

بررسی شدت فرسایش بادی و پتانسیل رسوبدهی حاصل از آن با استفاده از مدل IRIFR در منطقه زهک استان سیستان و بلوچستان

زهرة هاشمی¹، محمدرضا جوادی²، عباس میری³

تاریخ دریافت: 89/9/3 تاریخ پذیرش: 89/12/14

چکیده

فرسایش بادی یکی از مهم‌ترین مشکلات در بسیاری از نقاط جهان و ایران است. اندازه‌گیری فرسایش بادی همواره مشکل و هزینه‌بر بوده و دارای محدودیت‌های زمانی و مکانی است. لذا استفاده از مدل‌های کارا به‌منظور برآورد آن امری اجتناب‌ناپذیر است. در این تحقیق از روش تجربی IRIFR جهت بررسی شدت فرسایش بادی و برآورد پتانسیل رسوبدهی حاصل از آن، در منطقه زهک با مساحت 88350 هکتار استفاده گردید. طبق نتایج به‌دست آمده حدود 25/52 درصد از مساحت منطقه مورد مطالعه با شدت فرسایش بادی خیلی زیاد و پتانسیل رسوبدهی $24171/76 \text{ ton/km}^2/\text{yr}$ و حدود 73/6 درصد از مساحت منطقه در کلاس شدت فرسایش بادی زیاد با پتانسیل رسوبدهی $19254/5 \text{ ton/km}^2/\text{yr}$ و حدود 0/88 درصد از عرصه مورد مطالعه در طبقه متوسط به میزان $633/46 \text{ ton/km}^2/\text{yr}$ تولید رسوب را شامل می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سیستان و بلوچستان، منطقه زهک، شدت فرسایش بادی، مدل IRIFR، پتانسیل رسوبدهی

1- کارشناس ارشد بیابان‌زدایی اداره منابع طبیعی و آبخیزداری شهرستان زابل، hashemi_343@ yahoo.com

2- عضو هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد نور، مسوول مکاتبات

3- عضو هیأت علمی دانشگاه زابل

مقدمه

باد عامل اصلی فرسایش در مناطق خشک محسوب می‌گردد. خاک‌های مناطق خشک در مقابل عوامل فرساینده به دلیل کمبود مواد آلی و کلونیدی آسیب‌پذیرند. با افزایش میزان خاک در طی زمان، میزان فرسایش در مکان نیز افزایش می‌یابد [1].

فرسایش بادی فرآیندی است که به سبب افزایش سرعت باد و در اثر تلاطم آن در سطح زمین عاری از پوشش، ایجاد می‌گردد. این وضعیت در زمین‌های با خاک نرم، لخت، خشک، صاف و دارای دانه‌بندی ریز مشهود است. فرسایش بادی فرآیندی با پیچیدگی بسیار است زیرا به شکل‌های مختلف چون کنده شدن¹، انتقال²، دانه‌بندی³، سایش⁴ و در نهایت رسوب⁵ انجام می‌گیرد [5]. اندازه‌گیری فرسایش بادی همواره مشکل و هزینه‌بر بوده و دارای محدودیت زمانی و مکانی است. لذا استفاده از مدل‌های کارا در این رابطه امری اجتناب‌ناپذیر است. از آنجاکه کنترل و یا استفاده و بهره‌برداری از هر پدیده جهان طبیعی، مستلزم شناخت ابعاد کمی و کیفی آن پدیده است، ضروری می‌نماید تا پدیده فرسایش بادی و شدت عمل آن نیز در اراضی مختلف به‌گونه‌ای شناخته شود [2]. تبدیل معیارهای کیفی به واحدهای کمی و دقیق در مورد پدیده‌های جهان طبیعی نخستین‌گام در زمینه برنامه‌ریزی صحیح و کنترل اصولی این پدیده

است. هرچند که کمی کردن فرآیند پدیده‌های جهان طبیعی به دلیل دخالت عوامل متعدد و پیچیده بودن آنها، بسیار مشکل بوده و حتی غیرممکن است، اما در سال‌های اخیر غالب پژوهشگران علوم طبیعی سعی کرده‌اند تا با تکنیک‌های مختلف از جمله ایجاد شرایط آزمایشگاهی و یا صحرایی در مقیاس کوچک، این فرآیندها را کمی و سپس در مقیاس بزرگتر به طبیعت منتقل کرده و مورد استفاده قرار دهند [2]. بخش‌های وسیعی از مناطق خشک و نیمه-خشک ایران تحت تاثیر فرسایش بادی می‌باشند. در زمینه فرسایش بادی نیز روش‌های متعددی ارائه گردیده و کم و بیش از آنها استفاده شده است. معمولاً "روش‌های ارائه شده توسط سایر کشورها با شرایط اقلیمی و ادا فیک کشور ما منطبق نبوده و کاربرد ندارند. در سال 1374 مدل تجربی IRIFR⁶ توسط محققین داخلی [2] تدوین و ارائه گردید. روش IRIFR در واقع یک نوع مدل تجربی (جعبه سیاه) جهت برآورد میزان رسوب برای مناطق فاقد آمار رسوب‌سنجی بادی ارائه شده است. در این مدل از دستگاه سنجش فرسایش بادی (تونل باد) استفاده می‌شود و فرسایش‌پذیری خاک نسبت به فرسایش بادی اندازه‌گیری می‌گردد.

نام اختصاری این مدل برگرفته از مخفف نام موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع ایران می‌باشد که علامت اختصاری آن در سطرهای قبلی آورده شده است. مدل مذکور مشابه مدل-

¹ - Detachment

² - Transportation

³ - Sorting

⁴ - Abrasion

⁵ - Sedimentation

⁶ - Iran Research Institute of Forest and Rangeland

ناشی از فرسایش آبی و 14/5 و 85/5 درصد رسوب ناشی از فرسایش بادی را به خود اختصاص داده‌اند. در زیر حوزه آبخیز لاله‌زار، مجموع، پتانسیل رسوبدهی (حاصل از فرسایش-های آبی و بادی)، در حدود 36/2 و 76/4 و 23/6 درصد به دست آمده است (7).

روحی‌پور و همکاران (1386) به برآورد میزان فرسایش بادی با استفاده از مدل‌های WEPS³ و IRIFR در اراضی تحت آیش دشت یزد پرداختند. در این تحقیق، ابتدا ایستگاه اندازه‌گیری فرسایش بادی مطابق با آخرین اطلاعات منابع علمی در اراضی آیش دشت یزد- اردکان احداث شد. دستگاه‌ها و ابزارهای لازم نظیر، نمونه‌گیرهای خزشی و کترلی ساخته شدند. نمونه‌گیرها با الگوی دواير متحدالمركز در زميني به ابعاد 140 در 140 مترمربع روی سه محور با زاویه 60 درجه نصب گردید. پایش رخدادهای واقع شده از مورخ 85/2/1 تا 86/2/1 با ثبت اطلاعات 10 دقیقه‌ای سرعت باد و سایر اطلاعات هواشناسی، اندازه‌گیری متغیرهای زمانی لایه‌های خاک و ویژگی‌های سطح خاک طی عملیات صحرائی انجام شد. مدل WEPS و IRIFR با داده‌های صحرائی اجرا و مقادیر مشاهده شده در رخدادهای به صورت تک رخداد با برآورد WEPS مقایسه گردید. مجموع مقدار فرسایش نیز با IRIFR مقایسه گردید. ضریب تعیین تک رخدادهای برای مقایسه ظرفیت انتقال مشاهده و مدل WEPS، ضریب مقایسه تلفات خاک 0/98 بدست آمد که در سطح اعتماد یک درصد معنی-

تجربی PSIAC¹ (برای برآورد پتانسیل رسوبدهی ناشی از فرسایش آبی) است. مدل IRIFR که شامل نه عامل مهم و موثر در فرسایش بادی و رسوبدهی اراضی است، در این تحقیق مورد بررسی و امتیازدهی قرار گرفته است. هدف اصلی از انجام مطالعه حاضر در منطقه زهک با استفاده از روش IRIFR علاوه بر میزان تخمین رسوب حاصل از فرسایش بادی، تعیین شدت و پتانسیل رسوبدهی ناشی از فرسایش بادی نیز بوده است. تاکنون مطالعات گوناگونی در این رابطه در نقاط مختلف ارایه شده است که برخی از آنها به- شرح ذیل می‌باشد:

مسعودی و همکاران (1389) پتانسیل فرسایش بادی را به روش تجربی IRIFR در منطقه نیشابور در ایران بررسی کردند. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که حدود 61 درصد از منطقه مورد مطالعه تحت طبقه متوسط و حدود 15 درصد از عرصه مذکور دارای شدت زیاد فرسایش بادی می‌باشد [9].

طهماسبی بیرگانی و همکاران (1379) با استفاده از مدل‌های MPSIC² و IRIFR در حوزه آبخیز آب بخشاء کرمان ضمن تهیه نقشه- حساسیت اراضی، پتانسیل رسوبدهی فرسایش-های آبی و بادی را مورد مقایسه قرار دادند. نتایج نشان داد که زیرحوزه‌های آبخیز لاله‌زار و نگار که 41 و 59 درصد سطح عرصه مورد بررسی را شامل می‌شوند، به ترتیب 49 و 51 درصد رسوب

¹ - Pacific South-West inter-Agency committee

² - Modified Pacific South-West inter-Agency committee

³ - Wind Erosion Prediction System

* تعیین امتیاز عوامل نه گانه موثر در

فرسایش بادی در منقه مورد مطالعه

مدل IRIFR همانند مدل PSIAC، نقش و تاثیر 9 عامل موثر در فرسایش بادی را مورد ارزیابی و امتیازدهی قرار می دهد و بسته به شدت و ضعف هر عامل و تاثیر آن بر رسوب زایی، امتیازی به آن نسبت داده می شود. مجموعه اعداد به دست آمده برای فاکتورهای مختلف نشان دهنده شدت فرسایش بادی می باشد. این عوامل شامل سنگ شناسی، شکل اراضی، پستی و بلندی، سرعت و وضعیت باد، خاک و پوشش سطح آن، انبوهی پوشش گیاهی، آثار فرسایش سطح خاک، رطوبت خاک، نوع و پراکنش نهشته های بادی و مدیریت استفاده از زمین می باشند (جدول 1).

* تعیین شدت فرسایش بادی در منطقه

مورد مطالعه

در این تحقیق با توجه به بررسی های انجام شده، حدود منطقه، اطلاعات پایه از جمله نقشه های موضوعی (نظیر نقشه های توپوگرافی - خاکشناسی - زمین شناسی - سنگ شناسی و...) گزارشات مختلف، عکس های هوایی موجود و سایر اطلاعات مورد نیاز، موقعیت منطقه و عوارض موجود از جمله جاده ها، مناطق مسکونی، تاسیسات و رخساره های مختلف ژئومورفولوژی و... بررسی شد و با عملیات میدانی، منطقه به 2 واحد، 4 تیپ و 11 رخساره ژئومورفولوژی تفکیک گردید. رخساره چاه نیمه - ها (منابع ذخیره آب) از شمار رخساره های مورد - ارزیابی حذف گردید (شکل 1). به علت همگن -

دار است. ضریب راندمان مدل ناش - ساتکلیف مدل WEPS، برای مقایسه حداکثر ظرفیت انتقال، 0/92 و میانگین تلفات خاک 0/51 به دست آمده است. به این ترتیب مدل WEPS، راندمان قابل قبولی در برآورد رخدادهای داشته و استفاده از مدل بر کاربرد میانگین مقادیر اندازه گیری شده، ارجح است. خطای نسبی مقایسه مدل IRIFR با مشاهده در طول مدت تحقیق 44/16 درصد به - دست آمد.

سعدالدین و همکاران (1386) با استفاده از روش IRIFR به مطالعه شدت فرسایش بادی در جنوب دشت ورامین پرداختند. نتایج مطالعه آنها نشان داد که در منطقه مورد مطالعه 4 کلاس شدت فرسایش بادی قابل مشاهده است و در هیچ بخش از منطقه شدت زیاد فرسایش بادی وجود نداشته است [4].

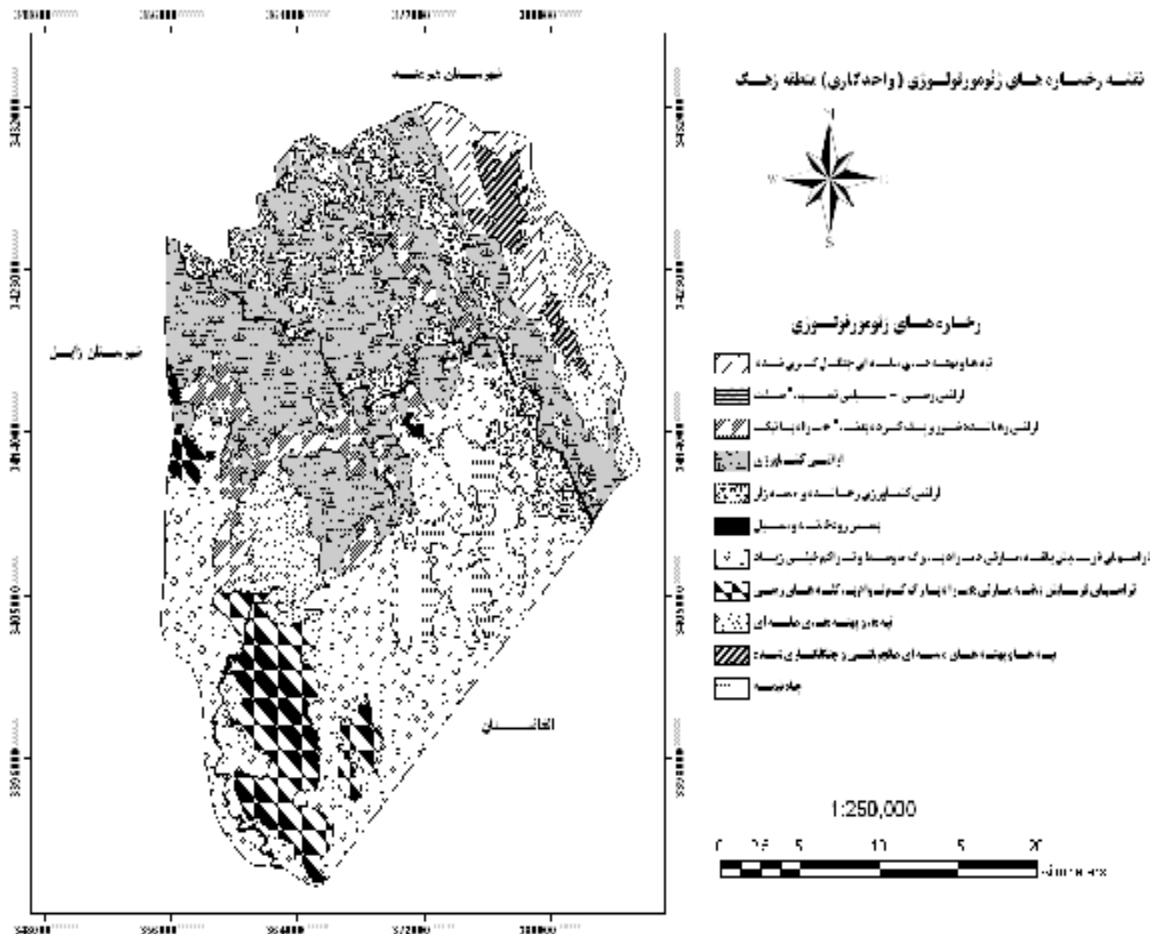
تیموری و عمرانی (1386) به بررسی پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR در دشت ریگ بشرویه پرداختند. آنها بیان نمودند که شدت فرسایش در منطقه در سه کلاس وجود دارد [3].

مواد

منطقه مورد مطالعه با وسعت تقریبی 88350 هکتار در فاصله 23 کیلومتری شرق شهرستان زابل قرار دارد. این منطقه در مختصات جغرافیایی $30^{\circ} 30'$ تا $61^{\circ} 49'$ طول شرقی و $36^{\circ} 45'$ تا $30^{\circ} 59'$ عرض شمالی واقع شده است.

نه‌گانه موثر در فرسایش بادی در هریک از واحدهای کاری مورد ارزیابی و امتیازدهی قرار- گرفت با جمع امتیازهای حاصله با توجه به جدول 2 ضمن تعیین کلاس‌های فرسایش‌پذیری اراضی، مقدار برداشت رسوب به صورت کیفی به دست آمده است. در نهایت نقشه شدت فرسایش بادی منطقه زهک تهیه گردید.

بودن عوارض از لحاظ زمین‌شناسی و سنگ- شناسی، توپوگرافی و مورفولوژی (براساس تفسیر عکس‌های هوایی و بازدیدهای صحرائی) منطقه، هریک از رخساره‌های ژئومورفولوژی به عنوان یک واحد کاری در نظر گرفته شد و اطلاعات و آمار مختلف در زمینه اقلیم و هواشناسی، ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک‌شناسی، پوشش گیاهی و هیدرولوژی براساس واحدهای کاری جمع‌آوری گردید. سپس هریک از عوامل



شکل 1- نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی (واحدهای کاری) منطقه مورد مطالعه (تهیه کننده هاشمی)

جدول 1- شرایط امتیازبندی پارامترهای موثر در برآورد رسوب فرسایش بادی به روش تجربی IRIFR

| دامنه امتیاز | شرایط امتیاز دهی | عامل مورد بررسی و دامنه امتیاز |
|--------------|---|--|
| 0-1 | سنگ‌های آذرین با بافت یکنواخت - کوارتزیت - آهک توده ای - گرانیت | 1- سنگ‌شناسی 0-10 |
| 1-3 | سنگ‌ها با بافت دانه ای نسبتاً سخت - آهک مقاوم - ماسه سنگ - کنگلومرای با سیمان سخت | |
| 3-5 | سنگ‌ها با بافت دانه ای و سست - آبرفت درشت دانه - واریزه رگ درشت دانه | |
| 5-7 | مارن - رس - آبرفت متوسط دانه - ریز و رگ دانه درشت - شیل و کنگلومرای سست | |
| 7-10 | آبرفت ریز دانه - رگ دانه ریز - ماسه ساحلی - نهشته های بادی - جلگه رسی | |
| 0-2 | منطقه کوهستانی و تخته سنگی با پستی و بلندی زیاد فاقد دالانهای هدایت باد | 2- شکل اراضی - پستی و بلندی 0-10 |
| 2-4 | منطقه کوهستانی تا تپه ماهوری با دامنه های منظم و خاک دار - دره های توپوگرافی منطبق با جهت باد | |
| 4-7 | دشت سر فرسایشی - دشت سرآنداژ - واریزه ها با پستی و بلندی متوسط تا هموار - جهت عمومی بادها منطبق با شیب زمین | 3- سرعت و وضعیت باد 0-20 |
| 7-10 | دشتهای نسبتاً هموار با پستی و بلندی محدود، کمتر از 10 سانتی متر - شیب عمومی زمین منطبق با جهت بادهای اصلی | |
| 0-5 | سرعت متوسط باد در کلیه ماه‌های سال کمتر از 4/5 متر بر ثانیه در ارتفاع 10 متر - بادهای شدید فاقد گرد و خاک و غبار محلی | |
| 5-10 | سرعت متوسط باد در کلیه ماه‌های سال بین 5 - 4/5 متر بر ثانیه - بادهای شدید معمولاً فاقد گرد و خاک ولی غبار زا است | |
| 10-15 | سرعت متوسط باد لاقط در یک ماه از سال بیش از 5 متر بر ثانیه - وقوع حداقل یک طوفان گرد و خاک در سال | |
| 15-20 | سرعت متوسط باد حداقل در یک ماه از سال بیش از 5/5 متر بر ثانیه - بادهای تند همواره به صورت طوفان گرد و خاک و غبارزا است. | |
| 0-5 | سطح خاک پوشیده از سنگریزه درشت با تراکم بیش از 80 درصد - سطح خاک کاملاً رسی و یا سیمانی شده توسط نمکها | 4- عامل خاک و پوشش سطح آن 5 تا 15 |
| 0-5 | سطح خاک با پوشش سنگفرشی متوسط تا ریز (رگ متوسط) با تراکم 70 - 40 درصد | |
| 5-10 | سنگریزه های سطح خاک محدود با تراکم کمتر از 40 درصد - بافت خاک شنی - رسی با چسبندگی متوسط تا کم | |
| 10-15 | سطح خاک فاقد سنگریزه، بافت خاک لومی تا ماسه ای با ساختمان دانه ای و فاقد چسبندگی، خاک سیلتی | |
| 5-10 | انبوهی تاج پوشش گیاهی موثر سطح خاک بیش از 40 درصد با توزیع مناسب و یکنواخت | |
| 0-5 | انبوهی تاج پوشش گیاهی موثر سطح خاک 40 - 26 درصد با توزیع یکنواخت تا غیر یکنواخت | 5- انبوهی پوشش گیاهی 5 تا 15 |
| 5-10 | انبوهی تاج پوشش گیاهی موثر سطح خاک 25 - 6 درصد با توزیع یکنواخت و یا نواری عمود بر باد اصلی | |
| 10-15 | انبوهی تاج پوشش گیاهی کمتر از 5 درصد با توزیع یکنواخت تا غیر یکنواخت | |
| 0-5 | در سطح خاک هیچ گونه آثار فرسایشی بادی دیده نمی شود. | 6- آثار فرسایشی سطح خاک 5 تا 20 |
| 0-5 | تجمع ماسه های بادی کم ضخامت در پای بوته ها به صورت پراکنده، آثار حمل ماسه بسیار جزئی | |
| 10-15 | آثار فرسایش بادی نسبتاً گسترده، شامل پوسته های شلجی شکل بیرون زدگی ریشه و طوقه گیاه - تراکم ماسه در پای بوته ها | |
| 15-20 | ظواهر فرسایشی بادی شدید و کاملاً مشخص شامل کلوت یا یاردانگ، بیرون زدگی ریشه و طوقه گیاهان - تلماسه های بادی فعال | |
| 0-2 | خاک همیشه مرطوب و تحت تأثیر کامل سفره آب زیرزمینی - کویر مرطوب - منطقه مرطوب | 7- رطوبت خاک 0-10 |
| 2-4 | خاک سطحی در پاره ای از اوقات سال تحت تأثیر رطوبت حاشیه کویرها - رودخانه های دائمی و یا ساحل دریا قرار می گیرد. | |
| 4-7 | خاک سطحی به طور موقتی تحت تأثیر رطوبت قرار گرفته و به دلیل بافت سبک سریع خشک می شود. بستر رودخانه فصلی و موقتی خاکهای کاملاً خشک با زهکشی سریع و فاقد چسبندگی ناشی از رطوبت | |
| 0-2 | در منطقه آثار نهشته های بادی به صورت تلماسه و یا تپه ماسه‌ای دیده نمی شود ولی در مواقعی که باد در سطح زمین می وزد، گرد و خاک ناچیزی مشاهده می شود. | 8- نوع و پراکنش نهشته های بادی 0-10 |
| 2-4 | آثار نهشته های بادی دیده نمی شود، ولی در پای بوته ها آثار کوچکی از رسوبات بادی مشاهده می گردد. | |
| 4-7 | نهشته‌های بادی اعم از تپه ماسه ای فعال و غیر فعال ارگ های متوسطی را تشکیل می دهد. نیکا به ارتفاع 1 تا 3 متر. | |
| 7-10 | انواع نهشته‌های ماسه بادی تشکیل رگ با مساحت بزرگی را داده اند - منطقه حمل به شکل سفره های ماسه ای، نیکا به 3 تا 5 متر. | 9- مدیریت و استفاده از زمین 5 تا 15 |
| 0-5 | اراضی مرتعی یا جنگلی متراکم با مدیریت مناسب بهره‌برداری - اراضی کشاورزی بدون آیش و یا باغات با رعایت بادشکن. | |
| 0-5 | اراضی مرتعی یا جنگلی تنک با بهره‌برداری بیش از ظرفیت - اراضی کشاورزی با کمتر از سه ماه آیش و یا باغی بدون بادشکن. | |
| 5-10 | اراضی مرتعی مخروطه با چرای بیش از ظرفیت مجاز دام - اراضی کشاورزی با بیش از سه ماه آیش و فاقد بادشکن. | |
| 10-15 | اراضی لخت و بیابانی بدون پوشش و یا پوشش محدود - اراضی زراعی متروکه و شخم خورده. | |

جدول 2- تعیین وضعیت کیفی و کمی فرسایش و برآورد میزان رسوب

| رسوبدهی سالانه (ton/km ² /yr) | کل امتیاز محاسبه شده | کیفیت فرسایش | کلاس فرسایشی |
|---|----------------------|-----------------|--------------|
| کمتر از 250 | < 25 | خیلی کم | I |
| 250 – 500 | 25 – 50 | کم | II |
| 500 – 1500 | 50 – 75 | متوسط | III |
| 1500 – 6000 | 75 – 100 | زیاد | IV |
| بیشتر از 6000 | > 100 | خیلی زیاد | V |

روش ها

* برآورد پتانسیل رسوبدهی فرسایش-

بادی در منطقه مورد مطالعه

جهت برآورد پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی در منطقه زهک با استفاده از مدل IRIFR از رابطه 1 استفاده گردید.

$$QS=41[E \times P(0.05R)] \quad (1)$$

که در آن QS و R به ترتیب، میزان رسوبدهی سالانه (Ton/ha/year) و درجه رسوبدهی می باشد.

برای به دست آوردن درجه رسوبدهی (R)، مجموع امتیاز عوامل نه گانه موثر در فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه با استفاده از رابطه فوق الذکر پتانسیل رسوبدهی ناشی از فرسایش- بادی برآورد گردیده است.

برای به دست آوردن فرسایش ویژه از نسبت تحویل رسوب¹ و یا نسبت ذرات خارج شده از حوزه آبخیز نسبت به کل ذرات جابه جا شده از رابطه 2 استفاده گردید.

$$SDR = (1 - 0.15 \text{Log}^A) - 0.2 \text{Cos}\beta \quad (2)$$

SDR و A و β به ترتیب، نسبت تحویل رسوب، مساحت منطقه مورد مطالعه بر حسب کیلومتر مربع و زاویه بادهای اصلی (فرساینده) نسبت به محور اصلی زهکشی منطقه مورد مطالعه می باشد.

نتایج

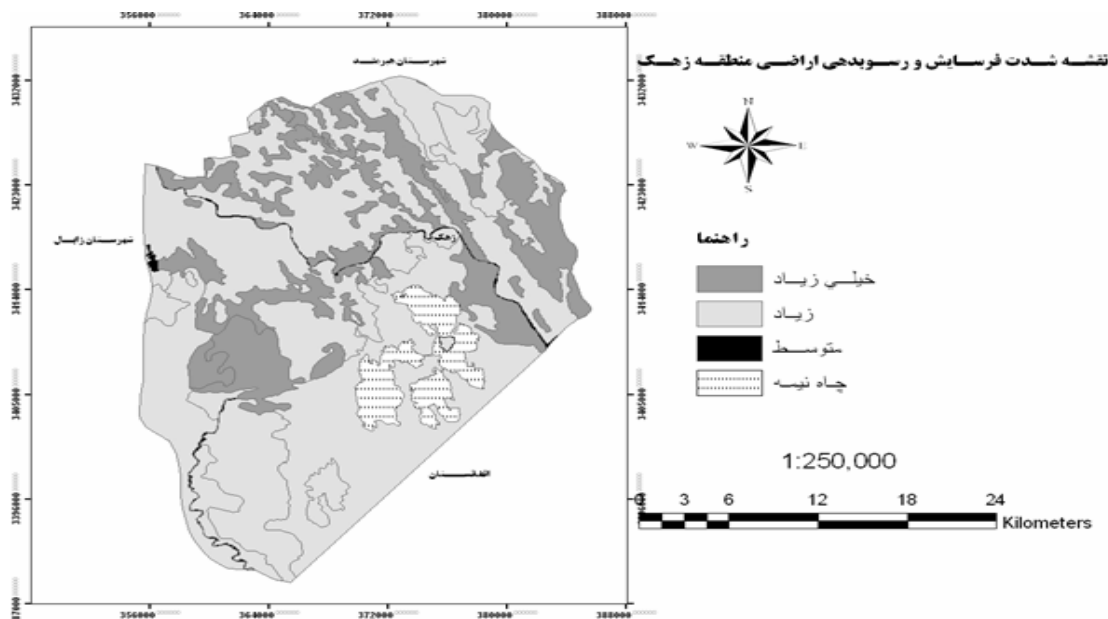
با استفاده از مدل تجربی IRIFR هر یک از عوامل نه گانه موثر در فرسایش بادی در منطقه، بررسی و طبق جدول 3 مورد امتیازدهی قرار گرفت. سپس از جمع امتیاز عوامل نه گانه ضمن برآورد درجه رسوبدهی، نقشه شدت رسوبدهی اراضی در هر یک از واحدهای کاری تهیه گردید. در مراحل بعدی، پتانسیل رسوبدهی حاصل از فرسایش بادی طبق جدول 4 در هر یک از واحدهای کاری و کل منطقه به دست آمده است. طبق بررسی های انجام گرفته در این تحقیق مشخص شده است که، رابطه 2 جهت تعیین فرسایش ویژه، با اشکالاتی همراه است و نیاز به بازنگری دارد. لذا در این مطالعه از برآورد آن و محاسبه فرسایش ویژه بادی خودداری شد. نتایج محاسبات منجر به تعیین میزان رسوب، رسوب

¹ - Sediment Delivery Ratio

ویژه و درصد تولید رسوب حاصل از فرسایش بادی در هریک از واحدهای کاری و کل منطقه گردید.

جدول ۳- امتیاز نه‌گانه موثر در فرسایش بادی توام با شدت و کلاس‌های فرسایش در منطقه زهک

| وضعیت فرسایش | شدت | جمع | مدیریت و استفاده از زمین | نوع و پراکنش نهشته‌های بادی | رطوبت خاک | آثار فرسایشی سطح خاک | انبوهی پوشش گیاهی | عامل خاک و پوشش سطح آن | سرعت و وضعیت باد | شکل اراضی، پستی و بلندی | سنگ شناسی | عامل موثر در فرسایش بادی |
|--------------|-----------|------|--------------------------|-----------------------------|-----------|----------------------|-------------------|------------------------|------------------|-------------------------|-----------|---|
| | | | | | | | | | | | | واحد کاری |
| IV | زیاد | 81 | 13 | 4 | 7 | 8 | 13 | 8 | 17 | 5 | 6 | تراس‌های فرسایش یافته مارنی همراه با رگ متوسط و تراکم خیلی زیاد با چاله‌های آبگیر |
| IV | زیاد | 82 | 13 | 5 | 6 | 7 | 13 | 10 | 17 | 6 | 5 | تراس‌های فرسایش یافته مارنی همراه با رگ کم توام با کفه-های رسی و چاله‌های آبگیر |
| V | خیلی زیاد | 110 | 14 | 8 | 8 | 15 | 14 | 15 | 18 | 9 | 9 | تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای |
| IV | زیاد | 90 | 8 | 7 | 7 | 12 | 10 | 12 | 17 | 9 | 8 | تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای جنگل کاری شده |
| IV | زیاد | 86 | 7 | 7 | 7 | 11 | 10 | 11 | 16 | 9 | 8 | تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای مالچپاشی و جنگل کاری شده |
| III | متوسط | 60 | 5 | 5 | 3 | 5 | 8 | 7 | 15 | 7 | 5 | بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها |
| IV | زیاد | 77 | 9 | 4 | 7 | 8 | 7 | 10 | 16 | 8 | 8 | اراضی کشاورزی |
| V | خیلی زیاد | 103 | 13 | 7 | 7 | 18 | 10 | 13 | 19 | 8 | 8 | اراضی کشاورزی رها شده و ماسه زار |
| V | خیلی زیاد | 103 | 12 | 7 | 7 | 18 | 11 | 14 | 18 | 8 | 8 | اراضی کشاورزی رها شده شور و پف کرده بعضاً " همراه با نیکا |
| IV | زیاد | 99 | 11 | 8 | 7 | 17 | 12 | 11 | 17 | 9 | 7 | اراضی رسی و سیلنی نسبتاً سفت |
| IV | زیاد | 89/1 | 10/5 | 6/2 | 6/6 | 11/9 | 10/8 | 11/1 | 17 | 7/8 | 7/2 | جمع |



شکل 2- نقشه شدت فرسایش بادی و رسوبدهی اراضی در منطقه زهک

جدول 4- برآورد پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی در منطقه زهک

| درصد تولید رسوب | درصد مساحت | رسوب ویژه | | میزان رسوبدهی سالانه | | درجه رسوبدهی (R) | مساحت (km ²) | رخساره ژئومورفولوژی واحد کاری |
|-----------------|------------|-------------------------------------|-----------------------|----------------------|-----------|------------------|--------------------------|---|
| | | M ³ /Km ² /yr | T/Km ² /yr | M ³ /yr | T/yr | | | |
| 17/87 | 28/52 | 1810/22 | 2353/3 | 431232/4 | 560602/1 | 81 | 238/22 | تراس‌های فرسایش یافته مارنی همراه با رگ متوسط و تراکم خیلی زیاد با چاله های آبگیر |
| 6/22 | 9/45 | 1903 | 2473/9 | 150016/6 | 195021/6 | 82 | 78/83 | تراس‌های فرسایش یافته مارنی همراه با رگ کم توام با کفه های رسی و چاله های آبگیر |
| 23/35 | 8/74 | 7717/2 | 10032/36 | 563201/7 | 732162/3 | 110 | 72/98 | تپه ها و پهنه های ماسه ای |
| 3/72 | 3/78 | 2839 | 3690/7 | 89598/9 | 116478/5 | 90 | 31/56 | تپه ها و پهنه های ماسه ای جنگل کاری شده |
| 1/69 | 2/1 | 2324/38 | 3021/7 | 40885/8 | 53151/5 | 86 | 17/59 | تپه‌ها و پهنه‌های ماسه ای مالچپاشی و جنگل کاری شده |
| 0/19 | 0/88 | 633/46 | 823/5 | 4649/6 | 6044/5 | 60 | 7/34 | بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها |
| 15/2 | 29/64 | 1482/08 | 1926/7 | 366905/9 | 476977/7 | 77 | 247/56 | اراضی کشاورزی |
| 19/64 | 10/43 | 5438/22 | 7069/7 | 473995/6 | 616194/2 | 103 | 87/16 | اراضی کشاورزی رها شده و ماسه‌زار |
| 11/94 | 6/35 | 5438/22 | 7069/7 | 287953/9 | 374340/1 | 103 | 52/95 | اراضی کشاورزی رها شده شور و پف کرده بعضاً همراه با نیکا |
| 0/18 | 0/11 | 4452/44 | 5788/2 | 4229/8 | 5498/7 | 99 | 0/95 | اراضی رسی و سیلتی نسبتاً سفت |
| 100 | 100 | 34038/22 | 44249/76 | 2412670/2 | 2707191/2 | - | 835/14 | جمع |

بحث و نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده در 11 رخساره ژئومورفولوژی (واحد‌های کاری) در منطقه مورد مطالعه، رخساره تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای با 110 امتیاز دارای بیشترین امتیاز و از نظر کیفی دارای فرسایش خیلی زیاد می‌باشد. همچنین میزان رسوبدهی سالانه در آن بیشتر از $10032/36 \text{ ton/km}^2/\text{yr}$ برآورد گردیده‌است. سپس رخساره‌های اراضی کشاورزی رها شده و ماسه زار و اراضی کشاورزی رها شده شور و پف کرده بعضاً همراه با نیکا هریک دارای امتیاز 103 می‌باشند که از نظر کیفی در محدوده اراضی با فرسایش خیلی زیاد قرار گرفته‌اند. همچنین کمترین امتیاز شدت فرسایش بادی در منطقه، مربوط به رخساره بستر رودخانه‌ها و مسیل‌ها با امتیاز 60 می‌باشد که از نظر امتیاز کیفی در کلاس فرسایش متوسط قرار داشته و دارای رسوبدهی سالانه معادل $500 \text{ ton/km}^2/\text{yr}$ تا 1500 است. در این راستا از مجموع امتیازات به‌دست آمده در هر یک از واحدهای کاری، از نظر کیفی وضعیت فرسایش بادی هر رخساره ژئومورفولوژی مشخص گردید و میزان رسوب سالانه به‌طور کمی تعیین شد. در نهایت نقشه شدت فرسایش بادی در محیط GIS و با روی هم‌گذاری لایه‌های نه‌گانه به‌دست آمده از ارزیابی آنها در هر واحد-کاری در منطقه زهک تهیه شد (نقشه 2).

باتوجه به ارقام و نتایج حاصل از پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی در جدول (4)، مشخص می‌شود که رخساره تپه‌ها و پهنه‌های ماسه‌ای با حدود 8/74 درصد از مساحت منطقه به‌میزان $10032/36 \text{ ton/km}^2/\text{yr}$ معادل 23/35 درصد، بیشترین تولید رسوب را در منطقه مورد مطالعه را

دارد. رخساره رودخانه و مسیل، 0/88 درصد از مساحت منطقه را پوشش می‌دهد و از لحاظ تولید رسوب کمترین مقدار و برابر با $823/5 \text{ ton/km}^2/\text{yr}$ و معادل 0/19 درصد را در منطقه شامل می‌شود. با مقایسه جداول 2 و 4 می‌توان به صحت ارزیابی و برآورد میزان رسوب ویژه در منطقه زهک پی برد.

سعدالدین و همکاران در بررسی‌های خود دریافتند که ازجمله عوامل موثر در ایجاد شدت فرسایش بادی در منطقه ورامین، عامل اقلیمی و پوشش اندک سطح خاک بوده‌است. نتایج حاصل از این تحقیق نیز نشانگر آن است که عوامل موثر در فرسایش بادی شامل فقدان پوشش گیاهی سطح خاک، وزش بادهای موسمی ازجمله بادهای 120 روزه (اواخر اردیبهشت تا پایان شهریور) و نحوه مدیریت و بهره‌برداری از اراضی است که دلیلی بر افزایش شدت فرسایش بادی در منطقه زهک به خصوص در سال‌های اخیر می‌باشد.

نتایج حاصل از بررسی کیفی و کمی فرسایش-بادی و برآورد میزان رسوب در منطقه دشت یزد-اردکان که توسط اختصاصی و احمدی و با استفاده از مدل IRIFR انجام شده‌است، حاکی-از آن است که بیشترین امتیاز در برآورد شدت فرسایش بادی مربوط به تیپ دشت سر پوشیده با 102 امتیاز می‌باشد که از نظر کیفی دارای فرسایش خیلی زیاد است. نتایج این تحقیق نیز مشابه با نتایج مطالعه نامبردگان می‌باشد. از عوامل موثر در به‌دست آمدن نتایج یکسان در دو منطقه می‌توان به شرایط اقلیمی یکسان، عدم مدیریت صحیح در بهره‌برداری اراضی و استفاده بی‌رویه از منابع آب و خاک در تخریب اراضی در چند دهه اخیر اشاره نمود.

یزد - اردکان. همایش ملی مدیریت اراضی -
فرسایش خاک و توسعه پایدار.

6- عظیم زاده، ح.ر. (1386). بررسی کاربرد
مدل های سامانه برآورد فرسایش بادی WEPS
و IRIFR2 در اراضی آیش دشت یزد -
اردکان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده
منابع طبیعی، دانشگاه تهران.

7- طهماسبی بیرگانی، ع.، احمدی، ح.،
رفاهی، ح.، اختصاصی، م.ر. (1379). مقایسه
پتانسیل رسوبدهی فرسایش های آبی و بادی با
استفاده از مدل های MPSIAC و
IRIFR.E.R در مناطق بیابانی ایران (مطالعه
موردی: حوزه آبخیز آب بخش کرممان). مجله
منابع طبیعی ایران. 79 (1): 65-53.

8-Hagen, J and Lawrence.
(2004). Evaluation of the Wind
Erosion Prediction System (WEPS)
erosion sub model on cropland
fields. Environmental Modeling &
Software, 19:171-176

9-Masoud, M, Abtahi, S.A and
Badiee Namaghi, S.H. (2010).
Evaluation of Wind Erosion
Potential using Empirical Method of
IRIFR and GIS: Acase Study of
Nishabur, Iran. Nature Environment
& Pollution Technology, 1.

منابع

- 1- احمدی، ح. (1377). ژئومورفولوژی
کاربردی، جلد دوم، دانشگاه تهران.
- 2- اختصاصی، م.ر.، احمدی، ح. (1375).
معرفی دو روش جدید برآورد رسوب در
فرسایش بادی - روش تجربی برآورد رسوب
فرسایش بادی I.R.T.I.F.R و اندازه گیری غیر
مستقیم با کاربرد دستگاه W.E.meter و آنالیز
منطقه ای سرعت و تداوم باد، مجموعه مقالات
دومین همایش ملی بیابانزایی در روش های
مختلف بیابانزایی.
- 3- تیموری، م.، عمرانی، م. (1386). بررسی
پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی با استفاده از
مدل IRIFR در دشت ریگ بشرویه، چهارمین
همایش ملی آبخیزداری - دانشگاه تهران.
- 4- سعدالدین، د. و کشاورزی، ع. (1386).
تعیین شدت فرسایش بادی با استفاده از مدل
IRIFR در جنوب دشت ورامین، چهارمین
همایش ملی آبخیزداری - دانشگاه تهران.
- 5- عظیم زاده، ح.، اختصاصی، م.، حاتمی، م.
اخوان، م. (1380). مطالعه تاثیر خصوصیات
فیزیکی - شیمیایی خاک در شاخص پذیری بادی
خاک و ارائه مدل جهت پیشگویی آن در دشت

