

## بررسی قابلیت تولید رسوبات بادی در اراضی نوار مرزی جنوب غرب ایران، مطالعه موردی منطقه لخصیر

مهدی نورزاده حداد<sup>۱\*</sup>، علی غلامی<sup>۲</sup>

۱- پژوهشکده کشاورزی هسته‌ای، پژوهشگاه علوم و فنون هسته‌ای، کرج، ایران  
۲- مرکز تحقیقات مطالعات آب، واحد اصفهان (خوراسگان)، دانشگاه آزاد اسلامی، اصفهان، ایران

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: [m.nourzade@gmail.com](mailto:m.nourzade@gmail.com)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۱/۲۱ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۶

DOI: [10.30470/jsp.2025.735553](https://doi.org/10.30470/jsp.2025.735553)

### چکیده

فرسایش بادی یکی از پدیده‌های مخرب طبیعی است که باعث مشکلات فراوان زیست محیطی می‌شود. این پدیده به یکی از معضلات مناطق خشک و بیابانی از جمله استان خوزستان تبدیل شده است. منطقه مورد مطالعه، مناطق بیابانی غرب رودخانه کرخه و در فاصله حدود ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان شوش و ۱۴۰ کیلومتری شمال غرب مرکز استان خوزستان واقع می‌باشد. جهت غالب بادهای این منطقه عمدتاً شمال غربی به جنوب شرقی و با سرعتی کمتر از ۱۵ متر بر ثانیه است. در این پژوهش، از روش *IRIFR* که از مراحل اولیه و پایه‌ای برای مدیریت و پایش میزان فرسایش بادی به شمار می‌آید استفاده شده است. به منظور بررسی قابلیت تولید رسوب عوامل نه‌گانه شامل سنگ شناسی، شکل اراضی و پستی و بلندی، سرعت و وضعیت باد، خاک و پوشش سطح آن، انبوهی پوشش گیاهی، آثار فرسایشی سطح خاک، رطوبت خاک، نوع و پراکنش نهشته‌های بادی، مدیریت و استفاده از زمین در سطح منطقه مورد پژوهش بررسی و بر اساس مشاهدات میدانی و جدول مربوطه امتیازدهی شد. با توجه به امتیازات بدست آمده در منطقه مورد پژوهش، شدت فرسایش بادی در سه کلاس فرسایشی کم، متوسط و زیاد طبقه‌بندی شد. بر این اساس، ۵۳۷/۳۲ هکتار در کلاس کم، ۳۳۲۰/۱۱ هکتار در کلاس متوسط و ۷۲۸/۴۸ هکتار در کلاس زیاد از نظر تولید رسوب و فرسایش بادی قرار گرفته است. در کل میانگین قابلیت تولید رسوب ویژه سالیانه این منطقه ۶۳۰۸/۲۱ تن در کیلومتر مربع در سال و از نظر کیفی زیاد می‌باشد. همچنین تپه‌های ماسه‌ای فعال با کسب بیشترین امتیاز در بین رخصاره‌های ژئومرفولوژی به عنوان بحرانی‌ترین بخش منطقه مورد پژوهش از نظر فرسایش و تولید رسوب شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: فرسایش بادی، قابلیت تولید رسوب، مدل ایریفر، مناطق بیابانی

## Investigating the wind sediment production potential in South West band of Iran, A case study: Lakhizar Region

M. Nourzadeh Hadad\*<sup>1</sup>, A. Gholami<sup>2</sup>

1. Nuclear Agriculture Research School, Nuclear Science and Technology Research Institute (NSTRI), Karaj, Iran

2. Water Studies Research Center, Isf.C., Islamic Azad University, Isfahan, Iran

\*Corresponding Author, Email: [M.nourzade@gmail.com](mailto:M.nourzade@gmail.com)

Received: April 2025 Accepted: December 2025

DOI: [10.30470/jsp.2025.735553](https://doi.org/10.30470/jsp.2025.735553)

### Abstract

Wind erosion is one of the destructive natural phenomena that causes many environmental problems. This phenomenon has become one of the problems of dry and desert areas of Khuzestan province. The study area in this research is the desert areas west of the Karkheh River and is located at a distance of about 35 kilometers southwest of Shush city and 140 kilometers northwest of the center of Khuzestan province. The majority of area's wind directions are Northwest to Southeast with lower than 15 km per hour. In this research, the IRIFR. Method, which is one of the initial and basic steps for managing and monitoring the amount of wind erosion has been used. In order to investigate the sediment production capability of 9 factors, including lithology, landforms, elevation and elevation, wind speed and condition, soil and its surface cover, abundance of vegetation, soil surface erosion effects, soil moisture, type and distribution of wind deposits, management and land use in the study area was investigated and scored based on field observations and the relevant table. According to the points obtained in the study area, the intensity of wind erosion was classified into 3 erosion classes: low, medium and high. Accordingly, 537.32 hectares are in low class, 3320.11 hectares are in medium class and 728.48 hectares are in high class in terms of sediment production and wind erosion. In general, the average annual special sediment production capacity of this area is 6308.21 tons per square kilometer per year and it is qualitatively high. Also, active sand dunes were identified as the most critical part of the studied area in terms of erosion and sediment production, with the highest score among geomorphological facies.

**Keywords:** Desert regions, IRIFR model, Sediment production potential, Wind erosion

## مقدمه

فرسایش بادی و آبی با استفاده از مدل‌های MPSIAC<sup>۲</sup> و IRIFR.E.A در منطقه نیمه خشک حوزه آبخیز نعمت آباد بیجار مشخص شد که مدل IRIFR.E.A از لحاظ کمی و کیفی دقت مناسبی دارد (Ahmadi et al., 2007). همچنین، نتایج تحقیقات نورزاده حداد و همکاران (Nourzadeh et al., 2016) نشان داد که بر اساس مدل ایریفر، پتانسیل رسوبدهی منطقه عبدالخان ۲۹۰/۳۵ هکتار در کلاس کم، ۴۲۴/۷ هکتار معادل در کلاس متوسط، ۱۵۱۶/۱۶ هکتار در کلاس زیاد و ۶۱۱/۵۷ هکتار در کلاس خیلی زیاد از نظرتولید رسوب و فرسایش بادی قرار داشته است. نورزاده حداد و لندی (Nourzadeh and Landi., 2019) با مطالعات نسبتاً گسترده در مناطق مرکزی و غربی استان خوزستان میزان فرسایش‌پذیری این مناطق را بررسی نموده و ثابت کردند مناطق مرزی غربی حساسیت بسیار بیشتری نسبت به سایر مناطق دارند و به همین منظور این منطقه برای آزمایشات پژوهش حاضر انتخاب شد. علی‌رغم اینکه مناطق مرزی استان خوزستان منشاء تولید طوفان‌های گرد و غبار محسوب می‌شوند، تاکنون مطالعات جامع و قابل استنادی در منطقه مورد مطالعه انجام نشده است. از طرف دیگر، انجام مطالعات فرسایش بادی و استفاده از تونل باد هزینه‌های هنگفتی خواهد داشت. بنابراین، اگر بتوان با استفاده از مدل‌های تجربی چنین مطالعاتی را انجام داد، ضمن کاهش قابل ملاحظه هزینه‌ها، امکان بررسی مناطق بیشتر با صرف زمان کمتر، مهیا خواهد بود. بر این اساس، در این پژوهش به منظور بررسی قابلیت تولید رسوب در اراضی مناطق مرزی استان خوزستان با استفاده از یک مدل بومی (IRIFR)، نقشه قابلیت تولید رسوب منطقه مورد مطالعه تهیه شد.

## مواد و روش‌ها

## منطقه مورد مطالعه

از مهم‌ترین فرایندهای مؤثر در تخریب اراضی در مناطق خشک و بیابانی عامل فرسایش بادی می‌باشد که با توجه به شرایط اقلیمی ایران، بخش‌های زیادی از مناطق ایران تحت این نوع فرسایش قرار دارد. این پدیده تحت تأثیر عوامل متعددی از جمله عوامل طبیعی، اجتماعی و اقتصادی قرار می‌گیرد (Shahnavaz et al., 2019). گرد و غبار جوی عمدتاً از فرسایش بادی در مناطق خشک و نیمه خشک حاره و جنب حاره نشأت می‌گیرد (Mofidi and Jafari, 2002). این پدیده در حال حاضر در استان خوزستان به یک معضل اساسی تبدیل شده و بخش قابل توجهی از آلودگی هوا و بیماری‌های قلبی و ریوی ناشی از آن را ایجاد کرده است (Sabzalipour et al., 2016). همچنین، این پدیده منجر به فقیر شدن خاک از عناصر مفید برای رشد گیاه می‌شود (Nourzadeh et al., 2012, 2013). آثار و پیامدهای ناشی از این مخاطره طبیعی آن‌چنان بخش کشاورزی استان را تحت تأثیر قرار داده است که بسیاری از پیامدهای آن غیرقابل جبران می‌باشد و می‌تواند بخش کشاورزی را فلج کند (Nourzadeh et al., 2013). پوشش سطحی خاک از دیگر عوامل مؤثر در میزان فرسایش بادی است به نحوی که بررسی فرسایش بادی بدون در نظر گرفتن این عامل غیرممکن است (Shahnavaz et al., 2017, 2018). تاکنون روش‌های زیادی برای برآورد میزان شدت بیابان‌زایی در نقاط مختلف دنیا ارائه شده است. در همین راستا، به دلیل منطبق نبودن مدل‌های ارائه شده با شرایط اقلیمی کشورمان، مدل تجربی IRIFR<sup>۱</sup> تدوین شد (Ekhtesasi and Zare., 2016). شناخت مناطق برداشت و کانون‌های بحران تولید رسوبات از مراحل اولیه و پایه‌ای برای مدیریت و کنترل فرسایش بادی به شمار می‌آید (Nourzadeh and Bahrami et al., 2015). در طول تحقیقی با برآورد و مقایسه پتانسیل رسوبدهی

<sup>۲</sup> Modified pacific southwest Inter-Agency committee<sup>۱</sup> Iran Research institute of Forest and Rangelands

عکس‌های هوایی منطقه به مقیاس ۱:۴۰۰۰۰ بررسی شد. با انجام بازدیدهای صحرایی و شناسایی حوضه، عوارض توپوگرافی و شناسایی رخساره‌ها و اشکال ژئومورفولوژی بررسی گردیده و با داده‌های تصویری تطبیق داده شد و در نهایت نقشه ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه تهیه شد

#### برآورد پتانسیل تولید رسوب

برای تعیین مناطق برداشت، حمل و رسوبگذاری از مدلی که به مدل منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای IRIFR معروف می‌باشد استفاده شده است. در این روش، نه عامل مؤثر در رسوبدهی فرسایش بادی مورد بررسی و امتیازدهی قرار گرفته و بسته به شدت و ضعف هر عامل و تأثیر آن در رسوب‌زایی، امتیازی به آن نسبت داده می‌شود. نه عامل مؤثر در مدل مذکور و دامنه امتیازات آن در جدول ۱ نشان داده شده است. مجموع اعداد بدست آمده برای عوامل مختلف نشان دهنده شدت فرسایش بادی خواهد بود. از روی مجموع اعداد فوق میزان رسوبدهی هر رخساره ژئومورفولوژی و کل عرصه مطالعاتی برآورد می‌گردد. سپس شدت فرسایش خاک و میزان رسوبدهی که از امتیازات عوامل نه‌گانه مؤثر در فرسایش بادی حاصل می‌شود در پنج کلاس طبقه‌بندی گردیده است. به منظور برآورد پتانسیل رسوبدهی فرسایش بادی در واحد کاری موجود (دشت‌سر) در منطقه مورد مطالعه از رابطه زیر استفاده شده است (Ahmadi et al., 2007).

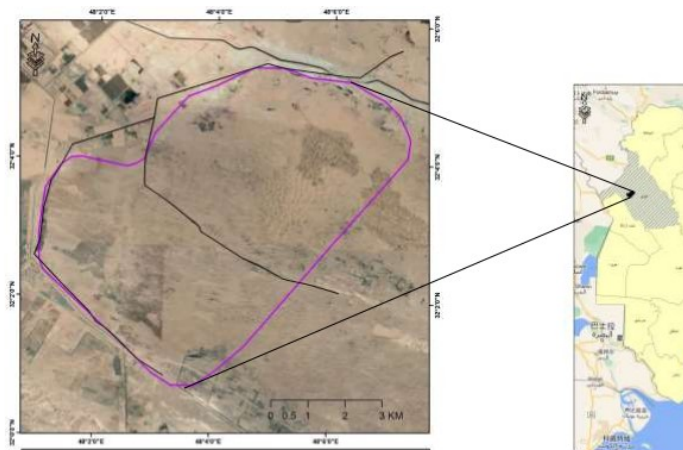
$$Q_s = 41[EXP(0.05R)] \quad (1) \text{ رابطه (۱)}$$

که در آن  $Q_s$ : میزان رسوب دهی سالانه بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال و  $R$ : درجه رسوب دهی (مجموعه امتیازات عوامل مؤثر بر فرسایش بادی) می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه مناطق بیابانی غرب رودخانه کرخه و در فاصله حدود ۳۵ کیلومتری جنوب غربی شهرستان شوش و ۱۴۰ کیلومتری شمال غرب مرکز استان خوزستان واقع می‌باشد. این منطقه از شمال به روستای لخیضر و از غرب به پل فرهان کبر و از جنوب به روستای محارب محدود است. منطقه غرب کرخه شهرستان شوش که محدوده مطالعاتی مورد نظر هم جزئی از آن است با مساحت کل ۱۷۹۱۰۸ هکتار از غرب کرخه را شامل می‌شود. وسعت حوضه آبریز این منطقه ۵۰۲۷/۲ هکتار می‌باشد. آب و هوای این منطقه گرم و خشک و تأثیر گرفته از اثر پرفشار جنب حاره‌ای می‌باشد به نحوی که دمای ۵۰ درجه سانتیگراد در فصل تابستان امری عادی است. پوشش گیاهی منطقه عمدتاً بسیار تنک و شامل گیاهان مقام به شوری مثل درختان کهور و بوته‌های کرچک می‌باشد. این اراضی عمدتاً مسطح و بعضاً دارای تپه‌های ماسه‌ای ناشی از فرسایش بادی هستند. جهت غالب بادهای این منطقه عمدتاً شمال غربی به جنوب شرقی و با سرعتی کمتر از ۱۵ متر بر ثانیه است. جهت انجام مطالعات ژئومورفولوژی فرسایش بادی لخیضر شوش که وسعت آن ۴۱۲۲/۱ هکتار است، نقشه‌های زمین‌شناسی و توپوگرافی و عکسهای هوایی مورد بررسی و تفسیر قرار گرفته‌اند. با انجام مطالعات میدانی عوارض زمین‌ریختی منطقه مورد بررسی قرار گرفته و عناصر اصلی ژئومورفولوژی منطقه مورد شناسایی قرار گرفته است. شکل (۱) جانمایی و موقعیت منطقه مورد مطالعه در منطقه شوش و استان خوزستان را نشان می‌دهد.

#### روش تهیه نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی

به منظور تهیه نقشه ژئومورفولوژی منطقه ابتدا نقشه‌های توپوگرافی با مقیاس ۱/۵۰۰۰۰ و نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و سپس فتوژئولوژی



شکل ۱- جانیایی و موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان خوزستان

### نتایج و بحث

**تعیین واحدها، تیپ‌ها و رخساره‌های ژئومورفولوژی**  
 واحد اصلی ژئومورفولوژیکی در منطقه مورد مطالعه واحد دشت‌سر می‌باشد. شمالی کلی از منطقه مورد مطالعه در شکل ۲ نمایش داده شده است. شدت فرسایش در این منطقه به حدی است که در برخی موارد ریشه درختان کاملاً از خاک بیرون آمده و فرسایش بادی و آبی شدید همزمان در منطقه فعال هستند. در منطقه مطالعاتی فرآیندهای تکتونیکی و سیلاب‌های حاصل از رودخانه کرخه و نهر مالخ از عوامل موثر در تشکیل این واحد ژئومورفولوژیکی بوده‌اند. این تیپ در گستره طرح دارای شیب ۱ تا ۳ درصد می‌باشد. ضخامت خاک در این منطقه زیاد بوده و دارای بافت ریزدانه می‌باشد. در منطقه مورد مطالعه این تیپ تمام اراضی کشاورزی و محل روستاهای منطقه را در بر گرفته است. در این محدوده دشت سر پوشیده شامل رخساره پهنه‌های ماسه‌ای و تپه‌های ماسه‌ای می‌باشد. منطقه مورد مطالعه به واسطه تجمع رسوبات بادی که از بخش‌های مجاور به این منطقه انتقال یافته است، تشکیل شده است. اندازه ذرات عموماً ماسه درشت هستند که با ضخامت زیادی روی همدیگر قرار گرفته‌اند. در برخی از بخش‌های منطقه، سطح زمین به صورت موجی شکل از ماسه‌های فعال تشکیل شده

است. در جدول (۲) مشخصات رخساره‌های مذکور آورده شده است.

### رخساره پهنه‌های ماسه‌ای

در محدوده مطالعاتی، رخساره پهنه‌های ماسه‌ای ۳۰۱۶/۲ هکتار از اراضی گستره طرح را شکل داده است. اراضی این ناحیه شامل عرصه‌های شنی نیمه‌فعال و عریض بوده و بافت خاک سبک، شنی و ساختمان آن تک دانه‌ای است. رسوبات بادرفتی تشکیل دهنده این رخساره حاصل فرسایش سازندهای سنگی در ارتفاعات مجاور گستره طرح می‌باشد که در مواقع سیلابی توسط آب‌های جاری (نهر مالخ) به زمین‌های پست منطقه منتقل شده و اراضی تقریباً مسطح را شکل می‌دهند. شیب این رخساره عمدتاً بین ۰ تا ۵ درصد متغیر بوده و در برخی مناطق به ۱۰ درصد هم می‌رسد. پوشش گیاهی این رخساره از نظر فراوانی تراکم غالب در آن کهور پاکستانی یا سمر است. در بخش‌های مرکزی نیز درختان کهور قابل مشاهده می‌باشند. پوشش خاک این منطقه در گروه اوستی‌سامنت<sup>۱</sup> قرار گرفته و دارای گروه هیدرولوژیکی A (نفوذپذیری بیش از ۷/۵ سانتی‌متر در ساعت) می‌باشد.

<sup>1</sup> Ustipsamments



شکل ۲- پوشش گیاهی و تأثیر فرسایش بادی بر منطقه مورد مطالعه

#### تپه‌های ماسه‌ای

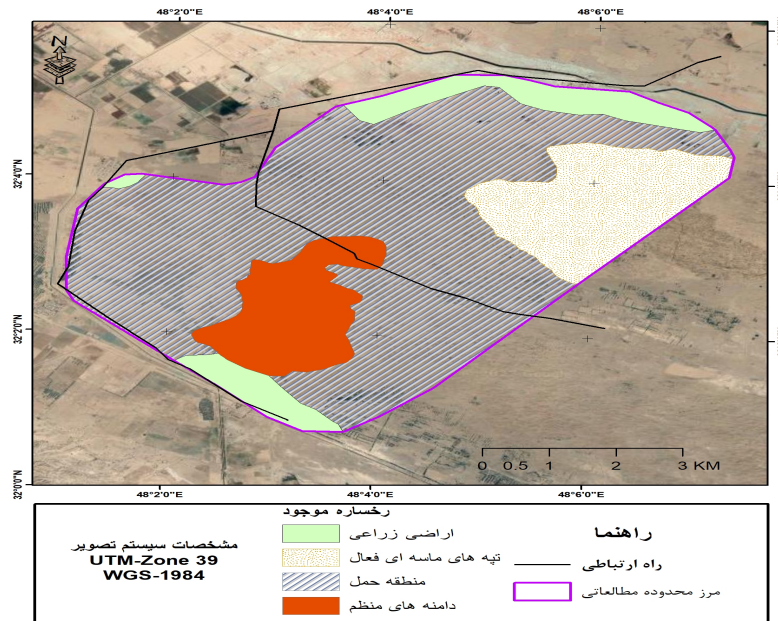
تپه‌های ماسه‌ای در گستره طرح شامل مجموعه‌ای از برخان‌های منفرد، بوکلیه و رشته‌های عرضی بوده که از نظر فرسایش بادی نیمه‌فعال تا فعال است. ارتفاع این تپه‌ها بین ۱ تا ۱۵ متر متغیر بوده که شیب اراضی تحت پوشش این رخساره بین ۰ تا ۱۰ درصد می‌باشد. رخساره تپه‌های ماسه‌ای، منطقه‌ای به وسعت ۱۱۰۵/۹ هکتار را در بر می‌گیرند. جهت باد غالب تشکیل دهنده این تپه‌ها شمال غرب- جنوب شرق می‌باشد. ذرات ماسه در سطح این تپه‌ها با جریان‌های فعلی باد به حرکت درآمده و انتقال می‌یابد. در این اراضی به واسطه نبود زبری لازم برای جلوگیری از کاهش سرعت باد، قدرت باد بیش از نیروی لازم برای جابه‌جایی ذرات یا خزش آنها بوده و به این دلیل ذرات در بخش‌هایی از منطقه جابه‌جا شده و سبب تشکیل تپه‌های جدید می‌شود که پوشش‌های کوتاه و یا علفی سطحی نیز به واسطه این جابه‌جایی مدفون شده و یا در اثر حذف خاک اطراف ریشه‌های آنها، ریشه سخت شده و به مرور در اثر کمبود رطوبت حذف می‌شوند. به دلیل رسوب مداوم ذرات در این پهنه‌ها خاک تکامل لازم را نداشته و فاقد افق اکریک است. بافت خاک سبک،

شنی و ساختمان آن تک‌دانه‌ای است. پوشش گیاهی این عرصه غالباً بوته‌های غیرخوشخوراک و خشبی است. سطح این تپه‌ها در برخی نقاط توسط پوشش گیاهی مرتعی نسبتاً متوسط و در بخش‌های جنوبی این رخساره دارای پوشش گیاهی درختی پراکنده از نوع کهور پاکستانی می‌باشد. نهشته‌های بادرفتی در این رخساره حاصل فرسایش بادی شدید سازندها و رسوبات آبرفتی تشکیل دهنده حوزه آبخیز نهر مالح بوده که بر روی دشت در برگیرنده گستره طرح رسوب نموده‌اند. رسوبات منطقه اغلب از جنس کربنات‌کسیم و کوارتز می‌باشند. نقشه ژئومورفولوژی گستره طرح که با مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ تهیه گردیده است تیپ و رخساره‌های واحد دشت سر تشکیل دهنده منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد (شکل ۲).

تهیه نقشه واحدهای کاری به کمک نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی، خاک و پوشش گیاهی با توجه به مطالعات بخش فیزیوگرافی و توپوگرافی و همچنین ژئومورفولوژی منطقه از آنجایی که در مطالعات بیابان واحدهای کاری از تلفیق داده‌های فیزیوگرافی و توپوگرافی نبوده بلکه واحدهای کاری همان رخساره‌های ژئومورفولوژی در نظر گرفته می‌شوند. نقشه نمایش داده شده در شکل ۳ با تطبیق

ژئومرفولوژی برآورد گردیده است. این امتیازات بر اساس مشاهدات میدانی و نیز بررسی نقشه‌های مربوطه و نیز مطالعات گذشته محاسبه و تخصیص داده شده است.

صحرایی اطلاعات بدست آمده و توجه به رخنمون منطقه، تنها واحد کاری منطقه مورد مطالعه شامل واحد کاری دشت سر بود که شامل چهار رخصاره می‌شد. در جدول ۱ مجموع امتیاز عوامل نه‌گانه به همراه کلاس‌های فرسایش بادی در رخصاره‌های



شکل ۳- نقشه تیپ و رخصاره‌های واحد دشت سر

جدول ۱- ریزامتیازات داده شده به رخصاره‌های منطقه مطالعاتی در روش IRIFR

ردیف	عامل موثر در فرسایش خاک و تولید رسوب به روش IRIFR	دامنه امتیازات	نام رخصاره		
			تپه‌های ماسه‌ای فعال	منطقه حمل	دامنه منظم
۱	سنگ شناسی	۱۰-۰	۸	۵	۳
۲	شکل اراضی و پستی و بلندی	۱۰-۰	۱۰	۷	۲
۳	سرعت و وضعیت باد	۲۰-۰	۱۵	۱۵	۱۰
۴	خاک و پوشش سطح آن	-۱۵-۵	۱۰	۰	۴
۵	انبوهی پوشش گیاهی	-۱۵-۵	۷	-۳	-۱
۶	آثار فرسایشی سطح خاک	۲۰-۰	۲۰	۱۰	۵
۷	رطوبت خاک	۱۰-۰	۷	۰	۱
۸	نوع و پراکنش نهشته‌های بادی	۱۰-۰	۱۰	۸	۵
۹	مدیریت و استفاده از زمین	-۱۵-۵	۱۱	-۵	-۵
	جمع امتیازات (R)		۹۹	۳۷	۲۴

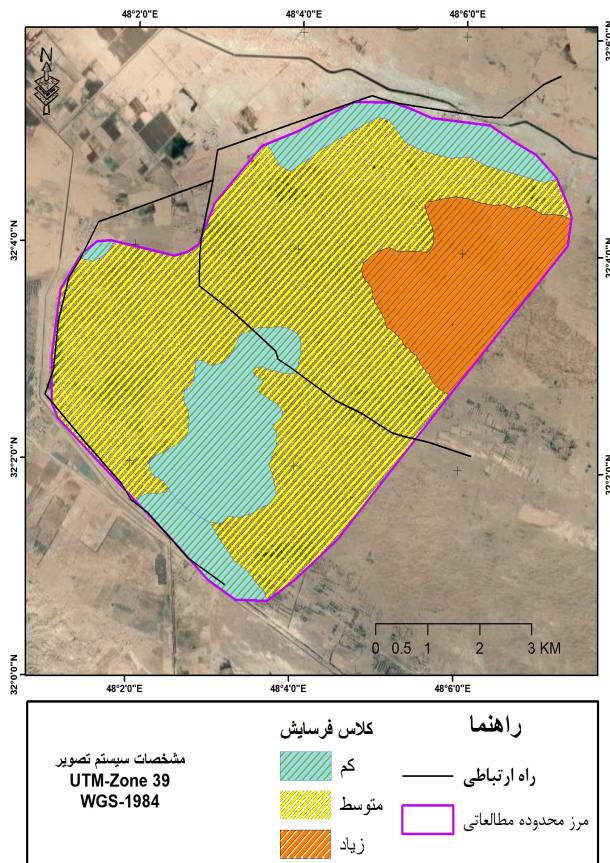
جدول ۲- میزان رسوب و رسوب ویژه کل محدوده مورد مطالعه

نام واحد	نام تیپ	رخساره ژئومرفولوژی	مساحت (ha)	درجه رسوبدهی (R)	میزان رسوب دهی سالانه Ton/Y	رسوب ویژه Ton/KM <sup>2</sup> /Y
		تپه‌های ماسه‌ای فعال	۷۲۸/۴۸	۹۹	۴۲۱۶۵۶۶/۱	۵۷۸۸/۱۷
دشت‌سر	دشت‌سر	منطقه حمل	۳۳۲۰/۱۱	۳۷	۸۶۵۷۲۷/۳	۲۶۰/۷۵
	پوشیده	دامنه منظم	۵۳۷/۳۲	۲۴	۷۳۱۴۰	۱۳۶/۱۲
		اراضی زراعی	۴۴۱/۳۴	۲۲	۵۴۳۶۰/۲	۱۲۳/۱۷
		جمع	۵۰۲۷/۲۵	-	۵۲۰۹۷۹۳/۶	۶۳۰۸/۲۱

جدول ۳- تعیین شدت و کلاس‌های فرسایش بادی منطقه

مرحله	کلاس فرسایش		مساحت (هکتار)	نام رخساره
	شدت	حساسیت		
O1	زیاد	IV	۷۲۸/۴۸	تپه‌های ماسه‌ای فعال
T2	متوسط	II	۳۳۲۰/۱۱	منطقه حمل
S3	کم	I	۵۳۷/۳۲	دامنه منظم
-	-	-	۴۴۱/۳۴	اراضی زراعی
-	-	-	۵۰۲۷/۲۵	جمع

همانطور که جدول ۲ نشان می‌دهد میزان رسوبدهی در کل عرصه مورد مطالعه معادل ۶۳۰۸/۲۱ تن در کیلومتر مربع در سال (حدود ۶۳ تن در هکتار در سال) برآورد گردید. با توجه به ارزیابی انجام شده و بررسی صحرایی و تطبیق روش IRIFR با طبیعت، شدت فرسایش بادی در رخساره‌های منطقه به شرح جدول ۳ تعیین گردید. از نظر شدت فرسایش بادی، کل منطقه در ۳ کلاس فرسایشی کم، متوسط و شدید طبقه‌بندی شد. در منطقه مورد بررسی ۵۳۷/۳۲ هکتار از کل منطقه در کلاس کم، ۳۳۲۰/۱۱ هکتار در کلاس متوسط، ۷۲۸/۴۸ هکتار در کلاس زیاد از کل منطقه از نظر تولید رسوب و فرسایش بادی قرار دارد. نقشه شدت فرسایش بادی منطقه مورد مطالعه با استفاده از روش نقطه‌زنی و درونیابی این نقاط با استفاده از روش وزندهی میانگین معکوس (Inverse Distance Weighted) در شکل ۴ ارائه شده است. در این روش تعداد نقاط همسایه ۶ و MAE و MBE به عنوان شاخص‌های تعیین دقت درونیابی به ترتیب ۰/۱۲ و ۰/۰۰۵ محاسبه شد. بر این اساس می‌توان ادعان نمود که دقت نقشه تهیه شده از نظر زمین‌آماري قابل قبول می‌باشد. همانطور که در شکل ۳ دیده می‌شود منطقه مورد مطالعه از نظر فرسایشی به ۳ قسمت تقسیم شده است. براین اساس می‌توان گفت که مناطق شرقی منطقه مورد مطالعه پتانسیل بیشتری برای تولید رسوب دارند و در طرح‌های حفاظتی می‌بایست در اولویت قرار گیرند.



شکل ۴. نقشه کلاس‌بندی فرسایش بادی

تن در هکتار در سال بسیار بیشتر از مطالعه مذکور برآورد شد. این در حالی است که میزان قابلیت تولیدسوپ از نظر کیفی در هر دو منطقه، شدید برآورد شده بود.

همچنین نورزاده حداد و لندی (Nourzadeh Haddad and Landi., 2019) با نمونه برداری از خاک‌های هفت منطقه مستعد فرسایش بادی در استان خوزستان و بررسی فرسایش‌پذیری آنها در تونل باد اذعان داشتند که وجود حداقل پوشش سنگریزه روی سطح خاک در مناطقی که پوشش گیاهی به شدت ضعیفی دارند می‌تواند به شکل محسوسی میزان تولید رسوبات ناشی از فرسایش بادی را کاهش دهد.

از سویی دیگر شهنواز و همکاران (Shahnavaz et al., 2019) با بررسی فرسایش‌پذیری خاک‌های غرب خوزستان در شرایط آزمایشگاهی، وجود پوشش‌های پلیمری را به منظور جلوگیری از فرسایش بادی را بررسی نمودند و اذعان داشتند این پوشش کارایی لازم را دارا بوده است. همچنین ایشان تأثیر نمونه‌برداری و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه را به دلیل تأثیر بر ساختمان خاک، عاملی در جهت بیش برآورد میزان تولید رسوب دانستند. این در حالی است که استفاده از مدل IRIFR ضمن عدم تأثیر سو بر ساختمان خاک می‌تواند هزینه انجام تحقیقات را نیز کاهش دهد.

تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی از مبانی کنترل باد و حفاظت خاک در مناطق بیابانی محسوب می‌شود. اصول مبارزه بیولوژیک و مکانیکی بر پایه محاسبه سرعت آستانه فرسایش قرار دارد (کوتیل و فورمن، ۲۰۰۳). در واقع بر اساس طبقه‌بندی‌های موجود خاک‌هایی را که بیش از ۶۰٪ ذرات آنها مقاوم به فرسایش هستند ( $>0.075$  mm) به‌عنوان خاک‌های مقاوم به فرسایش بادی می‌باشند. بنابراین عملیات کنترل فرسایش در خاک‌هایی است که ذرات مقاوم به فرسایش آنها کمتر از ۶۰ درصد است (Nourzadeh et al., 2003; Kutiel and Furman, 2013). بر این اساس سرعت آستانه فرسایش بادی بر اساس قطر ذرات در جدول ۴ ارائه شده است. بر اساس جدول ۴ و با استفاده از روابط نمودگراف و جداول مبنایی و به علت برخورداری ذرات از قطر ۰.۱-۰.۰۵ میلی‌متر، سرعت آستانه فرسایش بادی در تمام منطقه ۱۰-۷ متر در ثانیه در ارتفاع ۲ متری تعیین گردیده است.

نتایج این تحقیق تنها با مطالعه مشابه قبلی توسط نورزاده حداد و همکاران (Nourzadeh et al., 2015) همخوانی داشت. به نحوی که میانگین قابلیت تولید رسوب ویژه سالیانه منطقه عبدالخان با ۷۹ امتیاز، حدود ۳۳ تن در هکتار و از نظر کیفی دارای درجه شدید گزارش شده بود. در مقابل، میزان فرسایش‌پذیری و قابلیت تولید رسوب در منطقه مورد مطالعه حدود ۶۳

جدول ۴. تعیین سرعت آستانه فرسایش بادی

ردیف	قطر غالب ذرات خاک سطحی (میلی‌متر)	سرعت آستانه فرسایش بادی در ارتفاع ۳۰ سانتی‌متری (متر بر ثانیه)	فرسایش‌پذیری خاک
۱	۰/۰-۱/۱۵	۴-۳	خیلی زیاد
۲	۰/۰۵-۰/۱۰ و ۰/۱۰-۱/۵	۴-۴/۵	زیاد
۳	۰/۱-۰/۰۵ و ۰/۰۵-۰/۱	۷-۵-۵	متوسط
۴	۰/۰۰۵-۰/۰۱ و ۰/۰۱-۰/۰۲	۱۰-۷	کم
۵	بالای ۰/۰۲ و زیر ۰/۰۰۵	بالای ۱۰	جزیبی

مناسب، سطح خاک به طور مداوم تحت وزش باد قرار گرفته و شرایط را برای وقوع فرسایش بادی محتمل‌تر می‌کند. شدت فرسایش باعث ناپایداری خاک و عدم تشکیل پوشش گیاهی طبیعی گردیده و در نتیجه اجازه

#### نتیجه‌گیری

بر اساس نتایج به دست آمده در این پژوهش، منطقه مورد مطالعه حساسیت زیادی نسبت به فرسایش بادی دارد. در این شرایط و عدم وجود پوشش گیاهی

زمین منطقه و همچنین حرکت پهنه‌های ماسه‌ای که در راستای باد غالب از شمال غربی به سمت جنوب شرقی، این اثر را شدیدتر می‌کند. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که منطقه مورد مطالعه قابلیت تولید گرد و غبار فرسایش بادی زیادی داشته و پیشرفت ماسه‌های بادی به سمت رودخانه کرخه و مناطق مسکونی که در مجاورت پهنه‌های ماسه‌ای به نحوی است که می‌تواند خطری جدی برای ساکنین منطقه داشته باشند. از سویی دیگر همان طور که در نقشه نهایی کلاس‌بندی فرسایش مشخص است، جاده دسترسی محلی به دلیل قرار گرفتن در منطقه فعال فرسایش بادی و انتشار غبار در برخی مواقع سال به طور کامل با خاک پوشیده شده است و مشکلات زیادی برای ساکنین محلی ایجاد می‌کند.

و امکان توسعه پوشش گیاهی و جانوری را نداده و محیط از نظر اکولوژیک فقیر و توسعه نیافته است. میزان رسوبدهی در کل عرصه مورد مطالعه معادل ۶۳ تن در هکتار در سال برآورد شده است. همچنین تپه‌های ماسه‌ای فعال بحرانی‌ترین بخش از نظر فرسایش و تولید رسوب بودند. این رخساره به دلیل داشتن خاک ماسه‌ای با بافت سبک، سهم زیادی در تولید رسوب منطقه را به خود اختصاص داد. همچنین قسمت‌های شرقی‌تر حساسیت بیشتری به فرسایش نشان دادند و می‌بایست در طرح‌های حفاظتی در اولویت بالاتری نسبت به سایر مناطق قرار گیرند. این اراضی به عنوان مهمترین منابع داخلی توفان‌های ریزگرد استان خوزستان به شمار می‌روند. زیرا علاوه بر قابلیت فرسایش‌پذیری زیاد، اقلیم خشک منطقه، بافت سبک خاک، پوشش گیاهی ضعیف، صاف و هموار بودن

## REFERENCES

- Ahmadi, H., Ekhtesasi M. R., & Hemati, N. A. (2007). Estimation and comparison of water and wind erosion sedimentation potential by MPSIAC and IRIFR.E.A models in semi-arid regions (case study: Nematabad watershed in Bijar). *Iranian journal of natural resources*, 60(1), 1-11. (In Persian)
- Ekhtesasi, M., & Zare chahouki, A. (2016). 'Wind erosion values of IRIFER Model and wind erosion meter Comparison (Case study: Segzi Plain in Esfahan Province)'. *Iranian Journal of Range and Desert Research*, 23(2), 264-255. doi: 10.22092/ijrdr.2016.107028. (In Persian)
- Furman, H. K. H. (2003). Dust storms in the Middle East: sources of origin and their temporal characteristics. *Indoor and Built Environment*, 12(6), 419-426.
- Mofidi, A., & Jafari, S. (2002). The Role of Regional Atmospheric Circulation over the Middle East on the Occurrence of Summer Dust-storms in Southwest Iran. *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 2(5), 17-45. (In Persian)
- Nourzadeh Hadad, M., & Bahrami, H. A. (2015). Investigation of dust concentration with top moisture and particle size distribution of soil using portable wind erosion simulator, desert regions of Khuzestan province. *Journal of geospatial exploration of desert areas*, 3(1), 167-183. (In Persian)
- Nourzadeh Hadad, M., & Landi, A. (2019). Study of Mineralogy and Dust Production Sources Sensitivity of Surface Soil against Gravel Cover, A Case Study: Western lands Khuzestan province. *Journal of Geographical space*, 64, 61-74. (In Persian)
- Nourzadeh Hadad, M., Bahrami, H. A., Goossens, D., & Fryrear, D. (2013). Determining soil erosion and threshold friction velocity at different soil moisture conditions using a portable wind tunnel. *Annals of Geomorphology*.
- Nourzadeh Hadad, M., Gholami, A., & Ashnagar, N. (2016). Estimating the sediment production potential caused by wind erosion in Abdolkhan lands (Shuosh) Using IRIFR. *Journal of Geographical space*, 16(56), 277-289. (In Persian)

- Nourzadeh, M., Mahdian, M. H., Malakouti, M. J., & Khavazi, K. (2012). Investigation and prediction spatial variability in chemical properties of agricultural soil using geostatistics. *Archives of agronomy and soil science*, 58(5), 461-475.
- Sabzalipour, S., Nourzadeh Haddad, M., & Zallaghi, E. (2016). A Survey of Cardiovascular and Respiratory Diseases Attributable to PM10 pollutant in the western Half of Iran (Ahwaz, Bushehr and Kermanshah Provinces) with Use of AIRQ Model. *Der Pharmacia Letter*, 8(11), 17-23.
- Shahnavaz M, Gholami A, Nourzadeh, H. M, & Panahpour E. (2019). Controllability of quantitative and qualitative soil loss induced by wind erosion under laboratory conditions through polymer and vegetable-based mulch. *Watershed Engineering and Management Journal*. 215-227. (In Persian)
- Shahnavaz, M., Nourzadeh, H.M., Gholami, A., & Panahpour, E. (2017). "Effect of mulching on soil nutrient loss reduction, case study of western lands Khuzestan province, Iran". *Journal of experimental biology and agricultural sciences*, 4(1), 730-741
- Shahnavaz, M., Nourzadeh, H.M., Gholami, A., & Panahpour, E. (2018). "Stabilizers efficiency in soil and their effects on some soil properties", *Arid Land Research Management*, 51, 62-85.