اضافه شدن یک یا چند شاخص در مناطق مطالعاتی متفاوت، نیازی به تغییر دامنه امتیازها در جدول طبقه‌بندی نهایی نیست.

جدول ۱- معرفی شاخص‌های مربوط به معیار فرسایش بادی جهت ارزیابی وضعیت فعلی بیابان‌زایی به روش مدالوس تغییر یافته (اختصاصی- احمدی) (۱و ۳)

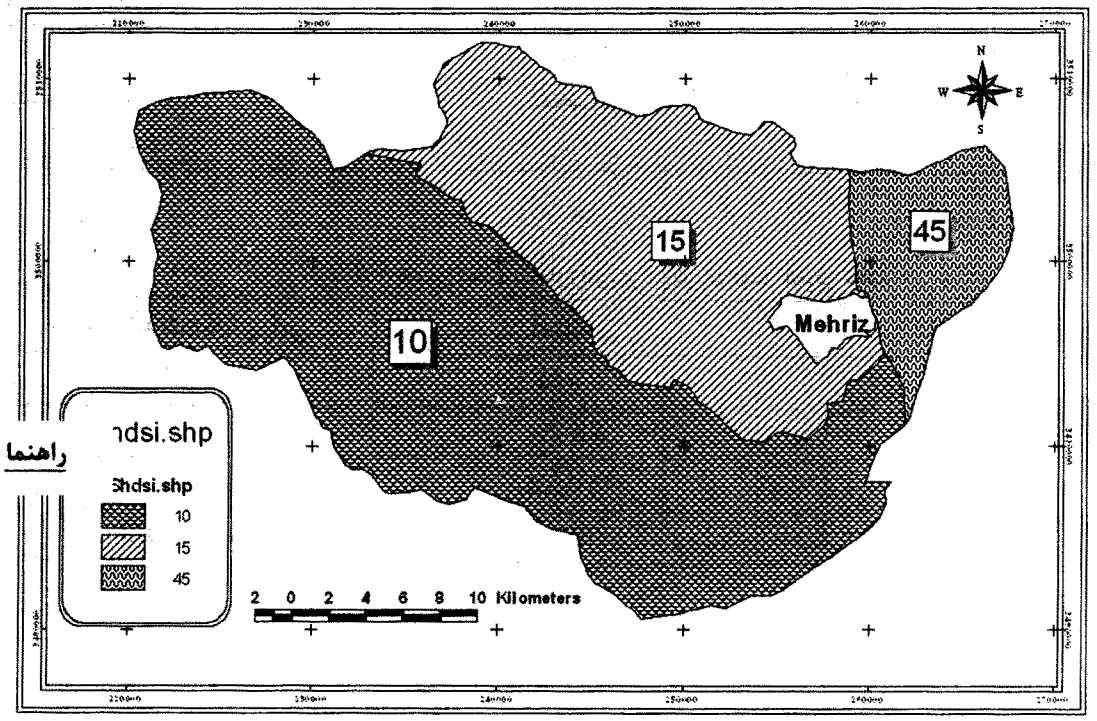
نوع شاخص	وضعیت بالفعل بیابان‌زایی و دامنه امتیاز دهی			
	کم (آرام) ۲۰-۰	متوسط ۵۰ – ۲۵	شدید ۷۵- ۵۰	خیلی شدید ۱۰۰ -۷۵
- پیدایش رخساره فرسایشی	- بدون آثار و اشکال فرسایش بادی و آشفتگی خاک در طول سال	- دارای آثار باد بردگی در سطح خاک - وجود آثار شلجمی‌شکل در سطح خاک - تشکیل سنگفرش بیابانی متراکم	وجود داشتن: - پهنه ماسه‌ای - کلوتک پراکنده - سطوح شلجمی‌متراکم - تشکیل سنگفرش کم تراکم	وجود داشتن: - تپه‌های ماسه‌ای فعال - کلوتکهای فشرده
- امتیاز مدل فرسایش بادی اریفر IRIFR	IRIFR<۲۵	۲۵<IRIFR<۵۰	۵۰<IRIFR<۸۰	IRIFR >۸۰
- تراکم پوشش غیر زنده (سنگریزه بزرگ‌تر از ۲ میلی‌متر) درسطح خاک MC	MC > ۸۰	۴۰ < MC < ۸۰	۲۰< MC < ۴۰	MC < ۲۰
- پوشش گیاهی PC	PC > ۴۰	۲۰ < PC < ۴۰	۱۰ < PC < ۲۰	PC < ۱۰
تعداد روزهای با شاخص توفانی گرد و خاک(DSI)	<۱۰	۱۰-۳۰	۳۰-۶۰	>۶۰
مقاومت فشاری خاک (Kg/cm^2) و یا اثر ردپا	>۴ نامحسوس	۴-۲ محسوس	۲-۱ مشخص	<۱ کاملاً مشخص و واضح

جدول ۲-کلاس شدت بیابان‌زایی در روش مدالوس تغییر یافته

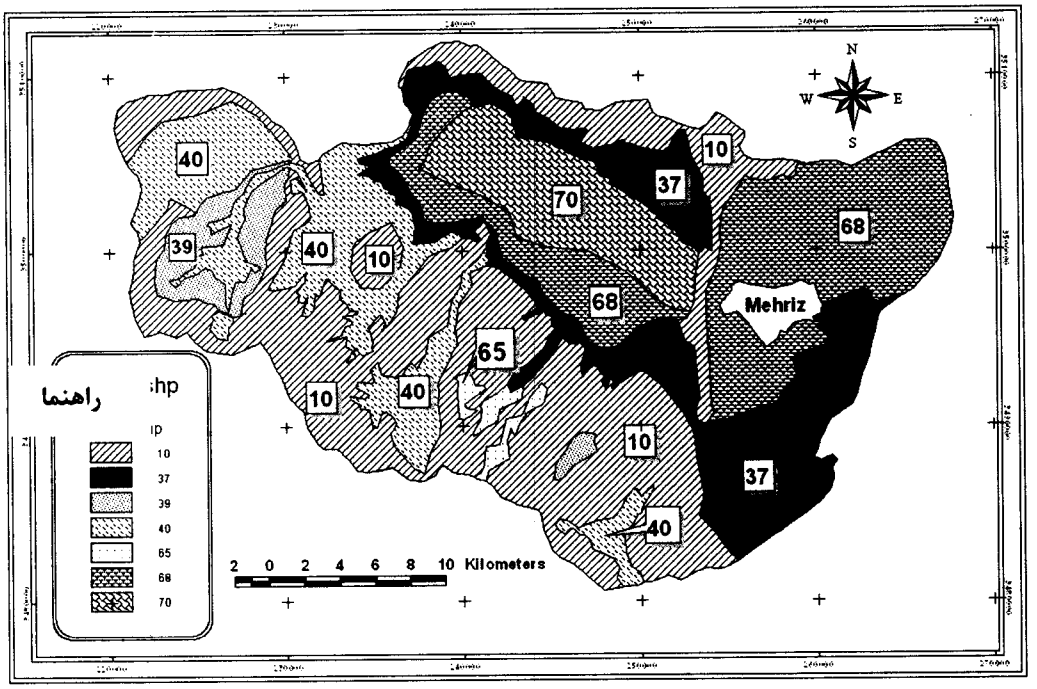
کلاس شدت بیابان‌زایی	امتیاز	علامت
کم	۲۵-۰	I
متوسط	۵۰-۲۵	II
شدید	۷۵-۵۰	III
خیلی شدید	۱۰۰-۷۵	IV



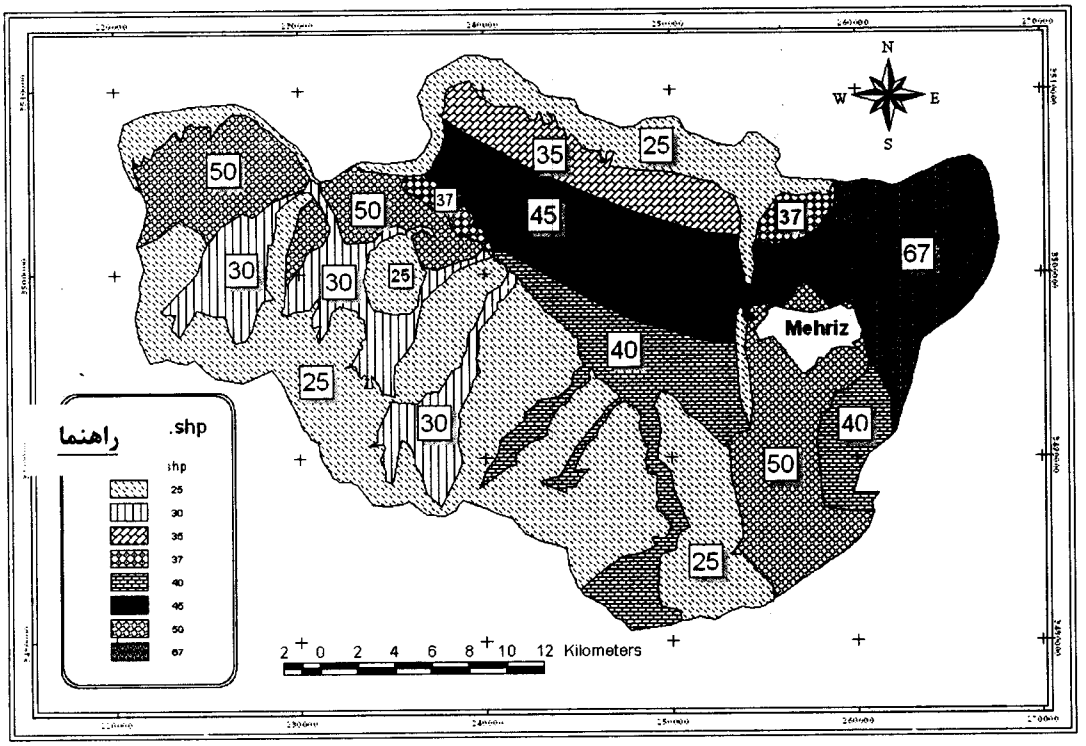
*شکل ۲- لایه اطلاعاتی مدل فرسایش بادی IRIFR (حوزه فخرآباد-مهریز)



* شکل ۳- لایه اطلاعاتی DSI (Dust Storm Index) (حوزه فخرآباد- مهریز)

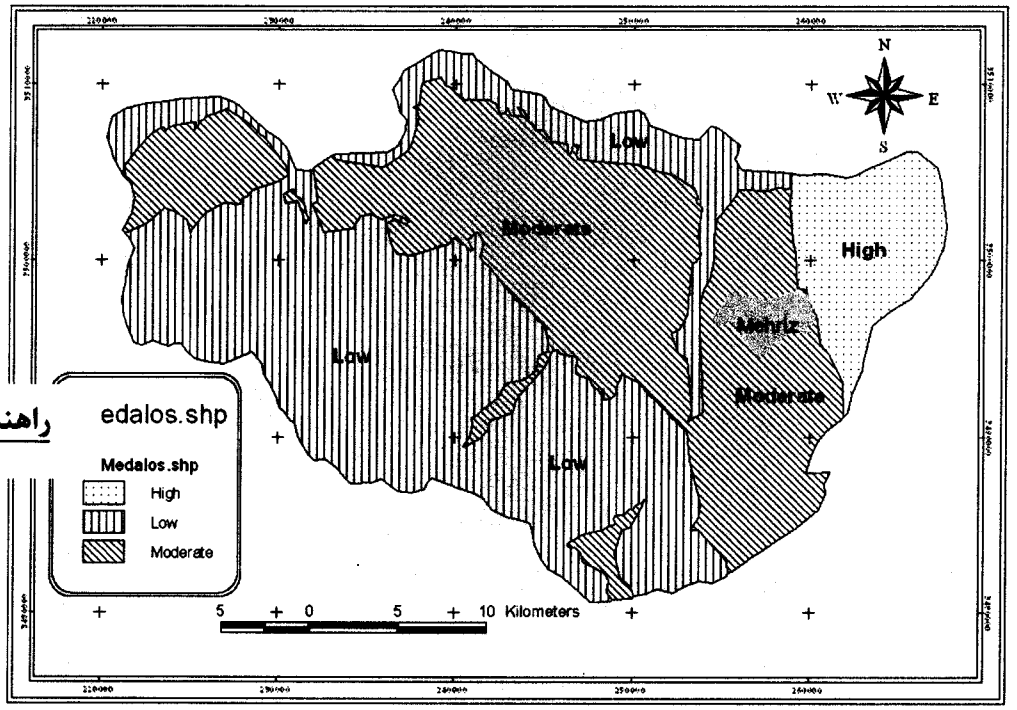


*شکل ۴- لایه اطلاعاتی درصد تراکم مواد غیرزنده در سطح خاک، MC (Material Cover) (حوزه فخرآباد-مهریز)



*شکل ۵- لایه اطلاعاتی مقاومت فشاری خاک (حوزه فخرآباد-مهریز)

× اعداد نشان داده شده در نقشه‌های بالا، ارزش لایه‌های اطلاعاتی است که با توجه به جدول ۱ به هر واحد تعلق گرفته است.



شکل ۶- نقشه وضعیت فعلی بیابان‌زایی به روش مدالوس تغییریافته با تاکید بر فرایند فرسایش بادی (حوزه فخرآباد – مهریز)

جدول ۳- نحوه امتیازبندی عوامل موثر در برآورد رسوب فرسایش بادی به روش تجربی IRIFR)۲)

عامل مورد بررسی و امتیازها	چگونگی امتیازدهی	دامنه امتیاز
سرعت و وضعیت باد ۰-۲۰	- سرعت متوسط باد درکلیه ماه‌های سال کمتر از ۴/۵ متر برثانیه در ارتفاع ۱۰ متر - بادهای شدید فاقد گرد وخاک وغبار محلی	۰-۵
	- سرعت متوسط باد در کلیه ماه‌های سال بین ۵-۴/۵ متر برثانیه - بادهای شدید به‌طور معمول فاقد گرد وخاک ولی غبار زاست	۵-۱۰
	- سرعت متوسط باد لااقل دریک ماه از سال بیش از ۵ متر برثانیه - وقوع حداقل یک توفان گرد وخاک در سال	۱۰-۱۵
	- سرعت متوسط باد لااقل دریک ماه از سال بیش از ۵/۵ متر برثانیه - بادهای تند همواره به صورت توفان گرد وخاک وغبار زاست	۱۵-۲۰
عامل خاک وپوشش سطح آن ۱۵تا ۵-	- سطح خاک پوشیده از سنگریزه درشت با تراکم بیش از ۸۰ درصد - سطح خاک کاملاً رسی ویا سیمانی شده به وسیله نمک‌ها (سطوح کویری سخت)	۰تا ۵-
	- سطح خاک با پوشش سنگفرشی متوسط تا ریز با تراکم ۷۰-۴۰ درصد - سطح خاک نسبتاً سخت شده به وسیله سیمان رس یا نمک	۰-۵
	- سنگریزه‌های سطح خاک محدود وبا تراکم کمتر از ۴۰ درصد - بافت خاک شنی رسی با چسبندگی متوسط تاکم	۵-۱۰
	- سطح خاک فاقد سنگریزه ، بافت خاک لومی‌تا ماسه‌ای با ساختمان دانه‌ای وفاقد چسبندگی ،خاک سیلتی	۱۰-۱۵

ادامه جدول ۳- نحوه امتیازبندی عوامل موثر در برآورد رسوب فرسایش بادی به روش تجربی (IRIFR ۲)

عامل مورد بررسی و امتیازها	چگونگی امتیازدهی	دامنه امتیاز
انبوهی پوشش گیاهی ۱۵تا ۵-	- انبوهی تاج پوشش گیاهی موثر سطح خاک بیش از ۴۰ درصد با توزیع مناسب و یکنواخت	۰تا ۵-
	- انبوهی تاج پوشش گیاهی موثر سطح خاک ۲۶-۴۰ درصد با توزیع یکنواخت تا غیر یکنواخت	۰-۵
	- انبوهی تاج پوشش گیاهی موثر ۶-۲۵ درصد با توزیع یکنواخت یا نواری عمود بر باد اصلی	۵-۱۰
	- انبوهی تاج پوشش گیاهی کمتر از ۵ درصد با توزیع یکنواخت تا غیر یکنواخت	۱۰-۱۵
سنگ‌شناسی ۱۰-۰	- سنگ‌های آذرین سخت با بافت یکنواخت - کوارتزیت - آهک توده‌ای - گرانیت	۰-۱
	- سنگ‌ها با بافت دانه‌ای وسست - آبرفت درشت دانه — واریزه - رگ درشت دانه	۳-۵
	- مارن — رس - آبرفت متوسط دانه — سنگریزه و رگ دانه درشت - شیل وکنگلومرای سست	۵-۷
	- آبرفت ریزدانه — رگ دانه ریز - ماسه ساحلی - نهشته‌های بادی - جلگه رسی	۷-۱۰
آثار فرسایشی سطح خاک ۲۰تا ۵-	- در سطح خاک هیچ گونه آثار فرسایش بادی دیده نمی‌شود	۰تا ۵-
	- ماسه‌های بادی کم ضخامت در پای بوته‌ها به صورت پراکنده ،حمل ماسه بسیار جزئی	۰-۵
	- آثار فرسایش بادی نسبتاً گسترده، پوسته شلجمی،شکل بیرون زدگی ریشه و طوقه گیاه - تراکم ماسه در پای بوته‌ها	۵-۱۰
	- ظواهر فرسایش بادی شدید، شامل کلوت یا یاردانگ، بیرون زدگی ریشه و طوقه گیاهان - تلماسه‌های بادی فعال	۱۰-۱۵
شکل اراضی و پستی و بلندی ۱۰-۰	- منطقه کوهستانی و تخته سنگی با پستی و بلندی زیاد و فاقد دالان‌های هدایت باد	۰-۲
	- منطقه کوهستانی تا تپه ماهوری با دامنه‌های منظم و خاکدار - دره‌های توپوگرافی منطبق با جهت باد	۲-۴
	- سردشت فرسایشی - سردشت اپانداژ - واریزه‌ها با پستی و بلندی متوسط تا هموار - جهت عمومی‌بادها منطبق با شیب زمین	۴-۷
	- دشت‌های نسبتاً هموار با پستی و بلندی محدود کمتر از ۱۰ سانتی متر - شیب عمومی‌زمین منطبق با جهت بادهای اصلی	۷-۱۰

ادامه جدول ۳- نحوه امتیازبندی عوامل موثر در برآورد رسوب فرسایش بادی به روش تجربی IRIFR)۲)

عامل مورد بررسی و امتیازها	چگونگی امتیازدهی	دامنه امتیاز
رطوبت خاک ۱۰-۰	- خاک همیشه مرطوب وتحت تاثیر کامل سفره آب زیرزمینی - کویر مرطوب - منطقه مرطوب	۲-۰
	- خاک سطحی در پاره‌ای اوقات سال تحت تاثیر رطوبت حاشیه کویرها – رودخانه‌های دائمی‌و یا ساحل دریا قرار می‌گیرد	۴-۲
	- خاک سطحی به‌طور موقت تحت تاثیر رطوبت قرار می‌گیرد و به دلیل بافت سبک سریع خشک می‌شود . بستر رودخانه‌های فصلی وموقتی	۷-۴
	- خاک‌های کاملاً خشک با زهکشی سریع و فاقد چسبندگی ناشی از رطوبت	۱۰-۷
نوع وپراکنش نهشته‌های بادی ۱۰تا	- درمنطقه آثارنهشته‌های بادی به صورت تلماسه یا تپه ماسه‌ای دیده نمی‌شود، ولی در مواقعی که باد در سطح زمین می‌وزد ، گرد و خاک ناچیزی مشاهده می‌شود.	۲-۰
	- آثار نهشته‌های بادی دیده نمی‌شود، ولی در پای بوته‌ها آثار کمی از رسوبات بادی مشاهده می‌شود. - هرچند سال گرد و غبار منطقه را فرا می‌گیرد.	۴-۲
	- نهشته‌های بادی اعم از تپه ماسه‌ای فعال و غیرفعال ارگ‌های متوسطی را تشکیل می‌دهد. - تجمع ماسه درپای بوته‌ها، نبکا با ارتفاع ۱ تا۳ متر مشخص است.	۷-۴
	- انواع نهشته‌های ماسه بادی ارگ با مساحت بزرگی را تشکیل داده‌اند. - منطقه حمل وسیع و به شکل سفره‌های ماسه‌ای، نبکا به ۳ تا ۵ متر.	۱۰-۷
مدیریت و استفاده از زمین ۵- تا ۱۵	- اراضی مرتعی یا جنگلی متراکم با مدیریت مناسب بهره برداری - اراضی کشاورزی بدون آیش یا باغات با رعایت بادشکن	۵ -۰-
	- اراضی مرتعی یا جنگلی تنک با بهره برداری بیش از ظرفیت - اراضی کشاورزی با کمتر از سه ماه آیش یا باغی بدون رعایت باد شکن	۵-۰
	- اراضی مرتعی مخروبه با چرای بیش از ظرفیت مجاز دام - اراضی کشاورزی با بیش از سه ماه آیش و فاقد بادشکن	۱۰-۵
	- اراضی لخت و بیابانی بدون پوشش یا پوشش محدود - اراضی زراعی متروکه و شخم خورده	۱۵-۱۰

جدول ۴- مقاومت فشاری خاک (۸)

استحکام	N	شناسایی فوری	چگالی اشباع ($sat^{g/cm3}$)	مقاومت ($u_c^{,kg/cm2}$)
سخت	۳۰<	خراشاندن نمونه با ناخن مشکل است	۲<	۴<
بسیار سفت	۳۰-۱۵	با ناخن شست خراشانده می‌شود	۲/۰۸- ۲/۲۴	۴-۲
سفت	۱۵-۸	با انگشت خراشانده می‌شود	۱/۹۲ -۲/۰۸	۲-۱
متوسط	۸-۴	با فشار زیاد دست تغییر شکل می‌یابد	۱/۷۶-۱/۹۲	۱-۰/۵
نرم	۴-۲	با فشار کم دست تغییر شکل می‌یابد	۱/۶۰-۱/۷۶	۰/۵-۰/۲۵
بسیار نرم	۲>	از بین انگشتان خارج می‌شود	۱/۴۴-۱/۶۰	۰/۲۵-۰-

منابع

۱- ابریشم، الهام السادات، ۱۳۸۳. ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی با تحلیل و بررسی روش‌های MICD-ICD در منطقه فخر آباد مهریز (فرسایش بادی)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران.

۲- احمدی، حسن، ۱۳۷۷. ژئومرفولوژی کاربری، ج ۲، بیابان- فرسایش بادی- انتشارات دانشگاه تهران.

۳- اختصاصی، محمدرضا و حسن احمدی، ۱۳۸۳. متدولوژی طرح تدوین شرح خدمات جامع تعیین معیارها و شاخص‌های ارزیابی بیابان‌زایی در ایران (بخش فرسایش بادی).

۴- اختصاصی، محمد رضا و سعید مهاجری، ۱۳۷۴. روش طبقه‌بندی نوع و شدت بیابان‌زایی اراضی در ایران.

۵- اختصاصی، محمدرضا، ۱۳۷۹. تحلیلی بر عوامل مختلف ارزیابی فرایند فرسایش بادی جهت تعیین شدت بیابان‌زایی به روش فائو- یونپ، سمینار دکتری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران.

۶- چمن پیرا، غلامرضا، ۱۳۸۲. ارزیابی توان بیابانی شدن در جنوب لرستان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران.

۷- خسروی، حسن، ۱۳۸۳. کاربرد مدل مدالوس در بررسی بیابان‌زایی منطقه کاشان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران.

۸- زهتابیان، غلامرضا، ۱۳۸۲. ESAs روشی جدید برای ارزیابی و تهیه نقشه حساسیت مناطق به بیابان‌زایی، مجله بیابان، ج ۸، ش ۱.

۹- معماریان، حسین، ۱۳۷۴. زمین‌شناسی مهندسی و ژئوتکنیک، انتشارات دانشگاه تهران.

۱۰- مشکوه، محمدعلی، ۱۳۷۷. روشی موقت برای ارزیابی و تهیه نقشه بیابان‌زایی، ترجمه، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

11- FAO-UNEP (1984). Provisional Methodology for Assessment and Mapping of Desertification, Rome.

Assessment and Mapping of Desertification Using Modified MEDALUS Model in Fakhrabad-Mehriz (Yazd)

H.Ahmadi*[1], M.R.Ekhtesasi[2], A.Golkarian[3] and E.Abrisham[4]
[1] Professor, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[2] Associate Prof., Faculty of Natural Resources, Yazd University, I. R. Iran
[3] M. Sc. In Watershed Management, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
[4] M. Sc. In De-desertification, Faculty of Natural Resources, University of Tehran, I. R. Iran
(Received: 19 Dec 2004, Accepted: 4 Feb 2006)

Abstract
There have been several models presented for evaluation and provision of the prevailing conditions of desertification. In this research, the ongoing condition of desertification (with emphasis on wind erosion) has been considered. By using the Modified MEDALUS model (Ekhtesasi-Ahmadi 2004), in Fakhrabad of Mehriz region, four indices of desertification were evaluated and related information layers provided. These layers are: 1- Data layer of wind erosion model (IRIFR). This layer includes three classes of: high (27958 ha), moderate (28628 ha) and low (33330 ha). 2- Data layer of DSI index. This layer includes two classes which are low (2354 ha) and moderate (7545 ha). 3- Data layer of soil surface material. This layer includes three classes of: high (26331ha), moderate (31412ha) and low (32165 ha). 4- Data layer of Soil compressive strength. This layer includes three classes which are high (7565 ha), moderate (49024ha), and low (33327 ha). Finally, geometric average values of these layers were calculated. Then, through a classification of this map, the prevailing condition of desertification was determined. The results indicate that the studied region (89916 ha, area) is divided into the three following classes: 1- Low desertification intensity class, of 44640 ha (%49/54) area. 2- Medium desertification intensity class, with an expansion of 37648 ha (%41/76) area. 3- High desertification intensity class, of 7628 ha (%8/38) area.

Keywords: FAO- UNEP model, ICD model, Modified MEDALUS model, DSI index, IRIFR erosion model, Desertification phenomenon.

* Corresponding author: Tel: , Fax: E-mail: ahmadi@chamran.ut.ac.ir