

## مقایسه شاخص‌های دانه‌بندی ذرات دامنه روبه باد و پشت به باد ریپل‌مارک‌های درشت

### (مطالعه موردی: ارگ حسن آباد شهرستان بافق)

فاطمه کارگران - دانشجوی کارشناسی ارشد بیابان‌زدایی، دانشگاه اردکان، یزد  
سعیده کلاتری\* - استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، یزد  
محمدجواد قانعی - استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، یزد  
مهدی تازه - استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، یزد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۰۵/۲۷      تأیید نهایی: ۱۳۹۵/۱۱/۲۵

### چکیده

این پژوهش به منظور مقایسه شاخص‌های دانه‌بندی رسوبات دامنه رو به باد و پشت به باد ریپل‌مارک‌های درشت در ارگ حسن آباد بافق، انجام شد. ابتدا از رسوبات موجود در هر یک از دو دامنه ریپل‌مارک‌های درشت نمونه‌برداری صورت گرفت سپس دانه‌بندی هر یک از نمونه‌ها، بر اساس روش الک خشک، انجام گرفت داده‌ها به دست آمده به نرم‌افزار SPSS وارد شد و به منظور بررسی معنی‌دار بودن اختلاف بین متغیرها از آزمون  $t$ -test استفاده شد همچنین با استفاده از نرم‌افزار GRADISTAT مقادیر  $d_{10}$ ،  $d_{50}$  و  $d_{90}$  برای محاسبه میانگین قطر ذرات در دو دامنه استفاده شد. با رسم نمودار دانه‌بندی تجمعی در مقیاس فی پارامترهای  $\Phi_5$ ،  $\Phi_6$ ،  $\Phi_{84}$  و  $\Phi_5$  برای محاسبه فرمول فولک و بررسی جورشدگی رسوبات محاسبه شد. نتایج این تحقیق نشان داد متوسط وزن ذرات بر روی الک‌های درشت‌تر (۱ و ۰/۵ میلی‌متر) در دامنه رو به باد (به ترتیب ۳۷۱/۴۷، ۲۴۳/۳۰ گرم) بیشتر از این مقدار در دامنه پشت به باد (به ترتیب ۱۲۹/۸۷، ۹۷/۳۹) است. اختلاف معنی‌داری بین وزن ذرات روی الک‌های کمتر از ۲ میلی‌متر در سطح ۵ درصد مشاهده می‌شود. همچنین بین مقادیر  $d_{10}$ ،  $d_{50}$  و  $d_{90}$  در رسوبات دامنه رو به باد و رسوبات دامنه پشت به باد ریپل‌مارک‌های درشت در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد. محاسبه جورشدگی به روش فولک برای ذرات دو دامنه نشان داد میانگین شاخص فولک ذرات دامنه رو به باد ۰/۶ و پشت به باد ۱ به دست آمد و لذا ذرات دامنه رو به باد دارای جورشدگی نسبتاً بالا و ذرات دامنه پشت به باد دارای جورشدگی ضعیف می‌باشند و بین جورشدگی رسوبات دو دامنه اختلاف معنی‌دار در سطح ۹۹ درصد مشاهده شد.

واژگان کلیدی: ریپل‌مارک درشت، دانه‌بندی، دامنه رو به باد، دامنه پشت به باد، ارگ حسن آباد بافق.

## مقدمه

شرایط خشک و فراخشک حاکم بر بخش وسیعی از ایران با بارندگی کمتر از ۱۵۰ میلی‌متر در سال موجب شده است که حدود ۸۰ میلیون هکتار از مساحت ایران را مناطق کویری، تپه‌های ماسه‌ای و مناطق با پوشش گیاهی ناچیز بپوشاند (رفاهی، ۱۳۸۸، ۸).

در حال حاضر، حدود ۳۶ درصد سطح خشکی‌های زمین را مناطق خشک و نیمه‌خشک در بر گرفته که ۱۹ درصد از این سطوح کاملاً خشک و فاقد حیات گیاهی است. در کشور ایران نیز بین یک‌سوم تا یک‌چهارم سطوح خشک ایران با ماسه‌های روان پوشیده شده است (اختصاصی، ۱۳۷۵، ۹۷). خطر فرسایش بادی در مناطقی شدیدتر است که خاک سست، خشک و برهنه بوده و بادهای با سرعت و تکرار زیاد وجود داشته باشد (کاردوس و همکاران، ۲۰۰۵، ۳۱۹۸). مطالعه در مورد کیفیت و خصوصیت‌های اشکال فرسایش بادی و همچنین ارتباط این اشکال با لندفرم‌های دیگر و پدیده‌هایی موجود در محیط ضروری به نظر می‌رسد؛ زیرا معیاری مهم و بارز در ارزیابی شرایط منابع طبیعی است به‌ویژه در مناطقی که حساسیت بالایی نسبت به فرسایش دارند. فرسایش بادی یکی از جنبه‌های مهم تخریب اراضی در مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (کوپینگر و همکاران، ۱۹۹۱، ۲۵۶).

تاکنون بحث‌های زیادی برای شناسایی شاخص‌های مناسب جهت ارزیابی سریع شدت و وسعت تخریب در مناطق خشک صورت گرفته است. استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیکی به علت اینکه می‌توان آن‌ها را به‌صورت کمی اندازه گرفت و همچنین ارتباط مستقیمی که با فرایندهای فرسایش و رسوب دارند، از اهمیت بالایی برخوردار می‌باشد.

ریپل‌مارک‌ها امواجی هستند که در اثر وزش باد بر روی عرصه‌های ماسه‌ای ایجاد می‌شوند. وقتی که باد بر روی بستر ماسه‌ای می‌وزد، باعث حرکت ماسه‌ها و در نتیجه تشکیل ریپل‌مارک‌ها می‌گردد. (مونتانی و توماس، ۲۰۰۲، ۸۰۶). پیچیدگی الگوی تپه‌ها می‌تواند تغییرات شدید رژیم باد را نشان دهد (سیلوستر و همکاران، ۲۰۱۰، ۸۴). ریپل‌مارک‌ها اشکال و اندازه‌های کوچکی هستند که اساساً به‌وسیله فشار جهشی تشکیل می‌شوند. طول موج‌های آن‌ها با طول موج حرکت ذرات جهنده ارتباط دارد، در نتیجه از بی‌ثباتی آئرودینامیکی تشکیل شده‌اند. (چورلی و همکاران، ۱۳۸۴). در واقع سطوح هموار، ابتدا به‌صورت موج‌هایی نامرتب توسعه می‌یابند، سپس خمیدگی‌های کوتاهی به‌صورت امواج متقاطع، مداوم و مرتب در جهت باد به وجود می‌آید (مونتانی و جاجر، ۲۰۰۴، ۷۱۶). با توجه به اینکه سرعت باد در زمان‌های مختلف تغییر می‌یابد، به تبع آن باید میزان اثر باد بر روی ماسه‌ها و تغییر شکل آن‌ها نیز متفاوت باشد. از طرفی ماسه‌های بادی در مناطق خشک بسته به شرایط محیطی منطقه باعث ایجاد اشکال مورفولوژیکی متفاوتی می‌گردد که یکی از این اشکال ریپل‌مارک است. مقیاس ریپل‌مارک‌ها متناسب با سرعت باد است (میاو و همکاران، ۲۰۰۱، ۲۰) هر چه طول موج ریپل‌مارک‌ها بزرگ‌تر باشد بادهای منطقه قوی‌تر بوده و دانه‌بندی درشت‌تر است (اختصاصی، ۱۳۸۸، ۵۹) به‌عبارت‌دیگر هر چه قطر ذرات درشت‌تر باشد. بیانگر شدید بودن بادهای منطقه است، بنابراین هر چه ذرات درشت‌تر باشند، مقاومت آن‌ها در مقابل فرسایش بادی بیشتر است (رفاهی، ۱۳۸۸، ۵۶).

از ریپل‌مارک‌ها می‌تواند برای تشخیص حرکت باد استفاده کرد (بیشوف و همکاران، ۲۰۰۲، ۹). در سرعت ۱/۴ سانتی‌متر بر دقیقه اندازه ریپل‌مارک‌ها برابر با ۱۰ سانتی‌متر بوده و در سرعت ۰/۱۵ سانتی‌متر بر دقیقه اندازه آن‌ها به بزرگی ۸۰ سانتی‌متر می‌رسد (لرنز و والدز، ۲۰۱۱، ۱). ریپل‌مارک‌های معمولی ارتفاع ۳ تا ۲۵ سانتی‌متر دارند و فاصله قله آن‌ها در حدود ۱۰ برابر ارتفاع آن‌ها است (احمدی، ۱۳۸۷، ۳۹۵). در مناطق خشک و بیابانی ریپل‌مارک‌ها در حد سانتی‌متر دیده می‌شود (پیکارد و هیق، ۲۰۰۹، ۲۲۳). طول موج و ارتفاع ریپل‌مارک‌ها ارتباط بسیار زیادی با فاصله از موانع دارد. در بادپناه موانع، سرعت و انرژی باد به مقدار قابل توجهی کاهش پیدا می‌کند، به‌طوری‌که در فواصل نزدیک به مانع، ارتفاع و طول موج ریپل‌مارک‌ها افزایش می‌یابد، اما هر چه فاصله از موانع زیاد شود، اندازه طول موج و ارتفاع ریپل‌مارک‌ها کوچک‌تر می‌شود (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۲، ۲۰). ریپل‌مارک‌های کوچک نمی‌توانند در دامنه رو به باد پخش

شوند (لرنز، ۲۰۱۰، ۲۳۱). الگوی ریپل‌مارک‌های ماسه‌ای تحت تأثیر شرایط محیطی تشکیل‌دهنده آن‌ها قرار دارند (سالاری و همکاران، ۱۳۹۳، ۱۴۵).

قانعی بافقی (۱۳۸۵) در پایان‌نامه کارشناسی ارشد خود جهت بادهای غالب و فرساینده تپه‌های ماسه‌ای جنوب بافق را تعیین کرده است. وی این جهات را با داده‌های هواشناسی و اشکال تپه‌های ماسه‌ای که مؤید جهت باد است مقایسه کرده و قابل‌اطمینان بودن شاخص‌های گرانولومتری در تعیین جهت بادهای فرساینده و غالب منطقه را اثبات کرده است. مهرشاهی و نکونام (۱۳۸۸) گزارش دادند که ریپل‌مارک‌ها جزء کوچک‌ترین عوارض ماسه‌ای می‌باشند که امتداد آن‌ها عمود بر جهت بادهای توفان‌زا بوده و برش عرضی آن‌ها نامتقارن است.

قانعی بافقی و یاراحمدی (۱۳۹۰) به بررسی رابطه دانه‌بندی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای با جهت باد فرساینده، در ارگ حسن‌آباد بافق پرداختند. هدف اصلی از اجرای این طرح ارائه شاخصی علاوه بر شاخص‌های موجود برای تعیین جهت باد فرساینده در منطقه بود که نشان داد جهت بادهای فرساینده قطاع شمالی می‌باشد.

توکلی فرد و همکاران (۱۳۹۲) به منظور مقایسه دانه‌بندی رسوبات بادی در اشکال مختلف تپه‌های ماسه‌ای و نیز قسمت‌های مختلف تپه‌های عرضی واقع در قسمت شمالی ارگ کاشان تحقیقاتی انجام دادند و به این نتیجه رسیدند که همگنی ابعاد دانه‌های ماسه در تپه‌های مختلف متفاوت است و این ناشی از تفاوت تغییرات سرعت باد در قسمت مختلف ارگ و همچنین تپه‌های مختلف است.

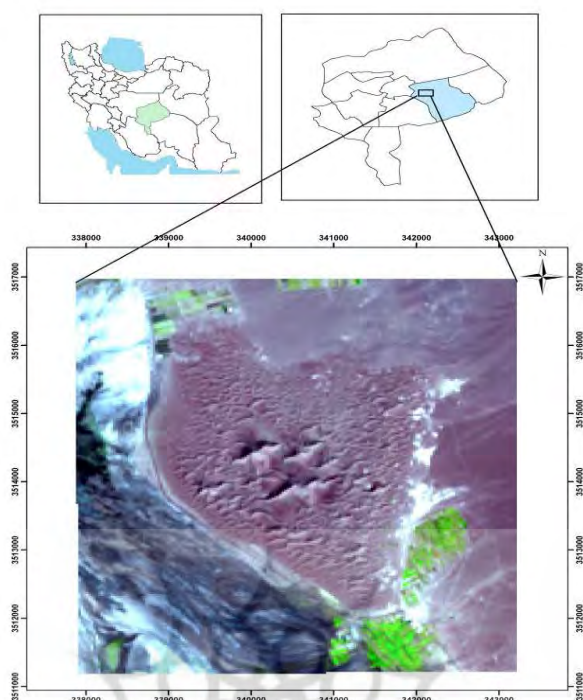
مقصودی (۱۳۹۳) به تحلیل مورفومتری پیکان‌های ماسه‌ای حاصل از گونه خارشتر در غرب دشت لوت (شرق شهداد) پرداخت. نتایج حاصل از گرانولومتری ماسه نشان می‌دهد که هر چه از قاعده پیکان به سمت وسط و رأس آن پیش رویم رسوبات درشت‌دانه کمتر مشاهده می‌شود و تجمع رسوبات درشت‌دانه بیشتر در قاعده‌ی پیکان‌هاست که رو به باد می‌باشد.

ضرورت انجام این تحقیق آگاهی از اندازه قطر رسوبات در دامنه رو به باد و پشت به باد ریپل‌مارک‌های درشت می‌باشد که قطر ذرات در دامنه رو به باد درشت‌تر از پشت به باد است.

هدف از انجام این تحقیق کمی کردن پارامترهای کیفی ژئومورفولوژی، رابطه باد با قطر دانه‌ها و اثر آن در شرایط مختلف مکانی، تأثیر موانع در انحراف باد و تشکیل ریپل‌مارک‌های مختلف، همچنین بررسی اثر باد در انتقال مواد بر روی ریپل-مارک‌های درشت می‌باشد.

**معرفی منطقه مورد مطالعه:**

ارگ حسن‌آباد در ۱۸ کیلومتری شمال غرب شهرستان بافق و در عرض جغرافیایی  $31^{\circ}40'20''$  تا  $31^{\circ}43'58''$  درجه شمالی و طول جغرافیایی  $55^{\circ}20'3''$  تا  $55^{\circ}17'55''$  درجه شرقی واقع شده است (شکل شماره ۱). این ارگ شکلی شبیه به لوزی دارد و گستره آن شمالی جنوبی است. قطر بزرگ آن ۵ کیلومتر و قطر کوچک آن در حدود ۴ کیلومتر است. تپه‌ها دارای جهت شرقی غربی هستند و در مرکز این ارگ تپه‌های ماسه‌ای ستاره‌ای قابل مشاهده است. ارتفاع متوسط از سطح دریا ۹۷۵ متر است. تپه‌ها در حاشیه دارای بیشینه ارتفاع ۱۰ تا ۱۵ متر هستند که با حرکت به سمت مرکز و تپه‌های ستاره‌ای آن، این ارتفاع تا ۳۵ متر افزایش می‌یابد. این ارگ در شمال به روستای حسن‌آباد و در جنوب به روستای صادق‌آباد بافق محدود می‌گردند.



شکل ۱: نمای کلی از موقعیت منطقه مورد مطالعه در شمال غرب شهرستان بافق

#### مواد و روش‌ها:

در ارگ حسن‌آباد بافق دو نوع ریپل‌مارک مشاهده می‌شود یکی ریپل‌مارک کوچک که در همه جای این ارگ پراکنده شده است و دیگری ریپل‌مارک‌های درشت که فقط در بین تپه‌ها، در جاهایی که باد بر اثر کانالیزه شدن سرعت زیادی پیدا می‌کند، دیده می‌شود. برای انجام این پژوهش ابتدا با کمک تصاویر ماهواره‌ای تپه‌ها مورد بررسی مشخص گردید و با مراجعه به منطقه مورد مطالعه (ارگ حسن‌آباد بافق) ریپل‌مارک‌های درشت شناسایی شد (شکل ۲). با توجه به هدف تحقیق، نمونه‌برداری از رسوبات دامنه رو به باد و دامنه پشت به باد ریپل‌مارک‌های درشت صورت گرفت این نمونه‌برداری به صورت کاملاً تصادفی و روی ۳۶ ریپل‌مارک درشت صورت گرفت این نمونه‌های ۱۰۰۰ گرمی در پاکت پلاستیکی نگهداری شد و برای انجام آنالیز به آزمایشگاه منتقل شد.

در آزمایشگاه نمونه‌ها از سری الک‌های ۰٫۲، ۰٫۵، ۰٫۲۵، ۰٫۱۲۵، ۰٫۰۶۳ میلی‌متر، به مدت ۱۰ دقیقه، توسط شیکر عبور داده شد. با توجه به اینکه نمونه‌ها فاقد ذرات کلوخه بودند تمام نمونه‌ها به روش خشک الک گردید و وزن نمونه‌ها در هر الک به دقت اندازه‌گیری و یادداشت گردید. داده‌های به دست آمده در نرم‌افزار SPSS وارد گردید و به منظور بررسی اختلاف دانه‌بندی در دو دامنه ریپل‌مارک از آزمون تی استفاده شد.



شکل ۲: ریپل‌مارک‌های درشت در ارگ حسن‌آباد بافق

به‌منظور رسم نمودارها از نرم‌افزار اکسل استفاده شد و همچنین برای بررسی جور شدگی داده‌ها از فرمول فولک استفاده گردید که به شرح زیر می‌باشد (احمدی، ۱۳۸۷):

$$(1) \quad \partial$$

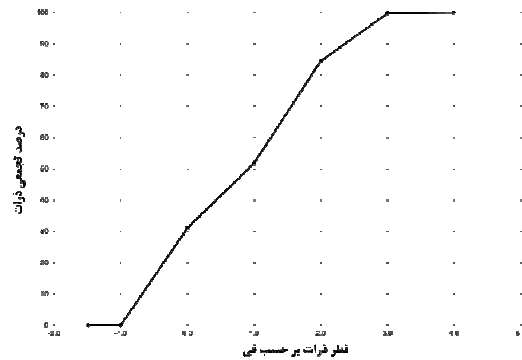
که در آن  $\varphi_{95}$ ،  $\varphi_{84}$ ،  $\varphi_{16}$  و  $\varphi_5$  به ترتیب ۱۶، ۸۴، ۹۵ و ۵ درصد وزنی ذرات دارای قطری کمتر از آن باشد. نتایج حاصل از فرمول فولک با جدول شماره ۱ مقایسه می‌شود.

جدول ۱: طبقه‌بندی ضرایب جور شدگی فولک

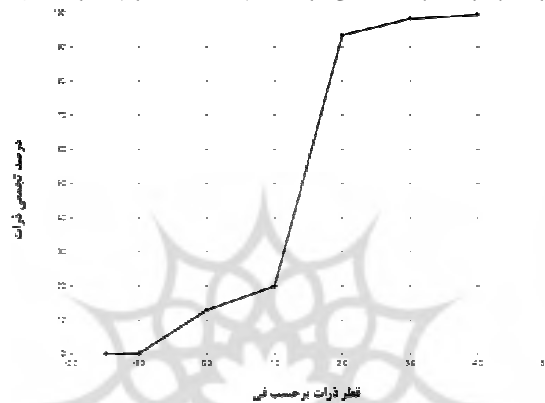
توصیف کیفی	شاخص جور شدگی ( $\partial$ )
جور شدگی خیلی بالا	۰-۰/۳۵
جور شدگی بالا	۰/۳۵-۰/۵
جور شدگی نسبتاً بالا	۰/۵-۰/۷۱
جور شدگی متوسط	۰/۷۱-۱
جور شدگی ضعیف	۱-۲
جور شدگی خیلی ضعیف	۲-۴
جور نشده	>۴

### نتایج

به‌منظور استخراج پارامترهای لازم برای محاسبه فرمول‌های مذکور در بخش مواد و روش‌ها نمودارهای تجمعی ذرات در مقیاس فی برای تمام نمونه‌ها رسم گردید که نمونه‌هایی از آن در شکل‌های ۳ و ۴ ارائه شده است این نمودارها نشان‌دهنده تفاوت قطر ذرات از لحاظ متغیرهای مورد مطالعه است. با توجه به نمودارهای زیر هرچه نمودار عمودی‌تر باشد دارای جور شدگی بیشتری خواهد بود. بنابراین با توجه به شکل‌های ۳ و ۴ نتیجه گرفته می‌شود که قطر ذرات در دامنه رو به باد دارای شیب بیشتر و جور شدگی بیشتری ولی قطر ذرات در دامنه پشت به باد شیب کمتر و جور شدگی کمتر است.



شکل ۳: نمودار قطر ذرات برحسب میکرون در دامنه پشت به باد ریل‌مارک‌های درشت



شکل ۴: نمودار قطر ذرات برحسب میکرون در دامنه رو به باد ریل‌مارک‌های درشت

خلاصه آماری وزن نمونه‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS محاسبه گردید که نتایج آن در جدول ۲ آورده شده است. با توجه به این جدول در دامنه پشت به باد وزن رسوبات روی الک ۰/۲۵ میلی‌متر از وزن رسوبات روی سایر الک‌ها بیشتر و میانگین آن برابر ۴۵۹/۹۸ می‌باشد و در دامنه رو به باد وزن ذرات روی الک ۱ میلی‌متری از وزن رسوبات روی سایر الک‌ها بیشتر و میانگین آن برابر ۳۷۱/۴۷ می‌باشد، که نشان‌دهنده این است که قطر ذرات در دامنه رو به باد بیشتر از پشت به باد است. ضمناً وزن روی الک‌های درشت در دامنه رو به باد بیشتر از وزن روی الک‌های ریز است.

جدول ۲: خلاصه آماری وزن نمونه‌ها برحسب گرم در دو منطقه رو به باد و پشت به باد بر روی سری الک‌های مختلف

محل	الک (میلی‌متر)	میانگین	چولگی	کج شدی	چارک اول	چارک دوم (میان)	چارک سوم	انحراف معیار	ضریب تغییرات
پشت به باد	۲	۲/۵۹	۵/۲۶	۲۹/۴۷	۰/۱۲	۰/۵۸	۰/۲۷	۷/۹۷	۶۲/۶۱
	۱	۱۲۹/۸۷	۱/۹۱	۶/۳۲	۵۴/۲۶	۹۹/۱۱	۱۹۵/۲۵	۱۰۸/۳۸	۱۱۷۴۷/۰۴
	۰/۵	۹۷/۲۹	۴/۷۵	۲۵/۸۳	۶۵/۹۴	۸۱/۵۶	۱۰۴/۱۹	۷۹/۰۸	۶۲۵۳/۷۴
	۰/۲۵	۴۵۹/۹۸	-۰/۴۹	۰/۳۳	۳۷۳/۲۶	۴۸۴/۲۲	۵۴۹/۷۹	۱۲۸/۸۵	۱۶۶۰۴/۳۵
	۰/۱۲۵	۲۹۹/۷۵	-۱/۳۷	۲/۳۶	۲۷۶/۷۶	۳۱۷/۲۹	۳۴۹/۵۳	۹۰/۱۱	۸۱۲۰/۷۸
	۰/۰۶۳	۷/۳۹	۰/۲۷	۰/۲۴	۵/۳۷	۷/۲۵	۸/۶۶	۲/۹۱	۸/۵۰
	<۰/۰۶۳	۳/۱۰	۰/۸۴	-۲/۴۱	۱/۲۷	۲/۵۵	۴/۷۵	۲/۴۱	۵/۸۲
روبه باد	۲	۰/۵۰	۳/۸۲	۱۴/۵۸	۰	۰/۰۳	۰/۲۷	۱/۴۲	۲/۰۳
	۱	۳۷۱/۴۷	-۱/۰۶	۰/۲۶	۳۰۹/۷۴	۴۱۵/۸۴	۴۹۶/۸۶	۱۷۶/۲۹	۳۱۰۸۰/۱۹
	۰/۵	۲۴۳/۳۰	۰/۲۱۶	۰/۱۰	۱۸۷/۰	۲۳۵/۳۸	۳۰۶/۷۹	۱۰۹/۳۱	۱۱۹۴۹/۶۶
	۰/۲۵	۲۵۲/۹۹	۱/۵۲	۲/۰۲	۱۹۰/۰۴	۲۱۴/۵۱۷	۲۷۱/۳۵	۱۱۹/۴۶	۱۴۲۷۱/۰۲
	۰/۱۲۵	۱۲۹/۸۲	۱/۲۳	۰/۷۱	۷۴/۵۲	۱۰۸/۹۱	۱۶۳/۳۸	۸۳/۸۳	۷۰۲۹/۰۳
	۰/۰۶۳	۱/۶۵	۲/۶۱	۷/۲۵	۰/۳۶	۰/۹۱	۲/۰۱	۲/۲۲	۴/۹۶
	<۰/۰۶۳	۰/۲۴	۱/۵۳	۱/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۱	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۰۹

به منظور بررسی اختلاف وزن نمونه‌ها با قطرهای مختلف، در دو دامنه ریپل مارک‌های درشت، از آزمون تی استفاده شد. نتایج نشان داد فقط وزن ذرات روی الک ۲ میلی‌متر در سطح اطمینان ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند ولی وزن ذرات روی الک‌های ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۰۶۳ و کمتر از آن (وزن ذرات روی الک‌های کمتر از ۲ میلی‌متر)، در سطح ۵ درصد معنی‌دار می‌باشند. نتایج این بررسی در جدول ۳ ارائه شده است.

جدول ۳: نتایج حاصل از آزمون تی مربوط به وزن ذرات در ریپل مارک‌های درشت

الک (میلی‌متر)	گروه	درجه آزادی	T
۲	روبه باد پشت به باد	۳۷/۲۳	۱/۵۵
۱	روبه باد پشت به باد	۷۰	-۷/۰*
۰/۵	روبه باد پشت به باد	۷۰	-۶/۴۹*
۰/۲۵	روبه باد پشت به باد	۷۰	۷/۰۶*
۰/۱۲۵	روبه باد پشت به باد	۷۰	۸/۲۸*
۰/۰۶۳	روبه باد پشت به باد	۷۰	۹/۳۷*
<۰/۰۶۳	روبه باد پشت به باد	۷۰	۷/۰۶*

برای مشاهده اختلاف معنی‌دار بین مقادیر،  $d_{10}$ ،  $d_{50}$  و  $d_{90}$  در ریپل مارک‌های درشت بررسی‌هایی صورت گرفته که نتایج آن در جدول ۴ ارائه شده است. در این جدول مقدار  $d_{10}$ ، برابر است با ذراتی که ۱۰ درصد آن‌ها دارای قطری کمتر از آن باشد.  $d_{50}$ ، برابر است با ذراتی که ۵۰ درصد آن‌ها دارای قطری کمتر از آن باشد و  $d_{90}$ ، برابر است با ذراتی که ۹۰ درصد آن‌ها دارای قطری کمتر از آن باشد که با استفاده از نرم‌افزار GRADISTAT مشخص شد. در مقادیر،  $d_{10}$ ،  $d_{50}$  و  $d_{90}$  بین رسوبات دامنه رو به باد و پشت به باد ریپل مارک‌های درشت در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار وجود دارد.

جدول ۴: نتایج حاصل از آزمون تی مقادیر،  $d_{10}$ ،  $d_{50}$  و  $d_{90}$  در رسوبات ریپل مارک‌های درشت

قطر	گروه	میانگین (میکرون)	درجه آزادی	T
D10	پشت به باد	۱۶۲/۴۹	۷۰	-۶/۷۶۱*
	رو به باد	۲۴۱/۳۰		
D50	پشت به باد	۳۵۷/۶	۷۰	-۷/۰۲۳*
	رو به باد	۷۲۳/۴۵		
D90	پشت به باد	۱۰۴۳/۷۳	۶۸/۳۴۲	-۵/۷۱۳*
	رو به باد	۱۵۵۲/۲۳		

با توجه به معادله فولک و جداول ۱ و ۵ که نتایج حاصل از محاسبه جور شدگی رسوبات دامنه رو به باد و پشت به باد ریپل مارک‌های درشت را ارائه می‌دهد می‌توان نتیجه گرفت که چون میانگین قطر ذرات دامنه رو به باد ۰/۶ و پشت به باد ۱ به دست آمد بنابراین ذرات دامنه رو به باد دارای جورشدگی نسبتاً بالا و ذرات دامنه پشت به باد دارای جورشدگی ضعیف است.

جدول ۵: اطلاعات به دست آمده از فرمول فولک در ریپل مارک‌های درشت

محل	ضریب فولک	
	حداکثر	حداقل
پشت به باد	۱/۵۴۱۳۶۴	۰/۳۶۶۸۱۸
رو به باد	۱/۵۲۰۸۳۳	۰/۲۰۴۹۲۴

به منظور مشاهده اختلاف معنی دار بین جور شدگی رسوبات دامنه رو به باد و رسوبات دامنه پشت به باد ریپل مارک‌های درشت از نظر فرمول فولک بررسی‌هایی صورت گرفت که در جدول ۶ آورده شده است. بر اساس این جدول در سطح اطمینان ۹۹ درصد اختلاف معنی داری بین جور شدگی رسوبات دامنه رو به باد و دامنه پشت به باد ریپل مارک‌های درشت مشاهده می‌شود.

جدول ۶: نتایج حاصل از آزمون تی جور شدگی رسوبات ریپل مارک‌های درشت

صفات	گروه	درجه آزادی T
فولک	رو به باد پشت به باد	۶/۵۷**

### بحث و نتیجه‌گیری

شناسایی رفتار ریپل مارک‌ها به عنوان یکی از اشکال فرسایش بادی تأثیر بسیار زیادی بر شناخت و کنترل فرسایش بادی در مناطق مختلف خواهد داشت. خصوصیات این امواج تابع عوامل متعددی از جمله رژیم باد و ویژگی‌های مانع می‌باشد. این پژوهش سعی در مقایسه شاخص‌های دانه‌بندی ذرات دامنه رو به باد و پشت به باد ریپل مارک‌های درشت ارگ حسن‌آباد شهرستان بافق دارد. نتایج حاصل از خلاصه آماری وزن نمونه‌ها نشان داد که قطر ذرات در دامنه رو به باد بیشتر از پشت به باد است. این وضعیت در الک‌های درشت‌تر به وضوح مشخص است، به نحوی که در الک‌های ۱ و ۲ میلی‌متر در دامنه رو به باد وزن بیشتری از دامنه پشت به باد رسوب جمع شده و در الک‌های کوچک‌تر این وضعیت برعکس می‌باشد و در دامنه پشت به باد مقدار رسوب در این الک‌ها بیشتر است. نتایج حاصل از آزمون تی مقادیر  $d_{90}$  و  $d_{50}$  بین رسوبات دامنه رو به باد و پشت به باد ریپل مارک‌های درشت نیز مؤید همین نتیجه می‌باشد. این مقایسه نشان داد که در سطح ۵ درصد اختلاف معنی دار بین رسوبات دو دامنه وجود دارد. نتایج این بخش از تحقیق با نتایج مقصودی (۱۳۹۳) همخوانی دارد. وی نیز به این نتیجه رسیده بود که در جهت باد ذرات درشت‌ترند. نتایج حاصل از آزمون تی در مقایسه وزن رسوبات روی الک در این دو دامنه نیز با نتیجه بالا همخوانی دارد. این نتایج نشان داد که وزن ذرات بر روی الک‌های ۱، ۰/۵، ۰/۲۵، ۰/۱۲۵، ۰/۰۶۳ میلی‌متر (کمتر از ۲ میلی‌متر)، در سطح اطمینان ۵ درصد معنی دار می‌باشند؛ در ریپل مارک‌های درشت فقط اختلاف وزن ذرات روی الک ۲ میلی‌متر در سطح اطمینان ۵ درصد معنی دار نمی‌باشند، که علت آن را می‌توان مقدار ناچیز وزن این ذرات روی الک‌ها دانست.

با توجه به فرمول فولک و اطلاعات به دست آمده مشاهده شد ذرات دامنه رو به باد دارای جور شدگی نسبتاً بالا و ذرات دامنه پشت به باد دارای جور شدگی ضعیف می‌باشد که علت آن را می‌توان حمل رسوبات سبک توسط باد از دامنه رو به باد و تجمع آن‌ها در دامنه پشت به باد و مخلوط شدن رسوبات در این ناحیه دانست به عبارت دیگر به علت حمل ذرات از دامنه رو به باد یکنواختی و جور شدگی در این ناحیه بیشتر و به علت تجمع ذرات حمل شده از دامنه رو به باد به دامنه پشت به باد و مخلوط شدن ذرات یکنواختی و جور شدگی ذرات در این ناحیه کمتر می‌باشد؛ این اختلاف با نتایج حاصل از آزمون تی در مقایسه جور شدگی ذرات دو دامنه بر اساس فرمول فولک تأیید می‌شود، به نحوی که در سطح ۹۹ درصد اختلاف معنی داری بین جور شدگی رسوبات مشاهده شد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت قطر ذرات در دامنه رو به باد دارای جور شدگی بیشتری نسبت به پشت به باد است.



## منابع

- احمدی، حسن، ۱۳۸۷، ژئومورفولوژی کاربردی (جلد ۲ فرسایش بادی)، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- اختصاصی، محمدرضا، ۱۳۷۵، منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای در حوزه دشت یزد-اردکان، چاپ اول، انتشارات موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران.
- اختصاصی، محمدرضا، ۱۳۸۸، جزوه ژئومورفولوژی، انتشارات مرکزی دانشگاه یزد.
- توکلی فرد، اصغر و علی‌اکبر نظری سامانی و ناصر مشهدی و هدی قاسمیه و هدایی آرانی مجتبی، ۱۳۹۲، بررسی دانه بندی رسوبات بادی در رابطه با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای، مجله منابع طبیعی، دوره ۶۷، شماره ۲، صص ۲۰۲-۱۸۹.
- سالاری، نرگس و علیرضا تقیان و ولی عباسعلی، ۱۳۹۳، مطالعه خصوصیات مورفومتری ریبیل‌مارک‌ها در سه‌لند فرم مختلف، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال دوم، شماره ۴، صص ۱۵۶-۱۴۵.
- چورلی، ریچارد جی و شوم استانلی و سودن، دیوید، ۱۳۸۴، ژئومورفولوژی (جلد اول: دیدگاه‌ها)، ترجمه احمد معتمد، انتشارات سمت، تهران.
- رفاهی، حسینقلی، ۱۳۸۸، فرسایش بادی و کنترل آن، چاپ پنجم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- قانع بافقی، محمدجواد، ۱۳۸۵، منشأ یابی تپه‌های ماسه‌ای جنوب بافق و بررسی شیوه‌های کنترل آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، استاد راهنما حسن احمدی، رشته بیابان‌زدایی، دانشگاه تهران.
- قانع بافقی، محمدجواد و یاراحمدی علی‌رضا، ۱۳۸۹، بررسی رابطه گرانولومتری رسوبات تپه‌های ماسه‌ای با جهت باد غالب، نشریه مرتع و آبخیزداری، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۳، شماره ۲، صص ۲۴۸-۲۳۵.
- مهرشاهی، داریوش و نکونام زری، ۱۳۸۸، چهره‌های شگفت‌انگیز فرسایش بادی در بیابان‌های ایران، مجله رشد آموزش جغرافیا، دوره ۲۴، شماره ۱، صص ۳-۹.
- نگهبان، سعید و مجتبی یمانی و مهران مقصودی و عزیز قاسم، ۱۳۹۲، بررسی تراکم ژئومورفولوژی و پهنه‌بندی ارتفاعی نیکاهای حاشیه غربی دشت لوت و تأثیرات پوشش گیاهی بر مورفولوژی آن‌ها، مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال اول، شماره ۴، صص ۴۲-۱۷.
- Bishop, S R, Momiji, H, Carretero-González, R, and Warren, A., 2002, Modelling desert dune fields based on discrete dynamics, *Discrete Dynamics in Nature and Society*, Vol. 7, No. 1, pp.7-17.
- Coppinger, K D, Reiners, W A, Burke, I C, and Olson, R K., 1991, Net erosion on a sagebrush steppe landscape as determined by cesium-137 distribution, *Soil Science Society of America Journal*, Vol. 55, No. 1, pp.254-258.
- Kardous, M, Bergametti, G, and Marticorena, B., 2005, November, Wind tunnel experiments on the effects of tillage ridge features on wind erosion horizontal fluxes, *In Annales Geophysicae*, Vol. 23, pp. 3195-3206.
- Lorenz, R D, Valdez, A., 2011, Variable wind ripple migration at great sand dunes national park and preserve, observed by timelapse imaging, Vol. 133, pp.1-10.
- Lorenz, R D., 2010, Observations of Aeolian Ripple migration on an Egyptian Seif Dune using an Inexpensive Digital Timelapse Camera, Vol. 3, pp. 229-234.
- Miao, T D, Mu, Q S. and Wu, S Z., 2001, Computer simulation of aeolian sand ripples and dunes, *Physics Letters A*, Vol. 288, pp.16-22.
- Mountney, N P, and Jagger, A., 2004, Stratigraphic evolution of an aeolian erg margin system: the Permian Cedar Mesa Sandstone, SE Utah, USA. *Sedimentology*, Vol. 51, No. 4, pp.713-743.

- Mounthey, N P, and Thompson, D B., 2002, *Stratigraphic evolution and preservation of aeolian dune and damp/wet interdune strata: an example from the Triassic Helsby Sandstone Formation, Cheshire Basin, UK*. *Sedimentology*, Vol. 49, No. 4, pp.805-833.
- Picard, M D, High Jr LR., 2009, *Sedimentary structures of ephemeral streams, Developments in Sedimentology, newyork, Vol.17, p.223.*
- Silvestro, S Di Achille, G Ori, G.G. ,2010, *Dune morphology, sand transport pathways and possible source areas in east Thaumasia Region (Mars)* Vol. 121, No. 1, pp.84-97.

