

## Investigation of Wind Erosion Potential in Chahdashi Region of Nehbandan City, South Khorasan Province Using IRIFR.2 Model

Alireza Zarezadeh<sup>1</sup>, Ahmad Pahlavanravi<sup>2</sup>, Morteza Deghani<sup>3</sup> and Abbas Khaksefidi<sup>4\*</sup>

1- M.Sc. Graduate, Department of Desertification, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

2- Associate Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

3- Ph.D. in Watershed Management, General Department of Natural Resources and Watershed Management of South Khorasan Province, Birjand, Iran

4- Lecturer, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Water and Soil, University of Zabol, Zabol, Iran

\*Corresponding author: a.khaksafidi@uoz.ac.ir

(Received: 1 March 2022

Revise: 28 March 2022

Accepted: 27 April 2022)

### Extended Abstract

**Introduction:** Wind erosion causes land degradation in arid and semiarid regions and is a serious challenge for sustainable production and farmland management. Therefore, it is necessary to identify the factors affecting wind erosion and wind erosion potential in each area and use them in planning. Wind erosion conditions exist mainly in arid and semi-arid climates of Iran (large parts of the central and eastern regions) at the same time and in today's situation, it has intensified due to improper management.

**Materials and Methods:** In this research, in order to determine and estimate the wind erosion potential of Chahdashi region of Nehbandan city of South Khorasan province, IRIFR.2 model and capabilities and facilities of ArcGIS10.3 software have been used. Given that the IRIFR model calculates wind erosion potential in geomorphological facies, in this research, geomorphological facies of the region were identified using basic maps including topography, DEM, geology, vegetation, land use and field visits. IRIFR.2 model is introduced to estimate erosion of arable lands. This model enables the user to estimate the wind erosion potential of the field according to the questionnaire, seeing the effects and signs on the soil and field surface. To determine the amount of wind erosion of agricultural lands in IRIFR. 2 model, 9 factors including sedimentology of soil texture or land sediment, topography and location of the studied lands, wind speed and continuity of strong or erosive winds, roughness or the degree of unevenness of soil surface, impact soil compressive strength and turbulence, soil moisture and irrigation conditions, salt content and type of salts in soil and irrigation water, density of vegetation and straw remaining over the ground surface, and farm management (planting patterns, presence of windbreaks around the field, crop rotation) were examined. The score of each factor was determined and the score of these factors was added together. The deposition potential was then determined. After calculating the amount of erosion, the classification of erosion intensity was determined and finally the sediment potential and erosion intensity were mapped in each facie.

**Results and Discussion:** In the study area, 22 facies were identified and the facies of Rig-e-Danehriz plain, with the code 3-3-2 and with 29.5%, have the highest percentage of area and the area of agricultural lands, rangelands and uncovered lands were respectively 0.33, 99.03 and 0.64% of the available rangeland plants of 13 plant types. Erosion intensity class in different facies varies from very high to very low. Field visiting showed that areas with very low erosion have high rock cover. In fact, there is no soil for erosion in these areas. Accordingly, Arable lands have less potential for erosion than other work units. The results of the quality status map of the wind erosion intensity of this model showed 5 classes, of which 8.3% of the area is in the very low class, 28.6% in the low class, and 57.5% in the middle class. Vegetation, surface gravel and hardened clay surface prevent wind erosion in these areas, 1.8% in high class and 3.8% in very high class, which mostly includes active sand dunes. The highest erosion intensity score is related to the landuse of ripple and silk hills with facies code 1-3-3 and with a total score of 9 factors equal to 107. Qualitatively, it is related to the severity of erosion and covers 3.8% of the area. Also, the lowest score of wind erosion intensity belongs to stone outcrop unit with 1-1-1 facies code and total score of 3.8, which is qualitatively characterized by very low erosion intensity and the area of this unit covers 1.5% of the area. Agricultural lands are in the low erosion intensity class in terms of erosion potential with 3.2 tons per hectare per year.

**Conclusion:** According to IRIFR.2 model, the main factors contributing to wind erosion in Chahdashi area are environmental factors because environmental factors (wind condition and vegetation) with the highest scores were identified as the main factor in most work units. The wind erosion potential of the studied area in all facies is more than the soil potential of the region (due to climatic and edaphic soil conditions), wind speeds more than 4 m/s and also the lack of vegetation and in some facies the presence of soil particles sensitive to erosion, are the most important reasons for wind erosion in the region. The rate of erosion in the hill facies is 86.3 tons per hectare, which is the highest among the geomorphological facies of the region. Due to the favorable conditions for wind erosion, especially the lack of adhesion between soil particles, this facies has a deposition rate of more than 6000 tons per square kilometer per year.

**Keywords:** Chahdashi, Desertification, Facies, Sediment, Wind erosion.

**Citation:** Zarezadeh, A., Pahlavanravi, A., Deghani, M. & Khaksefidi, A. (2022). Investigation of wind erosion potential in chahdashi region of Nehbandan city, South Khorasan province using IRIFR.2 model. *Integrated Watershed Management*, 2(1), 15-31. doi: 10.22034/iwm.2022.549516.1021

### Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Integrated Watershed Management. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).



## بررسی پتانسیل فرسایش بادی منطقه چاهداسی شهرستان نهبندان استان خراسان جنوبی با استفاده از مدل IRIFR.2

علیرضا زارعزاده<sup>۱</sup>، احمد پهلوانروی<sup>۲</sup>، مرتضی دهقانی<sup>۳</sup> و عباس خاکسفیدی<sup>۴\*</sup>

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۲- دانشیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

۳- دکتری آبخیزداری، اداره کل منابع طبیعی و آبخیزداری استان خراسان جنوبی، بیرجند، ایران

۴- مربی گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده آب و خاک، دانشگاه زابل، زابل، ایران

\*نویسنده مسئول: a.khaksafidi@uoz.ac.ir

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۲/۰۷

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۱/۰۸

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۲/۱۰

### چکیده

فرسایش بادی باعث تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک شده و چالشی جدی در برابر تولید پایدار و مدیریت اراضی کشاورزی محسوب می‌شود؛ بنابراین لازم است عوامل مؤثر بر فرسایش بادی و پتانسیل آن در هر منطقه شناسایی و در برنامه‌ریزی مورد استفاده قرار گیرد. در این پژوهش به منظور تعیین و برآورد پتانسیل فرسایش بادی منطقه چاهداسی شهرستان نهبندان استان خراسان جنوبی در سال ۱۳۹۹ از مدل IRIFR.2 و قابلیت‌ها و امکانات نرم‌افزار ArcGIS10.3 استفاده شده است. با توجه به اینکه مدل IRIFR پتانسیل فرسایش بادی را در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی محاسبه می‌کند در این پژوهش، با استفاده از نقشه‌های پایه (توپوگرافی، مدل رقومی ارتفاع، زمین‌شناسی و کاربری اراضی) و بازمشاهده‌های میدانی، رخساره‌های ژئومورفولوژیکی مختلف منطقه شناسایی و رقومی گردید و امتیاز عوامل نُه‌گانه مدل بر اساس مبانی هر عامل و واقعیت‌های میدانی نمره‌دهی و در نهایت نقشه‌های پتانسیل فرسایش بادی و شدت آن تعیین گردید. بر این اساس شدت فرسایش از خیلی کم تا خیلی زیاد در واحدهای مختلف متفاوت است. بیشترین فرسایش بادی منطقه، مربوط به رخساره ۱-۳-۳ (ریپل‌مارک و سیلک) با ۸۶۳۵ تن در کیلومتر مربع در سال است. اراضی کشاورزی با پتانسیل فرسایش ۳۱۹ تن در کیلومتر مربع در سال در کلاس فرسایش کم قرار می‌گیرد. بر اساس این مدل، عامل اصلی فرسایش بادی در این منطقه، عوامل محیطی می‌باشد زیرا در اغلب واحدهای کاری، عامل محیطی وضعیت باد با ۲۳۴/۲ امتیاز، بیشترین امتیاز را دارا بوده و به‌عنوان عامل اصلی تشخیص داده شد. پتانسیل فرسایش بادی محدوده مورد مطالعه در تمام رخساره‌ها بیش از توان خاک‌زایی منطقه (با توجه به شرایط اقلیمی و اداکیکی خاک) است و وجود بادهای با سرعت بیش از ۴/۵ متر بر ثانیه و همچنین فقدان پوشش گیاهی و در بعضی رخساره‌ها وجود ذرات خاک حساس به فرسایش، از مهمترین دلایل فرسایش بادی در منطقه است.

واژه‌های کلیدی: بیابان‌زدایی، چاهداسی، رخساره، رسوب، فرسایش بادی.

استناد: زارعزاده، ع.، پهلوانروی، ا.، دهقانی، م.؛ و خاکسفیدی، ع. (۱۴۰۱). بررسی پتانسیل فرسایش بادی منطقه چاهداسی شهرستان نهبندان استان خراسان جنوبی با استفاده از مدل IRIFR.2. مدیریت جامع حوزه‌های آبخیز، ۲(۱)، ۳۱-۱۵.

### حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به‌صورت آزاد در وبسایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

**مقدمه**

محدود بودن منابع به همراه رشد فزاینده جمعیت و بهره‌برداری بی‌رویه انسان باعث شده تعادل اکولوژیک حاکم بر محیط‌زیست به‌خصوص از شروع انقلاب صنعتی از بین برود این موضوع باعث تخریب جنگل‌ها، افزایش بیابان‌زایی، افزایش ریزگردها، افزایش گازهای گلخانه‌ای و تغییرات اقلیمی شده است. تخریب پوشش گیاهی مراتع و جنگل‌ها، تغییر کاربری اراضی، بروز سیلاب‌های مخرب و ویرانگر علی‌الخصوص در اراضی شیب‌دار و وقوع طوفان‌های گردوغبار و بروز پدیده فرسایش بادی از تبعات عدم تعادل اکولوژیکی است (IPCC, 2013) و در کنار نوسانات شدید اقلیمی ناشی از تغییر اقلیم، چرای مفرط و زود هنگام دام و تغییر غیراصولی کاربری اراضی باعث شده که منابع آب و خاک تحت فشار مضاعفی قرار بگیرد و روند فرسایش آبی و بادی رو به افزایش بوده و این موضوع با توجه به وابستگی شدید دامداران و کشاورزان به منابع آب و خاک به‌عنوان تولیدکننده علوفه دام و غذای انسان، تأثیرات شدیدی بر جوامع انسانی داشته و در آینده نیز خواهد داشت به‌طوری‌که فرسایش خاک به‌صورت آرام و تدریجی با کاهش مواد آلی خاک، افزایش ریزگردها و آلودگی‌های خاک به‌شدت جوامع انسانی و حتی اکوسیستم‌های گیاهی و جانوری را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Dehghani et al., 2003; Gholami, 2004). شرایط فرسایش بادی عمدتاً در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک ایران (بخش‌های وسیعی از مناطق مرکزی و شرقی) به‌صورت همزمان وجود داشته و در شرایط امروزی به دلیل مدیریت نامناسب بسیار تشدید شده است (Bahreini & Pahlavanravi, 2002). کمی کردن فرسایش بادی به دلیل دخالت عوامل متعدد و پیچیده بسیار مشکل است اما در سال‌های اخیر پژوهشگران توانسته‌اند با تکنیک‌های مختلف آزمایشگاهی و صحرایی ابعاد مختلف فرسایش بادی را در مناطق مختلف ارزیابی کنند از جمله تحقیقاتی که در این زمینه صورت گرفته است می‌توان به موارد زیر اشاره نمود. Akhzari و همکاران (۲۰۰۹)

نقشه پهنه‌بندی شدت فرسایش بادی دشت شهریار را با مدل IRIFR تهیه و نشان دادند که شدت فرسایش منطقه، در کلاس متوسط تا شدید قرار دارد. Sadoddin و همکاران (۲۰۱۰) اثرات سناریوهای مدیریت پوشش گیاهی دشت ورامین را بر فرسایش بادی با استفاده از مدل IRIFR و قابلیت‌های GIS بررسی و نتیجه گرفتند که استفاده توأم از بذریاشی با گونه‌های مقاوم به شوری و قرق چندساله بهترین راهکار برای کنترل فرسایش بادی می‌باشد. Bahreini و Pahlavanravi (۲۰۰۲) پتانسیل فرسایش آبی و بادی حوزه آبخیز بردخون را با استفاده از مدل‌های MPSIAC و IRIFR.E.A بررسی و نتیجه گرفتند که سهم فرسایش آبی منطقه به‌مراتب از فرسایش بادی کم‌تر است. Saeidi و Salehpoor (۲۰۰۷) فرسایش بادی دشت آران و بیدگل را با استفاده از مدل IRIFR بررسی و نتیجه گرفتند که سرعت باد و شکل (اراضی و پستی و بلندی) مهمترین عامل فرسایش بادی منطقه است. Haddad Nourzadeh و Bahrami (۲۰۱۶) جهت برآورد پتانسیل تولید رسوب ناشی از فرسایش بادی در اراضی منطقه عبدالخان (شوش) با استفاده از مدل IRIFR نتیجه گرفتند که در بین عوامل مؤثر در فرسایش بادی، عامل سرعت و وضعیت باد با امتیاز ۹۰ و همچنین بافت خاک و پوشش سطح آن با امتیاز ۶۰ مهمترین عوامل مؤثر در فرسایش بادی و پتانسیل تولید رسوب در منطقه مورد مطالعه می‌باشند. Ildormi و Moradi (۲۰۱۷) در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی شدت فرسایش بادی با بهره‌گیری از مدل IRIFR.E.A در دشت قهاوند همدان به این نتیجه رسیدند که بیشترین امتیاز مربوط به تغییر کاربری اراضی و پهنه‌های نمکی دانه‌ریز یا پف‌کرده است و کم‌ترین امتیاز مربوط به اراضی روستا می‌باشد و همچنین ۷/۰۴ درصد از منطقه در کلاس فرسایش کم و ۲۳/۵۹ درصد در کلاس فرسایش متوسط و ۶۹/۳۵ درصد در کلاس فرسایشی شدید و خیلی شدید قرار دارد. Boali و Mohammadian Behbahani (۲۰۲۰) در پژوهشی تحت عنوان ارزیابی مقایسه‌ای مدل‌سازی

و همچنین کلاس فرسایش بادی این مناطق از حد خیلی کم تا خیلی زیاد می‌باشد. با توجه به ابعاد پنهان و آشکار فرسایش بادی بر زیست‌بوم‌ها و همچنین مساحت بالای مستعد فرسایش بادی استان خراسان جنوبی از جمله منطقه چاهداشی لازم است پتانسیل فرسایش بادی این منطقه بررسی و در برنامه‌ریزی‌های مختلف استانی و ملی مورد استفاده قرار گیرد. خشک‌سالی‌های شدید و متوالی اخیر در کنار مدیریت نامناسب مراتع (بوته‌کنی و چرای بی‌رویه دام) شرایط فرسایش بادی این محدوده را نسبت به گذشته بسیار شدیدتر کرده است؛ بنابراین با توجه به اهمیت ویژه آب و شرایط بارندگی، دما، باد و خشکی که منطقه را مستعد فرسایش بادی نموده، این پژوهش با هدف تعیین شدت فرسایش بادی، تعیین رخساره‌های با بیشترین حساسیت به فرسایش بادی و تعیین میزان فرسایش بادی اراضی زراعی و غیرزراعی با استفاده از مدل IRIFR.2 در منطقه چاهداشی شهرستان نهبندان استان خراسان جنوبی انجام شد و نقشه‌های شدت خطر فرسایش بادی به دست آمده در این پژوهش می‌تواند ابزاری کارآمد و مناسب در مدیریت و کاهش اثرات فرسایش بادی و تخریب سرزمین باشد.

## مواد و روش‌ها

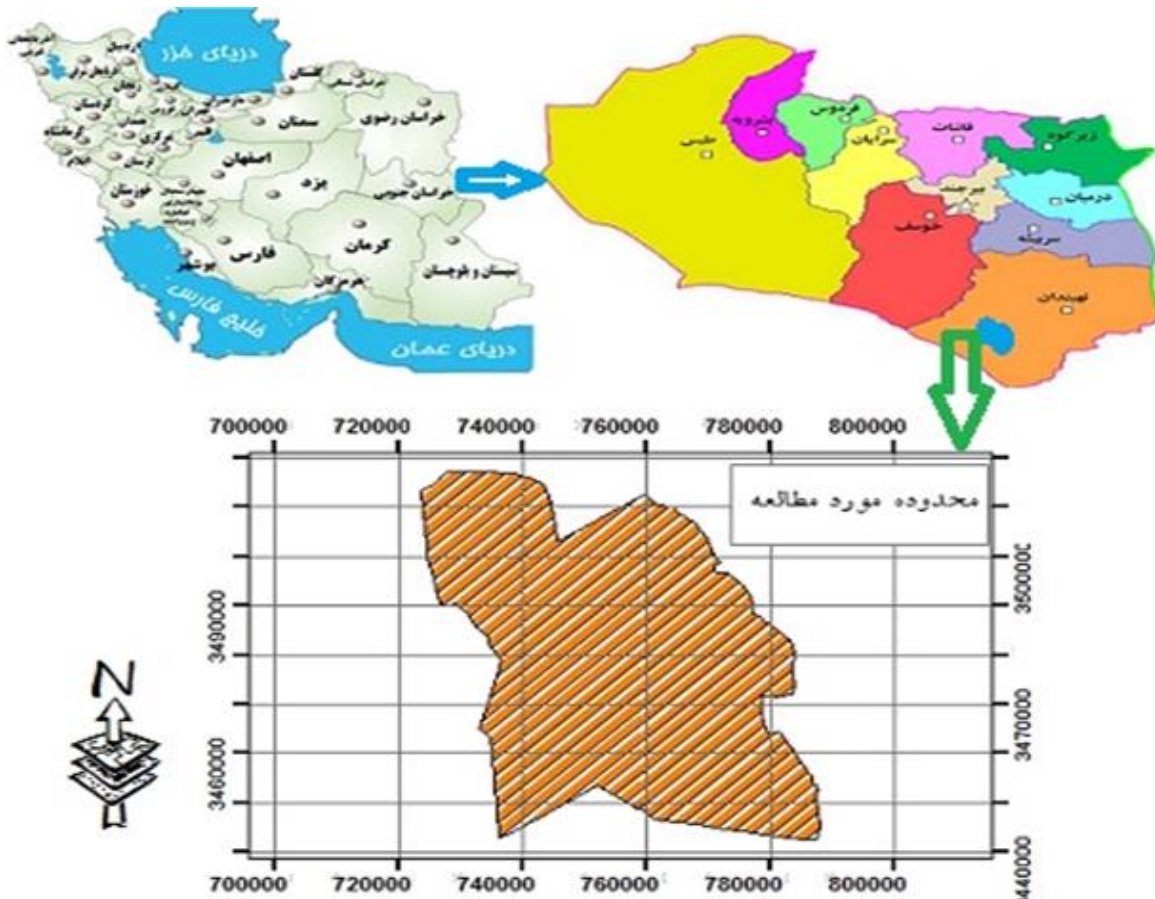
### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در فاصله ۱۵ کیلومتری غرب نهبندان و در منطقه چاهداشی قرار دارد. محدوده مورد بررسی از شمال به میغان و دهنو، از شرق به نهبندان، از غرب به دهسلم و از جنوب به کویر لوت محدود می‌شود. مساحت منطقه حدود ۳۱۳۲۸۰ هکتار بوده و از نظر موقعیت جغرافیایی در محدوده ۵۹ درجه و ۳۵ دقیقه تا ۶۰ درجه و ۱۹ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۰۸ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۷۶ دقیقه عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانه ۱۲۷/۵ میلی‌متر، دمای متوسط سالانه ۱۹/۹ درجه سانتی‌گراد، جهت باد غالب شمالی و شمال شرقی، راه‌های ارتباطی

شدت فرسایش بادی با استفاده از دو مدل WEHI و IRIFR به منظور ارائه برنامه مدیریت دشت سگری اصفهان، نتیجه گرفتند که در مدل IRIFR، عامل سرعت و وضعیت باد با امتیاز ۲۷۶ و همچنین عامل خاک و پوشش سطح آن با امتیاز ۲۱۲ مهمترین عوامل مؤثر در فرسایش بادی و پتانسیل تولید رسوب در منطقه می‌باشد و مدل IRIFR برای شرایط اقلیمی خشک در ایران مناسب است و از کارایی خوبی نیز برخوردار بوده، اما باید مورد اصلاح بیشتر قرار بگیرد. Masoudi و همکاران (۲۰۱۰) پتانسیل فرسایش بادی منطقه نیشابور را به روش تجربی IRIFR بررسی و نتیجه گرفتند که شدت فرسایش بادی منطقه در کلاس متوسط (۶۱ درصد) و زیاد (۱۵ درصد) قرار دارد. Farahi و همکاران (۲۰۱۳) میزان فرسایش بادی منطقه تاسوکی را با استفاده از مدل IRIFR بررسی و نتیجه گرفتند که از کل مساحت منطقه، ۲/۶۲ درصد در کلاس فرسایش کم، ۱۷/۴۸ درصد در کلاس فرسایش متوسط، ۴۹/۷۴ درصد در کلاس فرسایشی زیاد و ۳۰/۱۶ درصد در کلاس فرسایشی خیلی زیاد قرار دارد. Houyou و همکاران (۲۰۱۴) اعلام کردند که چرای بیش‌ازحد مراتع و تبدیل مراتع به اراضی کشاورزی الجزایر باعث ناپایداری حدود ۲۰ میلیون هکتار از اراضی استپی این کشور شده که با توجه به شرایط اقلیمی و باد این کشور، این موضوع زمینه‌ساز فرسایش بادی بالا در این مناطق شده است. در بررسی کلی پژوهش‌های انجام شده در داخل و خارج کشور می‌توان دریافت که مدل IRIFR در حوزه‌های مختلفی از کشور مورد استفاده قرار گرفته و مشخص گردید که دقت لازم برای برآورد فرسایش بادی بخش وسیعی از مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران که تحت فرسایش بادی می‌باشد را دارد و نیز به کمک آن می‌توان میزان رسوب‌دهی مناطق را مورد ارزیابی و امتیازدهی قرار داد؛ اما نتایج مطالعات در مناطق مسطح، دشت‌ها و مجاور روستاها نشان داده که حداکثر فرسایش بادی در تپه‌های شنی و اراضی تغییر کاربری شده و حداقل آن در اراضی کشاورزی مجاور روستا بوده

با زون مکران در تماس است و با گسل بشاگرد از همدیگر جدا می‌گردد. جمعیت منطقه ۳۹۰۰ نفر و شغل اصلی مردم دام‌پروری و در کنار آن کشاورزی است (Statistical Center of Iran, 2006).

اصلی منطقه، راه آسفالت‌نهبندان به چاهداشی می‌باشد. منطقه مورد مطالعه بخشی از بلوک لوت و کمربند کوهزائی غرب ایران محسوب می‌گردد که از شرق به گسل نهبندان و از غرب به گسل نایبند و از جنوب نیز



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی منطقه چاهداشی شهرستان نهبندان

Figure 1- Geographical location of Chahdashahi area of Nehbandan city

توجه به پرسش‌نامه، مشاهده آثار و علائم موجود در سطح خاک و مزرعه پتانسیل فرسایش‌پذیری بادی مزرعه را برآورد نماید. در مدل IRIFR.2 بر اساس نظر کارشناسی و به صورت چشمی پارامترهای تأثیرگذار در فرسایش بادی امتیازدهی می‌شود.

در مدل IRIFR.2 برای تعیین میزان فرسایش بادی اراضی زراعی تعداد نه عامل شامل رسوب‌شناسی بافت خاک یا رسوب اراضی، توپوگرافی و موقعیت اراضی مورد بررسی، سرعت و تداوم بادهای شدید یا فرساینده، زبری و یا میزان ناهمواری سطح خاک، تأثیر سله و

### روش تحقیق

در این پژوهش با استفاده از آمار و اطلاعات موجود، نقشه توپوگرافی ۱:۲۵۰۰۰، نقشه طبقات ارتفاعی (شکل ۲)، طبقات شیب، جهت شیب، تیپ پوشش گیاهی مرتع، کاربری اراضی (شکل ۳) و رخساره‌های ژئومورفولوژی (شکل ۴) تهیه و از مدل IRIFR.2 و نرم‌افزار ArcGIS10.3 برای تعیین پتانسیل فرسایش بادی منطقه چاهداشی استفاده شده است.

مدل IRIFR.2 برای برآورد فرسایش اراضی زراعی و باغی معرفی شده، این مدل، کاربر را قادر می‌سازد تا با

مقاومت فشاری و آشفتنگی خاک، رطوبت خاک و شرایط آبیاری، میزان املاح و نوع نمک‌های موجود در خاک و آب آبیاری، تراکم پوشش گیاهی و کاه و کلش باقیمانده در سطح مزرعه، مدیریت مزرعه (الگوهای کاشت، وجود بادشکن در اطراف مزرعه، تناوب زراعی) مورد بررسی قرار گرفت. معیارها و شاخص‌های مؤثر در فرسایش بادی و دامنه امتیاز آن‌ها در مدل IRIFR.2 در جدول ۱ بیان شده است. بسته به شدت و ضعف هر عامل و تأثیر آن در رسوب‌زایی، امتیازی به آن داده می‌شود. هر چه امتیازات داده شده به یک عامل بیشتر باشد، نشان‌دهنده نقش بیشتر آن در ایجاد فرسایش بادی است. امتیاز عامل بافت خاک و رسوب اراضی زراعی (X1) بر اساس نتایج آزمایشگاه خاک نمونه‌های برداشت شده از محدوده اراضی کشاورزی مشخص گردید و امتیاز پستی و بلندی اراضی غیرزراعی (X2) بر اساس نقشه شیب برای تیپ‌های فرسایشی و رخساره‌های ژئومورفولوژی و توپوگرافی و موقعیت اراضی زراعی به دست آمد. امتیاز عامل سرعت و تداوم باد برای اراضی زراعی و غیرزراعی (X3) بر اساس اطلاعات موجود در ایستگاه سینوپتیک نهبندان و همچنین تلفیق این آمار با اطلاعات محلی اخذ شده از طریق پرسش‌نامه محاسبه گردید و امتیاز خاک و پوشش سطح اراضی غیرزراعی و زبری و یا میزان ناهمواری سطح خاک اراضی زراعی (X4) بر اساس مشاهدات میدانی، نتایج آزمایشگاهی و جدول مرتبط با امتیاز این عامل برای رخساره‌های ژئومورفولوژی تعیین و امتیاز انبوهی پوشش گیاهی اراضی غیرزراعی و تأثیر سله، مقاومت فشاری و آشفتنگی خاک اراضی زراعی (X5) بر اساس مشاهدات میدانی و اندازه‌گیری‌های انجام شده برای پوشش گیاهی در هر تیپ گیاهی و همچنین اراضی زراعی

محاسبه و امتیاز آثار فرسایشی سطح خاک اراضی غیرزراعی و رطوبت خاک و شرایط آبیاری اراضی زراعی (X6) بر اساس مشاهدات میدانی برای رخساره‌های

ژئومورفولوژی و اراضی زراعی مشخص گردید و امتیاز رطوبت خاک اراضی غیرزراعی و میزان املاح و نوع نمک‌های موجود در خاک و آب آبیاری اراضی زراعی (X7) بر اساس مشاهدات و تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزار گوگل ارث<sup>۱</sup> در رخساره‌های ژئومورفولوژی و اراضی زراعی به دست آمد و امتیاز نوع و پراکنش نهشته‌های بادی اراضی غیرزراعی و تراکم پوشش گیاهی و کاه و کلش باقیمانده در سطح مزرعه اراضی زراعی (X8) بر اساس مشاهدات و تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزار گوگل ارث در رخساره‌های ژئومورفولوژی و اراضی زراعی مشخص که با توجه به اینکه اراضی زراعی در فصول مختلف پوشش گیاهی متفاوتی دارد برای تعیین امتیاز انبوهی پوشش گیاهی اراضی زراعی شرایط متوسط سالانه مدنظر قرار گرفت و امتیاز مدیریت و استفاده از زمین اراضی غیرزراعی و مدیریت مزرعه اراضی زراعی (X9) بر اساس مشاهدات و تصاویر ماهواره‌ای و نرم‌افزار گوگل ارث در رخساره‌های ژئومورفولوژی و اراضی زراعی مشخص و نقشه‌های امتیاز هر کدام از این عوامل تهیه گردید. برای تعیین شدت فرسایش بادی، کلاس فرسایش و پتانسیل رسوب‌دهی ناشی از آن در هر یک از واحدهای کاری و کل منطقه مورد مطالعه، بعد از برآورد و محاسبه امتیاز هر یک از نه عامل مدل IRIFR.2 در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی (جدول ۳) و اراضی زراعی برای تعیین درجه شدت فرسایش، امتیاز این عوامل با هم جمع و به منظور تعیین پتانسیل رسوب‌دهی در هر یک از رخساره‌های ژئومورفولوژیکی در روش IRIFR.2 از رابطه ۱ استفاده شد (Ekhtesasi & Ahmadi, 1996).

رابطه (۱)  $Q_s: 41 \times [EXP(0.05R)]$

$Q_s$ : میزان رسوب‌دهی سالانه بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال، R: درجه رسوب‌دهی (مجموع امتیازات نه عامل مؤثر در فرسایش خاک به روش IRIFR.2).

جدول ۱- امتیازات مربوطه به عوامل مؤثر در فرسایش بادی اراضی زراعی در مدل IRIFR.2 (Ekhtesasi & Ahmadi, 1996)

Table 1- Scores related to the effective factors in wind erosion of arable lands in IRIFR.2 model (Ekhtesasi & Ahmadi, 1996)

دامنه امتیاز	چگونگی امتیازدهی شاخص‌ها	عامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب و ردیف دامنه امتیاز
0-2	رسوبات آبرفتی و کوهرفتی درشت دانه، جورشدگی ضعیف، ذرات و یا کلوخه‌های بزرگتر از ۰/۸۴ میلی‌متر بیش از ۸۰ درصد، دشت‌سر لخت، مخروط‌افکنه‌های کوچک، اراضی پایکوهی بافت خاک شنی	X1: رسوب‌شناسی بافت خاک یا رسوب اراضی (۰ تا ۱۰ امتیاز)
2-5	رسوبات آبرفتی متوسط‌دانه، جورشدگی ضعیف، فراوانی ذرات بزرگتر از ۰/۸۴ میلی‌متر، خاک سطحی بین ۸۰-۴۰ درصد، دشت‌سر آبانداژ، دشت دامنه‌ای، بافت خاک شنی-لومی و شنی-رسی	
5-7	رسوبات آبرفتی ریزدانه، جورشدگی متوسط، دشت سیلابی، با منشأ رسی و مارنی ریزدانه ذرات بزرگتر از ۰/۸۴ میلی‌متر کم‌تر از ۲۰ درصد، بافت خاک رسی، رسی لومی	
7-10	رسوبات آبرفتی دانه متوسط، جورشدگی خوب، ذرات بزرگتر از ۰/۸۴ میلی‌متر بین ۲۰-۴۰ درصد، رسوبات با منشأ مارنی، لس، رسوبات ساحلی و یا ماسه‌ای	
0-2	اراضی تحت امر کشاورزی واقع در مناطق ناهموار کوهستانی، تپه‌ماهوری، خاصه بر در پناه دامنه‌های پشت به باد، اراضی در مسیر کانال باد نمی‌باشند، شیب عمومی اراضی خلاف جهت باد می‌باشد.	X2: توپوگرافی و موقعیت اراضی مورد بررسی (۰ تا ۱۰ امتیاز)
2-5	منطقه تپه ماهوری کم ارتفاع، اراضی زراعی در روی بلندی‌ها (در معرض تشدید سرعت باد) و یا دامنه‌های پشت به باد و یا در امتداد کانال باد	
5-7	دشت‌های پایکوهی، دامنه‌ای و یا تراس‌های آبرفتی با پستی و بلندی بیش از دو متر، شیب عمومی اراضی منطبق تا خلاف جهت بادهای اصلی	
7-10	دشت‌های نسبتاً وسیع و هموار با پستی و بلندی کمتر از، شیب عمومی زمین منطبق با جهت بادهای اصلی، اراضی زراعی در کریدورهای یک متر اصلی باد واقع می‌باشند	
0-5	سرعت متوسط باد همه ماه‌های سال کمتر از ۴/۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری، بادهای شدید فاقد گردوغبار محلی، تعداد روزهای باد با سرعت بیش از هشت متر بر ثانیه کم‌تر از پنج روز در سال، آثار خمیدگی تنه درختان مشاهده نمی‌شود.	X3: سرعت و تداوم بادهای شدید یا فرساینده (۰ تا ۲۰ امتیاز)
5-10	سرعت متوسط باد در بیش از شش ماه از سال بین ۴/۵-۵ متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری، تعداد روزهای شن باد و با سرعت بیش از هشت متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متر، ۳۰-۱۰ روز در سال، آثار خمیدگی تنه نهال‌ها و درختان تا حدی قابل تشخیص است.	
10-15	سرعت متوسط باد حداقل در یک ماه از سال بیش از پنج متر بر ثانیه در ارتفاع ۱۰ متری، روزهای شن باد یا روزهای باد با سرعت بیش از هشت متر بر ثانیه ۶۰-۳۰ روز در سال، آثار خمیدگی بوته‌ها، نهال‌ها و درختان در مزرعه مشهود است.	
15-20	سرعت متوسط باد حداقل در یک ماه از سال بیش از ۵/۵ متر بر ثانیه، تعداد روزهای شن باد بیش از ۶۰ روز در سال، بادهای تند همواره به‌صورت طوفان و گردوغبار است، آثار خمیدگی بوته‌ها و حتی گراس‌ها و نهال‌های جوان در سطح مزرعه کاملاً مشخص است.	
-5-0	ناهمواری سطح خاک زیاد، کلوخه‌های موجود در سطح خاک درشت و میزان ناهمواری بیش از ۱۰ سانتی‌متر، نوع کاشت جوی و پشته و عمود بر جهت باد، زبری دینامیکی بزرگ‌تر از پنج سانتی‌متر	X4: زبری و یا میزان ناهمواری سطح خاک (۵- تا ۱۵ امتیاز)
0-5	ناهمواری سطح خاک متوسط، کلوخه‌های موجود در سطح خاک متوسط و میزان ناهمواری ۱۰-۵ سانتی‌متر، نوع کاشت فارو و ردیفی و ارتفاع پشته‌ها حدود ۱۰-۵ سانتی‌متر، زبری دینامیکی ۲-۵ سانتی‌متر	

## ادامه جدول ۱-

Table 1- Continued

		5-10	ناهمواری سطح خاک کم، کلوخه‌های سطح خاک کوچک یا دیسک خورده ۵-۲ سانتی‌متر، نوع کاشت کرتی، زبری دینامیکی ۰/۲-۲ سانتی‌متر
		10-5	ناهمواری سطح خاک بسیار کم، اراضی آبیاری شده و فاقد کلوخه یا ماله کشیده شده، کلوخه‌ها کوچک‌تر از دو سانتی‌متر، زبری دینامیکی کمتر از ۰/۲ سانتی‌متر
		-5-0	سله رسی یا نمکی کاملاً سخت در سطح خاک وجود دارد، رد پا و یا اثر فشار انگشت در سطح خاک باقی نمی‌ماند، امکان برداشت مستی از خاک با دست غیرممکن می‌باشد، خاک در تمام طول سال از مقاومت فشاری بالا (بیش از دو کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع) برخوردار است. آثار آشفته‌گی در سطح خاک مشاهده نمی‌شود
		0-5	سله رسی یا نمکی نسبتاً سخت در سطح خاک وجود دارد، رد پا و یا اثر فشار انگشت در سطح خاک تا حدی محسوس است، امکان برداشت خاک با دست به‌سختی امکان‌پذیر است، مقاومت فشاری خاک در تمام طول سال ۱-۲ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، آثار آشفته‌گی موضعی ناشی از حرکت دام و غیره در سطح خاک مشاهده می‌شود.
5	X5: تأثیر سله، مقاومت فشاری و آشفته‌گی خاک (۵- تا ۱۵ امتیاز)	5-10	سله رسی یا نمکی ضعیف و پراکنده در سطح خاک یا مزرعه دیده می‌شود، رد پا و اثر فشار انگشت در سطح خاک قابل مشاهده است، امکان برداشت خاک با دست وجود دارد، مقاومت فشاری خاک در تمام طول سال ۱-۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع، آثار آشفته‌گی و بادکنده‌گی سطح خاک به دلیل حرکت دام و یا ماشین‌آلات نسبتاً زیاد است.
		10-15	سله رسی و یا نمکی بسیار ضعیف و یا پراکنده در سطح مزرعه مشاهده می‌شود، رد پا و یا فشار انگشت به‌راحتی قابل مشاهده است، برداشت مستی از خاک به کمک دست به‌راحتی امکان‌پذیر است، مقاومت فشاری خاک بسیار کم (کمتر از ۰/۵ کیلوگرم بر سانتی‌متر مربع)، آثار آشفته‌گی و بادکنده‌گی در سطح خاک زیاد به چشم می‌خورد.
		-5-0	خاک سطحی در فاصله دو آبیاری و یا تمام اوقات سال دارای رطوبت کافی برای چسبندگی ذرات خاک، زهکشی خاک ضعیف، تغییر رنگ ناشی از رطوبت در غالب اوقات قابل مشاهده است.
		0-5	خاک سطحی در بیش از نصف فاصله زمانی دو آبیاری و یا در مدت زمان آیش مرطوب و چسبندگی ذرات خاک در حد لازم وجود دارد، زهکشی خاک نسبتاً ضعیف.
6	X6: رطوبت خاک و شرایط آبیاری (۵- تا ۱۵ امتیاز)	5-10	خاک سطحی در بیش از نصف فاصله زمانی دو آبیاری خشک و یا مدت زمان آیش فاقد رطوبت کافی جهت چسبندگی ذرات خاک، زهکشی خاک زیاد.
		10-15	خاک سطحی در فاصله زمان‌های آبیاری و یا شرایط آیش کاملاً خشک و فاقد رطوبت کافی جهت چسبندگی ذرات
		0-2	خاک و آب مزرعه فاقد محدودیت‌های املاح نمکی
		2-5	خاک مزرعه و آب آبیاری شور تا کمی شور ولی غیر قلیا، شوری آب آبیاری کمتر از ۱۰ میلی‌موس، شوری خاک سطحی ۱۵-۵ میلی‌موس و درصد سدیم تبادلی (ESP) کمتر از ۱۵-۵ درصد، تیپ نمک آب و خاک غیر قلیا و از نوع کربناته و کلسیمی می‌باشد.
		5-7	خاک مزرعه و آب آبیاری نسبتاً شور و قلیا، شوری آب آبیاری بیش از پنج میلی‌موس و شوری عصاره اشباع خاک سطحی بین ۳۰-۱۵ میلی‌موس و ESP خاک بین ۳۰-۱۵ درصد. آثار پف‌کردگی خاک ناشی از قلیابیت خاک کمی مشهود، نمک‌های قلیایی در حال افزایش است.
7	X7: میزان املاح و نوع نمک‌های موجود در خاک و آب آبیاری (۰ تا ۱۰ امتیاز)	7-10	خاک مزرعه و آب آبیاری بسیار شور و قلیا، شوری (Ec) آب آبیاری بیش از ۱۰ میلی‌موس و شوری عصاره اشباع خاک سطحی بیش از ۳۰ میلی‌موس، نسبت سدیم تبادلی (ESP) خاک بیش از ۳۰ درصد. آثار پف‌کردگی خاک ناشی از قلیابیت خاک کاملاً مشهود است، تیپ نمک غالب در آب و خاک کلروره و سدیمی می‌باشد.
		-5-0	تراکم پوشش گیاهی و یا کاه و کلش عمودی (ایستا) با ارتفاع بیش از ۱۰ سانتی‌متر در تمام طول سال به‌خصوص در ماه‌های با باد شدید بیش از ۵۰ درصد.
8	X8: تراکم پوشش گیاهی و کاه و کلش باقیمانده در سطح مزرعه (۵- تا ۱۵ امتیاز)	0-5	تراکم پوشش گیاهی و یا کاه و کلش عمودی (ایستا) با ارتفاع بیش از ۱۰ سانتی‌متر در تمام طول سال به‌خصوص در ماه‌های با باد شدید بین ۲۰ تا ۵۰ درصد.



## ادامه جدول ۱-

Table 1- Continued

تراکم پوشش گیاهی و یا کاه و کلش عمودی کمتر از ۲۰-۱۰ درصد و یا دارای ۶-۳ ماه آیش در زمان منطبق با بادهای شدید و فرساینده.	5-10
تراکم پوشش گیاهی و یا کاه و کلش عمودی کمتر از ۱۰ درصد و یا دارای آیش بلندمدت بیش از شش ماه و منطبق با بادهای شدید و فرساینده	10-5
مزرعه دارای گونه‌های درختی و یا بوته‌ای پایا، نوع کشت عمود بر بادهای غالب و فاصله ردیف‌ها کمتر از پنج برابر ارتفاع نهال‌ها و یا مزرعه دارای بادشکن متراکم در کلیه جوانب و یا عمود بر بادهای اصلی و با فاصله حداکثر ۱۰ برابر ارتفاع بادشکن.	-5-0
مزرعه دارای گونه‌های درختی و یا بوته‌ای پایا، نوع کشت عمود بر بادهای غالب و فاصله ردیف‌ها بیش از پنج برابر ارتفاع نهال‌ها و یا مزرعه دارای بادشکن نیمه‌متراکم در کلیه جوانب و یا عمود بر بادهای اصلی و با فاصله حدود ۱۰ برابر ارتفاع بادشکن	0-5
مزرعه دارای گونه‌های درختی و یا بوته‌ای پراکنده و یا الگوهای کشت بوته‌ای و نیمه‌بوته‌ای به‌خصوص در ماه‌های منطبق با وزش بادهای اصلی و یا دارای بادشکن نیمه‌متراکم تا باز و با فاصله بیش از ۱۰ برابر ارتفاع بادشکن.	5-10
مزرعه فاقد الگوهای کاشت گونه‌های پایا و یا علفی و بوته‌ای به‌خصوص در ماه‌های منطبق با بادهای اصلی و یا فاقد هر نوع بادشکن زنده و غیرزنده در اطراف مزرعه	10-5

## جدول ۲- تعیین کلاس فرسایش (Ekhtesasi &amp; Ahmadi, 1996)

Table 2- Determination of erosion class (Ekhtesasi &amp; Ahmadi, 1996)

کلاس فرسایش Erosion class	مقدار کیفی فرسایش Qualitative amount of erosion	کل امتیاز Total score	پتانسیل رسوبدهی (تن در کیلومتر مربع در سال) (Sedimentation potential (ton km.year <sup>-1</sup> ))
I	خیلی کم	< 25	< 250
II	کم	25-50	250-500
III	متوسط	50-75	500-1500
IV	زیاد	75-100	1500-6000
V	خیلی زیاد	> 100	> 6000

## نتایج و بحث

رخساره‌های مختلف از خیلی زیاد (رخساره ۱-۳-۳) تا خیلی کم (رخساره‌های ۱-۱-۱، ۱-۲-۱، ۱-۲-۲، ۱-۳-۲) و ۱ و ۳-۱-۲) متغیر است اراضی زراعی از نظر پتانسیل فرسایش با ۳/۲ تن در هکتار در سال در کلاس شدت فرسایش کم قرار دارد. بازمشاهده‌ها نشان می‌دهد مناطق دارای فرسایش خیلی کم، دارای پوشش سنگی بالا هستند در واقع در این مناطق اصولاً خاکی برای فرسایش وجود ندارد بر این اساس اراضی زراعی نسبت به سایر واحدهای کاری پتانسیل فرسایش کم‌تری دارد. نتایج حاصله از نقشه وضعیت کیفی شدت فرسایش بادی حاصل از این مدل، پنج کلاس را نشان می‌دهد که ۸/۳ درصد از منطقه در کلاس خیلی کم، ۲۸/۶ درصد

در منطقه مورد مطالعه ۲۲ رخساره شناسایی که رخساره دشت ریگی دانه‌ریز با کد ۳-۳-۲ و با ۲۹/۵ درصد، بیشترین درصد مساحت را به خود اختصاص داده (شکل ۴) و مساحت اراضی زراعی، مراتع و اراضی بدون پوشش به ترتیب ۰/۳۳، ۹۹/۰۳ و ۰/۶۴ درصد بوده که گیاهان مرتعی موجود از ۱۳ تیپ گیاهی است. بعد از محاسبه میزان فرسایش، کلاس‌بندی شدت فرسایش با استفاده از جدول ۲ تعیین و درنهایت نقشه‌های پتانسیل رسوب و شدت فرسایش در هر رخساره تهیه شد (شکل‌های ۵ و ۶). جدول ۴ نشان می‌دهد که کلاس شدت فرسایش در

IRIFR.2 نشان می‌دهد که بر اساس آن میانگین شدت فرسایش بادی منطقه مورد مطالعه با امتیاز ۴۱۴ از نظر کیفی متوسط می‌باشد. در بین عوامل مؤثر در فرسایش بادی با روش IRIFR.2 عامل سرعت و تداوم بادهای شدید یا فرساینده با امتیاز ۲۳۴/۲ و همچنین رطوبت خاک و شرایط آبیاری با امتیاز ۱۵۶ مهمترین عوامل مؤثر در فرسایش بادی و پتانسیل تولید رسوب در منطقه مورد مطالعه می‌باشند که با نتایج Nourzadeh Haddad و Bahrami (۲۰۰۶) جهت برآورد پتانسیل تولید رسوب ناشی از فرسایش بادی در اراضی منطقه عبدالخان (شوش) با استفاده از مدل اریفر و Boali و Behbahani Mohammadian (۲۰۲۰) جهت ارزیابی مقایسه‌ای مدل‌سازی شدت فرسایش بادی با استفاده از دو مدل WEHI و IRIFR به‌منظور ارائه برنامه مدیریت دشت سگری اصفهان مطابقت دارد. همچنین Mesbahzadeh و همکاران (۲۰۱۰) در پژوهش خود به این نکته اشاره داشتند که سرعت باد و وضعیت رژیم بادناکی در تولید فرسایش بادی نقش زیادی داشته و با استفاده از آن می‌توان میزان پتانسیل حمل ماسه و جهت حمل ماسه را برآورد نمود.

در حوزه رخساره‌هایی وجود دارد که به دلایل مختلف از جمله سنگی بودن، شامل رخساره‌های توده سنگی، رخنمون سنگی، فرسایش آبی، اینسلیبرگ و مسیل (کدهای ۱-۱-۱، ۱-۲-۱، ۱-۲-۲، ۱-۲-۳، ۱-۳-۳، ۱-۲-۴، ۲-۲-۴ و ۲-۲-۵) فرسایش بادی کم‌تری نسبت به اراضی زراعی دارند ولی به‌طور کلی شدت فرسایش در اراضی غیرزراعی نسبت به اراضی زراعی بیشتر است میزان فرسایش متوسط رخساره‌های غیرزراعی ۳/۶ برابر رخساره اراضی زراعی است. نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که تپه‌های شنی کوچک (ریپل مارک) و خشکه‌رودها توان تولید فرسایش بالایی دارند و اراضی زراعی در کلاس فرسایش‌پذیری کم قرار دارد و با تحقیق Gholami (۲۰۰۴) در منطقه دشت مختاران که نشان داد که حداکثر فرسایش بادی در تپه‌های شنی و اراضی تغییر کاربری شده و حداقل آن در اراضی کشاورزی بوده و کلاس فرسایش بادی این مناطق از حد خیلی کم تا

در کلاس کم، ۵۷/۵ درصد در کلاس متوسط قرار دارد که وجود پوشش گیاهی و سنگ‌ریزه سطحی و سطح رسی سخت شده مانع فرسایش بادی در این مناطق شده و ۱/۸ درصد در کلاس زیاد و ۳/۸ درصد در کلاس خیلی زیاد قرار دارد که بیشتر شامل تپه‌های ماسه‌ای فعال است (جدول ۴). همچنین بیشترین امتیاز شدت فرسایش به واحد کاری اراضی تپه‌های ماسه‌ای (ریپل مارک) و سیلک با کد رخساره ۱-۳-۳ و با مجموع امتیازات عوامل نه‌گانه ۱۰۷ که از نظر کیفی با شدت فرسایش خیلی زیاد مشخص شده و ۳/۸ درصد از مساحت منطقه را شامل شده مربوط است و دلیل این امر بافت کاملاً حساس خاک تشکیل‌دهنده تپه‌های ماسه‌ای می‌باشد بافت غالب خاک منطقه از دانه‌های ماسه‌ای تشکیل شده که با اندک جریان هوا به حرکت درآمده و باعث بروز مشکلاتی در پایین دست می‌شود و این رخساره به علت مساعد بودن شرایط برای وقوع فرسایش بادی، به‌ویژه عدم چسبندگی بین ذرات خاک بیشترین مقدار فرسایش را دارد همچنین کم‌ترین امتیاز شدت فرسایش بادی به واحد کاری رخنمون سنگی با کد رخساره ۱-۱-۱ و مجموع امتیاز ۳/۸ که از نظر کیفی با شدت فرسایش خیلی کم مشخص شده و مساحت این ۱/۵ درصد از منطقه را در برمی‌گیرد که نشان از وضعیت متفاوت منطقه از نظر رسوبدهی و فرسایش می‌باشد.

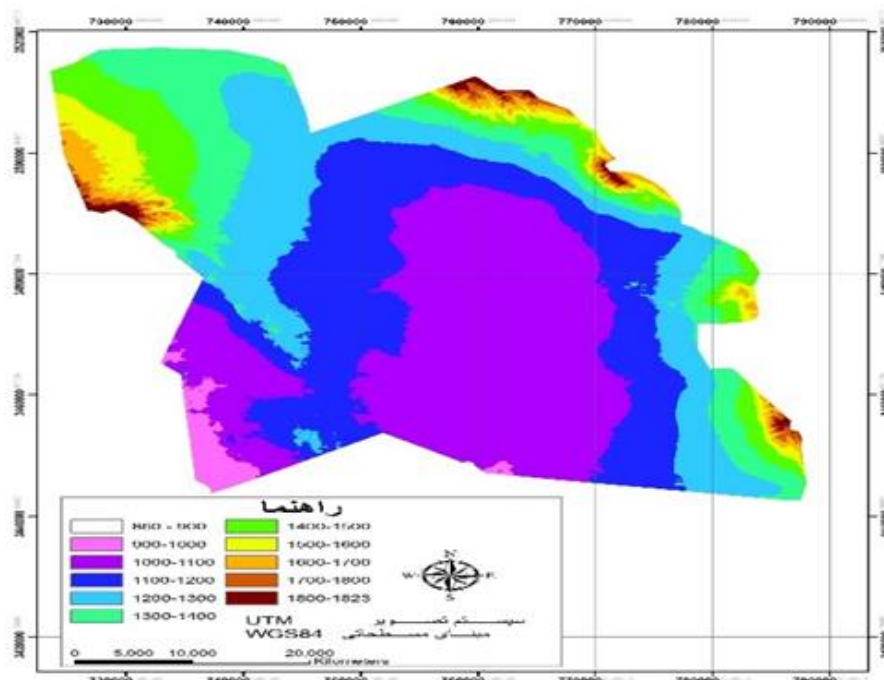
بر اساس نتایج حاصل از ارزیابی مدل IRIFR.2، ارزش عددی درجه رسوب‌دهی برای کل حوزه مورد مطالعه ۵۳/۶۳ به دست آمد که بر اساس جدول ۲، کلاس فرسایش‌پذیری خاک برای کل منطقه مورد مطالعه در گروه III یعنی متوسط قرار می‌گیرد. نتایج نشان داد که مجموع میزان فرسایش کل حوزه، ۲۳۵۸۰/۶ تن در سال می‌باشد، همچنین از عوامل مورد بررسی مدل می‌توان دریافت که عوامل سرعت و تداوم بادهای فرساینده (X3)، رطوبت خاک و شرایط آبیاری (X6) و رسوب‌شناسی و بافت خاک (X1) به ترتیب با ارزش عددی ۱۱، ۷/۴۴ و ۶/۶۳ تأثیر بیشتری در فرسایش حوزه دارند.

نقشه شدت پتانسیل فرسایش بادی حاصل از مدل

میزان رسوبدهی بیش از ۶۰۰۰ تن بر کیلومترمربع در سال است. مهمترین عوامل مؤثر در تشدید فرسایش بادی و به شمار 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، به گونه‌ای که عامل باد در بعضی از رخساره‌ها از جمله رخساره تپه‌ماسه‌ای، امتیاز ۱۷ 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 زراعی 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 رخساره می‌گردند. از طرف دیگر، پوشیده شدن سطح خاک تعدادی از اراضی زراعی از شن‌های ریز، در اثر هجوم ماسه‌های روان منشأ گرفته از تپه‌های ماسه‌ای فعال، سبب افزایش در رسوبدهی ناشی از فرسایش بادی در این رخساره می‌گردد.

خیلی زیاد می‌باشد مطابقت دارد.

چرای مفرط و زود هنگام مراتع و در بعضی موارد بوته‌کنی تاغ‌زارها در کنار خشک‌سالی‌های شدید و متوالی چند سال اخیر در منطقه باعث شده پوشش گیاهی مراتع از شرایط ایده‌آل (نسبت به توان اکولوژیکی) فاصله بسیار زیادی داشته باشد و اثر پوشش سطح زمین در کاهش فرسایش بادی فقط در رخساره‌های توده سنگی و رخنمون سنگی مؤثر (منفی) بوده و در سایر رخساره‌ها اثر پوشش گیاهی نتوانسته شدت فرسایش را به نحو چشمگیری کاهش دهد به طوری که با توجه به خشک‌سالی‌های شدید و متوالی سال‌های اخیر، در صورت ادامه این وضعیت پوشش مراتع به سمت قهقرا پیش خواهد رفت که عاملی در راستای افزایش فرسایش بادی در منطقه خواهد شد که با نتایج Gholami (۲۰۰۴) مطابقت دارد. میزان شدت فرسایش در رخساره تپه ماسه‌ای ۸۶/۳ تن در هکتار است که بیشترین مقدار در بین رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه می‌باشد زیرا این رخساره به علت مساعد بودن شرایط برای وقوع فرسایش بادی، به‌ویژه عدم چسبندگی بین ذرات خاک، دارای



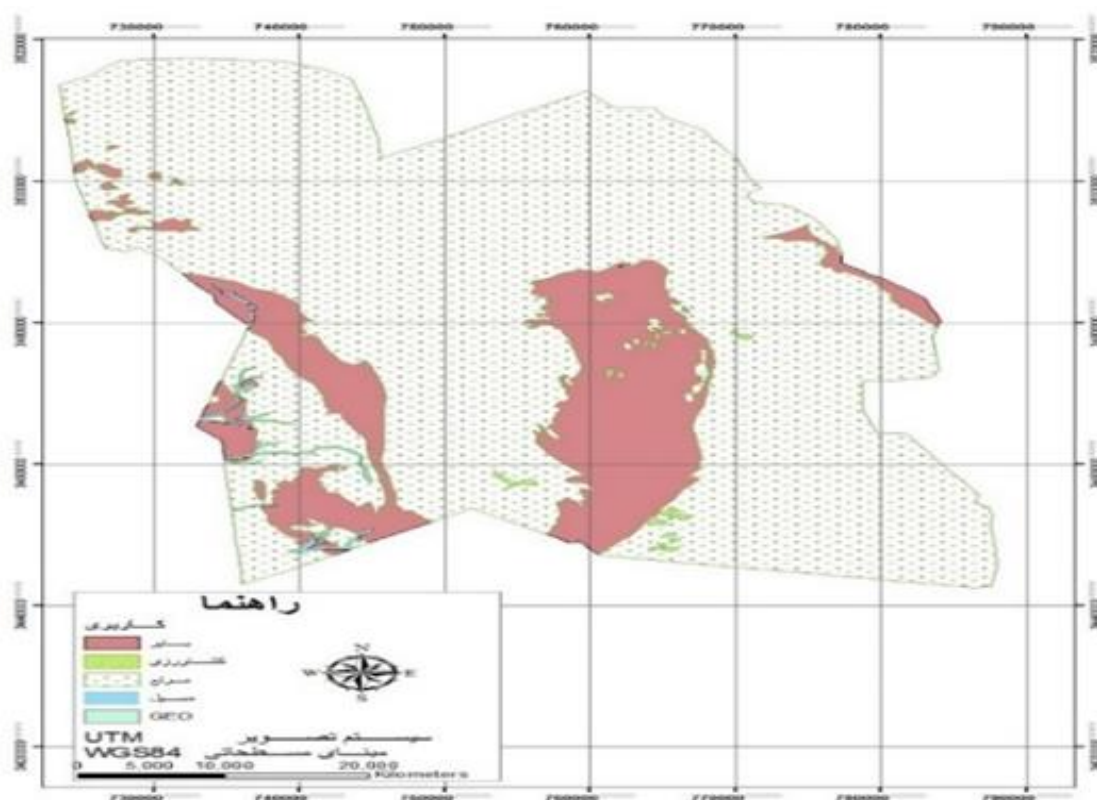
شکل ۲- نقشه طبقات ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

Figure 2- Map of elevation classes of the study area

از آن و در نتیجه کاهش شدت فرسایش بادی در این رخساره 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 رخساره می‌گردد.

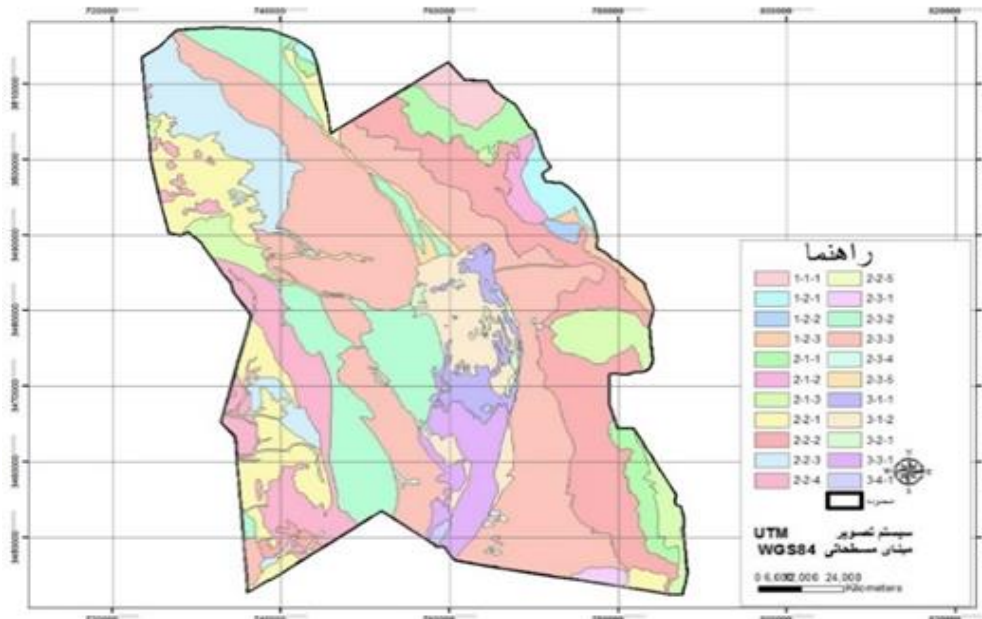
سطح اراضی باغی رهاشده در اثر هجوم ماسه‌های روان کاملاً از ماسه ریز پوشیده شده به طوری که مشابه رخساره تلماسه حساس به فرسایش بادی می‌باشند، با این تفاوت که وجود بقایای درختان بر روی سطح خاک و عدم پوشش یکنواخت ماسه‌های روان، تا حدی از حساسیت رخساره باغ‌های رهاشده، نسبت به فرسایش بادی در مقایسه با رخساره تلماسه می‌کاهد.

پتانسیل فرسایش بادی منطقه مورد مطالعه در تمام رخساره‌ها بیش از توان خاک‌زایی منطقه (با توجه به شرایط اقلیمی و اداکیکی خاک) است. وجود بادهای با سرعت بیش از ۴/۵ متر بر ثانیه و همچنین فقدان پوشش گیاهی و در بعضی رخساره‌ها وجود ذرات خاک حساس به فرسایش، از مهمترین دلایل فرسایش بادی در منطقه 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



شکل ۳- نقشه کاربری اراضی منطقه مورد مطالعه

Figure 3- Land use map of the study area



شکل ۴- نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه

Figure 4- Map of geomorphological facies of the study area

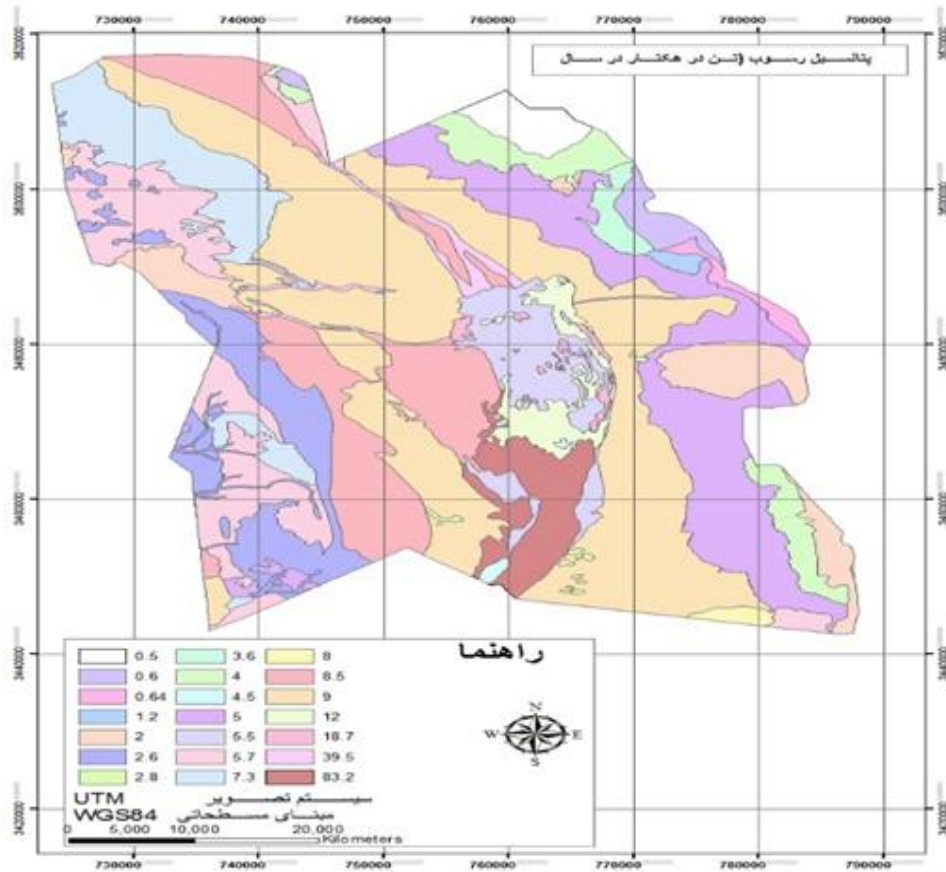
جدول ۳- رخساره‌های ژئومورفولوژیکی شناسایی شده در منطقه مورد مطالعه

Table 3- Geomorphological facies identified in the study area

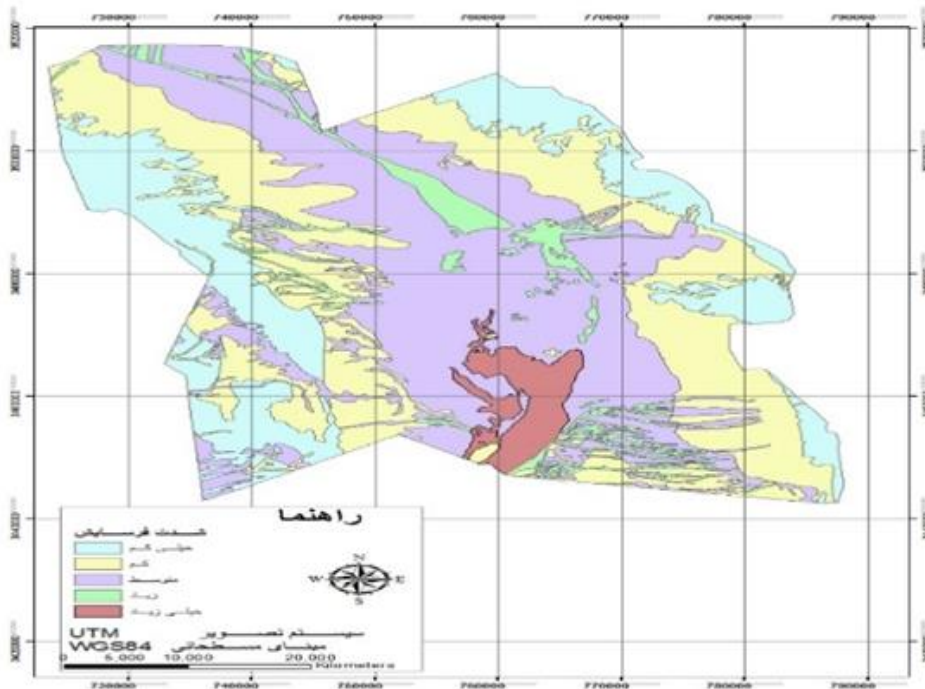
تیپ Type	رخساره Characteristic	کد Code	مساحت (هکتار) Area (ha)	مساحت (درصد) Area (%)
کوه	رخنمون سنگی (۷۵-٪۹۰)	1-1-1	4703.4	1.5
	رخنمون سنگی (۵۰-٪۷۵)	1-2-1	3837.6	1.2
تپه	رخنمون سنگی کم‌تر از ٪۲۵	1-2-2	638.8	0.3
	فرسایش آبی	1-2-3	2056.5	0.7
	دشت سر	دشت ریگی دانه درشت	2-1-1	11049.2
فرسایشی	دشت ریگی دانه متوسط	2-1-2	2790	0.9
	اینسلیبرگ	2-1-2	14268.3	4.6
	دشت ریگی دانه درشت	2-2-1	11049	3.5
آپانداژ	دشت ریگی دانه متوسط	2-2-2	2790	0.9
	دشت ریگی دانه ریز	2-2-3	19276.5	6.2
	اینسلیبرگ	2-2-4	20080.7	6.4
دشت سر پوشیده	مسیل	2-2-5	1521.4	0.5
	دشت ریگی دانه درشت	2-3-1	1146.2	0.4
	دشت ریگی دانه متوسط	2-3-2	34076.4	10.9
	دشت ریگی دانه ریز	2-3-3	92262.2	29.5
	اینسلیبرگ	2-3-4	634.5	0.2
جلگه رسی	خشک‌رود- منطقه برداشت	2-3-5	3950.9	1.3
	کفه‌های رسی	3-1-1	6833.9	2.2
	ترک‌های گلی	3-1-2	4293.7	4.6
نیکا	نیکای فعال	3-2-1	1494.1	0.5
ارگ	تپه ماسه‌ای موج (ریپل مارک)- سیلک	3-3-1	11878.9	3.8
کویر	پوسته سخت و خشک	3-4-1	636.6	0.2

جدول ۴- امتیازات عوامل ته گانه، میزان پتانسیل رسوب و شدت فرسایش در هر رخصاره ژئومورفولوژی و اراضی زراعی

ردیف Row	نوع اراضی Type of land	امتیاز عوامل Factors rating											
		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	مجموع امتیازات Sum of points	پتانسیل رسوب (تن در کیلومتر مربع در سال) Sedimentation potential (Tons km <sup>-2</sup> ·year)	کلاس بندی شدت فرسایش Classification of erosion intensity
1	1-1-1	1.7	0.5	3	-3	-2	0	1.8	0	1.8	3.8	50	خیلی کم
2	1-2-1	3	0.91	5.2	-3.91	0	0	2.1	0	0.1	7.4	60	خیلی کم
3	1-2-2	5	4	8	0	0	0	3	0	1	21	117.2	خیلی کم
4	1-2-3	7	0	2	0	-2	0	0	0	2	9	64.3	خیلی کم
5	2-1-1	8	5	10	3	3	5	3	2	6	45	390	کم
6	2-1-2	8	5	10	3	2	5	4	2	5	44	370	کم
7	2-1-2	3	1.5	6	3.5	5	4	5	0	4	32	203	خیلی کم
8	2-2-1	8	10	10	3	3	5	4	2	6	51	525	متوسط
9	2-2-2	8	5	12	4	4	6	4	1	6	50	500	کم
10	2-2-3	8	5	12	7	6	8	4	3	5	58	245	متوسط
11	2-2-4	3	2	6	4	7	4	7	0	4	37	260.75	کم
12	2-2-5	8	5	10	3	1	6	0	0	4	37	260.75	کم
13	2-3-1	8	5	14	6	3	9	5	2	8	60	823.5	متوسط
14	2-3-2	8	6	14	7	3	8	5	2	8	61	866	متوسط
15	2-3-3	8	7	14	7	3	8	5	2	8	62	910.1	متوسط
16	2-3-4	4	3	6	5	3	7	6	2	5	41	318.5	کم
17	2-3-5	8	8	17	10	13	15	12	2	6	91	3880	زیاد
18	3-1-1	7	8	15	6	3	13	11	2	3	68	1223	متوسط
19	3-1-2	7	8	11	3	1	7	10	2	3	52	552	متوسط
20	3-2-1	7	7	15	12	2	14	7	5	8	77	1927	زیاد
21	3-3-1	10	8	17	15	8	18	13	8	10	107	8635	خیلی زیاد
22	3-4-1	8	7	11	8	0	5	12	0	2	53	580.3	متوسط
23	اراضی زراعی	1.5	3	6	5	3	7	6	2	5	41	319	کم
	جمع	100	149.7	113.9	234.2	107.6	69	39	108.9	156	129.9	23580	
	میانگین کل حوضه	-	6.63	5.41	11	5.77	3.6	2	6.05	7.47	5.74	975.6	



شکل ۵- نقشه پتانسیل رسوب در هر رخساره (تن در هکتار در سال)  
Figure 5- Sediment potential map in each facies (ton ha<sup>-1</sup> year<sup>-1</sup>)



شکل ۶- نقشه شدت پتانسیل فرسایش در رخساره‌های ژئومورفولوژی  
Figure 6- Erosion potential intensity map in geomorphological facies



## نتیجه‌گیری کلی

را به‌خوبی به تصویر کشیده و بیابانی بودن منطقه را نمایش داد که در بازدیدهای میدانی هم به اثبات رسید. به خاطر حساسیت منطقه به وقوع فرسایش‌های شدید و تخریب پوشش گیاهی می‌بایست پوشش گیاهی موجود حفظ گردد و از تغییر کاربری اراضی و تبدیل آن به سایر کاربری‌ها ممانعت به عمل آید، در غیر این صورت وضعیت فرسایش موجود، به مقدار فرسایش خیلی زیاد در آینده باقی تبدیل خواهد شد.

بر اساس این مدل، عامل اصلی فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه بدون شک عوامل محیطی است زیرا در اغلب واحدهای کاری عوامل محیطی (وضعیت باد و پوشش گیاهی) با بیشترین امتیازات به‌عنوان عامل اصلی تشخیص داده شد و بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، مدل مورد استفاده از کارایی خوبی در منطقه مورد مطالعه برخوردار است زیرا سیمای واقعی منطقه

## References

- Akhzari, D., Mosafae, J. & Lotfi, P. (2009). *Wind erosion zonation with IRIFR model. (Case study: Shahriar Plain)*. Fifth national conference Iranian watershed management science and engineering (Sustainable disaster management), May 2 and 3. Gorgan University, 62-74.
- Bahreini, F. & Pahlavanravi, A. (2002). Zonation of water and wind erosion sedimentation Potential by MPSIAC and IRIFR.E.A models (Case study: Bordekhun Watershed in Bousheher). *Journal of Conservation and Utilization of Natural Resources*, 1(3), 41-58. (In Persian)
- Boali, A. & Mohammadian Behbahani, A. (2020). Comparative evaluation of wind erosion intensity modeling using WEHI and IRIFR models for presentation of Segazi Plain management in Isfahan. *Journal of Water and Soil Conservation*, 27(4), 129-147. Doi: 10.22069/JWSC.2020.17540.3305. (In Persian)
- Dehghani, M., Ghasemi, H. & Malekian, A. (2003). Spatial prioritization of flood mitigation and control operations erosion using the fuzzy logic method, (Case Study: Forg Watershed). *Journal of Rangeland and Watershed Management (Iranian Natural Resources)*, 66(1), 73-88. (In Persian)
- Ekhtesasi, M. R. & Ahmadi, H. (1996). *Introduction of two new methods of sediment estimation in wind erosion*. The Second National Conference on Desertification and Different Desertification Methods. September, 1st and 2nd. Deputy of education and research of the ministry of jihad sazandegi and forests and rangelands research institute, 9 p. (In Persian)
- Farahi, M., Shahryary, A. R., Pahlavanravi, A., Fakhoreh, S. & Noori, G. R. (2013). Wind erosion rate estimation in Tasuki-Rigchah region using IRIFR Model (Southeastern Sistan). *European Journal of Experimental Biology*, 3(2), 592-597.
- Gholami, M. (2004). *Comparison of wind erosion potential of arable and non-arable lands using IRIFR model in Mokhtaran Sarbisheh Plain*. M.Sc. Thesis of Desertification, University of Zabol.
- Houyou, Z., Biolders, C. L., Benhorma, H. A., Dellai, A. & Boutemdjet, A. (2014). Evidence of strong land degradation by wind erosion as a result of rainfed cropping in the Algerian steppe: A case study at Laghouat. *Land Degradation & Development*, 27, 1788-1796. Doi: 10.1002/ldr.2295.
- IPCC Climate Change. (2013). *The physical science basis, summary for policymakers, Technical summary and frequently asked questions*. Working group i contribution to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change, Cambridge university press, 222p.
- Ildormi, A. R. & Moradi, M. (2017). Evaluation of wind erosion intensity using IRIFR.E.A model (Case study: Qahvand plain of Hamedan). *Scientific Research Journal of Geography and Planning*, 21(60), 35-52. (In Persian)
- Masoudi, M., Abtahi, S. A. & Badiie Namaghi, S. H. (2010). Evaluation of wind erosion potential using empirical method of IRIFR and GIS: A case study of Nishabur, Iran. *Nature Environment and Pollution Technology*, 9(1), 77-82.
- Mesbahzadeh, T., Ahmadi, H., Zehtabian, Gh. & Sarmadian, F. (2010). Assessment of wind erosion intensity by IRIFR.E.A model



- (Case study: Abuzeidabad Kashan). *Journal of Range and Watershed Management, Iranian Journal of Natural Resources*, 63(3), 399-415. (In Persian)
- Nourzadeh Haddad, M. & Bahrami. H. (2016). Investigation of the relationship between fine dust concentration and surface moisture and soil particle size distribution using a mobile wind erosion simulator in the desert areas of western Khuzestan Province. *Journal of Desert Geographical Exploration*, 3(1), 167-183. (In Persian)
  - Sadoddin, A., Akhzari, D. & Noora, N. (2010). Prediction of vegetation management impacts on the risk of wind erosion (Case study: south of the Varamin Plain, Iran). *Journal of Water and Soil Conservation*, 17(1), 63-80 183. (In Persian)
  - Saeidi, D. & Salehpoor, A. (2007). *Investigation of effective factors in the intensity of wind erosion using IRIFR model (Case study: Aran and Bidgol)*. The First International Congress on water, soil and environmental sciences, Shahid beheshti university of Tehran, 12 p.
  - Statistical Center of Iran. (2006). *Detailed results of the general population and housing census*. Ministry of Interior Publications.