

## تحلیل پتانسیل فرآیند فرسایش بادی و گرد و غبار با تطبیق سیستم الگوی چرخندی بادها در چاله‌ی دامغان

مجتبی یمانی\*: استاد ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

راضیه لک: دانشیار و رئیس پژوهشکده‌ی علوم زمین، تهران

ابوالقاسم گورابی: استادیار ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

رضا شهبازی: دکترای مهندسی منابع طبیعی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معادن کشور، تهران

عارفه شعبانی عراقی: کاندیدای دکترای ژئومورفولوژی، دانشکده‌ی جغرافیا، دانشگاه تهران

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۲۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۲/۱۴)

### چکیده

نواحی بیابانی، گسترده‌ترین زیست بوم کره‌ی زمین، بیش از یک سوم سطح آن را فراگرفته‌است و بخش عمده‌ای از ایران، متأثر از شرایط اقلیمی در این قلمرو قرار دارد. فرسایش بادی به دلیل تداوم و وسعت عمل فرساینده‌ی در زمان و مکان به ویژه در مناطق خشک، پتانسیل تخریب بالایی دارد. این پژوهش در حوضه‌ی دامغان - که پلایای حاج-علی قلی در آن متأثر از فرسایش بادی می‌باشد - انجام شده‌است. داده‌های مورد استفاده در آن عبارتند از: داده‌های کتابخانه‌ای، آمار سازمان هواشناسی، نقشه‌ها، تصاویر ماهواره‌ای، داده‌های میدانی و آزمایشگاهی. در ابتدا براساس اطلاعات نقشه‌های ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، خاک، پوشش گیاهی، شیب، کاربری اراضی و ... رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه مشخص و با استفاده از مدل تعیین پتانسیل فرسایش بادی (اریفر)، ۹ عامل مؤثر در این فرآیند بررسی و کلاس فرسایشی هر رخساره (میزان رسوب‌دهی) تعیین شد. همچنین باد منطقه به عنوان عامل محرک فرسایش بادی، با استفاده از داده‌های ساعتی ۴ ایستگاه سینوپتیک سازمان هواشناسی کشور در محدوده‌ی حوضه‌ی دامغان در بازه زمانی (۲۰۰۳-۲۰۱۹) بررسی و گلباد سالانه برای تعیین سمت و سرعت آن رسم شد. پس از شناخت نسبی از وضعیت فرآیند باد برای تعیین سیستم الگوی چرخندی و محلی آن، از ویژگی‌های شواهد لندفرم‌های فرسایش بادی (جهت و توزیع پراکنده‌گی) مانند برخان‌ها، ریگ‌ها، پیکان‌های ماسه‌ای و ... در بازدیدهای میدانی استفاده شد. سپس برای تشخیص تأثیر اندازه ذرات در عملکرد فرسایش بادی و مخاطره‌ی گردوغبار در این چاله، ۳۸ نمونه از رسوبات کواترنری از مناطق حاشیه‌ای پلایا برای آزمایش‌های رسوبی برداشت شد. نتایج حاکی از آن است که یک سیستم سیکلونی ترمال به توزیع ماسه‌های بادی در حاشیه‌ی پلایا منجر شده‌است. همچنین براساس داده‌های باد و اندازه ذرات، حرکت رسوبات در منطقه به صورت جهشی، سپس معلق و خزشی (غلطان) بوده‌است. همچنین فرسایش بادی به ایجاد لندفرم‌ها منجر شده‌است و مخاطره‌ی گرد و غبار در منطقه، عملکرد ضعیف‌تری نسبت به آن دارد.

واژگان کلیدی: پلایای دامغان، فرسایش بادی، کویر حاج‌علی قلی، گرد و غبار.

\* نویسنده مسئول: myamani@ut.ac.ir

## ۱- مقدمه

یکی از رخدادهای طبیعی و چالش‌های موجود برای توسعه پایدار و مدیریت در نواحی خشک و نیمه خشک، فرسایش بادی است. با توجه به موقعیت ایران و شرایط اقلیمی، بخش وسیعی از آن تحت تأثیر این مسئله و مخاطره‌ی گرد و غبار قرار دارد (Maleki et al, 2011). همچنین فرسایش بادی یکی از عوامل هدررفت خاک به شمار می‌رود و به دلیل گستره‌ی وسیع فعالیت خود، به طور معمول عملکرد تخریبی کمتری نسبت به سایر فرسایش‌ها دارد (Alipur et al, 2015). تعیین حساسیت نسبی اراضی به فرسایش بادی و شناخت عوامل مؤثر بر آن، به منظور اولویت‌بندی و مدیریت عملیات حفاظت خاک امری ضروری است (Nourzadeh Haddad et al, 2017). باید بیان کرد مناطق خشک و نیمه‌خشک، از منابع اصلی ذرات گرد و غبار در هواست (Huang et al, 2014)؛ به همین دلیل، شناخت بیابان‌ها تنها از دیدگاه عوامل اقلیمی میسر نیست و بررسی ویژگی‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، خاک، پوشش-گیاهی و عوامل اکولوژی نیز از ملزومات است (Ahmadi, 2009). بیابان‌زایی از جمله عوامل تعیین‌کننده در تولید فرسایش بادی و گرد و غبار در سطح جهان می‌باشد (Zahhtabian et al, 2003). در سال‌های اخیر، محققان شناسایی مناطق تولید گرد و غبار و فرآیند فرسایش بادی را در تحقیقات خود قابل توجه قرار داده و نواحی مختلفی را به عنوان منبع معرفی کرده‌اند. به نظر می‌رسد بهترین محیط‌های ژئومورفیک برای ایجاد گرد و غبار آنهایی هستند که ۱- پیشینه‌ی نسبتاً جدید خشکی دارند. ۲- در مناطقی واقع شده‌اند که فرآیندهای رودخانه‌ای در آنها فعال باقی مانده‌است. ۳- رسوبات عمیقی از آبرفت‌های کواترنر دارند که عمدتاً در طول دوره‌های بارانی نهشته شده‌اند. ۴- نواحی توپوگرافی قابل توجه و اختلاف ارتفاع شدیدی دارند (Prospero et al, 2002). در واقع براساس پژوهش‌های انجام شده در مقیاس جهانی با استفاده از تکنیک‌های سنجش از دور، فعال‌ترین نواحی منشأ فرآیندهای بادی (فرسایش و گرد و غبار) را نواحی کم ارتفاع‌تر حوضه‌های زهکشی داخلی معرفی کرده‌است (Mc tanish, 1989). این سرزمین‌های پست، نواحی است که رسوبات ریزدانه به آنجا حمل شده و محل تشکیل دریاچه‌های فصلی و اتفاقی می‌باشد؛ بنابراین، منبعی است که به راحتی فرسایش یافته و ذرات ریز را در اختیار باد قرار می‌دهد (Goorabi, 2013).

از جمله تحقیقاتی که در این زمینه در ایران و جهان انجام شده‌است، می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: Iranmanesh و همکاران (2006) (با استفاده از پردازش تصاویر ماهواره‌ای، به بررسی شناخت منشأ طوفان‌های گرد و غبار و چگونگی انتشار ذرات آن در منطقه‌ی سیستان پرداختند و بیان کردند اصلی‌ترین منطقه‌ی برداشت ذرات گرد و غبار روی منطقه‌ی هامون است. Mehrshah و همکاران (2010) با استفاده از رسم گلبادها و گل طوفان‌های سالانه و ماهانه، به بررسی گرد و غبار در شهرستان سبزوار پرداختند. آنها به این نتیجه رسیدند که ۷۶ درصد از روزهای گرد و غبار، در ماه گرم و خشک‌سالی‌هاست. Mohammadi (2011)، به بررسی رسوب‌شناسی و ژئوشیمی نهشته‌های پلایای جازموریان پرداخت و بیان کرد این پلایا، منشأ مهم رسوبات بادی و طوفان‌های گرد و غبار در جنوب شرق ایران و حتی جنوب غرب آسیا است. Pahlevan Roodi (2011)، با استفاده از مدل اریفر به ارزیابی فرسایش و رسوبات بادی در منطقه‌ی زهک دشت سیستان پرداخت و بیابان‌زایی، مدیریت کاربری اراضی و اقلیم را مؤثرترین عوامل فرسایش و رسوبات بادی دانست. Alipur و همکاران (۲۰۱۵) با استفاده از روش اریفر، به برآورد پتانسیل فرسایش بادی و رسوب‌دهی در منطقه‌ی میاندشت اسفراین پرداختند. آنها معتقدند با استفاده از بادشکن در منطقه، می‌توان خسارات را تا

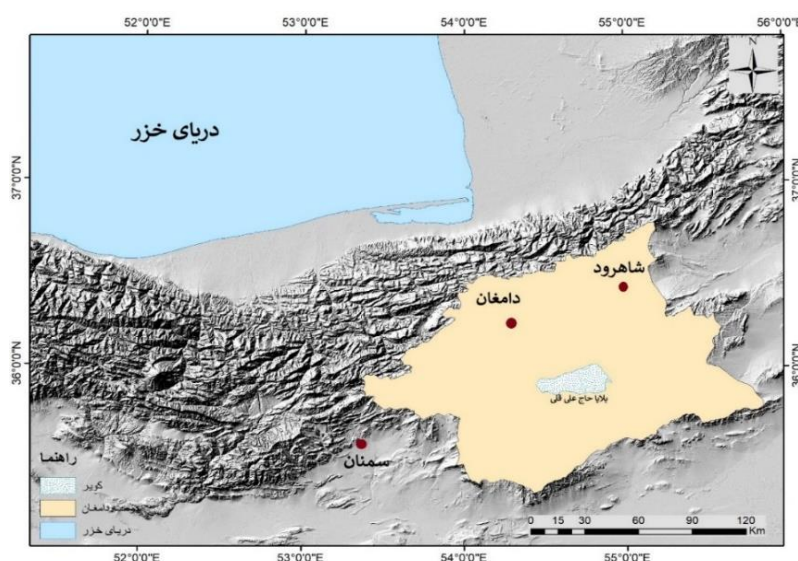
حد بسیاری کاهش داد. Habibi (2018) با استفاده از مدل اریفر و پایگانی، به برآورد تولید رسوب در حوضه‌ی شادگان پرداخت و بیان کرد روش پایگانی نیز می‌تواند در ارزیابی این موضوع کارآمد باشد. Vali و همکاران (2017) با استفاده از شاخص طوفان گرد و غبار، به بررسی روند فرسایش بادی در ایران مرکزی طی پنجاه سال اخیر پرداختند. آنها معتقدند بخش‌های مرکزی و جنوبی ایران مرکزی، بیشترین شدت فرسایش بادی را نشان می‌دهد و با نزدیک شدن به شمال حوضه از شدت این فرسایش کاسته می‌شود. Wang و همکاران (2002) مطالعاتی بر روی ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای از داده‌های بادسنجی در شمال شرقی دشت تاکلامکان انجام دادند. آنها با استفاده از شاخص همگنی، به شناسایی نوع بادهای مؤثر بر شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای و مورفولوژی آنها پرداختند. Tsoar (2005) در مطالعه‌ای در زمینه‌ی آب و هوا، میزان انرژی باد و نوع رژیم بادی را به عنوان مهم‌ترین عامل در فعالیت و پایداری تپه‌های ماسه‌ای معرفی کرد. Al-Awadhi (2005)، به بررسی پتانسیل حمل ماسه در صحرای کویت پرداخت و برای این منظور، از داده‌های هواشناسی ۸ ایستگاه در دوره‌های آماری مختلف استفاده و مقادیر حمل ماسه را ارزیابی کرد. Rivera و همکاران (۲۰۱۰)، به شناسایی منشأ طوفان‌های گرد و غبار رخ داده در بیابان چی‌هاوان پرداختند و در آن زمین‌های کشاورزی، پلایا و حاشیه‌های آن به عنوان مناطق کانونی برای انتشار گرد و غبار شناخته شد. Fawzai و همکاران (۲۰۰۱)، مطالعه‌ای بر پتانسیل حمل ماسه در منطقه‌ی الخانکا در مصر انجام دادند. نتایج نشان داد که مقدار پتانسیل حمل در منطقه، ۵۱۱۰ واحد است و از نظر قدرت فرسایشی، در طبقه‌ی شدید قرار دارد. Sweeney و همکاران (۲۰۱۶)، به بررسی کنترل‌های ژئومورفیک و هیدرولوژیکی از انتشار گرد و غبار در طی خشکسالی از پلایای غرب تگزاس آمریکا پرداختند. تحقیقات آنها برای ارزیابی اثرات تغییر سطح آب‌های زیرزمینی بر انتشارهای گرد و غبار در زمینه‌ی خشکسالی و تغییرات اقلیمی در جوامع بشری ضروری است. Aironz و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی خصوصیات ژئوشیمیایی مناطق ناشی از گرد و غبار بحرانی در غرب آمریکا پرداختند. این تحقیق، منبعی مهم را برای ردیابی ژئوشیمیایی منابع گرد و غبار در غرب آمریکای شمالی فراهم کرد و به مدل‌سازی اثرات شیمیایی افزایش تولید و انباشت گرد و غبار پرداخت. Far brudir و همکاران (۲۰۱۷)، به بررسی بسترهای خشک دریاچه به عنوان منابع گرد و غبار در استرالیا در دوره‌ی چهارم نهایی یک رویکرد حجمی مبتنی بر بسترهای دریاچه پرداختند. نتایج حاکی از آن بود که در استرالیا گرد و غبار فراوانی وجود دارد و این مدل‌سازی باید به کنترل‌های مختلف آب و هوایی و زمین‌شناسی بر تولید گرد و غبار منجر شود.

فرآیند تغییر اقلیم، به خشک شدن تدریجی دریاچه‌های پلوویال در پهنه‌ی چاله‌های داخلی ایران منجر شده‌است و همان‌طور که می‌دانیم، آب و هوای محلی با خشک شدن دریاچه‌ها و منابع داخلی آب تغییر می‌کند (Kotlikov et al, 2001). مشخص‌ترین نمود این خشکی اقلیمی، گسترده‌تر شدن پهنه‌های حاشیه‌ای دریاچه‌های گذشته یا همان پلایاهای امروز می‌باشد. در واقع، مرزهای مورفودینامیکی تحت‌تأثیر این فرآیند از گذشته تاکنون تغییراتی داشته که به گسترش قلمرو فرسایش بادی منجر شده‌است. همچنین در سال‌های اخیر، مخاطره‌ی گرد و غبار نیز به مسئله‌ای زیست محیطی در این نواحی تبدیل شده‌است. این پژوهش، به تعیین پتانسیل رسوبی (فرسایش بادی) در سطح هر رخساره‌ی ژئومورفولوژی در حوضه‌ی دامغان می‌پردازد و با شناخت شرایط سیکلونی و باد منطقه، الگوی چرخندی باد را براساس

جهت و توزیع مکانی توده‌های ماسه‌ای در حاشیه‌ی پلایا تعیین می‌کند و با برداشت نمونه رسوبات این حاشیه، چگونگی حرکت ماسه‌های بادی و مخاطره‌ی گرد و غبار را بررسی می‌کند.

## ۲- منطقه‌ی مورد مطالعه

چاله دامغان (حاج‌علی‌قلی) در استان سمنان در جنوب شرقی شهر دامغان واقع است. این چاله در شمال دشت کویر واقع شده‌است، پلایای حاج‌علی‌قلی نیز در مرکز آن و ریگ چاه‌جام در جنوب شرقی این پلایا قرار دارد. چاله دامغان یک محیط رسوبی ساختمانی است و تحت تأثیر فرایندهای مختلف شکل‌زایی از جمله فرسایش بادی قرار دارد. این حوضه دارای سطوح مختلف شامل کوهستان، دشت‌سر (مخروطافکنه آبرفتی) و پلایا (سطوح رسی، حوضه‌ی خیس و شورزار) می‌باشد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

## ۳- مواد و روش

در این پژوهش از داده‌های حاصل از منابع کتابخانه‌ای، داده‌های آماری، داده‌های سازمان هواشناسی، نقشه‌های ژئومورفولوژی، خاک، پوشش گیاهی، کاربری ارضی، زمین‌شناسی، شیب و توپوگرافی، بررسی‌های میدانی، نمونه‌های رسوبی و داده‌های آزمایشگاهی استفاده شده‌است.

در ابتدا با هدف تعیین پتانسیل رسوبی (فرسایش بادی) از مدل اریفر - که از جمله مدل‌های سازگار و مناسب برای برآورد فرسایش بادی در آب و هوای خشک و نیمه‌خشک ایران است - استفاده شد. برای اجرای آن در منطقه، ابتدا ۷ رخساره‌ی ژئومورفولوژی به عنوان واحد کاری تفکیک شد و اساس کار قرار گرفت. در این مدل، از تأثیر نه‌عامل مؤثر (سنگ‌شناسی، شکل اراضی و پستی و بلندی، سرعت و وضعیت باد، خاک و پوشش سطحی آن، انبوهی پوشش گیاهی، آثار فرسایشی سطح خاک، رطوبت خاک، نوع و پراکنش نهشته‌های بادی، مدیریت و استفاده از زمین) در میزان رسوبدهی استفاده شد. همه‌ی عوامل، مورد ارزیابی و امتیازدهی قرار گرفت و با توجه به شدت و ضعف هر عامل، امتیازی به هر رخساره داده شد.

جدول ۱: عوامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب با امتیازات مربوطه در مدل اریفر

ردیف	عامل مؤثر در فرسایش خاک و تولید رسوب	دامنه‌ی امتیاز
۱	سنگ‌شناسی	۰-۱۰
۲	شکل اراضی و پستی و بلندی	۰-۱۰
۳	سرعت و وضعیت باد	۰-۲۰
۴	خاک و پوشش سطحی آن	۵-۱۵
۵	انبوهی پوشش گیاهی	۵-۱۵
۶	آثار فرسایشی سطح خاک	۰-۲۰
۷	رطوبت خاک	۰-۱۰
۸	نوع و پراکنش نهشته‌های بادی	۰-۱۰
۹	مدیریت و استفاده از زمین	۵-۱۵

شدت فرسایش خاک و میزان رسوب‌دهی - که از امتیازات عوامل نه‌گانه‌ی مؤثر در فرسایش بادی حاصل می‌شود - در پنج کلاس طبقه‌بندی شد. جدول ۲، کلاس‌های فرسایش، امتیازات اختصاص یافته و میزان رسوب تولیدی هر کلاس را نشان می‌دهد.

جدول ۲: تعیین تولید رسوب سالیانه و کلاس فرسایش خاک در مدل اریفر

شدت و کلاس فرسایش	تولید رسوب سالیانه (ton/km <sup>2</sup> /yr)	امتیاز نشان‌دهنده‌ی شدت
خیلی کم	<۲۵۰	<۲۵
کم	۲۵۰-۵۰۰	۲۵-۵۰
متوسط	۵۰۰-۱۵۰۰	۵۰-۷۵
زیاد	۱۵۰۰-۶۰۰۰	۷۵-۱۰۰
خیلی زیاد	>۶۰۰۰	>۱۰۰

برای تعیین پتانسیل فرسایش بادی در مدل اریفر، از فرمول زیر استفاده شده‌است:

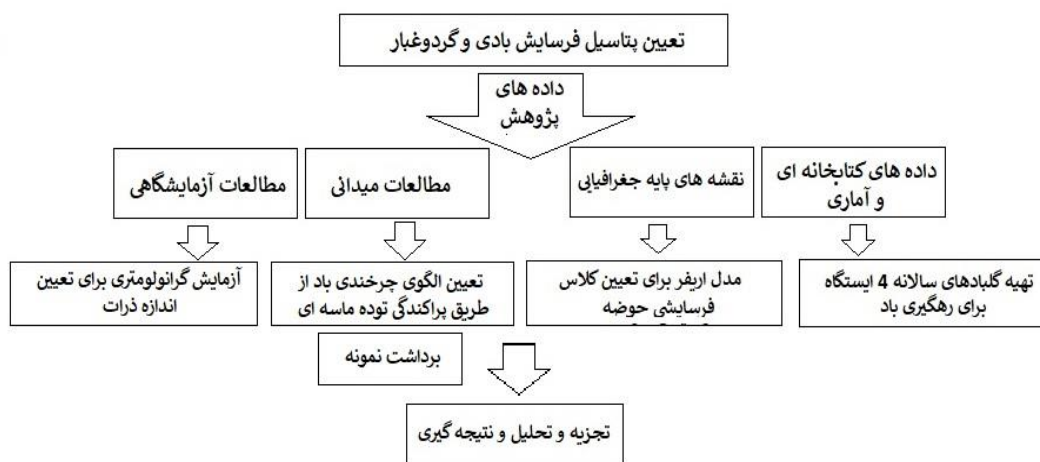
$$QS = 41 (0.05R)$$

Qs: میزان رسوب‌دهی سالانه (Ton/Km<sup>2</sup>/year)

R: درجه رسوب‌دهی مجموع امتیازات عوامل نه‌گانه‌ی مؤثر در فرسایش

در نهایت، مجموع اعداد به دست آمده برای فاکتورهای مختلف بیانگر مقدار فرسایش خواهد بود و با قرار دادن در فرمول فوق، مقدار رسوب‌دهی هر رخساره ژئومورفولوژی در منطقه مشخص و کلاس فرسایشی آن واحد تعیین می‌شود. برای تحلیل وضعیت باد (سرعت و جهت) به عنوان عامل مؤثر در فرسایش بادی در منطقه، از داده‌های ساعتی ایستگاه‌های سینوپتیک (شاهرود، دامغان، سمنان و بیارجمند) سازمان هواشناسی کشور - که در حوضه آبریز دامغان قرار دارد - استفاده شده‌است. برای این هدف، پس از مرتب‌سازی داده‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار WRplot View گلباد، سالانه ۴ ایستگاه سینوپتیک ترسیم شد. از آنجایی که گلباد، وضعیت باد را به صورت کلی مشخص می‌-

کند و به طور خاص در مورد سیکلون‌های چرخندی - که باعث توزیع پراکندگی ماسه‌های بادی در منطقه می‌شود - اطلاعاتی نمی‌دهد، برای رهگیری وضعیت باد به صورت محلی در حاشیه‌ی پلایا، از بازدیدهای میدانی و تصاویر ماهواره‌ای برای تعیین جهت و تجمع پراکندگی توده‌های ماسه‌ای استفاده شد. در واقع، با شناخت وضعیت سیکلونی و رهگیری باد می‌توان به تحلیل مناسبی در حیطه‌ی تسلط فرسایش بادی و گرد و غبار در حوضه دست یافت. در مرحله‌ی بعد، برداشت نمونه از پهنه‌های رسوبی (حاشیه‌ی دریاچه‌ی زمان‌های گذشته و پلایای امروز) انجام شد. نمونه‌های برداشت شده، برای اجرای آزمایش گرانولومتری و تشخیص اندازه ذرات رسوبی انجام شد. سپس میزان تأثیر اندازه ذرات رسوبات در توزیع، جهت اشکال فرسایش بادی و مخاطره‌ی گرد و غبار در منطقه تعیین شد. در نهایت با ادغام داده‌ها و آنالیزهای گوناگون، تشریح و تحلیل موضوع صورت گرفت و راهکارهای مناسب برای آن ارائه شد.



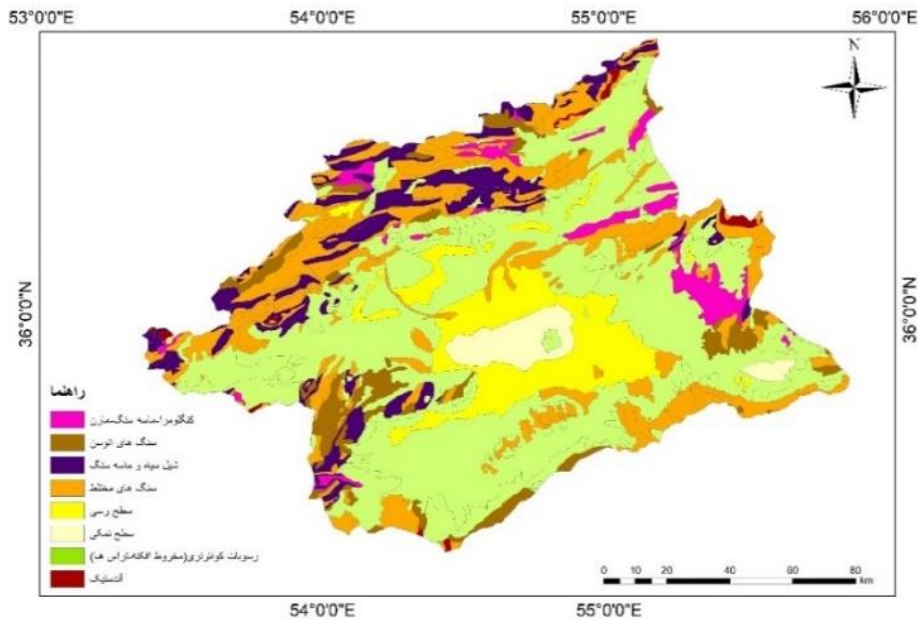
شکل ۲: فلوچارت داده‌ها و روش پژوهش

#### ۴- یافته‌ها (نتایج)

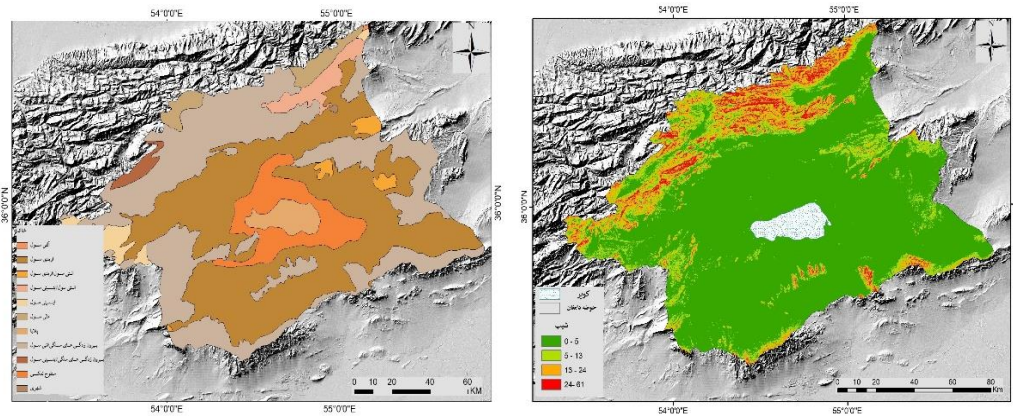
##### تحلیل میزان فرسایش بادی در رخساره‌های ژئومورفولوژی

در حوضه آبخیز منتهی به چاله دامغان، نقشه‌های ژئومورفولوژی، زمین‌شناسی، توپوگرافی، شیب، پوشش گیاهی، کاربری اراضی و خاک از منطقه تهیه شد. سپس با بررسی آنها، حدود رخساره‌های ژئومورفولوژی منطقه تعیین و در بازدید میدانی براساس شواهد و لندفرم‌ها، ۷ واحد کاری ژئومورفیک در حوضه تفکیک شد. این رخساره‌های ژئومورفولوژی عبارتند از: ۱- بستر فصلی دریاچه (شوره‌زار اصلی دریاچه فاقد پوشش گیاهی)؛ ۲- شوره‌زار گلی فصلی (ارضی کویری مرطوب)؛ ۳- پادگانه دریاچه‌ای؛ ۴- توده‌های ماسه مرتفع و متنوع - ریگ‌زار؛ ۵- دشت آبرفتی (بسیار کم‌شیب و هموار با پوشش آبرفتی ریزدانه)؛ ۶- مخروط افکنه (آبرفت‌های مخروط افکنه‌ای)؛ ۷- دامنه‌های کوهستانی ناهموار.

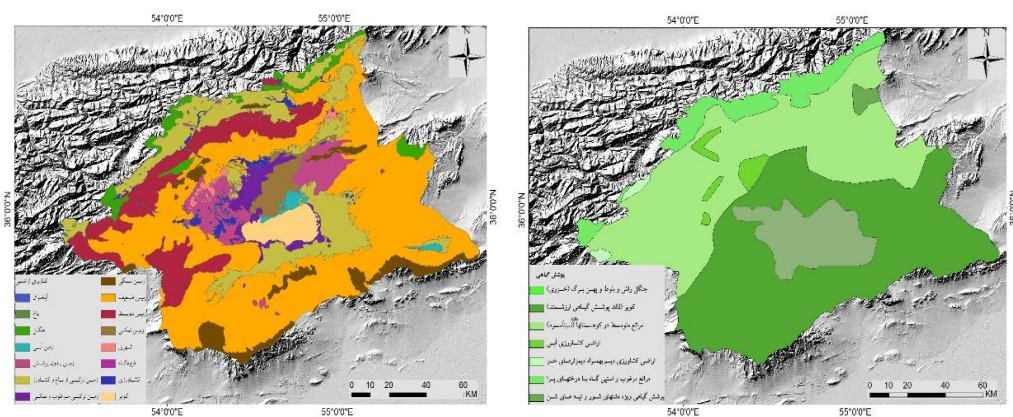




شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی حوضه دامغان



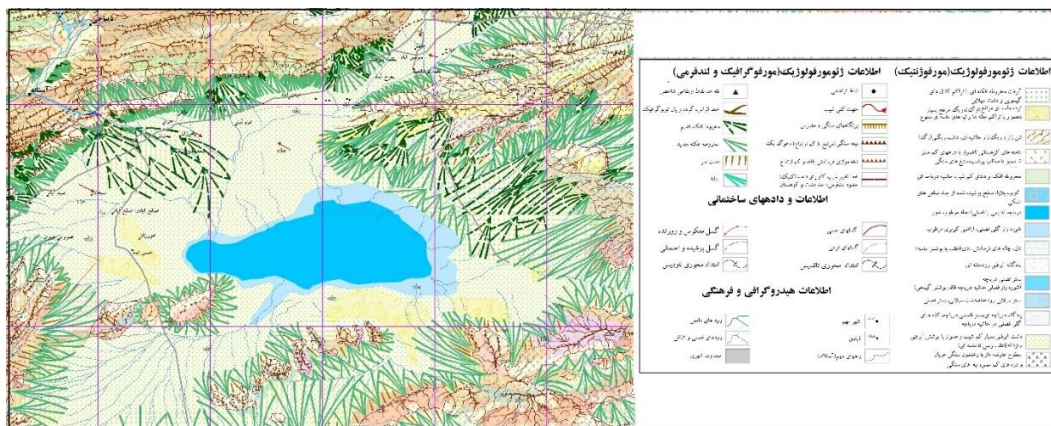
شکل ۴: نقشه‌ی خاک و شیب حوضه دامغان به ترتیب از راست به چپ



شکل ۵: نقشه‌ی کاربری اراضی و پوشش گیاهی حوضه دامغان به ترتیب از راست به چپ

سپس برای تعیین کلاس فرسایش بادی و میزان رسوب‌دهی هر رخساره، ۹ فاکتور مؤثر در مدل اریفر (جدول شماره ۱) در هر یک از واحدها مشخص و با استناد به پرسش‌نامه‌های دقیق از کارشناسان و براساس اطلاعات نقشه-

های مختلف از منطقه (شکل شماره‌ی ۳، ۴ و ۵)، ویژگی‌های هر یک از واحدها در هر عامل امتیازدهی شد. پس از اجرای مدل، امتیازات عوامل مؤثر در واحدها مشخص و در جدول شماره‌ی ۳ درج شد. سپس با استفاده از جمع امتیازات که به صورت میانگین وزنی محاسبه شد و با استفاده از رابطه‌ی ارائه شده در قسمت مواد و روش‌ها، کلاس فرسایشی هر یک از رخساره‌های ژئومورفولوژی تعیین و میزان رسوبدهی آنها در حوضه دامغان مطابق (جدول شماره‌ی ۴) ارائه شد. نقشه‌های زمین‌شناسی، پوشش گیاهی، خاک، شیب و کاربری اراضی و ژئومورفولوژی در (شکل شماره‌ی ۳، ۴، ۵ و ۶)، با تفکیک ویژگی‌های هر حوضه مشخص شده‌است.



شکل ۶: ژئومورفولوژی پیرامون حوضه دامغان

جدول ۳: امتیازات رخساره‌های ژئومورفولوژی

کد رخساره ژئومورفولوژی	سنگ‌شناسی	شکل اراضی و پستی و بلندی	سرعت و وضعیت باد	خاک و پوشش سطحی آن	انبوهی پوشش گیاهی
۱	۸	۹	۱۲	۳	۱۲/۵
۲	۶	۸	۱۰	۵	۱۰
۳	۷	۷	۱۰	۷	۱۳
۴	۸/۵	۸	۱۴	۱۲	۱۰
۵	۵	۶	۱۰	۸	۴
۶	۴	۴	۸	۴	۲
۷	۲	۳	۷	۰	۱
کد رخساره ژئومورفولوژی	آثار فرسایشی سطح خاک	رطوبت خاک	نوع و پراکنش نهشته‌های بادی	مدیریت و استفاده از زمین	مجموع امتیازات
۱	۱۰	۴	۴	۱۴	۷۶/۵
۲	۱۲	۳/۵	۴	۱۳	۷۱/۵
۳	۱۲	۳/۵	۳	۱۳/۵	۷۶
۴	۱۸	۶	۱۰	۱۲/۵	۹۹
۵	۱۰	۳	۴	۱۱	۶۱
۶	۸	۲	۲	۸	۴۲
۷	۵	۱	۱	۲	۲۲



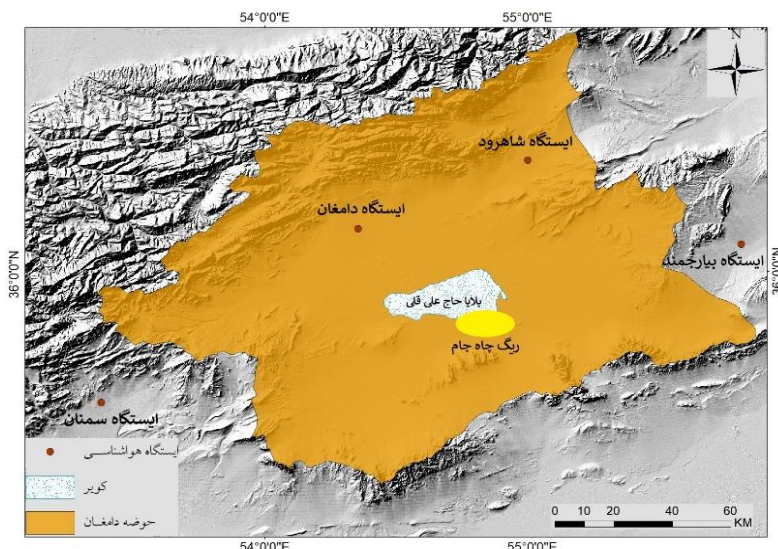
در بین واحدهای حوضه‌ی مورد مطالعه رخساره توده‌های ماسه مرتفع و متنوع - ریگ‌زار با امتیاز ۹۹، بیشترین کلاس فرسایشی و رخساره دامنه‌های کوهستانی ناهموار با امتیاز ۲۲، کمترین کلاس فرسایشی را دارد و بعد از آنها به ترتیب رخساره بستر فصلی دریاچه با امتیاز ۷۶/۵ -، رخساره پادگانه دریاچه‌ای با امتیاز ۷۶ -، رخساره شورزار گلی فصلی با امتیاز ۷۱/۵ -، رخساره دشت آبرفتی با امتیاز ۶۱- و رخساره مخروطافکنه با امتیاز ۴۲ قرار دارد.

جدول ۴: تعیین کلاس‌های فرسایشی و درصد رسوب‌دهی از کل در رخساره‌های ژئومورفولوژی

درصد رسوب‌دهی از کل	QS (Ton/Km <sup>2</sup> /year)	کلاس فرسایشی	رخساره‌های ژئومورفولوژی
۱۵/۵۴	۱۸۷۹/۱۴	زیاد	بستر فصلی دریاچه (شوره‌زار اصلی دریاچه فاقد پوشش گیاهی)
۱۲/۰۹	۱۴۶۳/۴۷	متوسط	شوره‌زار گلی فصلی (اراضی کویری مرطوب)
۱۵/۱۶	۱۸۳۲/۷۴	زیاد	پادگانه دریاچه‌ای
۴۶/۳۶	۵۶۱۷/۱۰	زیاد	توده‌های ماسه مرتفع و متنوع - ریگ‌زار
۷/۱۶	۸۶۵/۷۲	متوسط	دشت آبرفتی (بسیار کم‌شیب و هموار با پوشش آبرفتی ریزدانه (اغلب رسی تا ماسه‌ای))
۲/۶۸	۳۳۴/۸۱	کم	مخروطافکنه (آبرفت‌های مخروطافکنه‌ای با تراکم کانال گیسویی و دشت سیلابی)
۱/۰۱	۱۲۳/۱۷	کم	دامنه‌های کوهستانی ناهموار

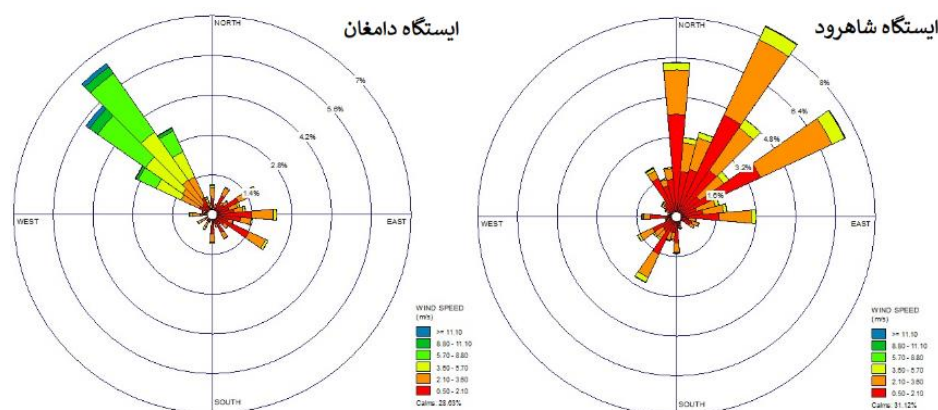
### تحلیل اقلیمی وضعیت باد

موقعیت حوضه‌ی دامغان در جنوب رشته‌کوه البرز و در همجواری با دشت‌های خشک ایران مرکزی، دوری از مراکز رطوبتی، نفوذناپذیری توده‌های باران‌زا، جهت و امتداد رشته‌کوه‌های مجاور و بادهای خشک محلی قرار دارد. در نتیجه، از نظر آب و هوایی در اقلیم خشک و بیابانی طبقه‌بندی می‌شود (Hasani and Rahimpour-Bonab, 2003). برای رهگیری وضعیت باد منطقه از آمار ساعتی ایستگاه‌های سینوپتیک (سمنان، دامغان، شاهرود و بیارجمند) (شکل شماره ۷) در بازه زمانی (۲۰۱۹-۲۰۰۳) استفاده شد. سپس گلباد سالانه با استفاده از نرم‌افزار WRplot تهیه شد.



شکل ۷: نقشه‌ی موقعیت ایستگاه‌های هواشناسی حوضه دامغان

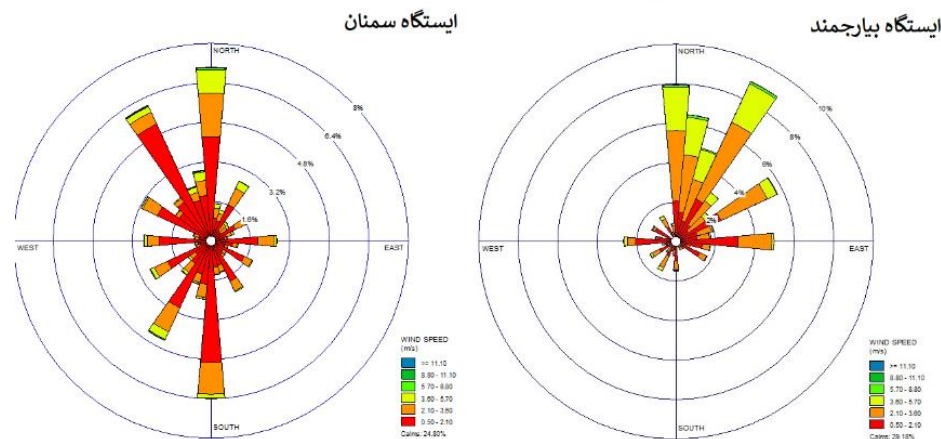
در ایستگاه شاهرود، درصد بادها آرام و  $68/88$  درصد دارای سمت و سرعت است. باد غالب حدود  $8/75$  درصد از کل بادها، در قسمت شمال شرقی حدود  $35$  درجه می‌باشد. باد نایب غالب، باد شمال شرقی حدود  $55$  درجه است که حدود  $7/4$  درصد از کل بادها را به خود اختصاص داده‌است. سایر بادها در جهت‌های مختلف با سرعت‌های کم در همه‌ی جهات وجود دارد. در ایستگاه دامغان نیز باد غالب حدود  $28/63$  درصد بادها آرام و  $71/37$  درصد دارای سمت و سرعت می‌باشد. باد غالب، حدود  $6$  درصد از کل بادها در قسمت شمال غربی می‌باشد. باد نایب غالب نیز  $5/4$  درصد از کل بادها در قسمت شمال غربی و در زاویه‌ی  $305$  درجه قرار دارد. سایر بادها در جهت‌های مختلف با سرعت‌های کم در همه‌ی جهات وجود دارد.



شکل ۸: گلباد سالانه‌ی ایستگاه‌های شاهرود و دامغان

در ایستگاه بیارجمند، درصد بادها آرام و  $70/82$  درصد دارای سمت و سرعت است. باد غالب، حدود  $9$  درصد از کل بادها در قسمت شمال شرقی می‌باشد. باد نایب غالب، باد شمالی است که حدود  $8$  درصد از کل بادها را به خود اختصاص داده‌است. از سایر بادها، باد در محدوده‌ی شمال تا شمال شرقی  $14$  درصد را تشکیل می‌دهد و بقیه‌ی آنها در جهت‌های مختلف با سرعت‌های کم در همه‌ی جهات وجود دارد. در ایستگاه سمنان،  $24/80$  درصد بادها آرام و  $75/2$

درصد دارای سمت و سرعت است. باد غالب، حدود ۷ درصد از کل بادهای در قسمت شمالی می‌باشد. باد نایب غالب، بادجنوبی است که حدود ۶/۴ درصد از کل بادهای را به خود اختصاص داده‌است. سایر بادهای نیز در جهت‌های مختلف با سرعت‌های کم در همه‌ی جهات وجود دارد.



شکل ۹: گلباد سالانه‌ی ایستگاه‌های بیارجمند و سمنان

در این محدوده، تنوع بادهای چه به لحاظ سرعت و چه به لحاظ شدت و زمان وزش، با سایر نقاط همجوار تفاوت‌هایی داشت که علت آن را می‌توان در شرایط طبیعی حوضه و اختلاف ارتفاع در منطقه جستجو کرد. در این منطقه وزش باد در تمام فصول سال جریان دارد، اما در فصل تابستان از نظر شدت و سرعت به حداکثر خود می‌رسد. جهت غالب بادهای در این حوضه از شمال غرب به جنوب و جنوب شرق است، ولی در جهات دیگر نیز در فصول مختلف می‌وزد. اسامی بادهای محلی منطقه عبارتند از: بادهای شهریاری، آریانه، چالو، راجی، بسطام و کویری که مهم‌ترین آنها باد شهریاری و کویری است. باد شهریاری در مدت ۱۰۶ روز از سال در منطقه می‌وزد. این باد معمولاً از ساعت ۱۷ به بعد شروع می‌شود و چندین ساعت ادامه دارد. جهت آن شمالی - جنوبی یا شمال غربی - جنوب شرقی بوده و بادی مرطوب است. این باد در حاشیه‌ی کویر به حرکت ماسه‌ها منجر می‌شود و خساراتی را به زمین‌های زراعی و پوشش گیاهی وارد می‌کند. باد کویری در گرم‌ترین روزهای تابستان از جنوب به شمال می‌وزد. این باد، گرم و سوزان بوده و معمولاً با گرد و غبار همراه است.

#### تطبیق الگوی چرخندی باد از طریق مورفودینامیک ماسه‌های بادی

نیروی باد می‌تواند تنها ذرات رسوبی ماسه و ریزتر از آن را جابه‌جا کند. ذرات رس توسط باد به صورت معلق مسافتی را طی می‌کند و شکل تراکمی خاصی را در مناطق خشک ایجاد نمی‌کند. اما ذرات درشت‌تر مانند سیلت و ماسه به تشکیل انواع تپه‌های ماسه‌ای منجر می‌شود. آنچه مهم است اینکه نیمرخ اشکال تراکمی می‌تواند جهت وزش باد غالب را در هر منطقه نشان دهد؛ به عبارت دیگر، مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای می‌تواند الگوی وزش بادهای غالب یک دشت را بازسازی کند. در مطالعه‌ی میدانی در حوضه‌ی دامغان و بررسی دقیق حاشیه‌ی دریاچه، شاهد اشکال تراکمی (فرسایش بادی) از جمله برخان، نیکا، پیکان‌های ماسه‌ای و آثار و شواهد تغییرات اقلیمی گذشته مثل پادگانه‌های دریاچه‌ای بوده‌ایم.

در غرب چاله دامغان، موفومتری تپه‌های کوچک و پراکنده برهنه غربی به ویژه امتداد پیکان‌های ماسه‌ای نشان داد که جهت باد، غربی و شمال غربی و به سوی پلایای حاج علی قلی است. همچنین بررسی‌ها نشان می‌دهد که ماسه‌های بادی به محیط پلایا وارد نشده و این امر بیانگر جریان باد به سمت جنوب شرق است.

در نیمه‌ی جنوب غرب چاله دامغان، در محدوده‌ی حدود ۳۰ کیلومتر مورد بررسی به سمت شرق، اثری از تپه‌های ماسه دیده نمی‌شود و پوشش غالب، سطوح پدیمنت‌ها (دشت‌سر) و تراکمی از پیکان‌های ماسه‌ای است. این شواهد، جهت باد غالب را همچنان به سمت جنوب شرق نشان می‌دهد.

در جنوب شرق چاله دامغان، به تدریج تپه‌های ماسه‌ای کم ارتفاع همراه با پوشش پیکان‌های ماسه‌ای دیده می‌شد که مورفومتری آنها جهت باد غالب غربی را نشان می‌داد. علاوه بر این، انباشت توده‌های ماسه‌ای به صورت کوه‌ریگ در دامنه‌ی اینسلیبرگ‌ها و خطوط کنیک از دوردست قابل مشاهده‌اند و به تدریج به سمت شرق تپه‌های ماسه‌ای متراکم‌تر شده و هر آنچه پیش می‌رویم بر ارتفاع و تراکم لندفرم‌های بادی افزوده می‌شود و امتدا نواری مشخصی به سمت مشرق می‌یابد که سرانجام به توده ریگ چاه‌جم منتهی می‌شود.

**ریگ چاه‌جم:** ریگ چاه‌جم با وسعت حدود ۲۵۲۶۰ هکتار، یکی از مهم‌ترین ریگ‌های موجود در حاشیه‌ی کویر حاج علی قلی است که به شکل نواری نامرتب در امتداد جنوب غربی تا جنوب شرقی این کویر با طول ۱۰ تا ۱۲ کیلومتر کشیده شده‌است. از غالب‌ترین عوارض ماسه‌ای این ریگ می‌توان به نبکاها، انواع برخان‌ها (طولی، عرضی، متقارن، نامتقارن)، سیف و تپه‌های ماسه‌ای طولی و عرضی اشاره کرد. منطقه‌ی برخانی این ریگ در بخش جنوب شرقی تا جنوبی کویر حاج علی قلی قرار دارد (شکل شماره‌ی ۱۰).



شکل ۱۰: منطقه‌ی ریگ چاه‌جم

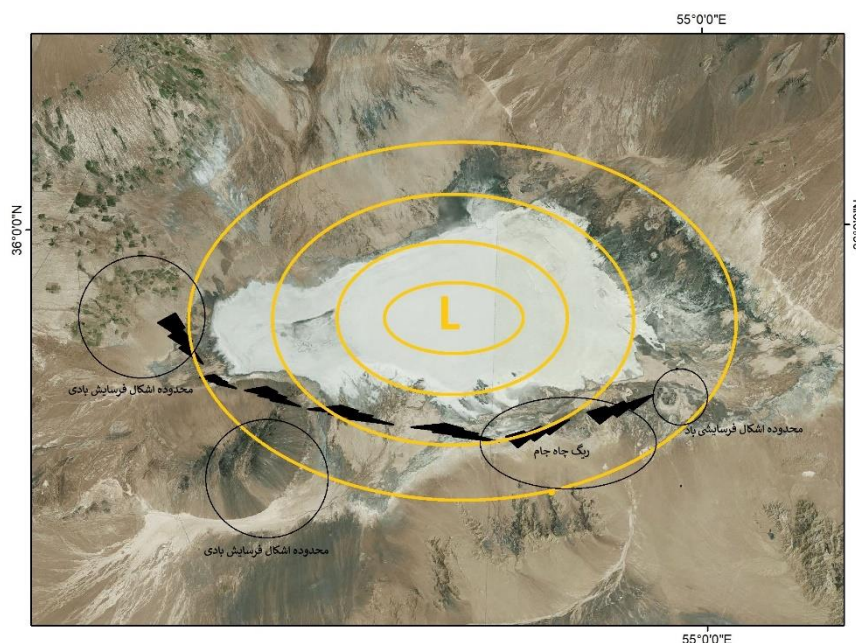
آثار فرآیندهای بادی از بخش غربی، جنوبی و شرقی چاله دامغان و مشاهدات غیر مستقیم (سنجش از دور)، نتایج زیر را آشکار می‌کند:

- ۱- اهمیت فرسایش بادی از غرب به شرق چاله و در راستای باد غالب منطقه افزایش می‌یابد.
- ۲- نقل و انتقال غالب ماسه‌های بادی به سوی شرق و جنوب شرق است.
- ۳- اهمیت و فراوانی تپه‌های ماسه‌ای به سمت شرق و جنوب شرقی افزایش می‌یابد.
- ۴- آثار فرسایش بادی بعد از توده ریگ چاه‌جم به سمت مشرق تداوم ندارد.



۵- در نیمه‌ی شرقی چاله دامغان و در شمال ریگ چاه‌جم، آثار برجسته‌ای از ماسه‌های بادی و فرسایش متمرکز بادی وجود ندارد.

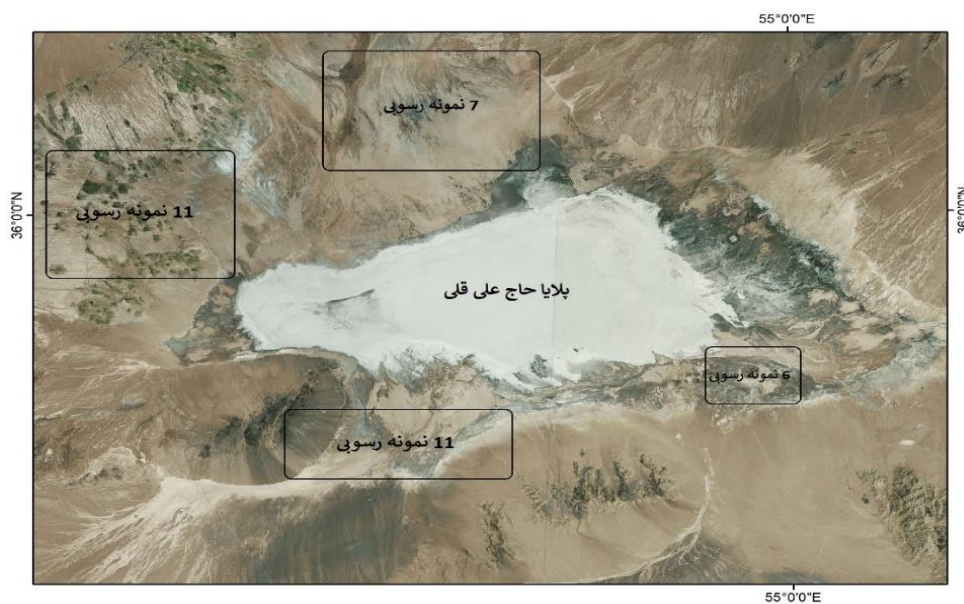
باد روزانه در بازدیدهای میدانی نشان می‌دهد که تحت‌تأثیر ناپایداری محلی دمای روزانه در چاله دامغان، جهت باد نیمروز از ظهر تا غروب آفتاب در تمامی سه بخش چاله به سوی پست‌ترین نقطه‌ی چاله بوده‌است. جهت باد در ایستگاه حسن‌آباد، در شرق چاله و در ریگ چاه‌جم شمالی مشاهده می‌شود. گذشته از بادهای نیمروز چنانچه داده‌های مورفولوژی (جهت و پراکندگی) ماسه‌های بادی را با یکدیگر ارتباط دهیم، تسلط یک سیستم سیکلون حرارتی محلی را همانند سایر چاله‌های پست ایران مرکزی می‌توان اثبات کرد (الگو حرارتی در شکل شماره‌ی ۱۰ نشان داده شده‌است). در دشت‌های بیابانی، سامانه‌ی کم‌فشار حرارتی در تابستان‌ها حاکمیت دارد که به فراهم شدن صعود بی‌دررو در هوای گرم یک سلول سیکلونی در گرم‌ترین بخش دشت منجر شده‌است. مرکز این سلول سیکلونی همرفتی دقیقاً با پست‌ترین نقطه‌ی دشت که گرم‌ترین نقطه‌ی منطقه نیز هست، انطباق دارد. جریان هوا در این سیکلون، برخلاف عقربه‌های ساعت است و در عین حال حرکتی همگرا به سمت مرکز دارد؛ به عبارتی، در بخش غربی در (Spiral) ذکر این نکات ضروری است که چرخش سیکلونی باد به حالت حلزونی در سطح زمین می‌وزد، در نتیجه برداشت در بخش غربی و جنوب غربی چاله غلبه دارد. این حرکت حلزونی به سمت شرق از سطح زمین ارتفاع می‌یابد و به نهشته‌گذاری ماسه در نیمه‌ی جنوب شرقی چاله منجر می‌شود. بنابراین، در بخش شرقی چاله که حرکت اسپیرال سیستم از سطح زمین فاصله گرفته‌است، راستای مشخصی از جهت وزش باد دیده نمی‌شود و تحت‌تأثیر این شرایط دینامیکی، اشکال عمده‌ی ماسه‌ای در این بخش تشکیل نشده‌است؛ به عبارتی، آثار فرسایش بادی در بخش شرقی چاله به طور واضح مشهود نیست. با توجه به داده‌های به دست آمده از مورفولوژی اشکال فرسایشی، جهات باد غالب منطقه مشخص شده‌است.



شکل ۱۱: الگوی تسلط کم‌فشار حرارتی در چاله دامغان و جهات باد غالب

## منشأ رسوبات فرسایش بادی و گرد و غبار

با توجه به ویژگی‌های مورفولوژی حوضه‌ها، ارتفاع کم و ملایم نبود. پوشش گیاهی در سطح پلایا شرایط اقلیمی خشک و بیابانی بودن منطقه، وجود سیستم بادهای قوی و ویژگی‌های رسوب‌شناسی (دانه ریز بودن ذرات که بیشتر در اندازه‌ی سیلت ریز تا رس، سست و جدا بودن ذرات و وجود شبکه گسترده‌ی ترک‌های گلی در سطح رسوبات) فرسایش بادی را تسریع می‌کند (Mohammadi, 2011) که این شواهد در پلایا جازموریان مشاهده می‌شود. در پلایاها که در نواحی خشک و نیمه خشک امروزی قرار دارند، رسوبات سطحی منفصل آنها در زمانی حرکت می‌کنند که نیروهای بازیگر در حرکت ذرات بیش از نیروی مقاوم باشد. در جایی که ساختارهای جریان آشفته‌ی هوا حضور دارند، ذرات بدون تماس با سطح حمل می‌شوند. جریان‌های آشفته‌ی اتمسفر می‌توانند ذرات گرد و غبار را برای چند روز و در فواصل زیاد معلق نگه دارند. گرد و غبار، ترکیبی از سیلت‌ها و رس‌ها هستند که قطری کمتر از ۰/۰۶۲۵ میلی‌متر (۶۲/۵ میکرومتر) دارند و به صورت معلق توسط باد حمل می‌شوند. گرد و غبارهای درشت تقریباً قطری ۵ الی ۶۰ میکرومتر دارند و معمولاً توسط گردبادها یا طوفان‌های محلی گرد و غبار در مسافت‌های کوتاهی که به ندرت بیش از ۱۰۰ کیلومتر می‌باشند، حمل می‌شوند (Middleton, 1997). ویژگی رسوبات دریاچه، کاملاً ریزدانه هستند و از ذرات سیلت و رس تشکیل شده‌اند که در محیطی آرام رسوب کرده‌است و حاشیه‌ی آنها به ترتیب با فاصله گرفتن از مرکز پلایا، ذرات درشت‌تر (ماسه و شن) می‌شود. در بازدید میدانی از منطقه‌ی حاشیه‌ی دریاچه که در شکل شماره‌ی ۱۲ مشخص شده‌است، این مناطق در مدل اریفر نیز دارای کلاس فرسایشی زیاد است و در معرض فرسایش بادی شدید قرار دارد. این محدوده‌ها از شمال، شمال غرب، جنوب شرق و جنوب غرب انتخاب شده‌است و در مجموع ۳۸ نمونه‌ی رسوبی را شامل می‌شود. پس از اجرای آزمایش گرانولومتری و تعیین درصد، رسوبات بالای ۶۳ میکرون و پایین‌تر از آن مشخص شد (نتایج آزمایش‌های نمونه‌ها در جدول ۵ نشان داده شده‌است).



شکل ۱۲: محدوده‌ی برداشت نمونه‌های رسوبی

جدول ۵: اندازه‌ی رسوبات نمونه‌های برداشت شده از حاشیه‌ی دریاچه

محدوده‌های برداشت	نام نمونه	عمق برداشت (CM)	درصد رسوبات بالاتر از ۶۳ میکرون	درصد رسوبات پایین‌تر از ۶۳ میکرون	
ب. جنوب رسوبات	۱	۱۰	۹۲/۶۷	۷/۳۳	
	۲	۱۰	۶۹/۲۵	۳۱/۷۵	
	۴	۱۰	۷۹/۳۹	۳۰/۶۱	
	۵	۱۰	۸۵/۹۵	۱۴/۰۵	
	۶	۱۰	۸۴/۰۱	۱۵/۹۹	
	۷	۱۰	۸۸/۶۹	۱۱/۳۱	
	۸	۱۰	۸۰/۶۵	۱۹/۳۵	
	۹	۱۰	۵۶/۴۸	۴۲/۵۲	
	۱۱	۱۰	۹۰/۲	۹/۸	
	۱۴	۱۰	۸۱/۳۷	۱۸/۶۳	
	ب. شرق رسوبات	۱۵	۱۰	۶۷/۷۲	۳۲/۲۸
۱۶		۱۰	۹۲/۶۳	۷/۳۷	
۱۷		۱۰	۵۶/۷۳	۴۲/۲۷	
۱۸		۱۰	۶۸/۶۳	۳۳/۳۷	
۲۰		۱۰	۹۱/۰۳	۸/۹۷	
۲۱		۱۰	۵۰/۸	۴۸/۰۲	
۲۲		۱۰	۹۷/۸۴	۲/۱۶	
ب. شمال رسوبات	۲۳	۱۰	۹۹/۰۲	۰/۹۸	
	۲۴	۱۰	۹۸/۳۶	۱/۶۴	
	۲۵	۱۰	۹۹/۰۱	۰/۹۹	
	۲۶	۱۰	۹۸/۲۱	۱/۷۹	
	۲۷	۱۰	۹۹/۱۱	۰/۸۹	
	۲۸	۱۰	۹۷/۹۸	۲/۰۲	
	۲۹	۱۰	۹۹/۰۵	۰/۹۵	
	۳۰	۱۰	۹۶/۷۴	۳/۲۶	
	۳۱	۱۰	۹۸/۲۲	۱/۸۸	
	ب. شمال رسوبات	۳۲	۱۰	۹۹	۱
		۳۳	۱۰	۹۸/۴۲	۱/۵۸
۳۴		۱۰	۹۷/۷۷	۲/۳۳	
۳۵		۱۰	۹۹/۱۶	۰/۸۴	
۳۶		۱۰	۹۶/۳۶	۳/۷۴	
۳۷		۱۰	۹۷/۴۱	۲/۶۹	
۳۸		۱۰	۹۹/۵۱	۰/۴۹	

آستانه سرعت باد موردنیاز برای برداشت ذرات گرد و غبار به طور قابل توجهی بر حسب توزیع اندازه ذرات، ویژگی‌های جوشدگی ذرات، چسبندگی سطوح و حضور عناصر و عوامل زبری، ناهمواری و پوشش گیاهی تغییر می‌کند. در این حوضه، رسوبات حاشیه‌ای پلایا با توجه به اینکه در اندازه‌ی بالای ۶۳ میکرون قرار دارند، این محدوده از مستعدترین نواحی برای ایجاد اشکال تراکمی فرسایشی از جمله برخان‌ها، نبکاها، پیکان‌های ماسه‌ای و ارگ‌هاست که در حوضه به فراوانی مشاهده می‌شود. البته در مواقعی که بادهای از سرعت کافی برخوردار باشند، بدون شک ذرات ریزدانه سیلت و رس با درصد مشخص در حوضه نیز می‌توانند پتانسیل تولید گرد و غبار را در حوضه داشته باشند. محدوده‌های برداشت نمونه‌های رسوبی در این پژوهش، در شکل شماره‌ی ۱۲ مشخص شده‌است. محدوده‌های جنوب غربی و جنوب شرقی حدود پادگانه‌های قدیمی دریاچه و محدوده‌ی شمال و شمال غربی، از رسوبات کوآترنری حاشیه چاله انتخاب شده‌است. نتایج آنالیزهای گرانولومتری نشان می‌دهد اندازه ذرات رسوبات پادگانه‌های دریاچه‌ای، ریزدانه‌تر از محدوده‌های شمال و شمال غربی چاله است.

### بحث و نتیجه‌گیری

فرسایش بادی از عوامل اصلی ایجاد فرسایش در سطح زمین به ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است؛ از این رو برای جلوگیری از خسارات ناشی از آن، مطالعه‌ی خصوصیات آن ضروری می‌باشد. همزمان با کاهش سطح و حجم آب دریاچه‌های کوآترنری و افت سطح آب‌های زیرزمینی، مناطق وسیعی از بستر قدیمی دریاچه‌ها از جمله پلایا دامغان در معرض وزش باد و فرسایش بادی قرار گرفت. با توجه به نتایج اجرای مدل اریفر برای تعیین پتانسیل فرسایش بادی در حوضه‌ی دامغان، رخساره‌های بستر فصلی دریاچه، پادگانه دریاچه‌ای و توده‌های ماسه در کلاس فرسایشی زیاد و رخساره‌های شوره‌زار گلی فصلی و دشت آبرفتی در کلاس فرسایشی متوسط و رخساره‌های مخروط‌افکنه و دامنه‌های کوهستانی ناهموار در کلاس فرسایشی کم قرار دارد. این نشان می‌دهد که رخساره‌های حاشیه‌ی دریاچه به دلیل جنس رسوبات و خشکی محیط دارای بیشترین پتانسیل برای فرسایش بادی است. در بررسی پتانسیل فرسایش بادی، باد عامل محرک و ایجادکننده‌ی فرسایش است که رهگیری و تجزیه و تحلیل شد. نتایج نشان داد که در ایستگاه شاهرود، بیشترین فراوانی سرعت در محدوده‌ی ۰/۵۰ تا ۳/۶۰ متر در ثانیه می‌باشد و درصد کمی از آن، بالای ۵/۷۰ متر در ثانیه سرعت دارد. این مسئله در ایستگاه دامغان نیز صادق بوده‌است. در ایستگاه بیارجمند نیز بیشترین فراوانی سرعت در محدوده‌ی ۳/۶۰ تا ۱۰/۲ متر بر ثانیه قرار دارد و بعد از آن، محدوده‌ی سرعت ۳/۶۰ تا ۵/۷۰ متر در ثانیه است. اما در ایستگاه دامغان، سرعت باد در محدوده‌ی ۵/۷۰ تا ۳/۶۰ متر در ثانیه و ۵/۷۰ تا ۸/۸۰ متر در ثانیه از فراوانی برخوردار بوده‌است و سایر بادهای با سرعت زیر ۳/۶۰ متر بر ثانیه در حوضه می‌وزد. تحقیقات نشان می‌دهد چنانچه سرعت بادی در نواحی خشک به حداقل ۴/۵ متر بر ثانیه برسد، می‌تواند به عنوان یک عامل فرسایش قابل توجه باشد (Mahmoudi, 2005) که در حوضه‌ی مورد بررسی، فراوانی بیشتر بادهای در این محدوده قرار دارد. با توجه به نتایج به دست آمده از داده‌های آزمایشگاهی و بررسی ویژگی‌های باد در منطقه، باید بیان کرد شدت و سرعت بادهای در محدوده‌ی بادهای شدید و بسیار شدید نبوده‌است. اما از آنجا که گلباد، وضعیت باد را به صورت کلی مشخص می‌کند و به طور خاص در مورد سیکلون‌های چرخندی - که به توزیع پراکندگی ماسه‌های بادی در منطقه منجر می‌شود - اطلاعاتی نمی‌دهد،



الگوی چرخندی باد را در پلایا و جنوب چاله - که ایستگاه هواشناسی نیز وجود نداشت - براساس پراکنش و جهت اشکال فرسایشی بررسی کردیم. سپس یک سلول سیکلونی همرفتی را که دقیقاً با پست‌ترین و گرم‌ترین نقطه‌ی دشت مطابقت دارد، در منطقه مشخص شد. در این سیکلون، جریان هوا برخلاف عقربه‌های ساعت است و در عین حال حرکت همگرا به سمت مرکز دارد. در این الگو، چرخش سیکلونی باد در سطح زمین به حالت حلزونی است و برداشت رسوب در بخش غربی و جنوب غربی چاله غلبه دارد. این حرکت حلزونی به سمت شرق از سطح زمین ارتفاع می‌یابد و موجب نهشته‌گذاری ماسه در نیمه‌ی جنوب شرقی چاله می‌شود؛ به طوری که ما در حوضه‌ی دامغان در قسمت جنوب شرقی پلایا، ریگ چاه‌جام را مشاهده می‌کنیم و در قسمت شرقی، نهشته‌های بادی را نداریم. همچنین برای بررسی رسوبات حاشیه پلایا، در زمینه‌ی قطر ذرات و تأثیر آن در شکل‌گیری لندفرهای بادی و مخاطره‌ی گرد و غبار بیان شده‌است که ذرات بسیار ریزدانه در حد رس و سیلت دانه‌ریز به صورت معلق جابه‌جا می‌شوند و می‌توانند مسافت‌های طولانی را طی کنند. اما آن دسته از ذرات که تحت تأثیر نیروی باد به صورت جهشی و غلطان حرکت می‌کنند، اشکال تراکمی تپه‌های ماسه‌ای را می‌سازند. این تپه‌ها در راستای باد غالب منطقه حرکت می‌کنند. انباشته شدن تپه‌های ماسه‌ای در حوضه‌ی انتهایی وزش باد و توقف نسبی آنها، موجب تشکیل توده‌های بزرگ ماسه‌ای می‌شود (Yamani, 2015). در واقع حرکت ذرات بادی، تابعی از نیرو و فرساینده‌ی باد، مقاومت سطح در برابر فرسایش و میزان فرسایش‌پذیری آن است (Wiggs, 1997). در نتیجه با تحلیل آنالیزهای انجام شده بر ۳۸ نمونه‌ی رسوبی، مشخص شد رسوبات بالای ۶۳ میکرون در محدوده‌ی جنوب غرب چاله ۶۶/۱۸ درصد، جنوب شرق ۷۶/۳۳، شمال غرب ۹۳/۶۲ و شمال ۹۷/۸۵ درصد را شامل می‌شود و نشان می‌دهد حرکت رسوبات در این منطقه، بیشتر به صورت جهشی سپس معلق و خزشی (غلطان) صورت می‌گیرد. در واقع، اندازه ذرات و ویژگی‌های باد در این حوضه نشان می‌دهد که فرسایش بادی و ایجاد اشکال متنوع به مرور زمان بیش از گرد و غبار ایجاد شده‌است که امروزه شواهد لندفرمی آن را در حاشیه‌ی پلایا شاهد هستیم.

### سپاس‌گزاری

این مقاله از رساله‌ی دکتری مصوب در دانشکده‌ی جغرافیای دانشگاه تهران استخراج شده و تحت حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) انجام شده‌است. بدین وسیله از حمایت این صندوق تشکر و قدردانی می‌شود.

### منابع

1. Ahmadi, H., 2009. *Applied Geomorphology*, Tehran University Press.
2. Al-Awadhi, J. M., 2005. No Sand Drift Potential in the Desert of Kuwait, *Journal of Arid Environment*, 63(2), 425-438.
3. Alipur, H.; Hasheminasab, A.; Hatefi ardekani, A. H.; Ghlam Nya, A.; & Y. Shahnawaz, 2015. Estimate the Potential of Wind Erosion and Deposition Methods Miandasht Erifer in Esfarāyen, *spatial analysis of environmental hazards*, 1(2), 77-92.
4. Fawzai, I.; Moursy, F.; Gaber, E. I.; & M. Samak, 2001. Sand Drift Potential in El-Khanka Area, *Air and Soil Pollution*, 42-225.
5. Habibi, A., 2018. Comparison between Water and Wind Erosion of Geomorphic Units of

- Karun Catchment Area Using Eriffer and Psiak Model, *Geographical Space Journal*, (57), 19-30.
6. Hasani, V., & H. Rahimpour-Bonab., (2003). Investigate the Origin and Evolution of Brine and Deposition of Evaporate Minerals in Chah Jam Playa of Damghan.
  7. Huang, J.; Wang, T.; Wang, W.; Li, Z. & H. Yan, 2004. Climate Effects of Dust Aerosols over East Asian Arid and Semiarid Regions, *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, (119), 19.
  8. Iranmanesh, F.; Arab Khesri, M.; & M. Akram, 2006. Investigating the Identification of the Origin of Dust Storms and How Dust Particle Dissemination Using Satellite Imaging in Sistan Region, *Research Journal and Construction*, 18(2), 25-33.
  9. Julie laity Translated by Goorabi, A., 2013. Deserts and Desert Environments.
  10. Mahmoudi, F., 2005. Geomorphology, Translated by Tehran University Press.
  11. Maleki, S.; Karimi, A.; & H. Hashemi, 2011. Wind Erosion and Its Control in Gonabad, In Yazd, Yazd University: Second National Conference on Wind Erosion and Dust Storms, 86-96.
  12. Mc tanish, G. A., 1989. Quaternary Aeolian Dust Processes and Sediment in the Asturalian Region, *Quaternary science reviews*, 53-235.
  13. Mehrshahi, D., & Z. Nekounam., (2010). Statistical Study of Dust Occurrence and Analysis of Dust Patterns in Sabzevar City. *Geography - Iranian Journal of Geography*. 17.
  14. Middleton, N. J., 1997. Desert Dust, *arid zone geomorphology*, 36-413.
  15. Mohammadi, Ali., 2011. Sedimentology and Geochemistry of the Jazmurian Playa Deposits, *Drybum Scientific Journal*, Year One.
  16. Nourzadeh Haddad, M.; Gholami, A.; & A. Nikoo, 2017. Estimation of Sediment Potential Due to Wind Erosion in Abdul Khan (Sush) Lands Using the Eriffer Model, *Geographical Space Journal*, 16, 277-289.
  17. Pahlevan Roodi, A., 2011. Evaluation of Erosion and Aeolian Sediments Using Erifer Model in Zakak Plain of Sistan Plain, *Journal of Geography and Development*.
  18. Prospero, J. M.; Ginoux, P.; Torres, O.; Nicholson, S. E.; & T. E. Gill, 2002. *Environmental Characterization of Global Sources of Atmospheric Soil Dust Identified with the Nimbus*.
  19. Tsoar, H., 2005. Sand Dune Mobility and Stability in Relation to Climate, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*.
  20. Vali, A. A.; khamushi, S.; Mousavi, S. H.; Panahi, F.; & E. Tamasoki, 2017. Climatic Analysis of Dust Storms in Southern and Central Iran, *Environmental Journal*, 40, 72-961.
  21. Wang, X.; Dong, Z.; Zhang, J.; & G. Chen, 2002. Geomorphology of Sand Dunes in the Northeast Taklimakan Desert, *Geomorphology*, (42), 95-183.
  22. Wiggs, G. F. S., 1997. Sediment Mobilization by the Wind in Thomas D S G Arid Zone Geomorphology, *process from and change in drylands 2nd edn jhone wiley sons chichester*, 72-325.
  23. Yamani, M., 2015. Lut Thermal Cyclone and Its Impact on Wind Landforms (An Idea in the Field of Geomorphological Knowledge of Iran) No Title, *Journal of Geography and Environmental Planning*, 25(53), 1.
  24. Zehtabian, G. R.; Ahmadi, H.; Ehsasi, M. R.; & R. Jafari, 2003. No Determination of Wind Erosion Intensity in Kashan Region Using Desertification Modeltle, *Iranian Journal of Natural Resources*, (55), 145-158.

## Potential Analysis of Wind Erosion Processes and Dust by Adaptation of Wind Circular Pattern System in Damghan Hole

**Mojtaba Yamani**<sup>1</sup>: *Professor of Geomorphology, Faculty of Geography, University of Tehran*

**Razieh Lak**: *Associate Professor of Sedimentology and Director of Research Institute for Earth Sciences, GSI, Tehran, Iran*

**Abolghasem Goorabi**: *Assistant Professor of Geomorphology, Faculty of Geography, University of Tehran, Iran*

**Reza Shahbazi**: *Doctor of Natural Resources Engineering, Geological Survey of Mineral exploration of Iran*

**Arefe Shabani eraghi**: *PhD candidate in Geomorphology, Faculty of Geography, University of Tehran, Iran*

Article History (Received: 14/12/2020

Accepted: 04/03/2020)

### Extended abstract

#### 1- Introduction

The desert area, the world's widest ecosystem, covers more than one-third of its surface, and much of Iran is affected by climatic conditions. Wind erosion due to the persistence and extent of erosion in time and space, especially in arid areas with high damage potential. In fact, the morphodynamic boundaries affected by climate change have changed from past to present, leading to the expansion of the territory of wind erosion, and in recent years the dust hazard has also become an environmental issue in these areas. One of the natural occurrences and challenges for sustainable development and management in arid and semiarid areas is wind erosion. Also, wind erosion is one of the causes of soil loss and due to its wide range of activities it usually has less destructive performance than other erosions. This study was in Damghan basin. Haj Ali Gholi Playa is affected by wind erosion.

#### 2- Methodology

The data used are library data, meteorological statistics, maps, satellite imagery, field and laboratory data. Initially based on geomorphological, geological, soil, vegetation, slope, land use information, geomorphologic facies of the identified area and using 9 effective erosion potential determination models. This process was studied and the erosion class of each facies (sedimentation rate) was determined. Also, the wind as a motivating factor for wind erosion was studied using the hourly data of synoptic stations over the period (2003-2019) of the Meteorological Organization of the four stations in the basin and the annual windrose was plotted to determine its direction and velocity. After partial understanding of the wind process status to determine its rotational and local pattern system, the features of the evidence of wind erosion landforms (orientation and dispersion distribution) such as barchan, Erg, sand arrows, etc. used in field visits. Then, to determine the influence of particle size on wind erosion and dust erosion performance in this hole, 38 samples from Playa marginal areas were taken from Quaternary sediments for sedimentary experiments.

<sup>1</sup> Corresponding Author: [myamani@ut.ac.ir](mailto:myamani@ut.ac.ir)

### 3- Results

According to the results of implementation of the Erifer model for determining wind erosion potential in Damghan basin, seasonal lake bed facies, lakes and sand masses in high erosion class and seasonal mud facies and alluvial plain in middle erosion class and the coniferous facies and rough mountain slopes are in a low erosion class. This indicates that the lakeside facies have the highest potential for wind erosion due to the sediment type and the environment. This indicates that the lakeside facies have the highest potential for wind erosion due to the sediment type and the environment. In the study of wind erosion potential, it is the motivating factor of wind erosion that was intercepted and analyzed. The existence of a convective cyclone corresponding to the lowest and hottest point of the plain in the region was found to be counterclockwise in the cyclone, with converging motion toward the center. The wind cyclonic swirl pattern to the ground screw and removal of sediments in the west and southwest prevail hole. This moves eastward from the surface of the Earth, causing sand to be deposited in the southeastern half of the hole as we observe the wells of the Damghan Basin in the southeast of Playa, and in the eastern part of the wind deposits. We don't have. In fact, the movement of wind particles is a function of wind strength and erosion, surface resistance to erosion and erosion. The analysis of 38 sediment samples showed that sediments above 63 microns in the southwestern range of 66.18%, southeast of 76.33%, northwest of 93.62% and north of 97.85%.

### 4- Discussion & Conclusions

The major causes of erosion on the surface, especially in arid and semi-arid wind erosion, to prevent damage is necessary to study their properties. As the Quaternary lakes declined in volume and volume and groundwater levels declined, large areas of the older lakes, including Playa Damghan, were exposed to wind and wind erosion. The results show that a thermal cyclonic system causes the distribution of wind sands along the playa border. Also based on wind data and particle size the sediment movement in the region was then mutated and suspended in creep and wind erosion has led to the creation of landforms, and the dust hazard in the area is poorer than that. The results show that in the Damghan Playa area, due to studies of wind erosion and various forms over time, more dust has been created than the landform evidence we see today in the Playa border.

**Key Words:** Damghan Playa, Wind Erosion, Haji Ali Gholi Desert, Dust.