



# Investigation of the Potential of Sedimentation in Geomorphologic Facies in Gonabad Township Using Wind Tunnel and IRIFR1 Model

## ARTICLE INFO

### Article Type

Original Research

### Authors

Mohammadnia M.\*<sup>1</sup> MA,  
Amirahmadi A.<sup>1</sup> PhD,  
Zanganeh Asadi MA.<sup>1</sup> PhD

### How to cite this article

Mohammadnia M, Amirahmadi A, Zanganeh Asadi MA. Investigation of the Potential of Sedimentation in Geomorphologic Facies in Gonabad Township Using Wind Tunnel and IRIFR1 Model. Geographical Researches. 2019;34(4):577-586.

<sup>1</sup>Department of Geomorphology, Geography Faculty, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran

### \*Correspondence

Address: Faculty of Geography and Environmental Sciences, Campus of Hakim Sabzevari University, Tohid Shahr, Sabzevar, Iran  
Phone: +98 (51) 57251576  
Fax: +98 (51) 57231474  
malihe.mohammadnia@yahoo.com

### Article History

Received: September 27, 2019  
Accepted: December 1, 2019  
ePublished: December 11, 2019

## ABSTRACT

**Aims & Backgrounds** Considering the fact that a large part of our country is in arid and semi-arid regions and every year wind erosion and dust storms cause significant damages to the country's bio-economic resources, it is necessary to study this phenomenon. This study investigated the erosion rate of geomorphological facies of Gonabad city in relation to wind erosion.

**Methodology** The wind erosion intensity was determined using wind tunnel and experimental model of IRIFR1. In the region, 17 facies were identified and mountainous and non-covered areas and areas that were not potentially dusty were excluded from the study. Sampling operations were performed on the remaining 14 facies. The samples were weighed and placed in a wind tunnel at 10 m / s for 10 minutes and then weighed again. The weight difference indicates the amount of wind erosion from a given level. Also in the IRIFR1 model 14 facies were weighted according to expert opinion.

**Findings** According to the results of wind tunnel, wind erosion in the study area was highest in sand dune facies and in low and high plains and relatively high water erosion was lowest and according to IRIFR1 model in sand dunes was highest and in low and high plains and low water erosion and high pebbles were the least. Wind erosion sensitivity map was prepared in the study area and divided into five classes of rock mass and non-erosion, very low sensitivity, low, medium and high sensitivity.

**Conclusion** Given that according to the analysis of samples in the wind tunnel, more than 28% of the area is in the medium to high sensitivity class, applying soil protection techniques against wind erosive power such as windbreakers, seeding and grazing reduction in these areas (especially the area Northwest) seems necessary.

**Keywords** Wind Erosion; Geomorphological Facies; Wind Tunnel; IRIFR1; Gonabad Township

## CITATION LINKS

[Alipour, et al; 2014] Estimating wind erosion potential and sediment potential using the IRIFR method in Miandasht Esfarayen ...; [Alipour, et al; 2016] Estimation of wind erosion severity in Alaa Region of Semnan using IRIFR.E.A ...; [Amin & Taqizadeh Mehrejerdi; 2016] Investigating soil erodibility in arid and hyper-arid regions of Iran case study: Yazd-Ardakan ...; [Azim Zade & Ekhtesasi; 2004] Investigating the effect of physical and chemical properties of soil on the rate of wind erosion speed, case study: Yazd-Ardakan ...; [Ayazi, et al; 2016] Investigating the possibility of sedimentation in geomorphological facies using wind tunnel and IRIFREA, case study: Aran district of ...; [Ebrahimi Dorcheh, et al; 2010] Estimating wind erosion via ...; [Ekhtesasi & Zare Chahouki; 2006] Wind erosion values of IRIFER model and comparison with wind erosion meter case study: Segzi plain in Esfahan ...; [Fister & Ries; 2009] Wind erosion in the central ebro basin under changing land use ...; [Hangen;1976] A wind erosion predication system to meet user ...; [Hanifeh Pour & Mashhadi; 2013] Survey of agricultural resistance to wind erosion in southeast ...; [Ildermi & Moradi;2017] Estimating wind erosion intensity using the IRIFEA model case study: Ghahavand plain of ...; [Jafari Shalkuhi, et al; 2015] Evaluating effective factors on the stabilization of mineralized soils against wind to prevent the accumulation of ...; [Kochemi Sardo, et al; 2017] Evaluation of the IRIFR model for simulating soil loss in different facies of Wind Erosion Using Wind Erosion Measurement ...; [Kusumandari; 2014] Soil erodibility of several types of green open space areas in Yogyakarta city, ...; [Memarian Khalil Abad & Safdari; 2008] Deposits of wind deposits in the fedsheh area of ...; [Mohammad Khan & Kashfi; 2015] The directions of winding sand in Ardestan region by comparing morphometric time of sand dunes and wind ...; [Movahedan, et al; 2013] Laboratory study of the effect of polyvinyl acetate on the erosion of various soil soils against ...; [Saremi Naieni; 2016] Estimate the frequency of speed and the direction of the erosion of winds and produces dust storms and dust at the level of Yazd province using the windrose ...; [Sharratt, et al; 2007] Loss of soil and PM10 from agricultural fields associated with high winds on the Columbia ...; [Webb, et al; 2016] Threshold wind velocity dynamics as a driver of aeolian sediment mass ...; [Zobeck & Van Pelt; 2006] Wind-induced dust generation and transport mechanics on a bare agricultural field;

## توان رسوب‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژی شهرستان گناباد؛ ارزیابی با تونل باد و مدل اریفر ۱

ملیحه محمدنیا<sup>۱</sup> MA

گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

ابوالقاسم امیراحمدی PhD

گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

محمدعلی زنگنه اسدی PhD

گروه ژئومورفولوژی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران

### چکیده

**اهداف و زمینه‌ها:** با توجه به اینکه بخش وسیعی از ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و هر ساله فرسایش بادی و وقوع طوفان‌های گرد و غبار خسارت‌های قابل توجهی بر منابع زیستی و اقتصادی وارد می‌کند، لزوم بررسی فرسایش احساس می‌شود. این پژوهش با هدف بررسی توان رسوب‌زایی رخساره‌های ژئومورفولوژی شهرستان گناباد انجام شد.

**روش‌شناسی:** تعیین شدت فرسایش بادی، با استفاده از تونل باد و مدل تجربی اریفر انجام گرفت. ابتدا نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه تهیه شد. در منطقه، ۱۷ رخساره شناسایی و پس از بررسی، مناطق کوهستانی و فاقد پوشش خاکی و مناطقی که پتانسیل ایجاد گرد و غبار نداشتند از نمونه‌برداری حذف گردید. عملیات برداشت نمونه از ۱۴ رخساره باقیمانده انجام گرفت. نمونه‌ها توزین و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه تونل باد با سرعت ۱۰ متر در ثانیه قرار داده و سپس مجدد توزین گردید. اختلاف وزن حاصل بیانگر میزان فرسایش بادی از یک سطح معین بود. همچنین در مدل اریفر ۱، ۱۴ رخساره براساس نظر کارشناس وزن‌دهی شد.

**یافته‌ها:** براساس نتایج تونل باد، میزان فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه در رخساره تپه‌های ماسه‌ای، بیشترین و در دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی نسبتاً زیاد، کمترین مقدار و براساس مدل اریفر ۱ در رخساره تپه‌های ماسه‌ای بیشترین و دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی کم و سنگریزه زیاد کمترین مقدار بود. نقشه حساسیت به فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه تهیه و به ۵ کلاس توده سنگی و غیر قابل فرسایش، حساسیت خیلی کم، کم، متوسط و زیاد تقسیم شد.

**نتیجه‌گیری:** از آنجا که بیش از ۲۸٪ از منطقه در کلاس حساسیت متوسط به بالا قرار دارد، کاربرد تکنیک‌های حفاظت خاک در برابر قدرت فرسایش بادی با نظیر بادشکن، بذرپاشی و کاهش چرا در این مناطق (به‌خصوص پهنه‌های شمال‌غربی) ضروری است.

**کلیدواژه‌ها:** فرسایش بادی، رخساره‌های ژئومورفولوژی، تونل باد، IRIFR1، گناباد

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۱۰

نویسنده مسئول: malihe.mohamadnia@yahoo.com

### مقدمه

باد از جمله عوامل اصلی ایجاد فرسایش و تخریب در سطح زمین به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است [Saremi Naieni, 2016]. فرسایش بادی یکی از مهم‌ترین فرایندهای مخرب در مناطق خشک و فاقد پوشش گیاهی است. این فرایند در شرایطی رخ می‌دهد که علاوه بر وجود خاک حساس، باد دارای حاکمیت و سرعت قابل توجه باشد. انتقال ذرات خاک به صورت‌های مختلف

معلق، جهشی و خزشی انجام می‌شود و سبب ایجاد خسارت‌های جدی به محیط زیست می‌شود [Azim Zade & Ekhtesasi, 2004]. فرسایش بادی در مناطقی با بارندگی کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر اهمیت ویژه‌ای دارد [Alipour et al, 2014].

بیش از دو سوم مساحت ایران را اراضی خشک و نیمه خشک تشکیل می‌دهد. کمبود بارش در این مناطق از تنوع اکولوژیکی آن کاسته و پوشش گیاهی با تراکم کم بر روی آن استقرار یافته است. فقر پوشش گیاهی به باد این اجازه را می‌دهد که به راحتی بر سطح خاک کاوش کرده و مقادیر فراوانی از خاک سطحی را از نقطه‌ای به نقطه دیگر حمل کند [Memarian Khalil Abad et al, 2008]. جابه‌جایی خاک و از بین رفتن آن در چنین مناطقی دارای اهمیت شایانی است، زیرا با توجه به شرایط اقلیمی حاکم بر چنین مناطقی تشکیل خاک کند است [Ebrahimi Dorcheh et al, 2010]. فرسایش بادی ابتدا خاک سست و بدون پوشش گیاهی را برداشت نموده و در طی مسیر حمل برخورد ذرات جهش توسط باد باعث تشدید فرسایش و افزایش خسارت می‌گردد و در نهایت مواد حمل‌شده را به‌صورت پهنه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای بر جای می‌گذارد [Mohamad Khan & Kashfi, 2015]. فرسایش بادی و معضلات مربوط به آن هر ساله خسارات سنگینی به بخش‌های محیط زیستی، اجتماعی و سلامت جامعه وارد می‌کند [Jafari Shalkohi et al, 2015]. از پیامدهای مخاطره آمیز فرسایش بادی می‌توان به تشکیل طوفان‌های گرد و غبار [Zobeck & Van Pelt, 2006]، تخلیه ذرات حاصلخیز خاک [Sharratt et al, 2007] و ایجاد پوششی مزاحم بر سطح اراضی زراعی و غیرزراعی [Movahedan et al, 2013] و در نهایت حرکت ماسه‌های روان اشاره کرد. هنگامی که سرعت باد از یک آستانه مشخص بیشتر شود فعالیت تخریبی آن آغاز می‌شود [Hangen, 1976].

کشور ایران بر روی کمربند جهانی بیابان‌زایی و فرسایش بادی قرار دارد [Hanife Pour & Kashfi, 2013]. بخش وسیعی از کشور ایران را مناطق خشک و فرا خشک در بر گرفته است، که به دلیل شرایط خاص محیطی از جمله کمی بارندگی و تراکم محدود پوشش گیاهی زمینه برای وقوع فرسایش بادی بسیار مساعد است [Alipour et al, 2016].

فیبستر و ریس [Fister & Rise, 2009]، با استفاده از تونل قابل حمل میزان فرسایش بادی را در حوضه Ebro برآورد نمودند. برای ارزیابی نرخ از دست‌رفتن خاک در سه محل نمونه‌ها مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد محل‌هایی که سطح زمین بدون تغییر بوده کمترین میزان فرسایش بادی را داشته است. کوسومانداری [Kusumandari, 2014]، با بررسی ۱۱ نمونه خاک در هفت مکان مختلف فضای سبز در شهر یوگیکارتای اندونزی و با اندازه‌گیری پارامترهای مختلف از جمله بافت خاک، ساختار خاک و نفوذپذیری آن مقدار فرسایش را محاسبه و به این نتیجه رسیدند که مقدار فرسایش‌پذیری در دامنه تغییرات ۱/۶ تا ۲۹٪ قرار دارد. وب و همکاران [Webb et al, 2016]، به برآورد آستانه فرسایش بادی

منطقه مورد مطالعه شناسایی شد. سپس هر یک از واحدهای ژئومورفولوژی به چند تیپ تقسیم گردید تا شناخت بهتری از منطقه به دست آید. در مرحله بعد، رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه با توجه به ساختار ناهمواری، پوشش گیاهی و سایر خصوصیات مورفولوژیکی تعیین گردید. در منطقه ۱۷ رخساره شناسایی شکل ۲ و پس از بررسی، مناطق کوهستانی و فاقد پوشش خاکی و مناطقی که پتانسیل ایجاد گرد و غبار نداشتند از نمونه‌برداری حذف و عملیات برداشت نمونه از ۱۴ رخساره باقیمانده به روش سیستماتیک- تصادفی انجام گرفت (شکل ۳). جهت انتخاب نقاط برداشت، منطقه به گریدهایی ۲×۲ کیلومتر مربع تقسیم و مناطقی که امکان دسترسی به آن فراهم بود به‌عنوان مناطق برداشت انتخاب گردید. سپس مساحت یک مترمربع از لایه سطحی خاک که در معرض فرسایش بادی قرار داشت به‌عنوان نمونه، برداشت سپس کدبندی و جهت بررسی میزان حساسیت‌پذیری به آزمایشگاه تونل باد دانشگاه حکیم‌سبزواری انتقال و آنالیز آزمایشگاهی مربوط، به‌منظور تعیین درجه حساسیت نمونه نسبت به فرسایش بادی صورت گرفت.



شکل ۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه

### اندازگیری مقدار رسوب‌دهی و فرسایش بادی به کمک دستگاه سنجش فرسایش بادی

دستگاه سنجش فرسایش بادی، در واقع نوعی تونل باد آزمایشگاهی است که در ایران طراحی و ساخته شده است و به کمک آن می‌توان بسیاری از عوامل موثر در فرسایش‌پذیری خاک از جمله سرعت آستانه فرسایش بادی و مقدار رسوب‌دهی را اندازه‌گیری کرد. تونل باد موجود قادر به اندازه‌گیری باد با سرعت حداکثر ۳۰ متر بر ثانیه است. ابعاد محفظه آزمایش تونل ۴۰×۴۰ سانتی‌متر است (شکل ۴).

جهت برآورد میزان حساسیت‌پذیری هر رخساره، ابتدا رسوبات با ترازوی با دقت دو صدم گرم توزین شدند. سپس رسوبات در سینی

در پنج مکان در نیومکزیکو پرداختند. نتایج نشان داد در فصول و مکان‌هایی که رطوبت خاک بیشتر است آستانه فرسایش بادی افزایش چشمگیری داشته است.

ایازی و همکاران [Ayazi et al, 2016]، به بررسی توان رسوب‌زایی در رخساره‌های ژئومورفولوژیکی در آران با استفاده از تونل باد و مدل اریفر پرداختند. نتایج به دست آمده از تونل باد نشان داد که بیشترین سرعت آستانه فرسایش در شرایط طبیعی متعلق به رخساره پوسته‌های سخت و خشک دشت رسی است. امین و تقی‌زاده مهرجردی [Amin & Taghi Zadeh MehrJerdi, 2016]، به بررسی پتانسیل فرسایش‌پذیری بادی خاک در دشت یزد اردکان پرداختند. مقدار فرسایش‌پذیری به دو روش دگوییچ و عظیم‌زاده و همکاران [Azim Zade & Ekhtesasi, 2004] انجام گرفت. نتایج نشان داد که مقدار فرسایش‌پذیری در هر دو مدل در اراضی دشت سرپوشیده با بافت ریزدانه متوسط تا زیاد است. ایلدرمی و مرادی [Ildaromi & Moradi, 2017]، در پژوهشی با هدف ارزیابی شدت فرسایش بادی در دشت قهاوند همدان با به کارگیری مدل IRIF.E.A نقشه شدت فرسایش بادی منطقه را تهیه نمودند. در بررسی‌های به عمل آمده از کل نقشه مشخص شد که بیش از ۶۹٪ از منطقه در کلاس فرسایشی شدید و خیلی شدید قرار دارد در برآورد میزان و شدت فرسایش بادی به‌صورت مستقیم، در بسیاری از کشورهای جهان از جمله ایران ایستگاهی برای اندازه‌گیری میزان فرسایش بادی وجود ندارد، در نتیجه برای برآورد میزان رسوب از روش‌های تجربی استفاده می‌شود که گاهی با خطا همراه است. هدف از این تحقیق برآورد میزان فرسایش بادی در رخساره‌های ژئومورفولوژی شهرستان گناباد با استفاده از دستگاه تونل باد و مقایسه آن با مدل تجربی IRIFR1 است.

### روش‌شناسی

شهرستان گناباد به مرکزیت شهر گناباد یکی از شهرستان‌های استان خراسان رضوی است که گستره آن از ۵۸° و ۳۰' تا ۵۹° طول شرقی و از ۳۴° تا ۳۴° ۵۰' عرض شمالی است (شکل ۱). مساحت گناباد بیش از ۱۰۰۷۸ کیلومتر مربع است که تقریباً حدود یک بیست و پنجم مساحت استان است. این شهرستان از سمت شرق به شهرستان خواف، از شمال و شمال‌غرب به تربت حیدریه و کاشمر، از سمت غرب و جنوب غرب به شهرستان فردوس و از جنوب به قائن محدود است. مرکز این شهرستان در فاصله ۲۷۰ کیلومتری از مرکز استان واقع بوده و ارتفاع آن به طور متوسط ۱۱۰۵ متر از سطح دریا و براساس طبقه‌بندی اقلیمی دمارتون جز اقلیم خشک است. متوسط درجه حرارت سالانه محدوده مورد مطالعه، ۱۷/۶ درجه سانتیگراد، متوسط بارندگی آن ۱۲۸/۷، کمینه بارش ۴/۲ و بیشینه آن ۲۵۷/۷ میلی‌متر است.

این تحقیق از نوع تحلیلی- آزمایشگاهی بوده که برای تعیین شدت فرسایش بادی، رخساره‌های ژئومورفولوژی به‌عنوان واحد کاری استفاده شده است. در ابتدا سه واحد کوهستان، دشت‌سر و پلایا در

ناهمواری، سرعت و وضعیت باد، عامل خاک و پوشش غیر زنده، تراکم و نوع پوشش گیاهی، شکل‌های فرسایش بادی، رطوبت خاک، نوع و پراکنش نهشته‌های بادی و مدیریت و استفاده از اراضی است که در هر یک از واحدهای کاری امتیازدهی و براساس جمع امتیازات به دست آمده و با استفاده از رابطه ۱ توان رسوب دهی اراضی برآورد می‌گردد.

$$Q_s = 41 [EXP(0.05R)] \quad (1)$$

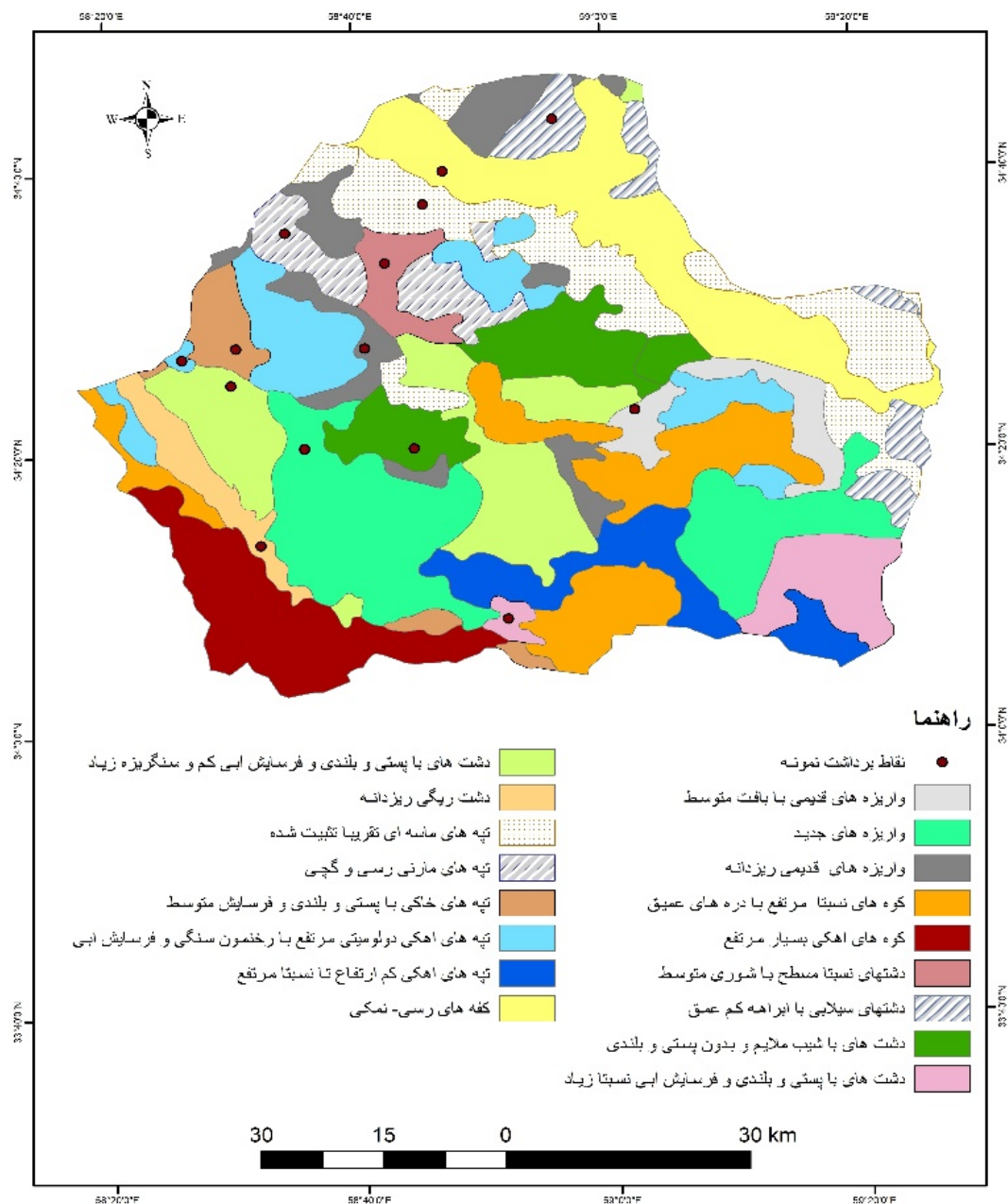
رابطه (۱) در آن  $Q_s$ : میزان رسوبدهی سالانه بر حسب تن در کیلومتر مربع در سال و  $R$ : مجموع امتیازات عوامل نه‌گانه موثر در فرسایش بادی است که توسط کارشناس ارزش‌گذاری شده است.

که بدین منظور طراحی گردیده بود قرار گرفته و به مدت ده دقیقه در معرض باد با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه قرار داده شد. پس از زمان مذکور مجدد رسوبات وزن شده و اختلاف وزن حاصله بیانگر میزان فرسایش از یک سطح معین در نظر گرفته شد.

### برآورد شدت فرسایش بادی و میزان رسوبدهی به کمک مدل

#### IRIFR1

مدل تجربی IRIFR1 از جمله مدل‌های شاخصی است که براساس تجارب کارشناسی و با استفاده از جمع‌بندی نظر خبرگان به منظور برآورد سریع و آسان مقدار رسوبدهی فرسایش بادی در ایران طراحی و ارایه شده است [Ekhtesasi, 2006]. شاخص مورد استفاده و امتیازدهی در این مدل شامل عوامل سنگ شناسی، شکل اراضی و



شکل ۲) نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه



شکل ۴) تونل باد مورد استفاده جهت بررسی حساسیت‌پذیری رخساره‌ها



شکل ۳) چند نمونه از رخساره‌های برداشت شده: الف) دشت‌هایی با پستی و بلندی و فرسایش آبی کم و سنگریزه زیاد ب) واریزه‌های قدیمی ریزدانه ج) کفه‌های رسی- نمکی د) تپه‌های آهکی- دولومیتی کم ارتفاع با رخنمون سنگی و فرسایش آبی

### یافته‌ها

#### نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار بادبردگی خاک با دستگاه سنجش فرسایش بادی

نتایج حاصل از اندازه‌گیری مقدار فرسایش در شرایط آزمایشگاهی و از سطح مقطع یک متر مربع در اثر ورزش بادی با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه در جدول ۱ آورده شده است. براساس این نتایج میزان فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه در رخساره تپه‌های ماسه‌ای، بیشترین و در دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی نسبتاً زیاد، کمترین مقدار بوده است. رخساره تپه‌های ماسه‌ای به‌علت مساعد بودن شرایط برای وقوع فرسایش بادی، به‌ویژه عدم چسبندگی بین ذرات خاک دارای میزان رسوب‌دهی بیش از ۴۰۰ گرم در متر مربع در ده دقیقه بوده است. پس از آن دشت‌های با شیب ملایم و بدون پستی و بلندی و تپه‌های مارنی- رسی- گچی به ترتیب با بیش از ۲۸۰ و ۲۰۰ گرم مستعدترین مناطق به جهت فرسایش بادی در منطقه بوده است.

نقشه حساسیت به فرسایش بادی در منطقه مورد مطالعه با بررسی فرسایش‌پذیری رخساره‌های مختلف ژئومورفولوژی به دست آمد (شکل ۵). نقشه تهیه‌شده به پنج کلاس توده سنگی و غیر قابل

به لحاظ خاک و پوشش سطح آن رخساره تپه‌های ماسه‌ای بیشترین وزن و رخساره‌های دشت‌هایی با پستی و بلندی کم و سنگ‌ریزه زیاد و کفه‌های رسی- نمکی کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. دلیل امتیاز بالای تپه‌های ماسه‌ای وجود ذرات ریزدانه منفصل و دلیل امتیاز رخساره دشت‌هایی با پستی و بلندی کم و سنگ‌ریزه زیاد و کفه‌های رسی- نمکی به ترتیب، ذرات درشت دانه و اتصال قوی بین ذرات رس و نمک و در واقع سیمانی‌شدن قوی بین آنها است. بررسی وضعیت پوشش گیاهی در منطقه نشان می‌دهد که به‌طور کلی به‌لحاظ انبوهی پوشش گیاهی منطقه در وضعیت نامناسبی قرار دارد. آثار فرسایشی سطح خاک در منطقه نشان می‌دهد، دشت‌هایی با پستی و بلندی کم و سنگ‌ریزه زیاد کمترین آثار فرسایشی و تپه‌های ماسه‌ای بیشترین فرسایش‌پذیری را دارند. مقایسه رطوبت خاک در رخساره‌های مورد بررسی نشان می‌دهد، این عامل که نقش بسیار مهمی در کاهش شدت فرسایش بادی دارد تقریباً یکسان و در حد متوسط تا زیاد است. در زمینه نوع و پراکنش نهشته‌های بادی بیشتری و وزن به تپه‌های ماسه‌ای و کمترین وزن به، دشت‌هایی با پستی و بلندی و فرسایش زیاد و واریزه‌های جدید اختصاص یافت. دشت‌هایی با شیب ملایم و بدون پستی و بلندی به‌لحاظ عامل مدیریت و استفاده از زمین بالاترین و دشت‌هایی با پستی و بلندی و فرسایش زیاد و تپه‌های مارنی، رسی، گچی کمترین میزان را نشان دادند.

همانگونه که ملاحظه می‌گردد، توان بادبردگی رخساره‌های مورد بررسی در مدل IRIFR1 از ۲۸۸/۱۷ تن در کیلومتر مربع در سال در رخساره دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی کم و سنگ‌ریزه زیاد تا مقدار ۳۶۹۰/۷۰ تن در کیلومتر مربع در سال در تپه‌های ماسه‌ای متغیر است (شکل ۶ و جدول ۳).

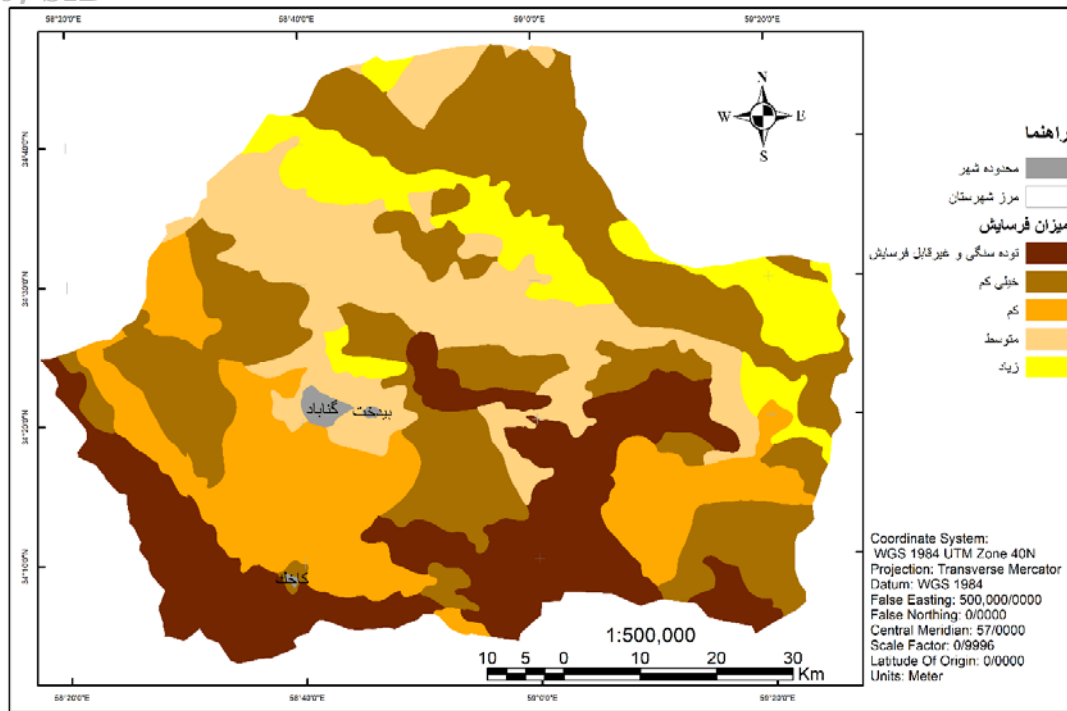
فرسایش، حساسیت خیلی کم، کم، متوسط و زیاد تقسیم گردید. حدود ۲۰٪ از منطقه شامل مناطق سنگی و غیرقابل فرسایش، بیش از ۳۳٪ در کلاس حساسیت خیلی کم، ۱۷/۱۷٪ از منطقه در کلاس کم، ۱۸/۷٪ نیز در کلاس متوسط و ۱۰/۰۳٪ در کلاس حساسیت زیاد نسبت به فرسایش بادی قرار گرفتند اراضی با حساسیت زیاد بیشتر در دشت‌های شمال منطقه واقع گردیده است. با بررسی نقشه‌های خاک، پوشش گیاهی، سنگ شناسی و ژئومورفولوژی مشخص گردید که در این ناحیه دلیل حساسیت زیاد در برابر فرسایش، وجود تشکیلات ریزدانه‌ای است که شامل تپه‌های ماسه‌ای با پوشش نسبتاً تنک است، که شرایط مستعد در برابر فرسایش بادی را فراهم می‌کند. مقاوم‌ترین مناطق در برابر فرسایش بادی نیز منطبق بر ارتفاعات جنوب منطقه است که دلیل اصلی عدم حساسیت آن، وجود خاک با ضخامت کم و رخنمون سنگی است.

### نتایج حاصل از کاربرد مدل IRIFR1

جدول ۲ امتیازدهی عوامل موثر در فرسایش بادی به روش IRIFR1 را در هر یک از رخساره‌های فرسایشی نشان می‌دهد. بررسی عامل سنگ‌شناسی در منطقه مطالعاتی نشان می‌دهد، که رخساره تپه‌های ماسه‌ای بیشترین وزن و دشت‌هایی با پستی و بلندی کم و سنگ‌ریزه زیاد، کمترین وزن را به خود اختصاص دادند. بنابراین به لحاظ عامل سنگ‌شناسی حساس‌ترین و مقاوم‌ترین رخساره نسبت به فرسایش بادی به شمار می‌روند. مقایسه رخساره‌ها با همدیگر نشان می‌دهد که در عرصه مطالعاتی، در زمینه عامل شکل اراضی و پستی و بلندی بیشترین حساسیت مربوط به دشت‌هایی با شیب ملایم و بدون پستی و بلندی و کمترین میزان حساسیت نیز مربوط به دشت‌هایی با پستی و بلندی و فرسایش زیاد است. عامل سرعت و وضعیت باد، با توجه به ماهیت آن عامل و تعاریف ارائه‌شده در مدل تجربی در کلیه رخساره‌ها یکسان در نظر گرفته شد.

جدول ۱) مقدار خاک برداشت شده در رخساره‌های مختلف شهرستان گناباد به ازای سرعت ۱۰ متر بر ثانیه

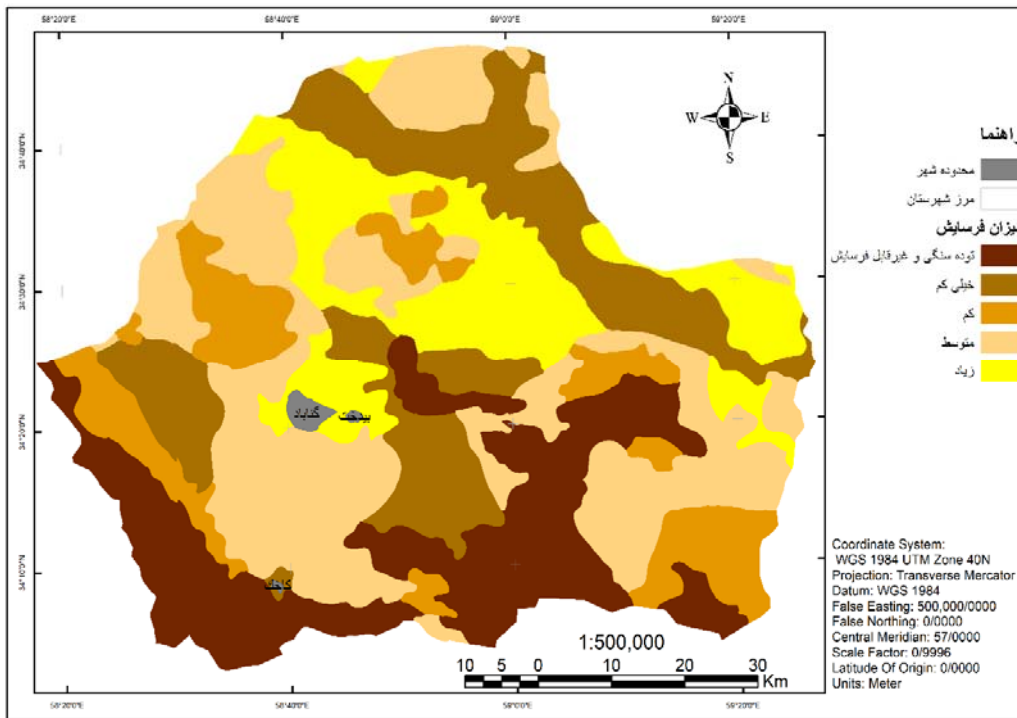
شماره نمونه	نام رخساره	میزان فرسایش (گرم در مترمربع در ده دقیقه)	درصد مساحت
۱	تپه‌های ماسه‌ای	۴۰۷/۳	۱۰/۰۳
۲	کفه‌های رسی- نمکی	۲۷/۰۱	۱۰/۶۸
۳	تپه‌های آهکی، دولومیتی کم ارتفاع با رخنمون سنگی و فرسایش آبی	۲۶/۷۵	۶/۷
۴	تپه‌های خاکی با پستی و بلندی و فرسایش بادی	۶۲/۶۳	۲/۲۳
۵	تپه‌های مارنی- رسی- گچی	۲۰۰/۳۷	۳/۳۷
۶	دشت ریگی ریزدانه	۶۴/۹۰	۲/۱۶
۷	دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی کم و سنگ‌ریزه زیاد	۲۲/۸۸	۹/۳۴
۸	دشت‌های با شیب ملایم و بدون پستی و بلندی	۲۸۰/۰۷	۵/۸۹
۹	دشت‌های نسبتاً مسطح با شوری متوسط	۱۷۳/۲۲	۱/۶۶
۱۰	واریزه‌های قدیمی ریزدانه	۱۲۴	۵/۲۳
۱۱	واریزه‌های قدیمی با بافت متوسط	۱۴۲/۴۰	۲/۵۵
۱۲	واریزه‌های جدید	۸۷/۷۱	۱۲/۷۷
۱۳	دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی نسبتاً زیاد	۱۳/۴۷	۳/۶۶
۱۴	دشت‌های سیلابی با آبراهه کم عمق	۳۸/۵۵	۳/۳۶



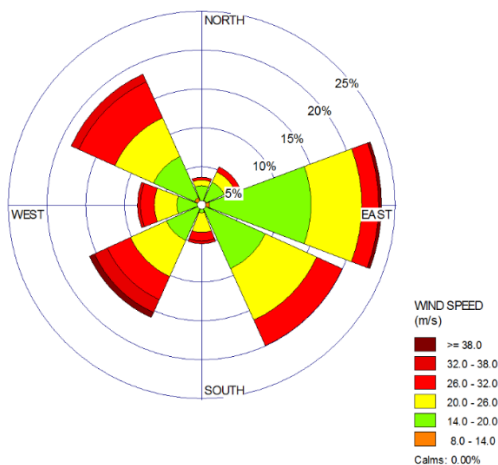
شکل ۵) نقشه کلاس‌های فرسایش‌پذیری خاک با استفاده از تونل باد

جدول ۲) مقادیر برآوردشده فرسایش‌بادی در منطقه مورد مطالعه به روش IRIFR1

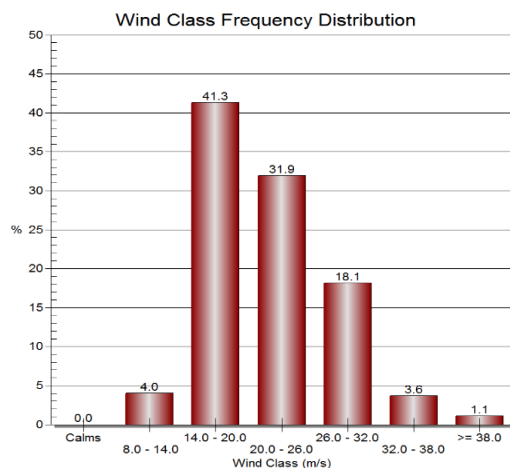
رخساره‌ها	سنگ‌شناسی	شکل اراضی و پستی و بلندی	سرعت و وضعیت باد	خاک و پوشش سطح آن	انبوهی پوشش گیاهی	آثار فرسایشی سطح خاک	رطوبت خاک	نوع و پراکنش نهشته‌های بادی	مدیریت اراضی	جمع	رسوب ویژه (ton/Km2/y)
تپه‌های ماسه‌ای	۱۰	۷	۱۵	۱۵	۷	۱۳	۸	۱۰	۰	۹۰	۳۶۹۰/۷۰
کفه‌های رسی‌نمکی	۰	۷	۱۵	-۳	۱۴	۳	-۰	۲	۰	۴۳	۳۵۱/۹۷
تپه‌های آهکی دولومیتی کم ارتفاع با رخنمون سنگی و فرسایش آبی	۰	۳	۱۵	۳	۱۲	۶	۴	۲	۰	۵۰	۴۹۹/۴۸
تپه‌های خاکی با پستی و بلندی و فرسایش بادی	۶	۴	۱۵	۷	۵	۶	۴	۲	۶	۵۵	۶۴۱/۳۴
تپه‌های مارنی‌رسی- گچی	۶	۴	۱۵	۸	۱۲	۶	۴	۲	۴	۶۱	۸۶۵/۷۲
دشت ریگی‌ریزدانه	۴	۴	۱۵	۱	۵	۵	۸	۲	۰	۴۹	۴۷۵/۱۲
دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی کم و سنگریزه زیاد	۱	۴	۱۵	-۴	۵	۲	۴	۲	۰	۳۴	۲۲۴/۴۳
دشت‌های با شیب ملایم و بدون پستی و بلندی	۰	۹	۱۵	۳	۱۳	۱۰	۸	۲	۱۲	۷۷	۱۹۲۶/۷۱
دشت‌های نسبتاً مسطح با شوری متوسط	۰	۷	۱۵	۵	۱۲	۹	۷	۲	۰	۶۷	۱۱۶۸/۶۱
واریزه‌های قدیمی ریزدانه	۰	۷	۱۵	۵	۱۰	۱۰	۸	۵	۰	۷۰	۱۳۵۷/۷۳
واریزه‌های قدیمی با بافت متوسط	۶	۴	۱۵	۳	۱۲	۵	۴	۲	۱۰	۶۱	۸۶۵/۷۲
واریزه‌های جدید	۲	۴	۱۵	۳	۱۴	۹	۶	۱	۰	۵۹	۷۸۳/۳۴
دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی نسبتاً زیاد	۳	۲	۱۵	۰	۶	۵	۴	۱	۴	۴۰	۳۰۲/۹۵
دشت‌های سیلابی با آبراهه کم عمق	۶	۷	۱۵	۰	۷	۷	۴	۴	۷	۵۷	۷۰۸/۷۹



شکل ۶ نقشه کلاس‌های فرسایش‌پذیری خاک با استفاده از مدل IRIFR1



شکل ۷ گل‌طوفان ایستگاه سینوپتیک گناباد (دوره آماری ۱۹۸۹-۲۰۱۶)



نمودار ۱) توزیع فراوانی کلاس‌های با بیش از ۸ متر بر ثانیه در ایستگاه گناباد

جدول ۳ مساحت کلاس‌های فرسایش‌پذیری خاک در دو روش تونل باد و IRIFR1

میزان حساسیت	درصد مساحت در روش تونل باد	درصد مساحت در روش IRIFR1
مناطق سنگی و غیرقابل فرسایش	۲۰/۲۲	۲۰/۲۲
حساسیت خیلی کم	۳۳/۸۵	۲۰/۰۴
حساسیت کم	۱۷/۱۷	۱۲/۶۰
حساسیت متوسط	۱۸/۷۱	۲۹/۵۳
حساسیت زیاد	۱۰/۰۳	۱۷/۵۹

برای تحلیل طوفان‌خیزی در منطقه مورد نظر از نمودار گل‌طوفان استفاده گردید که سمت و فراوانی بادهایی که توان حمل ذرات گرد و غبار از سطح زمین را داشته باشند، به نمایش در می‌آیند. در این تحقیق از سرعت آستانه ۸ متر بر ثانیه به‌عنوان کمترین حد آستانه فرسایش خاک در منطقه استفاده و گل‌طوفان آن در ۶ گروه سرعتی و ۸ جهت اصلی ترسیم گردید. مقایسه این گل‌طوفان با سطوح فرسایشی شکل ۷ نشان داد که بیشترین فراوانی وقوع مربوط به طوفان‌های شرقی بوده است. بادهای جنوب غرب علی‌رغم سرعت بالا به دلیل موقعیت کوهستانی منطقه پتانسیل بالایی جهت ایجاد گرد و غبار در منطقه ندارد. بادهای شمال غربی با توجه به اینکه از سمت مناطق با حساسیت شدید و خیلی شدید می‌وزند پتانسیل حمل ذرات گرد و غبار را داشته و می‌توانند ایجاد مخاطره نمایند. بررسی توزیع فراوانی این بادهای نمودار ۱ نشان داد بیشترین فراوانی وقوع مربوط به بادهای با سرعت ۱۴-۲۰ متر بر ثانیه (۴۱/۳٪) و پس از آن بادهای با سرعت ۲۰-۲۶ متر بر ثانیه است.



### نتیجه‌گیری

وجود توپوگرافی مسطح و اراضی با شیب کم در بخش‌های شمالی منطقه موجب گردیده که این منطقه به لحاظ پتانسیل فرسایش جز مناطق با حساسیت زیاد قرار گیرد. ارتفاعات جنوبی منطقه نیز جز مناطق سنگی و غیرقابل فرسایش برآورد گردید. با توجه به اینکه در هر دو مدل استفاده شده در این پژوهش مناطق شمالی جز مناطق با حساسیت زیاد فرسایش بادی قرار گرفت. کاربرد تکنیک‌های حفاظت خاک در برابر قدرت فرسایش بادی نظیر باد شکن، بذریاشی و کاهش چرا ضروری به نظر می‌رسد. همچنین با توجه به اینکه مرکز شهرستان (شهر گناباد) براساس نقشه تهیه شده به کمک دستگاه سنجش فرسایش بادی در کلاس حساسیت متوسط و طبق روش اریفر در کلاس حساسیت زیاد قرار دارد، پیشنهاد می‌گردد اقدامات لازم در جهت تثبیت رسوبات از این رخساره آغاز گردد.

**تشکر و قدردانی:** این مقاله مستخرج از طرح پژوهشی شماره ۹۶۰۱۱۸۴۰ صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور است که نویسندگان این مقاله بر خود لازم می‌دانند از حمایت‌های این صندوق تقدیر و تشکر نمایند.

**تأییدیه‌های اخلاقی:** موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است. **تعارض منافع:** موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

**سهم نویسندگان:** ملیحه محمدنیا (نویسنده اول)، پژوهشگر اصلی/نگارنده مقدمه و بحث (۵۰٪)؛ ابوالقاسم امیراحمدی (نویسنده دوم)، پژوهشگر کمکی/روش‌شناس (۲۵٪)؛ محمدعلی زنگنه اسدی (پژوهشگر سوم)، پژوهشگر کمکی/تحلیلگر آماری (۲۵٪) **منافع مالی:** موردی از سوی نویسندگان گزارش نشده است.

### منابع

- Alipour H, Hasheminasab S N, Hatefi Ardakani AH, Gholamnia A, Shahnavaz, Y (2014). Estimating wind erosion potential and sediment potential using the IRIFR method in Miandasht Esfarayen Region. *Journal of Spatial Analysis of Environmental Hazards*. 1(2):77-92. [Persian]
- Alipour N, Farzanehpoy F, Torabir A, Bakhshinia S, Mesbahzadeh T (2016). Estimation of wind erosion severity in Alaa Region of Semnan using IRIFR.E.A model. *Journal of Desert Ecosystem Engineering*. 5(10):99-107. [Persian]
- Amin P, Taqizadeh Mehrejerdi R (2016). Investigating soil erodibility in arid and hyper-arid regions of Iran case study: Yazd-Ardakan plain. *Journal of Quantitative Geomorphology Research*. 5(2):20-35. [Persian]
- Azim Zade MR, Ekhtesasi MR (2004). Investigating the effect of physical and chemical properties of soil on the rate of wind erosion speed, case study: Yazd-Ardakan plain. *Journal of Rangeland and Desert Research*. 2:225-237. [Persian]
- Ayazi Z, Mesbahzadeh T, Ahmadi H, Mashhadi N (2016). Investigating the possibility of sedimentation in geomorphological facies using wind tunnel and IRIFREA, case study: Aran district of Kashan. *Journal of Desert Management*. 8:70-83. [Persian]

در این تحقیق از مدل فیزیکی- آزمایشگاهی کاربرد دستگاه تونل باد به‌عنوان روشی نسبتاً دقیق برای اندازه‌گیری توان فرسایش بادی و مقدار رسوب‌دهی اراضی استفاده شد. همچنین به‌منظور بررسی کارایی مدل IRIFR1، این مدل مورد بررسی قرار گرفت. در این پژوهش، برای تعیین شدت فرسایش بادی نقشه رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه تهیه و از خاک سطحی ۱۴ رخساره مستعد فرسایش بادی نمونه برداری گردید. نمونه‌ها با استفاده از دو روش دستگاه تونل باد و مدل تجربی IRIFR1 مورد آزمون و میزان فرسایش هر رخساره مشخص شد. نقشه کلاس‌های فرسایش‌پذیری خاک به پنج کلاس توده‌سنگی و غیرقابل فرسایش، فرسایش خیلی کم، متوسط و زیاد تقسیم گردید. برآورد شدت فرسایش بادی به کمک دستگاه سنجش فرسایش بادی نشان داد، تپه‌های ماسه‌ای در کلاس حساسیت زیاد و رخساره‌های واریزه‌ای قدیمی ریزدانه، دشت‌های سیلابی با آبراهه کم عمق، دشت‌های نسبتاً مسطح با شوری متوسط، دشت‌هایی با شیب ملایم و بدون پستی و بلندی و واریزه‌های قدیمی با بافت متوسط جز مناطق با حساسیت متوسط قرار گرفتند. دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی نسبتاً زیاد با ۱۳/۷ گرم در مترمربع در ده دقیقه و دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی کم و سنگ‌ریزه زیاد با ۲۲/۸ گرم در مترمربع در ده دقیقه، تپه‌های آهکی- دولومیتی کم ارتفاع با رخنمون سنگی و فرسایش آبی و رخساره کفه‌های رسی- نمکی کمترین میزان فرسایش رسوب را به خود اختصاص دادند. در رخساره کفه‌های رسی- نمکی علیرغم وجود ذرات ریزدانه به‌دلیل وجود بافت سخت خاک در کلاس فرسایشی خیلی کم قرار گرفت که دلیل ایجاد این سختی اتصال قوی بین ذرات نمک و رس است که باعث شده خاک سطحی از حساسیت‌پذیری کمتری برخوردار شود. تا زمانی که این بافت سطحی دستکاری نشود، منطقه به لحاظ فرسایش بادی مصون است، ولی اگر به هر دلیلی بافت رویی به هم بخورد، فرسایش بادی زیاد می‌شود، زیرا که بافت زیرین این رخساره بسیار ریزدانه و نسبت به فرسایش بادی بسیار حساس است. بررسی‌های به عمل آمده با استفاده از مدل اریفر در منطقه مطالعاتی نشان داد که شدت فرسایش بادی و تولید رسوب در تپه‌های ماسه‌ای و دشت‌های با شیب ملایم و بدون پستی و بلندی، زیاد و به ترتیب در رخساره‌های دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی کم و سنگ‌ریزه زیاد، دشت‌های با پستی و بلندی و فرسایش آبی نسبتاً زیاد و کفه‌های رسی- نمکی کمترین میزان بوده است. نتایج مقایسه دو روش انجام‌شده در منطقه مطالعاتی نشانگر نزدیکی نتایج است. محققانی همچون کوچمی ساردو و همکاران [Kochemi Sardo et al, 2017] و ایازی و همکاران [Ayazi et al 2016]، به مقایسه دو روش تونل باد و اریفر پرداختند و به این نتیجه رسیدند که استفاده از تونل باد نتایج دقیق‌تری نسبت به مدل اریفر ارائه می‌دهد.

- Canvas Quarterly. 7(1):13-25. [Persian]
- Kusumandari A (2014). Soil erodibility of several types of green open space areas in Yogyakarta city, Indonesia. The 4th International Conference on Sustainable Future for Human Security. Procedia Environmental Sciences. 20:732-736.
- Memarian Khalil Abad H, Safdari AA (2008). Deposits of wind deposits in the fedshah area of Neyshabur. Journal of Rangeland and Desert Research. 15(1):41-26. [Persian]
- Mohammad Khan S, Kashfi F S (2015). The directions of winding sand in Ardestan region by comparing morphometric time of sand dunes and wind characteristics. Journal of Quantitative Geomorphology Research. 4(1):59-74. [Persian]
- Movahedan M, Abbasi N, Keramati Targhi M (2013). Laboratory study of the effect of polyvinyl acetate on the erosion of various soil soils against sand. Journal of Soil and Water Conservation Research. 20(1):55-76. [Persian]
- Saremi Naieni MA (2016). Estimate the frequency of speed and the direction of the erosion of winds and produces dust storms and dust at the level of Yazd province using the windrose analysis. Desert Management Journal. 1(8):96-106. [Persian]
- Sharratt B, Feng G, Wendling L (2007). Loss of soil and PM10 from agricultural fields associated with high winds on the Columbia plateau. Earth Surface Processes and Landforms. 32(4):621-630.
- Webb NP, Galloza M S, Zobeck TM, Herrick J E (2016). Threshold wind velocity dynamics as a driver of aeolian sediment mass flux. Aeolian Research. 20:45-58.
- Zobeck TM, Van Pelt RS (2006). Wind-induced dust generation and transport mechanics on a bare agricultural field. Journal of Hazardous Materials. 132(1):26-38.
- Ebrahimi Dorcheh K, Jannat Rostami M, Jalali M, Ja'farian A (2010). Estimating wind erosion via IRIFREA. National Conference on Watershed Management and Engineering. 2010, 28-29 April: Noor. pp. 1-8. [Persian]
- Ekhtesasi MR, Zare Chahouki A (2006). Wind erosion values of IRIFER model and comparison with wind erosion meter case study: Segzi plain in Esfahan province. Iranian Journal of Range and Desert Research. 23(2):255-264. [Persian]
- Fister W, Ries J B (2009). Wind erosion in the central ebro basin under changing land use management. Field experiments with a portable wind tunnel. Journal of Arid Environments. 73(11):996-1004.
- Hangen LJ (1976). A wind erosion predication system to meet user needs. Soil Water Conserve Journal. 46(2): 106-111.
- Hanifeh Pour M, Mashhadi N (2013). Survey of agricultural resistance to wind erosion in southeast Damghan. Journal of Geography and Environmental Studies. 2(6):100-110. [Persian]
- Ildermi A, Moradi M (2017). Estimating wind erosion intensity using the IRIF.E.A model case study: Ghahavand plain of Hamadan. Journal of Geography and Planning. 21(60):35-52. [Persian]
- Jafari Shalkuhi A, Vafayian M, Roshan zamir MA, Mir Mohammad Sadeghi M (2015). Evaluating effective factors on the stabilization of mineralized soils against wind to prevent the accumulation of microorganisms. Iranian Journal of Soil and Water Sciences. 19(73):273-286. [Persian]
- Kochemi Sardo E, Basalat Pour AA, Boshra H, Shirani H, Esfandiari Pour Brojani E (2017). Evaluation of the IRIFR model for simulating soil loss in different facies of Wind Erosion Using Wind Erosion Measurement Data. Dry