

ارزیابی مدل IRIFR برای شبیه‌سازی هدررفت خاک در رخصاره‌های گوناگون فرسایش بادی به کمک داده‌های دستگاه سنجش فرسایش بادی

۱- ایرج کوچمی ساردو، دانشجوی کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

۲- علی اصغر بسالت‌پور، استادیار گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

a.besalatpour@vru.ac.ir

۳- حسین بشری، استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشگاه صنعتی اصفهان

۴- حسین شیرانی، دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

۵- عیسی اسفندیارپور بروجنی، دانشیار گروه علوم خاک، دانشکده‌ی کشاورزی، دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۷/۰۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۲/۲۶

چکیده

اندازه‌گیری شدت فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌منظور تعیین راهکارهای صحیح و مناسب برای کنترل و یا کاهش اثرات آن، از موارد ضروری جهت حفاظت خاک در این مناطق به‌شمار می‌آید. روش‌ها و مدل‌های گوناگونی برای برآورد شدت فرسایش بادی وجود دارد که هر کدام دارای نقاط ضعف و قوت خاصی می‌باشند. در این پژوهش، کارایی مدل تجربی IRIFR برای شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در رخصاره‌های فرسایش بادی گوناگون در بخشی از دشت رفسنجان با استفاده از داده‌های اندازه‌گیری شده به‌وسیله‌ی دستگاه سنجش فرسایش بادی به‌عنوان یک روش فیزیکی - صحرایی، مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج حاصل از اندازه‌گیری شدت فرسایش بادی (میزان بادبردگی) با استفاده هر دو روش نمایان‌گر آن بود که ۱۳ و ۳۷ درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه، به ترتیب در کلاس زیاد و خیلی زیاد از نظر شدت فرسایش بادی قرار می‌گیرد. همچنین میزان فرسایش بادی شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل مزبور، به ترتیب در رخصاره‌های تلماسه (تپه‌های ماسه‌ای) و اراضی باغی، دارای بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار بود؛ به‌گونه‌ای که در رخصاره تلماسه، میزان هدررفت خاک به بیش از هشت هزار تُن در کیلومتر مربع در سال، می‌رسد. مقادیر نسبتاً مناسب شاخص‌های آماری نظیر ضریب خطای مطلق ($AEP=0/37$)، ضریب تبیین ($R^2=0/85$) و به‌ویژه شاخص کارایی مدل ($MEF=0/97$)، نمایان‌گر آن بودند که با وجود تفاوت در مقادیر اندازه‌گیری شده هدررفت خاک به‌وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی و مدل IRIFR در برخی از رخصاره‌های فرسایش بادی مورد مطالعه، مدل در مجموع شبیه‌سازی مناسبی از فرسایش بادی در بخش قابل ملاحظه‌ای از منطقه‌ی مورد مطالعه داشته است. با این وجود به نظر می‌رسد که مدل IRIFR، در شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در رخصاره‌های با کلاس خطر فرسایش بادی خیلی زیاد (کلاس V) با نقص‌هایی روبه‌رو بوده و نیاز به اصلاح دارد.

واژگان کلیدی: مدل‌سازی؛ مدل تجربی؛ خطر فرسایش بادی؛ تونل باد؛ رفسنجان.

مقدمه

باعث می‌گردد که شدت هدررفت خاک و میزان رسوب دهی در چنین مناطقی گاه تا چندین برابر فرسایش آبی باشد. اگرچه فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه‌خشک بسیار معمول است، اما پژوهش‌ها نشان می‌دهد نواحی مرطوبی که همه بارش سالانه آن‌ها در قسمتی از سال تمرکز یافته و بقیه سال خشک و بدون باران هستند، نیز دارای فرسایش بادی خواهند بود. همچنین ماسه‌های بدون ساختمان ساحلی و خاک‌های سبک آلی باتلاقی نیز نسبت به فرسایش بادی حساس می‌باشند [۱۱].

در قرن حاضر، فرسایش بادی به‌عنوان یکی از مهم‌ترین چالش‌های موجود در راستای دستیابی به توسعه‌ی پایدار و مدیریت بهینه زمین‌های کشاورزی در اراضی خشک و نیمه‌خشک مطرح است [۱۱]. فرسایش بادی یکی از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید [۳]. به‌گونه‌ای که حدود یک ششم مساحت اراضی دنیا را تحت تأثیر خود قرار داده است [۱۴]. باد به علت نیروی زیاد و عملکرد در سطح وسیع، با مساعد بودن شرایط مناطق خشک و نیمه‌خشک برای فرسایش بادی (نبود موانع و شرایط خاکی خاص)

لزوم توسعه مدل بومی برای کشور ایران به منظور برآورد شدت فرسایش بادی، متخصصان ایرانی دو مدل تجربی تحت عنوان‌های IRIFR.1^۵ و IRIFR.2 را با توجه به شرایط اقلیمی و خاک ایران به ترتیب برای برآورد مقدار فرسایش بادی برای زمین‌های غیر زراعی و اراضی کشاورزی تهیه و تدوین کرده‌اند. در هر دو مدل، ۹ مولفه مؤثر در فرسایش بادی تعریف و طبقه‌بندی شده و پس از امتیازدهی به هر کدام از این عوامل توسط کارشناس، در آخر پتانسیل فرسایش بادی اراضی به دست می‌آید [۸].

تاکنون پژوهشگران گوناگونی از این دو مدل برای شبیه‌سازی فرسایش بادی در کشور استفاده نموده‌اند. برای مثال نتایج برآورد شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR در منطقه جمز طبس نشان می‌دهد که رخساره شوره‌زار با رسوب‌دهی ۳۵۱۰/۷ تن بر کیلومتر مربع در سال دارای بیشترین و رخساره دشت ریگی با رسوب‌دهی ۱۱۷/۲ تن در کیلومتر مربع در سال دارای کمترین میزان رسوب‌دهی است [۱۸]. نتایج اندازه‌گیری سرعت آستانه فرسایش بادی با استفاده از روش زاخار^۶ در هر یک از رخساره‌ها بیان‌گر این بود که رخساره‌های شوره‌زار و دشت ریگی درشت در منطقه، به ترتیب دارای بیشترین و کمترین مقدار رسوب‌دهی بودند. [۱۲]، برآورد پتانسیل رسوب‌دهی فرسایش بادی در منطقه بیابانی شهرستان اسفراین با استفاده از مدل IRIFR، ۴/۶۵ تن بر هکتار در سال می‌باشد که در مقایسه با مناطق مشابه، میزان رسوب‌دهی برآوردی این منطقه نزدیک به واقعیت است.

در این پژوهش قابلیت استفاده از مدل IRIFR برای شبیه‌سازی فرسایش بادی در رخساره‌های بادی گوناگون در بخشی از دشت رفسنجان (هشت رخساره) بررسی شده است و دقت شبیه‌سازی این مدل تجربی در هر واحد با داده‌های حاصل از اندازه‌گیری مستقیم در صحرا با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی ارزیابی گردیده است. تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی در رخساره‌های فرسایش بادی گوناگون و نیز رخساره‌های با بیشترین و کمترین خطر فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR و

اندازه‌گیری مستقیم مقدار و شدت فرسایش بادی با وجود دارا بودن نتایج با دقت بالا در بسیاری از کشورها از جمله ایران به دلیل نبود ایستگاه‌های اندازه‌گیری رسوبات فرسایش بادی انجام نگرفته و یا در سطح بسیار محدود انجام می‌شود، بنابراین برای برآورد مقدار و شدت فرسایش بادی، باید به مدل‌سازی روی آورد [۱۲]. سیستم پیش‌بینی فرسایش بادی (WEPS)^۱، مدل فنی تجزیه و تحلیل فرسایش بادی (TEAM)^۲، شبیه‌ساز تغییرپذیری فرسایش بادی (WESS)^۳ و معادله بازنگری شده فرسایش بادی (RWEQ)^۴، نمونه‌هایی از مدل‌هایی هستند که تا کنون برای پژوهش‌های مربوط به فرسایش بادی ارائه شده است [۱۶]. با این وجود، مدل‌های فیزیکی - فرآیندی مزبور برای ورودی‌ها، فرآیندها، فرضیه‌ها و شرایط مربوط به مناطق محل تولید آنها به‌ویژه آمریکا، توسعه‌یافته‌اند [۱۳ و ۱۷]. به‌طور کلی، کاربرد این مدل‌های فرآیند محور در سایر کشورها از جمله ایران، به دلیل دارا بودن متغیرهای نسبتاً زیاد و نیاز به داده‌های متنوع، از خطای قابل توجهی برخوردار بوده و گاهی دقت آن‌ها در حدود ۶۰ درصد مقادیر واقعی است [۲]. هم‌چنین این مدل‌ها به طور عمده برای مناطق نسبتاً کوچک کاربرد داشته و استفاده از آن‌ها برای شناسایی خطر فرسایش بادی در مناطق وسیع با سیمای اراضی گوناگون، با نقاط ضعف فراوانی روبه‌رو است [۱۶]. مدل‌های معرفی شده در زمینه فرسایش بادی برای زمین‌های کشاورزی تدوین شده‌اند و بنابراین در عرصه‌های غیر زراعی که بخش وسیعی از کشور پهناور و خشک ایران را شامل می‌شود، قابل استفاده نمی‌باشند. از سوی دیگر، مدل‌های موجود در زمینه برآورد فرسایش بادی دارای ضرابی هستند که دستیابی به آن‌ها، مستلزم پژوهش‌های جدیدی در هر منطقه و یا واسنجی این مدل‌ها با توجه به شرایط منطقه‌ای است [۷]. هم‌چنین کاربرد تعدادی از مدل‌های موجود، مستلزم در دسترس بودن اطلاعات پایه و داده‌های آماری است که این اطلاعات در ایران به دلیل عدم وجود یا کمبود ایستگاه‌ها در دسترس نمی‌باشند [۱۲]. با توجه به موارد ذکر شده و

1- Wind Erosion Prediction System

2- Tech Erosion Analysis Model

3- Wind Erosion Stochastic Simulator

4- Revised Wind Erosion Equation

5- Iran,s Research Institute of Forest and Rangelands

6- Zachar

سر و تیپ دشت پوشیده قرار دارند (جدول ۱). پس از تفکیک واحدهای ژئومرفولوژی (رخصاره‌ها)، با توجه به مساحت، توپوگرافی، پوشش گیاهی و موقعیت راه‌ها، در هر رخصاره به طور میانگین سه نقطه، برای انجام مطالعات مربوط به فرسایش بادی، تعیین گردید (شکل ۱).

به سبب مساحت زیاد و عدم یکنواختی تعدادی از رخصاره‌ها (از جمله رخصاره تل‌ماسه)، به منظور افزایش دقت، بیش از سه نقطه در این نوع از رخصاره‌ها برای انجام مطالعات، مشخص و در مجموع ۳۰ نقطه تعیین و مشخص گردید.

برآورد شدت فرسایش بادی و میزان رسوب‌دهی به کمک مدل IRIFR

در هر یک از رخصاره‌های موجود در منطقه مورد مطالعه، امتیازدهی به هر یک از ۹ متغیر مؤثر در فرسایش بادی موجود در مدل (جدول ۲)، با توجه به شدت و ضعف اثر هر عامل بر فرسایش بادی و تأثیر آن بر رسوب‌زایی، با استفاده از نقشه‌های پایه مانند سازندهای زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، کاربری اراضی، شکل اراضی و پستی و بلندی، خاک‌شناسی و قابلیت اراضی و نیز مطالعات صحرایی و جمع‌آوری سایر اطلاعات از جمله رطوبت، باد و وضعیت فرسایش سطح خاک صورت گرفت. در آخر، پتانسیل فرسایش بادی و میزان رسوب‌دهی در هر واحد کاری (رخصاره) و کل عرصه مطالعاتی، با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید.

$$Q_s = 41 [EXP (0.05R)] \quad \text{معادله (۱)}$$

که در آن:

Q_s ، میزان رسوب‌دهی بر حسب تُن بر کیلومترمربع در سال و R ، مجموع امتیازهای ۹ عامل مؤثر در فرسایش خاک به روش IRIFR است.

مقایسه نتایج با داده‌های مشاهده‌ای حاصل از اندازه‌گیری مستقیم در صحرا نیز از دیگر اهداف این پژوهش بوده است.

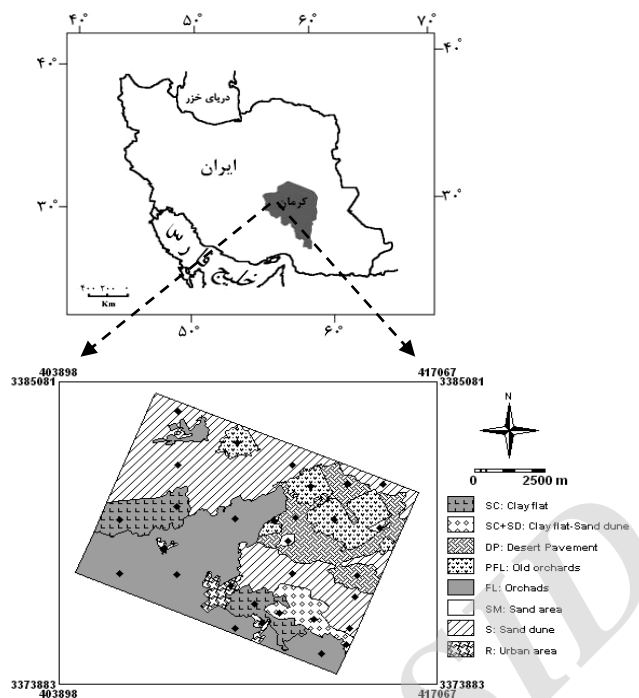
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه، بخشی از دشت داوران در محدوده جغرافیایی $14^{\circ} 00' 56''$ تا $41^{\circ} 07' 56''$ طول شرقی و $29^{\circ} 53' 30''$ تا $30^{\circ} 35' 30''$ عرض شمالی، در ۱۵ کیلومتری شرق شهرستان رفسنجان با مساحتی معادل ۷۰۹۰ هکتار واقع شده است (شکل ۱). دشت داوران به واسطه حاکم بودن شرایط کویری که ناشی از تأثیر اقلیم نامناسب از جمله تبخیر بسیار بالا، بارندگی کم (کم‌تر از ۱۰۰ میلی‌متر در کل شهرستان و ۶۰ میلی‌متر در مناطق دشتی)، و نامنظم، رطوبت نسبی پایین، اختلاف زیاد بین دمای شب و روز، طولانی بودن فصل خشک و فقر شدید پوشش گیاهی، می‌باشد؛ منجر به تخریب خاک و فرسایش شدید بادی تا حد تشکیل تپه‌های ماسه‌ای در بعضی از مناطق از جمله منطقه داوران (محدوده مورد مطالعه) و هم‌چنین گسترش کویرهای نمک، شن و ریگ شده است. بر اساس مطالعات شناسایی کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، چهار کانون بحرانی فرسایش بادی کبوتر خان، ناصریه، لاهیجان و جوادیه نوق در شهرستان رفسنجان شناسایی گردیده است که منطقه مورد مطالعه در کانون بحرانی لاهیجان قرار دارد [۴].

تعیین و تفکیک واحدهای کاری

به منظور بررسی وضعیت فرسایش بادی در عرصه مورد مطالعه، از رخصاره‌های فرسایش بادی (محدوده‌های مشخص و نسبتاً همگن با شرایط اداپیک، بیولوژیکی و ژئومرفولوژیکی یکسان) براساس روش پیشنهادی احمدی [۱]، به عنوان واحد کاری استفاده شد. بر این اساس، در منطقه مورد مطالعه، یک واحد، یک تیپ و ۸ رخصاره شناسایی و تفکیک شدند. این رخصاره‌ها در واحد دشت



شکل ۱- منطقه‌ی مورد مطالعه و رخساره‌های فرسایش بادی موجود در آن

جدول ۱- کد و نام واحدها، تیپ‌ها و رخساره‌های موجود در منطقه مورد مطالعه

مساحت (هکتار)	نام و مساحت رخساره		تیپ		واحد	
	نام	کد	نام	کد	نام	کد
۸۴۱/۹	دشت ریگی متوسط دانه	۱-۳-۲				
۶۱۶/۵	پهنه رسی	۲-۳-۲				
۶۵۶/۸	اراضی باغی رهاشده	۳-۳-۲				
۴۱/۷	محل قرصه شن	۴-۳-۲	دشت سر	۳-۲	دشت سر	۲
۲۴۴۲	پهنه ماسه‌ای	۵-۳-۲	پوشیده			
۲۰۴۷	اراضی باغی	۶-۳-۲				
۱۵۵/۵	اراضی مسکونی	۷-۳-۲				
۲۶۹/۱	پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای	۸-۳-۲				

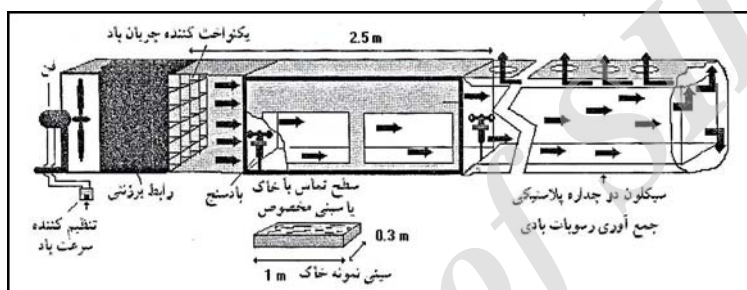
جدول ۲- مولفه‌های مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب و امتیازات مربوط به آن‌ها در مدل IRIFR

شماره	عوامل مورد بررسی در ارزیابی فرسایش بادی	حدود امتیازات
۱	سنگ‌شناسی	۰-۱۰
۲	شکل اراضی و پستی و بلندی	۰-۱۰
۳	سرعت و وضعیت باد	۰-۲۰
۴	خاک و پوشش سطح آن	۵-۱۵
۵	انبوهی پوشش گیاهی	۵-۱۵
۶	آثار فرسایشی سطح خاک	۰-۲۰
۷	رطوبت خاک	۰-۱۰
۸	نوع و پراکنش نهشته‌های بادی	۰-۱۰
۹	مدیریت و استفاده از زمین	۵-۱۵

اندازه‌گیری شدت فرسایش بادی و میزان رسوب‌دهی با استفاده از تونل باد قابل حمل

در این روش، دستگاه‌های شبیه‌ساز که قادر به ایجاد شرایط فرسایشی مشابه طبیعت هستند، شدت فرسایش بادی را مورد آزمون قرار می‌دهند. سرعت عمل بالا، هزینه کم، دقت نسبتاً بالا و عدم دست‌کاری شرایط طبیعی خاک از ویژگی‌های این روش است [۱۱]. تونل باد قابل حمل صحرایی استفاده‌شده در این پژوهش، یک نمونه از دستگاه سنجش فرسایش بادی است [۵]. کف این تونل، دارای یک سطح مقطع تماس با خاک با ابعاد ۱۰۰×۳۰ سانتی‌متر است (شکل ۲). با مماس نمودن کف تونل با

سطح خاک طبیعی می‌توان بدون هیچ تغییری در ساختمان خاک، به سهولت متغیرهای مورد نظر را اندازه‌گیری کرد. در این پژوهش، در هر یک از رخصاره‌های مورد مطالعه، میزان رسوب‌دهی برای سرعت باد $۱۰/۸$ متر بر ثانیه (باد غالب فرسایش‌زا در منطقه) در مدت زمان ۱۵ دقیقه و نیز سرعت آستانه فرسایش بادی در نقاط تعیین شده با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی، اندازه‌گیری شد (جدول ۳).



شکل ۲- نمایی از دستگاه سنجش فرسایش بادی مورد استفاده [۵]

که در آن:

WE : شدت فرسایش بادی، T^n : تداوم سرعت باد در کلاس سرعت بزرگ‌تر از سرعت آستانه و E_i : مقدار فرسایش بادی (بادبردگی) به ازای یک سرعت مشخص می‌باشد.

پس از اندازه‌گیری میزان رسوب‌دهی در هر یک از رخصاره‌ها به‌وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی، شدت فرسایش سالانه بادی، با استفاده از معادله (۲) و از ترکیب این داده‌ها با داده‌های طولانی مدت باد به‌دست آمده از ایستگاه سینوپتیک موجود در منطقه، محاسبه شد [۶].

$$WE = \sum_{V=1}^n T^n * E_i \quad (2)$$

جدول ۳- مختصات نقاط مورد مطالعه به کمک دستگاه تونل باد

شماره نقطه	نوع رخساره	طول جغرافیایی (متر)	عرض جغرافیایی (متر)
۱	پهنه ماسه‌ای	۴۱۲۰۱۰	۳۳۸۲۰۷۱
۲	پهنه ماسه‌ای	۴۰۸۰۱۸	۳۳۸۲۰۱۶
۳	پهنه ماسه‌ای	۴۰۸۰۲۰	۳۳۸۴۰۰۰
۴	پهنه ماسه‌ای	۴۱۱۹۹۷	۳۳۷۷۹۸۹
۵	پهنه ماسه‌ای	۴۱۴۰۰۶	۳۳۷۶۰۰۵
۶	پهنه ماسه‌ای	۴۱۵۱۵۰	۳۳۸۱۳۰۲
۷	اراضی باغی	۴۱۰۰۰۱	۳۳۸۰۰۲۸
۸	اراضی باغی	۴۰۸۰۰۵	۳۳۷۷۹۸۳
۹	اراضی باغی	۴۰۵۹۹۷	۳۳۷۸۰۰۷
۱۰	اراضی باغی	۴۱۰۰۰۱	۳۳۷۵۹۸۷
۱۱	اراضی باغی	۴۱۲۹۹۵	۳۳۷۵۰۵۱
۱۲	اراضی باغی	۴۰۸۵۹۶	۳۳۸۳۳۰۲
۱۳	اراضی مسکونی	۴۰۷۵۴۳	۳۳۷۸۹۵۸
۱۴	اراضی مسکونی	۴۰۹۸۶۸	۳۳۷۷۵۵۸
۱۵	اراضی مسکونی	۴۱۰۹۶۳	۳۳۷۶۱۸۳
۱۹	پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای	۴۰۵۹۹۷	۳۳۷۹۹۹۲
۱۷	پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای	۴۰۷۹۹۳	۳۳۸۰۴۶۷
۱۸	پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای	۴۱۰۷۰۷	۳۳۷۶۸۶۴
۱۹	پهنه رسی	۴۱۱۵۴۷	۳۳۷۶۵۶۰
۲۰	پهنه رسی	۴۱۲۷۵۲	۳۳۷۶۳۲۹
۲۱	پهنه رسی	۴۱۳۸۸۴	۳۳۷۵۳۹۲
۲۲	محل قرضه شن	۴۱۱۳۵۲	۳۳۷۹۹۶۸
۲۳	محل قرضه شن	۴۱۱۸۵۱	۳۳۷۹۲۱۳
۲۴	محل قرضه شن	۴۱۵۰۲۸	۳۳۷۹۶۷۶
۲۵	اراضی باغی رهاشده	۴۱۰۰۸۷	۳۳۸۲۸۱۶
۲۶	اراضی باغی رهاشده	۴۱۲۶۳۰	۳۳۸۱۲۰۹
۲۷	اراضی باغی رهاشده	۴۱۳۴۴۶	۳۳۸۰۰۰۴
۲۸	دشت ریگی متوسط دانه	۴۱۳۱۲۴	۳۳۷۸۷۵۰
۲۹	دشت ریگی متوسط دانه	۴۱۴۱۴۶	۳۳۷۷۸۲۶
۳۰	دشت ریگی متوسط دانه	۴۱۴۱۲۲	۳۳۸۱۱۳۶

ارزیابی نتایج مدل IRIFR به کمک داده‌های

دستگاه سنجش فرسایش بادی

به منظور بررسی کارایی و صحت سنجی نتایج مدل IRIFR در مقایسه با داده‌های به دست آمده از دستگاه سنجش فرسایش بادی، از برخی شاخص‌های آماری نظیر ضریب همبستگی (r)، شاخص کارایی مدل (MEF) و درصد خطای مطلق (AEP) استفاده شد که معادله دو شاخص آخر به صورت زیر است:

$$MEF = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n [P(x_i) - M(x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n [M(x_i) - \bar{M}(x_i)]^2} \quad (3)$$

$$AEP = \frac{\sum_{i=1}^n |P(x_i) - M(x_i)|}{\sum_{i=1}^n M(x_i)} \times 100 \quad (4)$$

که در آن:

$M(x_i)$ و $P(x_i)$ به ترتیب، مقادیر مشاهده‌ای و برآورد شده، $\bar{M}(x_i)$ متوسط مقادیر مشاهده‌ای و n تعداد کل مشاهدات می‌باشند.

1- Model Efficiency Factor, MEF
2- Absolute Error Percentage, AEP

نتایج

برآورد شدت فرسایش بادی و میزان رسوبدهی با

استفاده از مدل IRIFR

جدول ۴، نتایج حاصل از برآورد شدت فرسایش بادی در رخصاره‌های گوناگون با استفاده از مدل IRIFR را نشان می‌دهد. بر اساس این نتایج، میزان فرسایش بادی در منطقه‌ی مورد مطالعه در رخصاره‌های، تلماسه بیش‌ترین و در اراضی باغی (بدون در نظر گرفتن اراضی مسکونی روستایی) کمترین مقدار بود. بر اساس نتایج مدل، در رخصاره تلماسه، شدت فرسایش بادی بیش از ۸ هزار تُن بر کیلومترمربع در سال و در اراضی باغی، حدود ۶۱۰ تُن بر کیلومترمربع در سال بود. ارزیابی شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR در منطقه‌ای نشان داد که رخصاره تلماسه دارای بیش‌ترین مقدار فرسایش بادی هستند چراکه این رخصاره به علت مساعدبودن شرایط برای وقوع فرسایش بادی، به‌ویژه عدم چسبندگی بین ذرات خاک، دارای میزان رسوبدهی بیش از ۶۰۰۰ تُن بر کیلومترمربع در سال است [۱۰]. مهم‌ترین عوامل مؤثر در

تشدید فرسایش بادی و به‌شمار آمدن منطقه مورد مطالعه به‌عنوان یکی از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، وزش باد با سرعت زیاد و حساسیت ذاتی خاک به فرسایش (فراوانی ذرات شن ریز) در منطقه دانست، به‌گونه‌ای که عامل باد در بعضی از رخصاره‌ها از جمله رخصاره تلماسه، امتیاز ۱۵ را از ۲۰ امتیاز ممکن کسب نموده است که نشان از طوفان‌های سهمگین و فرساینده با شدت و مدت طولانی در منطقه مورد مطالعه دارد، که با توجه به حساسیت ذاتی خاک منطقه به فرسایش، نقش اصلی را در تشدید فرسایش بادی و هدررفت خاک، ایفا می‌کند. در بیشتر اراضی باغی موجود در منطقه، وجود درختان با تراکم متوسط تا زیاد باعث کاهش سرعت باد و تنش برشی حاصل از آن و در نتیجه کاهش شدت فرسایش بادی در این رخصاره می‌گردند. از طرف دیگر، پوشیده شدن سطح خاک تعدادی از اراضی باغی از شن‌های ریز، در اثر هجوم ماسه‌های روان منشأ گرفته از تپه‌های ماسه‌ای فعال، سبب افزایش در رسوبدهی ناشی از فرسایش بادی در این رخصاره می‌گردد.

جدول ۴- مقادیر برآورد شده فرسایش بادی در رخصاره‌های مورد مطالعه با استفاده از مدل IRIFR

نام رخصاره	کد رخصاره	مجموع امتیازات	کلاس فرسایشی	رسوب (تُن بر کیلومترمربع در سال)
دشت ریگی متوسط دانه	۱-۳-۲	۵۶	III	۶۷۴/۲۳
پهنه رسی	۲-۳-۲	۵۵	III	۶۴۱/۳۵
اراضی باغی رهاشده	۳-۳-۲	۸۴	IV	۲۷۳۴/۱۴
محل قرضه شن	۴-۳-۲	۷۳	III	۱۵۷۷/۴۶
تلماسه	۵-۳-۲	۱۰۶	V	۸۲۱۳/۸۱
اراضی باغی	۶-۳-۲	۵۴	III	۶۱۰/۰۷
پهنه رسی همراه با تپه شنی	۷-۳-۲	۹۴	IV	۴۵۰۷/۸۳
اراضی مسکونی	۸-۳-۲	۵۳	III	۵۸۰/۳۲

اندازه‌گیری شدت فرسایش بادی و میزان رسوبدهی

با استفاده از تونل باد

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فرسایش بادی (میزان بادبردگی) و سرعت آستانه فرسایش بادی با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه، نمایان‌گر شدت بالای فرسایش بادی در بیش‌تر واحدهای ژئومورفولوژی بادی مورد مطالعه بود؛ به‌گونه‌ای که با رسیدن سرعت باد به ۶/۸ متر بر ثانیه (سرعت آستانه)، فرسایش بادی در رخصاره تلماسه شروع می‌شود (شکل

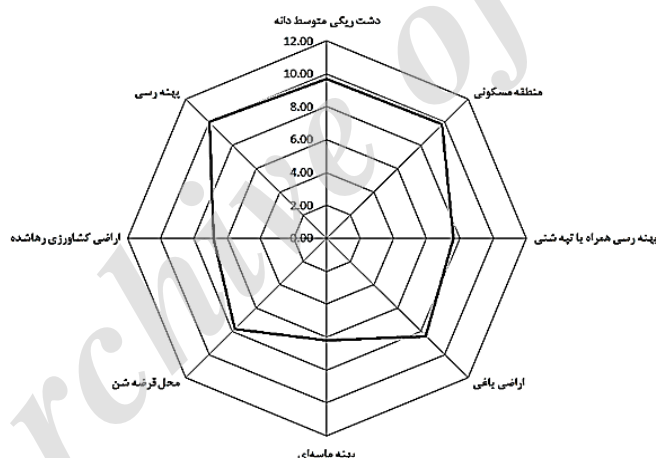
۳). از آن‌جا که در بیش‌تر مواقع سال سرعت باد، در این رخصاره بسیار شدیدتر از سرعت آستانه فرسایش بادی می‌باشد، بخش عمده رسوبات تولیدی در منطقه مورد مطالعه به این رخصاره مربوط می‌شود. در واقع توانمندی بالای این رخصاره برای وقوع فرسایش بادی سبب شده است که دشت داوران جزء کانون‌های بحرانی فرسایش بادی (کانون بحرانی لاهیجان) به‌شمار آید (جدول ۵).

شده به وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی در این رخساره‌ها، کم است. در رخساره پهنه رسی همراه با تپه ماسه‌ای، با وجود اینکه سرعت آستانه در این رخساره به سبب وجود پوشش رسی، تقریباً بالا است ولی در صورت تداوم طولانی مدت باد (بیشتر از سرعت آستانه) و در نتیجه آن از بین رفتن پوشش سطح و ظاهر شدن خاک زیرین، فرسایش بادی در این رخساره به شدت افزایش می‌یابد.

سرعت آستانه در رخساره‌های دشت ریگی و پهنه رسی به علت اثر عواملی همچون زبری سطح خاک، سله سطحی، استحکام پیوندی عوامل سیمانی‌کننده و غیره، بالا است. بنابراین، در این رخساره‌ها نیروی برشی باد باید به حد قابل توجهی برسد تا باعث به حرکت درآوردن و جابجایی اولین ذرات خاک در این رخساره‌ها شود. بنابراین به علت مقاومت ذرات خاک در برابر جدا شدن و از هم گسیختگی در اثر نیروی برشی باد، میزان رسوب تولیدی اندازه‌گیری

جدول ۵- مقدار فرسایش بادی اندازه‌گیری شده با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی

نام رخساره	کد رخساره	کلاس فرسایشی	رسوب (تن بر کیلومتر مربع در سال)
دشت ریگی متوسط دانه	۱-۳-۲	II	۴۵۴/۱۸
پهنه رسی	۲-۳-۲	II	۲۹۵/۰۰
اراضی باغی رهاشده	۳-۳-۲	IV	۳۲۱۳/۳۳
محل قرشه شن	۴-۳-۲	III	۱۰۹۰/۳۶
تلماسه	۵-۳-۲	V	۱۰۱۶۸/۳۳
اراضی باغی	۶-۳-۲	III	۷۶۷/۳۷
پهنه رسی همراه با تپه شنی	۷-۳-۲	IV	۱۵۴۹/۷۸
منطقه مسکونی	۸-۳-۲	II	۴۲۷/۸۷



شکل ۳- مقادیر سرعت آستانه فرسایش بادی (متر بر ثانیه) اندازه‌گیری شده به وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی در رخساره‌های مورد مطالعه

مقایسه نتایج مدل IRIFR با داده‌های مشاهده‌ای

دستگاه سنجش فرسایش بادی

بود. در رخساره تلماسه، شدت فرسایش بادی شبیه‌سازی شده با مدل IRIFR به‌طور قابل توجهی کمتر از میزان اندازه‌گیری شده به وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی (حدود ۲۰ درصد) بود (شکل ۴). به نظر می‌رسد که مدل IRIFR، در شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی برای رخساره‌هایی با کلاس فرسایش خیلی زیاد (کلاس V) با مشکل روبه‌رو باشد. نتایج ارزیابی فرآیند فرسایش بادی در

شدت فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل IRIFR در رخساره‌های، اراضی باغی رهاشده، تلماسه و اراضی باغی کم‌تر از میزان اندازه‌گیری شده با استفاده از دستگاه سنجش فرسایش بادی بود (شکل ۴). این در حالی است که در سایر رخساره‌ها، میزان رسوب شبیه‌سازی شده به وسیله مدل IRIFR بیش‌تر از میزان اندازه‌گیری شده به وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی

به رخصاره‌ایی که دارای تپه‌های ماسه‌ای فعال است، به شدت کاهش یافته است. بنابراین به نظر می‌رسد که متغیرها و عوامل مورد بررسی در مدل IRIFR در برخی از رخصاره‌ها ناکافی بوده و باید مولفه‌های بیشتری به مدل وارد شوند تا مدل قادر به شبیه‌سازی بهتر شدت فرسایش بادی در این رخصاره‌ها باشد. مقایسه پتانسیل رسوب‌دهی فرسایش آبی و بادی با استفاده از مدل‌های MPSIAC و IRIFR در حوزه آبخیز آب بخش‌های کرمان نیز نشان می‌دهد که مدل IRIFR برای برآورد فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران مناسب است [۱۵]. هرچند این مدل دارای نقص‌هایی است که برای دستیابی به نتیجه‌ی مطلوب‌تر باید با توجه به شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و خاک هر منطقه، مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرد. برآورد پتانسیل رسوب‌دهی فرسایش بادی در منطقه بیابانی شهرستان اسفراین به کمک مدل IRIFR نشان می‌دهد هر چند این مدل برای برآورد فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه، کارآمد بود ولی برای عامل رطوبت خاک به جزء مسئله عمق و سطح سفره آب زیرزمینی، باید بارندگی منطقه و تعداد ماه‌های خشک سال نیز مورد توجه قرار گیرند [۱۲].

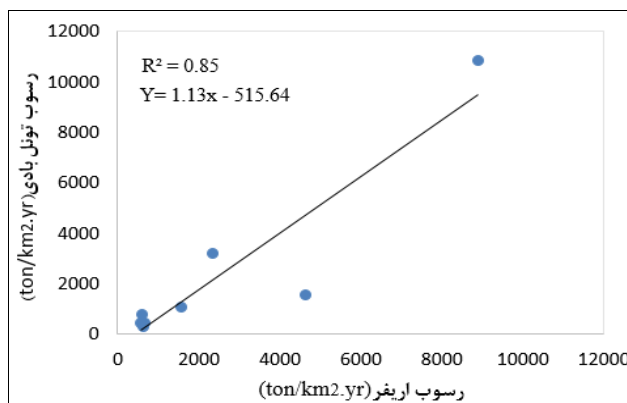
شرق اصفهان به کمک مدل IRIFR نشان داد که باید به این روش شاخص‌های بیش‌تری اضافه نمود تا بتوان مناطق خیلی حساس به فرسایش و یا دارای فرسایش شدید و خیلی شدید را شناسایی کرد [۹]. تفاوت قابل توجه دیگر در میزان برآورد شدت فرسایش بادی به دو روش ذکر شده، در رخصاره پهنه رسی همراه با تپه ماسه‌ای دیده شد. در این رخصاره، میزان رسوب شبیه‌سازی شده با استفاده از مدل IRIFR خیلی بیش‌تر از میزان اندازه‌گیری شده به‌وسیله دستگاه سنجش فرسایش بادی بود (شکل ۴). با توجه به بازدیدهای صحرائی صورت گرفته از رخصاره پهنه رسی همراه با تپه ماسه‌ای و استفاده از پرسش‌نامه‌های محلی، این رخصاره در سال‌های نه‌چندان دور، از تپه‌های ماسه‌ای فعال پوشیده است که با ایجاد جنگل مصنوعی در منطقه مورد نظر (نهال کاری تاغ)، تپه‌های ماسه‌ای موجود در این رخصاره به حالت پایدار در آمده‌اند. همچنین از آن‌جا که خاک اطراف منطقه مورد مطالعه رسی است، به تدریج یک لایه خاک رسی (انتقال توسط باد)، تپه‌های ماسه‌ای موجود در این واحد را پوشانده و تپه‌های ماسه‌ای به حالت پایدار رسیده و بنابراین شدت فرسایش بادی در آن، نسبت



شکل ۴- مقایسه مقادیر شدت فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به‌وسیله مدل IRIFR و دستگاه سنجش فرسایش بادی

شده به دست آمد (شکل ۵). مقادیر نسبتاً مناسب دیگر شاخص آماری مانند ضریب خطای مطلق ($APE=0/37$) و به‌ویژه شاخص کارایی مدل ($MEF=0/97$)، نیز نمایان‌گر آن است که در مجموع مدل به‌خوبی توانسته شدت فرسایش بادی را در بخش قابل ملاحظه‌ای از منطقه مورد مطالعه شبیه‌سازی کند.

با این وجود، رگرسیون خطی ایجادشده بین مقادیر شبیه‌سازی شده رسوب و اندازه‌گیری شده آن در کل منطقه مورد مطالعه، نشان داد که تفاوت در مقادیر اندازه‌گیری شده شدت فرسایش بادی با استفاده از این دو روش ناچیز بوده و ضریب تبیین نسبتاً مناسبی ($R^2=0/84$) بین مقادیر اندازه‌گیری شده و شبیه‌سازی



شکل ۵- رگرسیون خطی ایجادشده بین مقادیر اندازه‌گیری شده شدت فرسایش بادی به وسیله مدل IRIFR و تونل باد

بحث و نتیجه‌گیری

بادی در مقایسه با رخساره‌های تلماسه و باغ‌های رهاشده می‌شود. اما در صورت تداوم بادهای فرساینده، پوشش رسی سطح این رخساره از بین رفته و فرسایش بادی به شدت افزایش می‌یابد. از آنجایی که در این رخساره مقدار فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل به میزان قابل ملاحظه‌ای بیشتر از مقدار فرسایش بادی مشاهده‌ای به وسیله تونل باد بود به نظر می‌رسد که باید اهمیت نقش رسوبات دانه‌ریز رسی و سله سطحی در نمرده‌دهی به متغیرهای مؤثر در فرسایش بادی موجود در مدل بیشتر مورد توجه قرار گیرد.

سطح اراضی باغی رهاشده نیز در اثر هجوم ماسه‌های روان کاملاً از ماسه ریز پوشیده شده به طوری که مشابه رخساره تلماسه حساس به فرسایش بادی می‌باشند، با این تفاوت که وجود بقایای درختان بر روی سطح خاک و عدم پوشش یکنواخت ماسه‌های روان در رخساره باغ‌های رهاشده تا حدی از حساسیت این رخساره نسبت فرسایش بادی در مقایسه با رخساره تلماسه می‌کاهد. در این رخساره نیز مانند رخساره تلماسه باید مولفه‌های مؤثر بر فرسایش بادی بیشتری مورد بررسی قرار گیرد تا شبیه‌سازی فرسایش بادی به وسیله مدل با دقت بیشتری در این نوع از رخساره‌ها صورت بپذیرد.

ماسه‌های موجود در رخساره قرضه ماسه به طور عمده به‌منظور استفاده‌های کشاورزی برداشت گردیده‌اند به گونه‌ای که در بعضی از نقاط، خاک زیرین (خاک دارای رس زیاد) ظاهر گشته است. از سوی دیگر تردد ماشین‌آلات در این رخساره سبب افزایش تراکم خاک

نتایج حاصل از شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR و نیز اندازه‌گیری‌های صحرایی نشان داد که عوامل گوناگونی بر شدت و ضعف فرسایش بادی و تفاوت در مقدار اندازه‌گیری شده آن به وسیله تونل باد و میزان شبیه‌سازی شده به وسیله مدل در هر یک از رخساره‌های فرسایش بادی مورد بررسی اثرگذارند. در رخساره دشت ریگی متوسط دانه که سطح خاک از سنگریزه‌های متوسط دانه پوشیده شده است، ذرات ریز خاک توسط باد، برداشت و ذرات درشت دانه در سطح باقی مانده‌اند. این پوشش سنگریزه ای توانسته سطح خاک را از فرسایش بادی در امان نگه داشته و بنابراین تفاوت چندانی در مقدار فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل و مقدار مشاهده‌ای به وسیله تونل باد در این رخساره وجود نداشت. در اراضی تلماسه‌ای که شامل تپه‌های ماسه‌ای فعال هستند، شدت فرسایش بادی شبیه‌سازی شده توسط مدل به‌طور قابل توجهی کم‌تر از مقدار اندازه‌گیری شده بود. به نظر می‌رسد که مولفه‌های مؤثر بر فرسایش بادی بیشتری از قبیل عدم چسبندگی ذرات خاک و اندازه ذرات شن برای شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در رخساره‌هایی با کلاس فرسایش خیلی زیاد (کلاس V) نظیر رخساره فرسایش بادی اراضی تلماسه‌ای می‌بایست مورد بررسی قرار گیرند. در پهنه رسی همراه با تپه‌های ماسه‌ای، سطح رخساره فرسایشی به وسیله رسوبات دانه ریز رسی پوشیده شده که این پوشش رسی به همراه پوشش گیاهی با تراکم متوسط (تاغزار)، باعث کاهش شدید حساسیت این رخساره نسبت به فرسایش

به وسیله مدل، به مانند رخصاره پهنه رسی همراه با تپه ماسه‌ای، به نظر می‌رسد که باید به نقش رسوبات دانه‌ریز رسی و سله سطحی در میزان شدت فرسایش بادی و در نتیجه امتیازدهی مناسب به پارامترهای مدل بیشتر توجه نمود.

از سوی دیگر شدت فرسایش بادی اندازه‌گیری شده در بخش عمده‌ای از منطقه مورد مطالعه با استفاده از هر دو روش مدل IRIFR و دستگاه شبیه‌ساز فرسایش بادی، نشان از وضعیت بحرانی دشت داوران از نظر شدت فرسایش بادی داشت. نتایج ارزیابی مدل IRIFR با داده‌های دستگاه سنجش فرسایش بادی و تجزیه و تحلیل‌های انجام گرفته، نشان داد که علی‌رغم تجربی بودن مدل IRIFR (تعیین‌کننده بودن نقش تجربه کارشناس در نتایج)، به علت هم‌خوانی داشتن این مدل و شاخص‌های مورد بررسی در آن با شرایط طبیعی، ژئومرفولوژی، اقلیمی و خاکی کشور، می‌تواند یکی از روش‌های مناسب برای برآورد توان رسوب‌دهی ناشی از فرسایش بادی در کشور محسوب گردد. با این وجود به نظر می‌رسد که مدل IRIFR، در شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در برخی از رخصاره‌ها، دارای کمبودهایی است که باید با توجه به شرایط اقلیمی، پوشش گیاهی و خاک، مورد بازنگری و اصلاح قرار گیرد. با توجه به عمومیت نداشتن بیش‌تر مدل‌های فیزیکی - فرآیندی موجود در رابطه با شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی (از جمله مدل TEAM)، و کمبود ایستگاه‌های رسوب‌سنجی در ایران، می‌توان با استفاده از مدل IRIFR ولی با اصلاح شاخص‌ها و افزودن عامل‌های بیش‌تر برای دستیابی به نتیجه مطلوب‌تر و برآورد دقیق‌تر از شدت فرسایش بادی، مناطق حساس به فرسایش یا دارای فرسایش بادی شدید و خیلی شدید را شناسایی نموده و در نتیجه، با اعمال روش‌های حفاظتی و پیشگیرانه مناسب مربوط به هر منطقه، از هدررفت بیشتر خاک در مناطق در معرض خطر فرسایش بادی، به‌ویژه مناطق خشک و نیمه‌خشک، جلوگیری نمود یا میزان هدررفت خاک را به کمترین مقدار ممکن کاهش داد.

زیرین گشته که این عوامل، کاهش شدت فرسایش بادی در این رخصاره را در پی داشته‌اند. بنابراین در این رخصاره نیز مدل، تخمین بیشتری از مقدار مشاهده‌ای فرسایش بادی نسبت به تونل بادی داشت، اگرچه این تفاوت چندان قابل توجه نبود. همچنین در مناطق مسکونی مورد مطالعه، خاک موجود دارای بافت تقریباً ریزدانه بود که به علت چسبندگی ذرات خاک زیاد و تشکیل سله در سطح فرسایش بادی شدید در این رخصاره دیده نشد. این در حالی است که در بعضی نقاط از این رخصاره به علت به هم‌خوردگی سطح خاک در اثر فعالیت‌های انسانی و در نتیجه آن تخریب سله سطحی و ساختمان خاک زیرین، افزایش قابل توجهی در شدت فرسایش بادی اندازه‌گیری شده، دیده شد. کم‌ترین تفاوت در مقدار فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل و مقدار فرسایش بادی اندازه‌گیری شده به وسیله تونل باد در بین رخصاره‌های مورد بررسی، در این اراضی مشاهده شد که نشان از دقت بالای مدل در شبیه‌سازی شدت فرسایش بادی در این رخصاره داشت.

برخی از باغ‌های رخصاره اراضی باغی، به شدت مورد هجوم ماسه‌های روان قرار گرفته‌اند و بنابراین از توانمندی فرسایش بادی بالایی برخوردار هستند، در حالی که برخی دیگر (اطراف منطقه مسکونی) به دلیل شرایط مناسب از نظر خاک‌شناسی و پوشش گیاهی، غیر حساس به فرسایش بادی بودند. شدت فرسایش بادی در این رخصاره به‌طور میانگین، در کلاس متوسط قرار گرفت. تفاوت قابل ملاحظه‌ای در مقدار فرسایش بادی شبیه‌سازی شده به وسیله مدل و مقدار فرسایش بادی مشاهده‌ای به وسیله تونل باد دیده نشد. وجود رسوبات دانه ریز و رسی در سطح و همچنین چسبندگی ذرات رسی و تشکیل سله سخت سطحی در رخصاره پهنه رسی، باعث افزایش مقاومت ذرات خاک در برابر تنش‌های وارده از جمله نیروی برشی باد شد به‌گونه‌ای که در این رخصاره، بالاترین سرعت آستانه و کمترین مقدار فرسایش بادی اندازه‌گیری گردید. در این رخصاره نیز با توجه به کم‌تر بودن مقدار مشاهده‌ای فرسایش بادی نسبت به مقدار شبیه‌سازی شده

References

- [1]. Ahmadi, H. (2006). Applied geomorphology (Wind erosion). Tehran University Publication, 706 p. (in Farsi).
- [2]. Azimzadeh, H.R. (2007). Study on application of wind erosion prediction system WEPS and IRIFR2 on fallow lands of Ardakan plain-Yazd. PhD. thesis, University of Tehran, (in Farsi).
- [3]. Coppinger, K.D., Reiners, W.A., Burke, I.C., & Olson, R.K. (1991). Net erosion on a sagebrush steppe landscape as determined by cesium 137 distribution. *Soil Science Society of America Journal*, (55), 254-258.
- [4]. Department of natural resources Kerman. (2007). Breeding and management of forests in the davaran plain, 44 p. (in Farsi).
- [5]. Ekhtesasi, M.R. (1991). Report design and construction of wind erosion meter. Publication of Science and Technology Research Organization of Yazd, (in Farsi).
- [6]. Ekhtesasi, M.R. (1993). Mapping susceptibility to wind erosion in the ardakan plain-Yazd by using wind erosion meter. Master thesis, University of Tehran, (in Farsi).
- [7]. Ekhtesasi, M.R., & Ahmadi, H. (1997). Quantity and quality evaluation of wind erosion and estimate of sedimentation potential (case study: yazd-ardakan plain). *Natural Resource Journal of Iran*, 50(2), 5-14, (in Farsi).
- [8]. Faraji, M., Mohammad Behbehani, A., Ahmadi, H., Ekhtesasi, M. R., Faiznia, S., & Jafari, M. (2011). Assessing the intensity of wind erosion in maroon- molasani basin with IRIFR.1 method. The second national conference of wind erosion and dust storms, Yazd University, (in Farsi).
- [9]. Khnamani, A., Karimzadeh, H.R., Jafari, R., & Safaei, A.R. (2011). Evaluation of the wind erosion process by using IRIFR.E.A model to determine the state of desertification in east area of Esfahan. The second national conference of wind erosion and dust storms, yazd University, (in Farsi).
- [10]. Mesbahzadeh, T., Ahmadi, H., Zahtabian, Gh.R., & Sarmadian, F. (2010). Assessing the intensity of wind erosion by using IRIFR.E.A model (case study: abouzeiydabad Kashan). *Natural Resource Journal of Iran*, 63(3), 399-415, (in Farsi).
- [11]. Refahi, H.G. (2008). Wind erosion and its control. University of Tehran Publication, 320 p. (in Farsi).
- [12]. Rezaee Rad, N., Hatefi, A.H., Saberi, M., & Barghamadi, M. (2011). The estimated wind erosion sedimentation potential in the desert area of esfarayen city by using IRIFR model. The second national conference of wind erosion and dust storms, University of Yazd, (in Farsi).
- [13]. Sadeghi Ravesh, M., Reyahi Khoram, M., & Khosravi, H. (2012). Zoning wind erosion potential risk in central Iran using modified numerical taxonomy model. *Journal of Agriculture and Environment*, 12(1), 91-99.
- [14]. Skidmore, E.L. (2000). Air-soil, and water quality as influenced by wind erosion and strategies for mitigation. Second International Symposium of New Technologies for Environmental Monitoring and Agro-Applications Proceedings, 216-221.
- [15]. Tahmasebi Birgani, A.M., Ahmadi, H., Rafahi, H., & Ekhtesasi, M.R. (2000). Comparison between sedimentation potential of wind and water erosion by using MPSIAC and IRIFR.E.A models in desert region of Iran (case study: ab-bakhsha basin in the Kerman zone). *Natural Resources Journal of Iran*, 53(1), 53-65, (in Farsi).
- [16]. Webb, N.P., McGowan, H.A., Phinn, S.A., & McTainsh, G. (2006). AUSLEM (AUStralian Land Erodibility Model): A tool for identifying wind erosion hazard in Australia. *Journal of Geomorphology*, (78), 197-200.
- [17]. Webb, N., McGowan, H.A., Phinn, S.A., leys, J., & McTainsh, G. (2009). A model to predict land susceptibility to wind erosion western queen's land Australia. *Journal of Environmental Modeling and Software*, (24), 214-227.
- [18]. Zarei Mahmoodabadi, H., Chabok Boldaji, M., Ebrahimi Khosfi, Z., & Tabatabai zadeh, M. (2011). Calculation the intensity of wind erosion by using IRIFR model (Case study: Jamz area of Tabas). The second national conference of wind erosion and dust storms, University of Yazd, (in Farsi).

Assessment of IRIFR model capability in simulation of soil loss in different wind geomorphology landforms using wind erosion meter

- 1- I. Kouchami Sardo, Department of Soil Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
- 2- A.A. Besalatpour, Department of Soil Sciences, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
a.besalatpour@vru.ac.ir
- 3- H. Bashari, Department of Natural Resources, Isfahan University of Technology, Iran
- 4- H. Shirani, Department of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran
- 5- I. Esfandiarpour Broujeni, Department of Soil Science, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, Iran

Received: 29 Sep 2016

Accepted: 16 May 2017

Abstract

Measuring intensity of wind erosion in arid and semi-arid regions is vital for determining the appropriate strategies to control or reduce its effects. There are various methods and models for estimating wind erosion intensity. In this study, potential of an empirical model named, IRIFR (Iran's Research Institute of Forest and Rangelands), for the estimating of wind erosion intensity in different wind geomorphology landforms in Rafsanjan plain was evaluated by comparing the measured data obtained from the wind erosion meter as a physical – insitu method. Results of both methods showed that 13 and 37% of the study area are classified as high and very high, respectively. Furthermore, wind erosion simulated using the model was highest in sand dune, and orchard landforms had the lowest values. Soil loss in sand dune landform was estimated more than 8000 tons $\text{km}^{-2} \text{year}^{-1}$. Obtained statistical criterion values such as absolute error percentage (AEP=0.37), coefficient of determination ($R^2=0.85$), and particularly the model efficiency factor (MEF=0.97), indicated that despite the differences in measured amounts of soil loss using wind erosion meter and the IRIFR model in some studied geomorphology landforms, the model had a suitable estimation of the wind erosion intensity in the study area. However, the IRIFR model is faced with error in estimating of wind erosion intensity in landforms with high wind erosion risk (class V) and needs to be revised.

Keywords: Modelling; Emperical model; Wind erosion risk; Wind erosion meter; Rafsanjan.