

ارزیابی شدت فرسایش بادی و پتانسیل رسوبدهی آن با استفاده از مدل اریفر (IRIFR1) در منطقه روتک و مک سوخته سراوان

محمدرضا ریگی

رئیس مجتمع آموزش عالی سراوان، عضو هیات علمی دانشکده منابع طبیعی، گروه احیاء و بهره برداری
از مناطق خشک و بیابانی، سراوان، ایران

محسن فراهی^۱

عضو هیات علمی مجتمع آموزش عالی سراوان، دانشکده منابع طبیعی، گروه احیاء و بهره برداری از مناطق خشک و بیابانی،
سراوان، ایران

صابر کلکلی

دانشجوی کارشناسی ارشد بیابانزدایی، مجتمع آموزش عالی سراوان، سراوان، ایران

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۶/۰۴/۲۷ تاریخ صدور پذیرش: ۱۳۹۶/۱۱/۲۴

چکیده

فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه خشک از مهم‌ترین فاکتورهای عدم توسعه محسوب می‌گردد. از این رو شناخت عوامل موثر و پتانسیل فرسایش بادی در یک منطقه، یکی از اقدامات مهم مدیریتی در جهت کنترل و کاهش آثار سوء ناشی از این پدیده می‌باشد. منطقه مورد مطالعه با مساحت ۴۶۶۵۶/۵ هکتار در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۲۸° تا ۲۸° ۱۶' شمالی و طول جغرافیایی ۶۲° تا ۶۲° ۲۹' شرقی، در فاصله ۱۵۰ کیلومتری از مرکز شهرستان سراوان در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. در این تحقیق به منظور تعیین و برآورد پتانسیل فرسایش بادی از روش تجربی IRIFR. 1 و قابلیت‌ها و امکانات نرم افزار Arc GIS 9. 3 استفاده شده است. برای این منظور نقشه‌های توپوگرافی، زمین شناسی محدوده، فایل رقومی ارتفاع منطقه (با قدرت تفکیک ۳۰ متر) و تصاویر ماهواری و همچنین اطلاعات موجود و مرتبط با اهداف تحقیق از آرشیو اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان اخذ و سپس با بازدیدهای مختلف میدانی، ابتدا محدوده کاربرد مدل تعیین و سپس برای رسیدن به دقت بیشتر براساس دستورالعمل ارائه شده توسط دکتر احمدی واحدهای همگن و رخصاره‌ها ژئومورفولوژی در منطقه شناسایی، مشخص و عوامل نه گانه مدل امتیازبندی شد. با توجه به اهمیت فرسایش بادی، در نهایت پتانسیل فرسایش بادی و شدت آن مشخص و براین اساس نقشه شدت فرسایش بادی بدست آمد. نتایج نشان داد که منطقه در کلاس فرسایشی زیاد با ۶۱/۹ درصد و در کلاس خیلی زیاد با ۳۸/۱ درصد قرار دارد و همچنین میزان تولید رسوب سالیانه ۵۳۱۵ تن در کیلومتر مربع در سال می‌باشد. در مجموع هدف نهایی این تحقیق از برآورد میزان تولید رسوب کمک به برنامه‌ریزی‌های بلند مدت جهت جلوگیری از افزایش فرآیند فرسایش خاک و نیز پیشگیری‌های اولیه جهت مبارزه با طوفان‌های شن و سایر مشکلات مربوط به فرسایش خاک می‌باشد.

واژگان کلیدی: فرسایش بادی، پتانسیل رسوبدهی، مدل IRIFR، منطقه روتک و مک سوخته سراوان

مقدمه

رشد فزاینده جمعیت و بهره‌برداری‌های بی‌رویه انسان، تعادل اکولوژیک حاکم بر محیط زیست را به دلیل محدود بودن منابع بر هم زده و مشکلات عدیده‌ای در عرصه‌های طبیعی کشور ایجاد کرده است از عمده‌ترین این مشکلات در بخش منابع طبیعی می‌توان به تخریب پوشش گیاهی مراتع و جنگل‌ها، تغییر کاربری اراضی، بروز سیلاب‌های مخرب و ویرانگر علی‌الخصوص در سطحی شیب‌دار و وقوع طوفان‌های گرد و غبار و بروز پدیده فرسایش بادی اشاره کرد (احمدی، ۱۳۷۸).

عوامل مختلفی از جمله زمین‌شناسی، هیدرولوژی، اقلیم، پوشش گیاهی و خاک باعث شده بخش اعظم مساحت ایران تحت تاثیر اقلیم بیابانی قرار داشته باشد. حداکثر بارندگی سالانه این مناطق ۲۰۰ میلی متر که این عدد در مناطق مرکزی ایران حتی کمتر از ۹۰ میلی متر است. ضریب تغییرات بارندگی این مناطق بیش از ۴۰ میلی متر و ضریب بی‌نظمی بارش بیشتر از ۱۳ میلی متر است هم چنین میزان تبخیر عموماً بیش از ۲۰۰۰ میلی متر و در مناطق مانند یزد و سیستان و بلوچستان این عدد بیش از ۳۰۰۰ میلی متر در سال گزارش شده است (پهلوان‌روی و همکاران، ۱۳۹۰).

در فرهنگ ایرانی، واژه بیابان اصولاً به مناطق خشک و بدون آب و گیاه اطلاق می‌شود. این واژه که از ریشه پهلوی (Viyapan) یعنی جای بی آب (فرهنگ معین) گرفته شده، در فرهنگ عرب به صحرا (Sahara) و در زبان انگلیسی به Desert معروف است. تاکنون تعاریف متعددی از بیابان ارائه شده که در ذیل به تعدادی از آنها اشاره می‌شود: -گوسن (۱۹۵۲)، بیابان را منطقه‌ای دانسته است که متوسط بارندگی ماهیانه آن، کمتر از دو برابر متوسط درجه حرارت ماهیانه، در تمام ایام سال باشد.

- دومارتن (۱۹۵۴)، مناطق با ضریب خشکی کمتر از ۱۰ را بیابان نامیده است.

- سازمان خواربار و کشاورزی سازمان ملل متحد (فائو، ۱۹۵۴)، مناطقی را که دارای متوسط بارندگی سالانه کمتر از ۲۰۰ میلی متر باشد بیابان خوانده است.

در سال ۱۹۲۷ لاوادن برای اولین بار واژه بیابانزایی (Desertification) را به کار برد. پس از آن در سال ۱۹۴۹ یک جنگل دار فرانسوی به نام اوبروایل (Aubrevill) برای بیابان وضعیت بخشی از جنگل‌های استوایی آفریقا که در اثر برداشت بی‌رویه به منظور گسترش اراضی کشاورزی و رها سازی آن به بوته تبدیل شده بود از این واژه استفاده کرد.

بیابان‌ها به وسیله بشر قابل تشخیص هستند اما پدیده بیابان‌زایی همواره دور از ذهن بوده است. سازمان بیابان‌زدایی ملل متحد (Unccd)، بیابان‌زایی را تخریب اراضی در سرزمین‌های خشک (اراضی خشک، نیمه خشک و خشک نیمه مرطوب) تحت تاثیر فاکتورهای زیادی از جمله فعالیت‌های انسانی و تغییرات آب و هوایی معرفی می‌کند. به مجموعه فعالیت‌های که سبب توقف یا کاهش روند بیابان‌زایی شده و یا در جهت احیاء اراضی بیابانی باشد بیابان‌زدایی گویند.

فرسایش بادی عبارت است از کنده شدن، انتقال و رسوب عناصر تشکیل‌دهنده خاک توسط نیروی باد در واقع حاکمیت اقلیم خشک و نیمه خشک، عدم وجود پوشش گیاهی، فقدان پوشش مناسب بر روی سطح خاک، کمبود

مواد آلی، تخریب ساختمان خاک و وزش مداوم باد از عوامل اصلی وقوع فرسایش بادی در یک منطقه به شمار می‌روند.

باد یک عامل فرسایش‌دهنده است که باعث جدا سازی، حمل و رسوب ذرات خاک می‌گردد. تلفات خاک سطحی در محدوده عمیق ریشه، حاصلخیزی را کاهش می‌دهد. همچنین خراشیده شدن گیاهان توسط ذرات حمل شده به وسیله باد باعث کاهش محصول می‌گردد.

منطقه مک سوخته از جمله مناطق باد خیز کشور است. وجود خاک فرسایش پذیر، کمبود بارندگی و رطوبت نسبی جو، فعالیت‌های خارج از ظرفیت انسانی، وقوع سیلاب‌ها، تردد ماشین‌آلات و انجام پروژه‌های غیر اصولی منطقه را بیش از پیش آسیب‌پذیر ساخته است.

اهداف و ضرورت‌ها

وجود علائمی چون لخت شدن یقه گیاهان خودروی منطقه، افزایش مقدار و تعداد روزهای غبار آلود، تجمع و افزایش سنگریزه در سطح خاک در مقایسه با خاک عمیق نشان از برداشت فوق العاده زیاد ذرات ریز دانه از منطقه است. هر چند که در مناطق کوهستانی فرسایش آبی فرساینده‌گی بیشتر نسبت به فرسایش بادی دارد، اما مرفولوژی دشتی و گسترده بودن سطح عمل در فرسایش بادی، تخریب در این مناطق معمولاً مساوی یا بیشتر از فرسایش آبی است دشت مک سوخته روتک از لحاظ بیابانزایی و فرسایش از حادثترین نقاط کشور است تا جایی که فرسایش بادی تنها فرسایش فعال منطقه است بنابراین اندازه‌گیری آن یکی از ضروریات در این منطقه می‌باشد. هدف اصلی این تحقیق برآورد میزان رسوب جهت هماهنگی‌های لازم مبنی بر برنامه ریزی و پیشگیری از افزایش فرآیند فرسایش خاک می‌باشد.

با توجه به موارد فوق لزوم ارزیابی و برآورد پتانسیل فرسایش بادی در منطقه ضروری می‌باشد. برای این منظور از مدل‌های تجربی برآورد فرسایش بادی اریفراستفاده شد که به دلیل سادگی و وقت مناسب، انطباق با شرایط آب و هوایی منطقه و کمی بودن مدل استفاده از آن توصیه می‌شود. این مدل که از نوع تجربی شاخصی می‌باشند که بر اساس پسیاک در فرسایش آبی طراحی گردیده امکان مقایسه فرسایش آبی و بادی را فراهم می‌نمایند. مدل مذکور ۹ عامل موثر در برآورد فرسایش بادی را در بر می‌گیرد که با جمع امتیازهای عوامل ۹ گانه در هر رخساره کلاس فرسایش بادی و پتانسیل رسوب دهی سالانه برآورد می‌شود.

Zhihoo در سال ۲۰۰۰ با مطالعه اثر فرسایش بادی طولانی مدت بر خصوصیات خاک دریافت بسیاری از خصوصیات خاک مانند درصد عناصر خاک و دانسیته آن به مرور زمان در اثر فرسایش تغییر می‌کند همچنین زمین‌های کشاورزی مناطق گرم و خشک به دلیل زیر و رو شدن استعداد بیشتری برای فرسایش بادی دارند و تغییرات ایجاد شده به دلیل فرسایش بادی در آن عامل بیشتر از سایر اراضی است.

گوسینس وگروس در سال ۲۰۰۱ به شباهت‌ها و تفاوت‌های بین حرکت شن و غبار را در هنگام فرسایش بادی در خاک‌های لوم شنی بررسی کردند.

Abtahi و همکاران در سال ۲۰۱۰ پتانسیل فرسایش بادی را به روش اریفر در منطقه نیشابور بررسی و نشان دادند که حدود ۶۱ درصد از منطقه مورد مطالعه فرسایش بادی متوسط و حدود ۱۵ درصد از عرصه مذکور دارای فرسایش با شدت زیاد می‌باشد.

احمدی و همکاران (۱۳۷۹) اقدام به برآورد و مقایسه پتانسیل رسوبدهی فرسایش آبی و بادی در حوزه آب بخشاه کرمان با استفاده از مدل‌های MPSIAC و IRIFR نمودند. که برای برآورد پتانسیل رسوبدهی فرسایش آبی و بادی از روابط ارائه شده بین درجه رسوبدهی و مقدار تولید رسوب برای این مدل‌ها استفاده شده است و نشان داد که فرسایش بادی در منطقه مهمتر از فرسایش آبی بود.

احمدی و همکاران (۱۳۸۲) رابطه بین فرسایش بادی را با ارزش زیستگاه‌های جانوری منطقه سرخس مورد بررسی و مطالعه قرار داد. که برای برآورد فرسایش بادی منطقه از مدل اریفر استفاده گردید. نتایج بدست آمده بیانگر آن است که بین مقدار رسوبات ناشی از فرسایش بادی و ارزش زیستگاه‌های منطقه همبستگی معنی دار و معکوس (-۰.۹۳) وجود دارد.

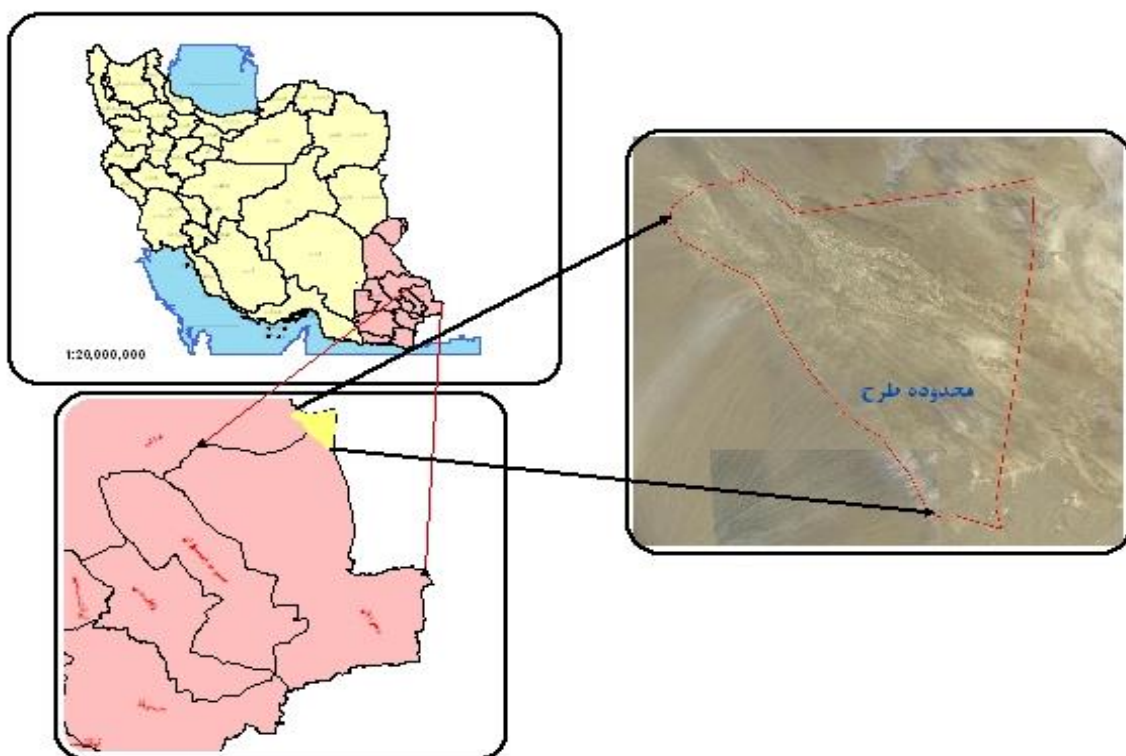
جهاننیده (۱۳۸۴) جهت برآورد فرسایش بادی در منطقه دشتی و دیر استان بوشهر از مدل IRIFR استفاده نمود. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که عواملی مانند گندهای نمکی، بستر رودخانه مند، فعالیت‌های انسانی و چرای دام بیشترین تاثیر را در فرسایش بادی منطقه دارند.

سپهر و همکاران (۱۳۸۴) نقشه شدت فرسایش بادی منطقه فیدویه - گرمشت شهرستان خنج را با استفاده از روش IRIFR و GIS تهیه نمودند. بررسی‌ها نشان داد که بیشترین رسوبات بادی به ترتیب مربوط به سازندهای آغاچاری، میشان، گچساران، بختیاری و آسماری جهرم و تپ‌های دشت سر پوشیده، آپانداژ و دشت سر فرسایشی است. عامری خواه و همکاران (۱۳۸۴) اقدام به پیش بینی فرسایش بادی در اراضی امیدیه با استفاده از مدل‌های IRIFR، RWEQ و WEPS کردند. و نشان دادند که پس از اراضی ماسه‌ای لخت، اراضی کشاورزی بیشترین میزان فرسایش بادی را داراست.

مصباح و همکاران (۱۳۸۴) به منظور بررسی اثر پخش سیلاب بر فرسایش بادی، اراضی شاهد و پخش سیلاب را در دشت گریبایگان فسا با استفاده از مدل اریفر مورد ارزیابی قرار دادند. نتایج نشان‌دهنده رسوبدهی ۲ تا ۳ برابر اراضی شاهد نسبت به عرصه‌های پخش سیلاب می‌باشد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه با مساحت ۴۶۶۵۶/۵ هکتار در محدوده عرض‌های جغرافیایی ۲۸° ۰۰' تا ۲۸° ۱۶' شمالی و طول جغرافیایی ۶۲° ۲۹' تا ۶۲° ۴۷' شرقی، در فاصله ۱۵۰ کیلومتری از مرکز شهرستان سراوان در استان سیستان و بلوچستان واقع شده است. متوسط بارش کمتر از ۴۰ میلی مترو تبخیر سالیانه ۳۷۸۹/۲ میلی متر می‌باشد و ارتفاع منطقه از ۵۳۰ متر در قسمت غرب تا ۴۸۰ متر در بخش شرقی و مجاور با کشور پاکستان متغیر است. محدوده مورد مطالعه با توجه به شیب منطقه در واحد دشت سر قرار داشته که پلایا آن تحت عنوان ماشکل در خاک کشور پاکستان واقع شده است. (سازمان جنگل‌ها و مراتع و آبخیزداری، ۱۳۸۱)



شکل (۱): موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان سیستان و بلوچستان

مدل IRIFR

به دلیل اینکه بخش‌های وسیعی از مناطق خشک و نیمه خشک کشور ایران تحت تاثیر فرسایش بادی است و بعلاوه منطبق نبودن مدل‌های ارائه شده توسط سایر کشورها با شرایط اقلیمی و اداپتیکی کشورمان، در سال ۱۳۷۴ مدل تجربی IRIFR توسط موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ایران با همکاری آقایان دکتر احمدی و اختصاصی تدوین و ارائه گردید. که برای مناطق فاقد آمار رسوب سنجی بادی کاربرد دارد. روش IRIFR در حوزه‌های مختلفی از کشور مورد استفاده قرار گرفته و نشان دادند این روش دقت لازم برای برآورد فرسایش بادی را دارد. (احمدی و اختصاصی، ۱۳۷۵، و احمدی و همکاران، ۱۳۷۶)

در روش IRIFR همانند مدل PSIAC (مدل پسیاک برای برآورد فرسایش و رسوب ناشی از آب در حوزه‌های آبخیز مورد استفاده قرار می‌گیرد). نقش و تاثیر نه عامل مهم و موثر در فرسایش بادی و میزان رسوبدهی ناشی از آن مورد ارزیابی و امتیاز دهی قرار گرفته و بسته به شدت و ضعف هر عامل و تاثیر آن در رسوب زایی، امتیازی به آن نسبت داده می‌شود. مجموع اعداد بدست آمده برای فاکتورهای مختلف نشان‌دهنده شدت فرسایش بادی خواهد بود. این مدل در قالب دو زیر مجموعه 1. IRIFR (مخصوص اراضی غیر زراعی) و 2. IRIFR (مخصوص اراضی زراعی) در قالب پارامترهای تعریف شده‌اند.

روش تجربی اریفر ۱ (IRIFR. 1)

این مدل برای برآورد پتانسیل فرسایش بادی در محدوده اراضی غیر زراعی ارائه شده است. در این مدل برای محاسبه فرسایش بادی ابتدا به کمک نقشه‌های زمین شناسی، شیب، خاک شناسی، تراکم پوشش گیاهی و کاربری

اراضی و پرسشنامه، کوچکترین واحدهای هم پتانسیل فرسایشی (رخساره‌های ژئومورفولوژی) تعیین و سپس ضمن مراجعه به محل تکمیل فرم‌های امتیاز دهی به تعداد حداقل سه نمونه (تکرار) در هر رخساره در نهایت براساس مجموع امتیاز عوامل نه گانه، نقشه شدت رسوبدهی اراضی تعیین می‌گردد. (احمدی و اختصاصی، ۱۳۷۵)

جدول (۱): عوامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب با دامنه امتیازات مربوطه در مدل IRIFR. 1

ردیف	عامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب	دامنه امتیاز
۱	سنگ شناسی	۰-۱۰
۲	شکل اراضی و پستی بلندی	۰-۱۰
۳	سرعت و وضعیت باد	۰-۲۰
۴	خاک و پوشش سطحی	۰-۱۵
۵	انبوهی پوشش گیاهی	۰-۱۵
۶	آثار فرسایش سطح خاک	۰-۲۰
۷	رطوبت خاک	۰-۱۰
۸	نوع و پراکنش نهشته‌های بادی	۰-۱۰
۹	مدیریت و استفاده از زمین	۰-۱۵

منبع: یافته‌های پژوهش

نتایج

محاسبه امتیاز عوامل مدل IRIFR. 1

با تعیین محدوده اراضی غیر زراعی دشت مک سوخته با استفاده از نقشه‌ها، آمار موجود و نتایج آزمایشگاهی، بازدیدهای مختلف میدانی و پرسشنامه عوامل نه گانه مدل اریفرا با استفاده از قابلیت‌ها و امکانات نرم افزار ArcGIS9. 3 برای هر رخساره محاسبه شده است. جداول مربوط به امتیاز دهی به تفکیک هر رخساره در جداول (۱۱) به شرح ذیل می‌باشند.

عامل سنگ شناسی

با توجه به جدول ۲ واحدهای رسوبی و سنگی از ۰-۱۰ امتیاز دهی و در غالب چهار رده شامل حساسیت کم (۰-۳)، حساسیت نسبی متوسط (۳-۵)، حساسیت نسبی زیاد (۵-۷) و حساسیت نسبی خیلی زیاد (۷-۱۰) تقسیم بندی شده است. در این تحقیق با توجه به رخساره‌های ژئومورفولوژی محدوده مک سوخته و جدول زمین شناسی مدل اریفرا امتیاز زمین شناسی تعیین گردید و هرچه جنس زمین سخت تر و مقاومت بیشتری داشته باشد امتیاز آن به ۱۰ نزدیک تر و هرچه زمین حساسیت کمتر به فرسایش داشته باشد به صفر نزدیک تر می‌باشد.

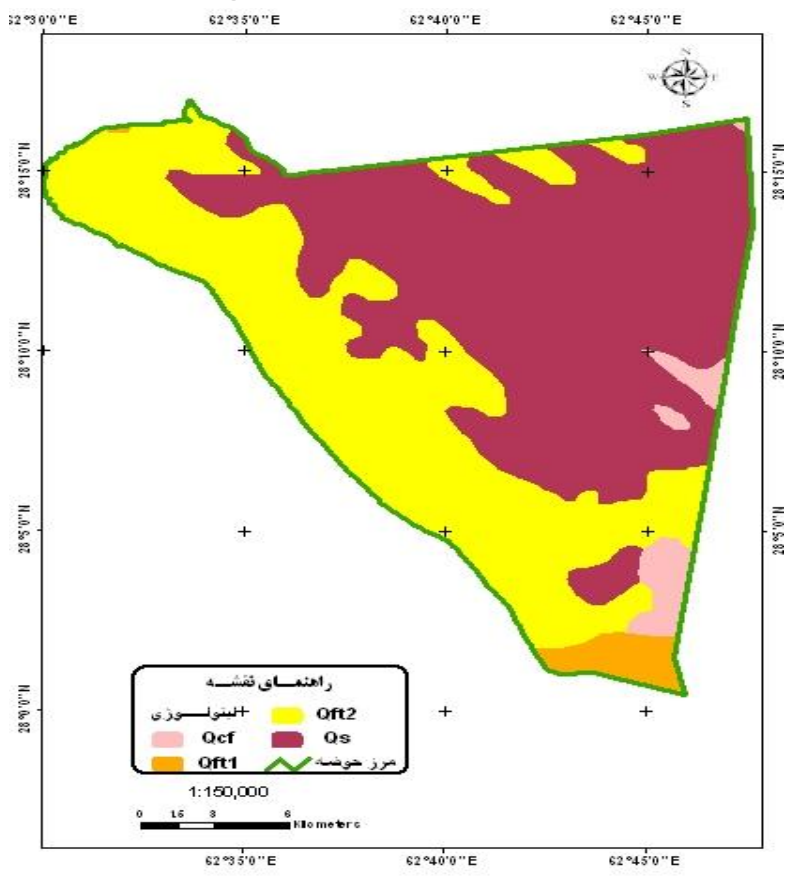
جدول ۲: عامل سنگشناسی

خیلی کم (۰-۱)	کم (۱-۳)	متوسط (۳-۵)	زیاد (۵-۷)	خیلی زیاد (۷-۱۰)
سنگهای آذرین سخت با بافت پکتواخت	سنگهای با بافت دانهای و سخت	سنگهایی با بافت دانهای و سست	مارن و رس	آبرفت ریزدانه و رگ دانه ریز
کوارتزیت	آهک مقاوم	آبرفت درشت دانه و واریزه	آبرفت متوسط دانه ریز و درشت	ماسه ساحلی
آهک توده‌ای	ماسه سنگ و کنگلومرای با سیمان شده	رگ درشت دانه	شیل و کنگلومرای درشت	نهشته های بادی
گرانیت				جلگه رسی

منبع: احمدی، ۱۳۸۵

واحدهای رسوبی منطقه مورد مطالعه

- واحد Qft2: ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای جدید و کم ارتفاع
- واحد Qs: رسوبات ماسه‌ای سست موجود در ناحیه با فرسایش پذیری بالا و قدرت جابجایی زیاد در سطح منطقه مطالعاتی می‌باشند. ریز دانه و منفصل بودن این رسوبات شاخص این واحد زمین شناسی می‌باشد.
- واحد Qcf: پهنه‌های رسی
- واحد Qft1: ذخایر تراسی و مخروط افکنه‌های کوهپایه‌ای قدیمی مرتفع



شکل ۲: نقشه زمین‌شناسی منطقه مطالعاتی

شکل اراضی و پستی و بلندی

امتیاز این فاکتور براساس نقشه شیب برای رخساره‌های ژئومورفولوژی مشخص و این امتیاز وارد بانک GIS گردید. دامنه امتیاز این عامل بین ۰ تا ۱۰ می‌باشد (جدول ۳)، هرچه توپو گرافی بیشتر و منطقه کوهستانی و فاقد دالان‌های هدایت باد باشد امتیاز این عامل به صفر نزدیک و هرچه منطقه به سمت دشت‌های صاف و منطبق با جهت بادهای اصلی فرساینده باشد امتیاز این عامل به سمت ۱۰ نزدیک می‌شود.

جدول ۳: عامل شکل اراضی و پستی و بلندی

کم (۰-۲)	متوسط (۲-۴)	زیاد (۴-۷)	خیلی زیاد (۷-۱۰)
منطقه کوهستانی و تخته سنگی با پستی و بلندی زیاد و فاقد دالانهای هدایت باد	منطقه کوهستانی تا تپه ماهوری با دامنه های منظم و خاکدار دره‌های توپوگرافی منطبق با جهت باد	دشتسر فرسایشی دشتسر اپانداز واریزه‌های با پستی و بلندی متوسط ناهموار جهت عمومی پادها منطبق با شیب زمین	دشتهای به نسبتاً هموار با پستی و بلندی محدود و سانتیمتر ۱۰ کمتر از شیب عمومی زمین منطبق با جهت بادهای اصلی

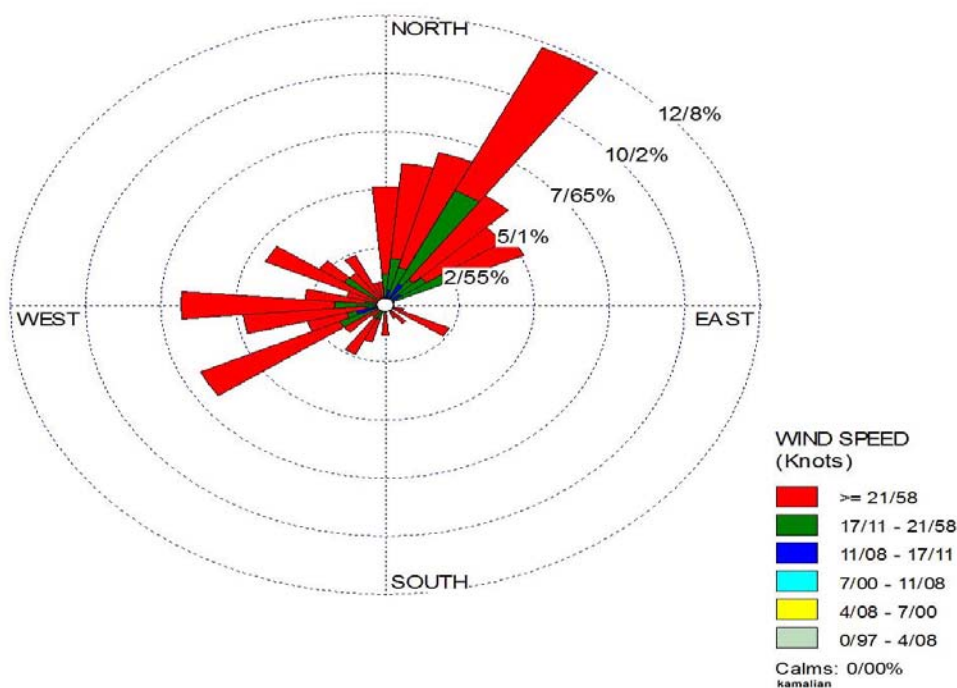
سرعت و تداوم باد

دامنه این عامل بین ۰ تا ۲۰ می‌باشد (جدول ۴)، با توجه به اندازه گیری سرعت باد در ایستگاه‌های سینوپتیک در این مرحله امتیاز سرعت و تداوم باد بر اساس اطلاعات موجود در ایستگاه سینوپتیک سراوان (و همچنین گلباد رسم شده سراوان) برای هر رخساره طبق جدول (۱۱) در نظر گرفته شده است.

جدول ۴: عامل سرعت و وضعیت باد

کم (۰-۵)	متوسط (۵-۱۰)	زیاد (۱۰-۱۵)	خیلی زیاد (۱۵-۲۰)
سرعت متوسط باد در کلیه ماه‌های سال کمتر از ۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری	سرعت متوسط باد در چند ماه سال بیش از ۵ متر بر ثانیه	سرعت متوسط باد دست کم در یک ماه از سال بیش از ۸ متر بر ثانیه	سرعت متوسط باد دست کم در یک ماه سال بیش از ۵/۵ متر بر ثانیه
بادهای شدید بدون گرد و خاک و غبار محلی	بادهای شدید بدون گرد و خاک ولی غبارزا است.	وقوع دست کم یک طوفان گرد و خاک در سال	بادهای تند همواره به صورت طوفان و گرد و خاک و غبارزا است.
سرعت شدیدترین بادها کمتر از ۸ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری	سرعت شدیدترین بادها ۸-۱۰ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری	سرعت شدیدترین بادها ۱۰-۱۴ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری	سرعت شدیدترین بادها بیش از ۱۵ متر بر ثانیه

منبع: احمدی، ۱۳۸۵



نمودار ۱: وضعیت بادهای سراوان

خاک و پوشش سطح آن

امتیاز این فاکتور براساس مشاهدات میدانی و نتایج آزمایشگاهی برای رخساره‌های ژئومورفولوژی مشخص و این امتیاز وارد بانک GIS گردید. دامنه این امتیاز بین ۰-۵ تا ۱۵ می‌باشد (جدول ۵)، هرچه سطح خاک پوشیده از سنگریزه باشد امتیاز این عامل به ۰-۵ نزدیک و هرچه سطح خاک فاقد سنگ ریزه و چسبندگی باشد این امتیاز به ۱۵ نزدیک می‌شود.

جدول ۵: عامل خاک و پوشش سطح آن

کم (۵-۰)	متوسط (۵-۰)	زیاد (۱۰-۵)	خیلی زیاد (۱۵-۱۰)
سطح خاک پوشیده از سنگریزه درشت (رگ درشت) با تراکم بیش از ۷۰ درصد، سطح خاک کاملاً رسی و یا سیمانی شده با نمکها (سطوح کویری سخت) خاک هایی با پوشش سنگی و یا تخته سنگی مناطق کوهستانی	سطح خاک با پوشش سنگفرش متوسط تا ریز (رگ متوسط) با تراکم ۴۰-۷۰ درصد	سنگریزه های سطح خاک محدود با تراکم کمتر از ۴۰ درصد، بافت خاک ساختمانی دانه ای و فاقد چسبندگی، خاک سیلتی	سطح خاک بدون سنگریزه (کمتر از ۲۰ درصد)، بافت خاک لومی تا شنی با ساختمان دانه ای و فاقد چسبندگی، خاک سیلتی

منبع: احمدی، ۱۳۸۵

انبوهی پوشش گیاهی

امتیاز این فاکتور بر اساس مشاهدات میدانی و اندازه گیری های انجام شده برای پوشش گیاهی در هر تیپ گیاهی و برای رخساره های ژئو مور فولوژی مشخص و این امتیاز وارد بانک GIS گردید. دامنه این امتیاز بین ۵- تا ۱۵ می باشد (جدول ۶)، هرچه تراکم و انبوهی این پوشش گیاهی موثر سطح خاک بیشتر باشد امتیاز این عامل ۵- نزدیک و هرچه انبوهی و تراکم پوشش گیاهی کمتر و غیر یکنواخت باشد این امتیاز به ۱۵ نزدیکتر می شود.

جدول ۶: عامل انبوهی پوشش گیاهی

کم (۵-۰)	متوسط (۵-۰)	زیاد (۱۰-۵)	خیلی زیاد (۱۵-۱۰)
انبوهی تاج پوشش گیاهی مؤثر خاک بیش از ۵۰ درصد و با توزیع مناسب و یکنواخت	انبوهی تاج پوشش گیاهی مؤثر سطح خاک ۲۶-۵۰ درصد با توزیع یکنواخت تا غیر یکنواخت	انبوهی تاج پوشش گیاهی مؤثر ۱۱-۲۵ درصد با توزیع یکنواخت و یا نواری عمود بر باد اصلی	انبوهی تاج پوشش گیاهی کمتر از ۱۰ درصد با توزیع مناسب و یکنواخت تا غیر یکنواخت

منبع: احمدی، ۱۳۸۵

آثار فرسایش سطح خاک

امتیاز این فاکتور بر اساس مشاهدات میدانی رخساره های ژئو مورفولوژی مشخص و این امتیاز وارد بانک GIS گردید. دامنه این امتیاز بین ۰-۲۰ می باشد (جدول ۷)، چنانچه در سطح خاک هیچ گونه آثار فرسایش بادی دیده نشود امتیاز این عامل به سمت صفر نزدیک و هرچه فرسایش بادی شدید و بیرون زدگی طوقه گیاهان دیده می شود امتیاز این عامل به سمت ۲۰ نزدیک تر می شود.

جدول ۷: عامل آثار فرسایش سطح خاک

کم (۵-۰)	متوسط (۱۰-۵)	زیاد (۱۵-۱۰)	خیلی زیاد (۲۰-۱۵)
در سطح خاک اثری آثار فرسایش بادی محدود و بعضاً پوسته های شلجی شکل و یا نیکا در پای بوته ها دیده میشود. تجمع ماسه های بادی کم ضخامت در پای بوته ها به صورت پراکنده - آثار حمل ماسه بسیار جزئی است	آثار فرسایش بادی نسبتاً گسترده و شامل پوسته های شلجی شکل، بیرون زدگی ریشه و طوقه گیاه - تراکم ماسه در پای بوته ها	آثار فرسایش بادی نسبتاً گسترده و شامل پوسته های شلجی شکل، بیرون زدگی ریشه و طوقه گیاه - تراکم ماسه در پای بوته ها	ظواهر فرسایشی ناشی از باد شدید و کاملاً مشخص و از فرسایش بادی شامل بیرون زدگی ریشه و طوقه گیاهان و تپه های ماسه ای دیده نمیشود. فعال و نیمه فعال در منطقه وجود دارد

منبع: احمدی، ۱۳۸۵

رطوبت خاک

امتیاز این فاکتور بر اساس مشاهدات و تصاویر ماهواره ای و نرم افزار گوگل ارث برای رخساره های ژئو مور فولوژی مشخص و این امتیاز وارو بانک GIS گردید. دامنه امتیاز این عامل بین ۰-۱۰ می باشد (جدول ۸)، هرچه رطوبت خاک و چسبندگی مناسب باشد امتیاز این عامل به صفر نزدیک تر می شود و بالعکس امتیاز این عامل به سمت ۱۰ نزدیک می شود.

جدول ۸: عامل رطوبت خاک

کم (۲-۰)	متوسط (۴-۲)	زیاد (۷-۴)	خیلی زیاد (۱۰-۷)
خاک همیشه مرطوب و تحت تأثیر کامل سفره آب زیرزمینی است کویر مرطوب و چسبناک. دریا قرار می گیرد.	خاک سطحی در پاره ای از اوقات سال تحت تأثیر رطوبت حاشیه کویرها، رودخانه های دائمی و یا ساحل دریا قرار می گیرد.	خاک سطحی بطور موقتی تحت تأثیر رطوبت قرار گرفته و دلیل بافت سبک سریع، خشک میشود بستر رودخانه های فصلی و موقتی	خاکهای کاملاً خشک با زهکشی سریع و فاقد چسبندگی ناشی از رطوبت

منبع: احمدی، ۱۳۸۵

نوع و پراکنش نهشته‌های بادی

امتیاز این فاکتور براساس شواهد میدانی و رخساره‌های مورد نظر تعیین و این امتیاز وارد بانک GIS گردید. دامنه امتیاز این عامل بین ۰-۱۰ می‌باشد (جدول ۹)، چنانچه در منطقه آثار نهشته‌های بادی دیده نشود امتیاز این عامل به سمت صفر و هرچه میزان نهشته‌های بادی در منطقه کمتر باشد امتیاز این عامل به سمت ۱۰ نزدیک تر می‌شود.

جدول ۹: عامل نوع و پراکنش نهشته‌های بادی

کم (۰-۲)	متوسط (۲-۴)	زیاد (۴-۷)	خیلی زیاد (۷-۱۰)
در منطقه آثار نهشته های ماسه بادی به صورت پهنه و یا تپه های ماسه ای دیده نمی شود	فعال و غیرفعال در منطقه دیده می شود	ریپل مارکهای مشخص در منطقه مورد بررسی دیده می شود	از انواع نهشته های ماسه بادی بوته ها و ریپل مارک در منطقه دیده می شود

منبع: یافته‌های پژوهش

مدیریت و استفاده از زمین

امتیاز این فاکتور براساس مشاهدات میدانی، شدت چرای وضعیت مراتع و پیرسشنامه برای هر رخساره‌های مورد نظر تعیین و امتیاز وارد بانک GIS گردید. دامنه این امتیاز عامل بین ۰-۱۵ تا ۱۵ می‌باشد (جدول ۱۰)، چگونگی استفاده و بهره برداری از اراضی در شدت فرسایش بادی موثر می‌باشد. هر چه مدیریت و استفاده از زمین مناسب باشد امتیاز به سمت ۵- نزدیک می‌شود.

جدول ۱۰: عامل مدیریت و استفاده از زمین

کم (۰-۵)	متوسط (۵-۱۰)	زیاد (۱۰-۱۵)	خیلی زیاد (۱۵-۲۰)
زمینهای مرتعی یا جنگلی متراکم با مدیریت مناسب بهره‌برداری، زمینهای کشاورزی منطقه بدون آیش و باغهای دارای بادشکن، پوشش گیاهی به صورت بادشکن و عمود بر بادهای فرساینده، تردد دام، انسان و وسایل نقلیه بسیار اندک	زمینهای مرتعی یا جنگلی تنک با بهره‌برداری بیش از ظرفیت زمینهای کشاورزی با کمتر از سه ماه آیش، تردد انسان، دام و وسایل نقلیه کم	زمینهای مرتعی یا جنگلی با چرای بیش از ظرفیت (شدید) مجاز دام، زمینهای کشاورزی بیش از سه ماه آیش و فاقد بادشکن، تردد انسان، دام و وسایل نقلیه سبب آشفتنگی خاک شده	زمینهای لخت و بیابانی بدون پوشش و یا با پوشش محدود، زمینهای زراعی متروکه و شخم خورده، تردد انسان، دام و وسایل نقلیه سبب آشفتنگی شدید خاک شده

منبع: یافته‌های پژوهش

جدول (۱۱): امتیازات عوامل نه گانه شدت فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه

عوامل مدل	سنگ شناسی	شکل اراضی و پستی بلندی	سرعت و وضعیت باد	خاک و پوشش سطحی	انرژی پوشش گیاهی	آثار فرسایش سطح خاک	رطوبت خاک	نوع و پراکنش نهشته‌های بادی	مدیریت و استفاده از زمین	جمع	کلاس	برآورد رسوبدهی (تن در کیلومتر مربع در سال)
نام رخساره	۱۰	۹	۱۱	۱۴	۱۴	۱۵	۸	۹	۱۴	۱۰۲	V	۶۷۲۴/۹
بستر ماسه‌ای رودخانه تلخاب - روتک بعضا با پوشش گیاهی	۷	۸	۱۱	۸	۱۲	۱۰	۴	۹	۱۴	۸۲	IV	
اراضی سیلتی - ماسه‌ای با کاربری نخیلات	۱۰	۹	۱۳	۱۴	۱۵	۱۸	۹	۹	۱۳	۱۱۰	V	۱۰۰۳۲/۴
تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای فعال	۹	۹	۱۱	۶	۱۰	۱۱	۴	۹	۸	۷۷	IV	۱۹۲۶/۷
اراضی سیلتی - ماسه‌ای با پوشش گیاهی	۷	۹	۱۲	۱۳	۱۴	۱۷	۸	۹	۱۴	۱۰۳	V	۷۰۶۹/۷
پراکنده شورپسند	۶	۵	۱۱	۹	۱۳	۱۰	۶	۸	۸	۷۶	IV	۱۸۳۲/۷
آبرفت بادبزنی شکل با سنگریزه و شوری زیاد	۷	۸	۱۱	۹	۱۴	۱۸	۷	۱۰	۱۳	۱۰۴	V	۷۴۳۲/۲
کفه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای بارخان	۹	۷	۱۱	۱۴	۱۴	۱۹	۸	۹	۱۴	۱۰۶	V	۸۲۱۳/۸
آبراهه‌ها و مسیل‌ها	۶	۵	۱۱	۹	۱۳	۱۰	۶	۸	۸	۷۶	IV	۱۸۳۲/۷
تراس‌های قدیمی	۷	۸	۱۱	۹	۱۴	۱۰	۴	۷	۹	۷۹	IV	۲۱۲۹/۳
شوره زارها												

منبع: یافته‌های پژوهش

برآورد پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی با مدل اریفر

برای دقت بیشتر تعیین پتانسیل رسوبدهی می‌توان از رابطه بین درجه رسوبدهی و میزان تولید رسوب استفاده کرد که به صورت زیر می‌باشد.

$$Q_s = 41e^{(0/05R)}$$

Qs: میزان رسوبدهی سالانه بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال

R: درجه رسوبدهی (مجموعه امتیازهای نه عامل موثر در فرسایش خاک)

طبقه بندی شدت فرسایش بادی مدل اریفر

شدت فرسایش با استفاده از دامنه و کلاس بندی طبق جدول زیر تعیین می‌شود. (احمدی و اختصاصی، ۱۳۷۵)

جدول (۱۲) طبقه بندی کلاس‌های فرسایشی

علامت کلاس فرسایشی	مقدار کیفی فرسایش	کل امتیاز	برآورد پتانسیل رسوب دهی تن در کیلومتر مربع در سال (ton/km ² /yr)
I	خیلی کم	کمتر از ۲۵	کمتر از ۲۵۰
II	کم	۲۵-۵۰	۲۵۰-۵۰۰
III	متوسط	۵۰-۷۵	۵۰۰-۱۵۰۰
IV	زیاد	۷۵-۱۰۰	۱۵۰۰-۶۰۰۰
V	خیلی زیاد	بزرگتر از ۱۰۰	بیشتر از ۶۰۰۰

منبع: یافته‌های پژوهش

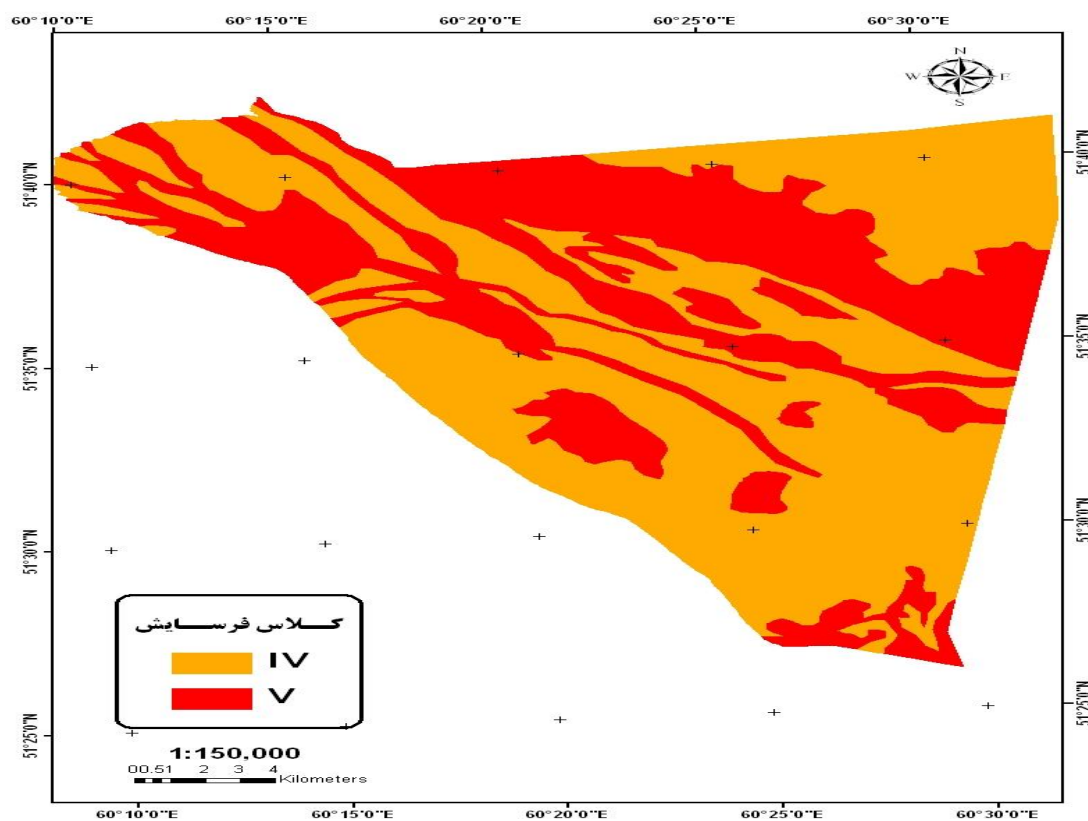
برآورد پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی

تا زمانی که امکانات اندازه گیری مستقیم فرسایش بادی وجود نداشته باشد، چاره‌ای جز به کارگیری روش‌های تجربی وجود ندارد. برای استفاده از مدل‌های تجربی در ارزیابی شدت فرسایش و پتانسیل رسوبدهی معمولاً بین فرسایش‌پذیری خاک و عوامل موثر آن رابط‌های برقراری شود و نقش هر عامل مورد ارزیابی قرار می‌گیرد. در روش اریفر که برای مناطق خشک و نیمه خشک ایران ارائه شده است نقش نه عامل فرسایش بادی مورد بررسی و ارزیابی قرار می‌گیرد. برای برآورد شدت فرسایش بادی در منطقه و تهیه نقشه حساسیت اراضی به فرسایش بادی با توجه به مدل ارائه شده به هر یک از رخساره‌های ژئومورفولوژی براساس مشاهدات میدانی و اطلاعات تجربی نمره‌ای تعلق گرفت. و مجموع امتیازات آن بدست آمد و با توجه به جداول مربوطه وضعیت فرسایش در هر رخساره از نظر کیفی و کمی و همچنین میزان رسوبدهی سالانه آن تعیین گردید.

با توجه به نقشه حساسیت اراضی به فرسایش بادی و برآورد میزان رسوبدهی طبق فرمول (۱) کلیه رخساره‌های موجود در منطقه مطالعاتی در محدوده کلاس حساسیت به فرسایش بادی شدید تا خیلی شدید و به ترتیب ۶۱/۹ درصد و ۳۱/۱ درصد واقع شده‌اند. براساس جدول (۲) رخساره‌های (آبراهها و مسیل‌ها، آبرفت‌های بادبزی شکل واقع در بستر رودخانه تلخاب و بعضاً روتک، بستر ماسه‌ای و قلوه سنگی رودخانه تلخاب و روتک) با توجه به امتیازهای کسب کرده بالاتر از ۱۰۰ دارای پتانسیل رسوبدهی بیشتر از ۶۰۰۰ ton/km²/yer می‌باشند، سایر رخساره‌ها نیز دارای امتیاز بین ۷۵ تا ۱۰۰ می‌باشند که پتانسیل رسوبدهی آنها طبق جدول (۲) بین ۶۰۰۰ ton/km²/yer - ۱۵۰۰ ton/km²/yer می‌باشد. بخش گسترده‌ای از منطقه مک سوخته و نواحی اطراف آن به دلیل وضعیت اقلیمی و ژئومورفولوژی از شرایط مساعدی برای فرسایش و ظهور رخساره‌های مختلف بادی برخوردار است، حاکمیت اقلیم خشک، خاکدانه‌های ریزدانه و بدون سنگریزه درشت و سرپوشیده، املاح نمکی موثر در پراکندگی ذرات خاک، فقدان

پوشش گیاهی و وزش بادهای با سرعت بیشتر از آستانه فرسایش بادی از عوامل طبیعی تشدید کننده فرسایش در منطقه می‌باشند، بهره برداری بیش از حد از منابع آب زیر زمینی، نبود بادشکن درحاشیه مزارع، عدم کاشت گونه‌های زراعی در حد فاصل نخیلات موجود، بهره برداری غیر اصولی از اراضی و... ازجمله عوامل موثر در تشدید فرسایش بادی در منطقه می‌باشند. با توجه به تجزیه و تحلیل انجام شده و مقایسه آن با شرایط منطقه معلوم می‌شود که مدل مورد نظر و شاخص‌های مورد ارزیابی برای منطقه مورد مطالعه با شرایط اقلیمی خشک مناسب و از کارایی خوبی برخوردار است اما باید مورد اصلاح بیشتری قرار گیرد این درحالی است که وجود ضرایب مختلف کارشناسی در برآورد عوامل یاد شده نیز از دقت نتایج بدست آمده می‌کاهد.

بدین ترتیب نقشه حساسیت به فرسایش بادی حوزه بر اساس کلیه رخصاره‌های منطقه مورد مطالعه با ۳۸/۱ درصد اراضی دارای حساسیت فرسایشی خیلی زیاد و ۶۱/۹ درصد اراضی دارای فرسایش زیاد می‌باشند بنابراین برداشت ذرات خاک از همه سطوح عرصه صورت می‌گیرد. بر این اساس میزان متوسط رسوبدهی سالانه آن حدود ۵۳۱۵ تن در کیلومتر مربع در سال می‌باشد.



شکل (۳): نقشه حساسیت اراضی به فرسایش

بحث و نتیجه گیری

بررسی شدت فرسایش توسط روش اریفر نشان می‌دهد، شدت برداشت از رخصاره‌ها اختلاف زیادی با یکدیگر ندارند بنابر این رخصاره‌های مختلف از نظر ژئومورفولوژی اولویتی برای اجرای عملیات پیشگیرانه نداشته، به عبارتی کنترل ماسه در تمام منطقه باید به طور هماهنگ اجرا گردد. اما از آنجا که وزش بادهای غالب فرساینده شمال غرب

و شمال می‌باشد، مناسب است ابتدا رخساره‌های بالا دست این قطاع کنترل شوند. بر اساس نتایج به دست آمده در بخش دانه‌بندی و تعیین حساسیت رخساره‌ها به فرسایش بادی با استفاده از مدل اریفر مشاهده می‌شود که نتایج دانه‌بندی و مدل صحت و سقم یکدیگر را تایید می‌کنند.

۱- بررسی شدت فرسایش توسط روش اریفر نشان می‌دهد که کلیه رخساره‌های منطقه دارای حساسیت زیاد تا خیلی زیاد به فرسایش می‌باشند که این اراضی مسطح به دلیل دور بودن از واحد کوهستان دارای نهشته‌های بسیار ریزدانه-ای هستند که شدت فرسایش بادی در آنها بسیار زیاد می‌باشد. بنابر این می‌توان اراضی سیلتی با کاربری نخیلات و خشکه‌رودها را جزو رخساره‌های حساس به فرسایش برشمرد. لذا فرضیه اول با اندکی تغییر قابل قبول می‌باشد.

۲- نتایج تحقیق نشان داداز بین عوامل نه گانه موثر در فرسایش بادی در اراضی غیر زراعی با استفاده از مدل اریفر در دشت مک سوخته عوامل باد، مدیریت اراضی، تراکم و نوع پوشش گیاهی و اشکال فرسایش بادی از مهمترین عوامل فرسایش و همچنین در مدل اریفر ۲ عوامل باد، مدیریت مزرعه و رطوبت خاک از مهمترین عامل فرسایش بادی در اراضی زراعی است. لذا فرضیه دوم قابل قبول هست.

۳- نتایج و بررسی نشان داد در اراضی غیر زراعی به علت کمبود بارندگی، فقر پوشش گیاهی، نوع شدت فرسایش بادی برخی از رخساره‌ها و ریزدانه بودن نهشته‌های بادی میزان فرسایش بادی در اکثر رخساره‌ها خیلی زیاد است. و در مجموع پتانسیل فرسایش بادی در اراضی غیر زراعی به مراتب بیشتر از اراضی زراعی به علت پوشش زراعی بهتر درختان مثمر وجود بادشکن در حاشیه برخی از اراضی سرعت باد کاهش می‌یابد و بالتبع میزان فرسایش بادی با توجه به نوع پوشش و مدیریت مزرعه کاهش می‌یابد.

بررسی نتایج این تحقیق با تحقیقات انجام شده توسط ابریشم و همکاران در سال ۱۳۸۵، اخضری و همکاران در سال ۱۳۸۸، اسدی و همکاران در سال ۱۳۸۹، ابراهیم درچه و همکاران در سال ۱۳۸۹، سعدالدین و همکاران در سال ۱۳۸۹، Abtahi و همکاران در سال ۲۰۱۰ نشان داد که مدل‌های تجربی برآورد پتانسیل فرسایش بادی از جمله مدل اریفر می‌توان در حوزه‌ها و مناطق فاقد آمار مورد استفاده قرار گیرد.

با توجه به تعداد قابل ملاحظه آبدی‌های در دشت مک سوخته و روتک و همچنین ایجاد دلگرمی به ساکنان در جهت ماندگاری و جلوگیری از مهاجرت به شهرها و تبعات محسوس و نامحسوس مرتبط با آن لازم است مدیران و برنامه‌ریزان و به خصوص کارشناسان بخش کشاورزی و منابع طبیعی راهکارهای مناسب در زمینه‌های مختلف از جمله کاشت، داشت و برداشت، چرای مراتع و کشت اراضی دیم ارائه و با آموزش و ترویج مناسب گام بزرگ در جهت توسعه پایدار این منطقه بردارند.

پیشنهادات

- با توجه به وسعت زیاد اراضی در معرض بادهای فرساینده و همچنین محدودیت‌های مالی کشور استفاده از روابط تجربی اجتناب ناپذیر است. علاوه بر این پیشنهادات زیر می‌تواند در جهت افزایش دقت مدل و سایر موارد در تحقیقات منطقه‌ای مورد استفاده قرار گیرد.

- انجام مطالعات دقیق و کاربردی اقتصادی - اجتماعی که راهگشایی طرح‌های احیایی و حفاظتی مناطق بیابانی است با تاکید بیشتر بر استفاده از امکانات موجود و مشارکت مردم در انجام طرح‌ها.

- ارائه طرح‌های پژوهشی در جهت تعیین ضریب رابطه نهایی مدل اریفر با توجه به عوامل نه گانه
- پیشنهاد می‌گردد ایستگاه کلیماتولوژی جهت تعیین باد وسایر پارامترهای اقلیمی در منطقه تا در تحقیقات بعدی نتایج مطلوب تری بدست آید.
- پیشنهاد می‌گردد در تحقیقات آینده نتایج مدل اریفر (فرسایش با دی) با مدل ام پسیاک (فرسایش آبی) مقایسه و پارامترهای مهم فرسایش آبی و بادی بررسی و مشخص گردد.
- استفاده از موقعیت و ظرفیت آبی منطقه و اولویت دادن به ایجاد و توسعه پوشش درختی و مرتعی در توزیع نهاده‌ها.
- ایجاد بادشکن زنده و غیرزنده و نهالکاری به عنوان یک پروژه تسکینی کوتاه مدت برای کاهش اثرات فرسایش بادی در منطقه.
- پیشنهاد می‌شود که برای اولویت بندی در تثبیت مناطق برداشت، پروژه‌های بیابانزدایی در محدوده‌های کوچکتر، با دقت بیشتر و با توجه به شرایط اقتصادی، اجتماعی اجرا گردد.
- تجمیع ماسه‌های عبوری و گسترده در عرصه‌ها، برای تثبیت بهتر با روشهایی چون احداث تله‌های رسوبگیر و...
- یکی از چالش‌های موجود در منطقه تردد وسایل نقلیه به صورت قاچاق است. این گونه وسایل باعث تخریب خاک و شکستن سله خاک می‌شوند که فرایند آن پودر شدن خاک است که در نهایت به راحتی در معرض فرسایش بادی قرار می‌گیرد. لذا باید تا حد امکان از تردد وسایل نقلیه در منطقه جلوگیری شود.

منابع

- ابراهیمی درچه، خ. و همکاران. ۱۳۸۹. برآورد فرسایش بادی به کمک مدل اریفر. ششمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری و چهارمین همایش ملی فرسایش و رسوب. هشتم و نهم اردیبهشت. دانشگاه تربیت مدرس. ص ۲۳-۲۱.
- ابریشم، ا. و همکاران. ۱۳۸۵. ارزیابی و تهیه نقشه بیابانزایی با استفاده از مدل مدالوس تغییر یافته در منطقه فخرآباد-مهریز (یزد). مجله منابع طبیعی. ص ۵۱۹-۵۳۲.
- احمدی، ح. ۱۳۷۷. ژئومرفولوژی کاربردی. جلد دوم. چاپ اول. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.
- احمدی، ح. ۱۳۷۸. ژئومرفولوژی کاربردی. جلد اول. چاپ سوم. تهران. انتشارات دانشگاه تهران.
- احمدی، ح. ۱۳۸۵. ژئومرفولوژی کاربردی جلد دوم فرسایش بادی. تهران: موسسه انتشارات دانشگاه تهران. ص ۷۰۶.
- احمدی، ح. و اختصاصی، م. ر. ۱۳۷۵. معرفی دو روش جدید برآورد رسوب در فرسایش بادی. دومین همایش ملی بیابانزایی در روش‌های مختلف بیابانزایی. یکم و دوم شهریور. معاونت آموزش و تحقیقات وزارت جهاد سازندگی و موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- اختصاصی، م. ۱۳۷۵. منشا یابی تپه‌های ماسه‌ای حوزه دشت یزد - اردکان. تهران. انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.
- اختصاصی، م و احمدی، ح. ۱۳۷۵. معرفی دوروش جدید برآورد رسوب در فرسایش بادی. مجموعه مقالات دومین همایش ملی بیابانزایی و روشهای مختلف بیابانزدایی. کرمان.
- اخضری، د. مصفايي، ج. ۱۳۸۸. پهنه بندی شدت خطر فرسایش بادی با استفاده از مدل اریفر در دشت شهریار. پنجمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران. دوم و سوم اردیبهشت. دانشگاه گرگان. ص ۶۲-۷۴.
- اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان و دفتر تثبیت شن و بیابانزدایی سازمان جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری کشور ۱۳۸۱. طرح شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی والویت‌های اجرایی آن. ۶۲-۶۴.

- اسدی، ح. موسوی، س. ع. ۱۳۸۹. ارزیابی و پهنه بندی خطر فرسایش خاک با استفاده از معادله جهانی تلفات خاک اصلاح شده، سامانه اطلاعات جغرافیایی و سنجش از دور در حوزه آبخیز ناورود. ارائه دستاوردهای پژوهشی شرکت آب منطقه‌ای گیلان. ص ۱۳.
- اشتری مهرجردی، ع. ۱۳۸۰. منشا یابی شن‌های روان منطقه اردستان. پایان نامه کارشناسی دانشکده منابع طبیعی. دانشگاه صنعتی اصفهان.
- بحرینی، ف. پهلوانروی، ا. ۱۳۹۱. پهنه بندی پتانسیل فرسایش آبی و بادی با استفاده از مدل‌های ام‌پسیاک و اریفر در دشت بردخون. نشریه حفاظت و بهره برداری از منابع طبیعی. ص ۴۱-۵۸.
- بدیعی، ر. ۱۳۷۷. جغرافیای مفصل ایران. جلد ۲. تهران. انتشارات اقبال. ۲۷۲ ص.
- پهلوانروی، ا. ۱۳۹۱. ارزیابی فرسایش و رسوب بادی با استفاده از مدل اریفر در منطقه زهک دشت سیستان، فصلنامه جغرافیا و توسعه. ۱۲۷-۱۴۰: ۲۷.
- تیموری، م. و عمرانی، م. ۱۳۸۶. بررسی پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی با استفاده از مدل اریفر در دشت ریگ بشریه. چهارمین همایش ملی علوم و مهندسی آبخیزداری ایران مدیریت حوزه‌های آبخیز. اسفند ۸۶. دانشگاه تهران.
- دهزاد، ب. شکیب، ع. ر. ۱۳۷۸. پهنه بندی فرسایش در استان گلستان با مدل EPM در محیط GIS. فصلنامه چشم انداز جغرافیا. ص ۶۲-۷۲.
- دهقان، م. ر. ۱۳۹۰. منشایابی رسوبات بادی و تهیین حساسیت رخساره‌های ژئومورفولوژیک فرسایش بادی منطقه مک سوخته سراوان. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زابل.
- رضایی راد، ن. صابری، م. ۱۳۸۹. برآورد پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی در منطقه بیابانی شهرستان اسفراین با استفاده از مدل اریفر. دومین همایش ملی فرسایش بادی و طوفان‌های گرد و غبار. ۲۷ و ۲۸ بهمن. دانشگاه یزد. ص ۱۱۲.
- رفاهی، ح. ۱۳۸۰. فرسایش بادی و کنترل آن. چاپ دوم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- رفاهی، ح. ۱۳۸۲. فرسایش آبی و کنترل آن. چاپ چهارم. تهران: انتشارات دانشگاه تهران.
- رفاهی، ح. ۱۳۸۸. فرسایش بادی و کنترل آن. تهران: موسسه انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ ص.
- رفاهی، ح. ۱۳۷۸. فرسایش بادی و کنترل آن. چاپ سوم، تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ۳۲۰ ص.
- سعدالدین، ا. نورا، ن. ۱۳۸۹. پیش بینی اثرات سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی برخطر فرسایش بادی. دشت وارمین. مجله پژوهشی حفاظت آب و خاک. ص ۶۳-۸۰.
- سلوکی، ح. خامه چیان، م. ب. ۱۳۹۰. پهنه بندی فرسایش بادی با استفاده از خصوصیات مهندسی در دشت سیستان. سی و مین گردهمایی علوم زمین. ۳ تا ۵ اسفند. تهران: سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ص ۱۱-۲۹.
- طاهرگیا، ح. ۱۳۷۵. اصول و کاربرد سنجش از دور. انتشارات جهاد دانشگاهی. دانشگاه تهران.
- طهماسبی بیرگانی، ع. م. احمدی، ح. ۱۳۷۹. مقایسه پتانسیل رسوبدهی فرسایش‌های آبی و بادی با استفاده از مدل‌های اریفر و ام‌پسیاک در مناطق بیابانی ایران. (مطالعه موردی: آب بخش کرم‌مان). مجله منابع طبیعی ایران. ص ۵۳-۶۳.
- فراهی، م. ۱۳۸۸. منشا یابی رسوبات بادی و تعیین حساسیت رخساره‌های ژئومورفولوژیک فرسایش بادی در مناطق تاسوکی- شبله. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه زابل.
- فیاض، م. ۱۳۸۳. ردیابی مسیر جریان طوفان‌های ماسه‌ای دشت سیستان از برداشت تا رسوب با استفاده از اطلاعات دورسنجی. اولین همایش ملی فرسایش بادی. بهمن ۱۳۸۴. دانشگاه یزد.
- فیض نیا، س. دهواری، ع. واحمدی، ح. ۱۳۷۷. منشا یابی رسوبات بادی سراوان. مجله منابع طبیعی. ۵۱، ۱۲ ص.
- مصباح زاده، ط. زهتابیان، غ. ر. ۱۳۸۹. ارزیابی شدت فرسایش بادی با بهره گیری از مدل اریفر. ابوزید آباد کاشان. مجله منابع طبیعی ایران. ۳۹۹-۴۱۵.
- نبوی، م. ۱۳۵۵. دیباچه‌ای بر زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی کشور.

هاشمی، ز. جوادی، م. ر. ۱۳۹۰. بررسی شدت فرسایش بادی و پتانسیل حاصل از آن با استفاده از مدل اریفردر منطقه زهک استان سیستان و بلوچستان. فصلنامه علوم و فنون منابع طبیعی. ص ۳۲-۴۱.

- Abtahi. M. and Badiee Namaghi. S. H. 2010. Evaluation of wind Erosion Potential using Empirical Method of IRIFR and GIS: A case Study of Nishabur. Iran. Nature Environment. Pollution Technology. 533-558 .
- Bagnold. R. A. 1941. The physics of blown sand and desert dunes. Methuen and Co. LTD. London .
- Frybergers. S. G. and Dean. G. 1979. Dune forms and wind regims. In: fissional papwr. United States Geological Survey. pp: 137-140 .
- Gomes. L. Arrue. g. L. 2003. Wind erosion in a semiarid agricultural area of Spain: the Welsons project. CATENA. 52: 235-256 .
- Hanafi. A. and S. gauffret. 2008. Arc long-term vegetation dynamics useful in monitoring and assessing desertification processes in the arid steppe. Southern Tunisia. Journal of Arid Environments. 557-572 .
- LAL. R. 1998. Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. Critical Reviews in Plant Sci. 17 (4): 319-464 .
- Lavado. C. g. Schnabel. S. Mezo Gutierrez. A. G. and Pulido. F. M. 2009. Mapping Sensitivity to land degradation Extremadura. SW Spain. Land Degradation & Development. 129-144 .
- Li. X. y. Wang. g. H. and Zhang. D. S. 2009. Impact of land use and land cover change on environment degradation in lake QINGHAI watershed. Northeast QINGHAI TIBET plateau. Land Degradation & Development. 69-83 .
- Morgan. R. p. C. 1986. Soil erosion and conservation. Longman Scientific Technical. Gohn waley and Sons .
- Reynolds. G. f. 2007. Global desertification: building a science for dryland development. Science. 316: 847-851 .
- Stewart. D. A. and Essenwanger. O. m. 1978. Frequency distribution of wind speed near the surface. G. Appl. Metero. 17: 1633-1642 .
- van pelt. R. S. zobeck. T. M. Ritchie. g. c and Gill. T. E. 2006. validating the use of Cs measurements to estimate rates of soil redistribution by wind. Catena 70 (2007) 455-464
- Wasson. R. g. and p. m. Nanning. 1986. Estimating wind transport of sand or surface processes and Landform. 11. 505-14 .
- Woon Hong. S. Kim. M. 2014. Measurement and prediction of soil erosion in dry field using portable wind erosion tunnel. Biosystems Engineering. 68-82 .
- Zhibao. D. Z. 2000. Wind Erosion in Arid Semiarid China: an overview journal of Soil conservation. 55: 432- 444 .
- Zobeck. T. M. 1991. Soil properties affecting wind erosion. g. soil water Conserv. 46:112-118 .