

تحلیل آماری قطر رسوبات برخان‌های غرب بیابان لوت و بررسی نوع و منشأ آنها



مهران مقصودی*: دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه تهران

صدیقه محبوبی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

مهدی بهاروند: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

زهره خان‌بابایی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

ابوطالب محمدی: دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

تاریخ پذیرش: ۹۵/۱۱/۱۹

تاریخچه مقاله (تاریخ دریافت): ۹۵/۱۰/۱۱

چکیده

یکی از فراوان‌ترین و مشخص‌ترین نوع تپه‌های ماسه‌ای - که حاصل تراکم ماسه در نواحی بیابانی اند - تپه‌های هلالی شکلی هستند که به برخان شهرت دارند. در این پژوهش، مؤلفه‌های گرانولومتری ۷ برخان از جمله میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی و ... در منطقه‌ی پشوئیه، در غرب بیابان لوت، بررسی شد؛ تا نوع، دانه‌بندی و منشأ رسوبات این برخان‌ها مشخص شود. ابتدا ۴۲ نمونه از قسمت‌های مختلف این برخان‌ها برداشت شد که عبارت بودند از: نمونه‌گیری از بازوی راست، بازوی چپ، دامنه‌ی پشت به باد، دو نمونه از دامنه‌ی رو به باد و یک نمونه از رأس برخان. در آزمایشگاه ژئومورفولوژی، از هر نمونه ۱۰۰ گرم انتخاب و توسط دستگاه شیکر الک و نمونه‌های هر الک وزن شد و پس از انجام کارهای آزمایشگاهی، اعداد و ارقام آنها به نرم‌افزار *GRADISTAT* منتقل و در این نرم‌افزار، تحلیل و تفسیر شد و جداول و نمودارها از آن استخراج گردید. در انتها نیز تعدادی از دانه‌ها برای مقایسه‌ی نتایج با یکدیگر مرفوسکوپی شدند. نتایج حاصل شده نشان داد که بیشترین میانگین قطر رسوب در برخان‌ها، مربوط به برخان شماره‌ی ۳ با ۲/۵۰۲ فی است که از قرار گرفتن برخان در معرض مخروط‌افکنه حاصل می‌شود. بیشترین درصد اندازه ذرات تشکیل‌دهنده‌ی لایه‌ها، ماسه است. بیشتر برخان‌ها جورشدگی نسبتاً بالا دارند و با توجه به اینکه بافت رسوبات برخان‌ها، غالباً ماسه‌ای و ریزدانه و اغلب به سمت ذرات ریزدانه یا متقارن کج‌شدگی دارند. همان‌طور که نتایج بررسی‌ها از جمله ضریب کرومباین نیز نشان داد؛ رسوبات برخان‌ها بیشتر منشأ رودخانه‌ای دارد و چون در انتهای مخروط‌افکنه‌ها واقع شده، اغلب ریزدانه‌اند.

واژگان کلیدی: برخان، پشوئیه، ریگ لوت، گرانولومتری، مورفولوژی.

۱- مقدمه

طبقه‌بندی دانه‌های یک رسوب با قطرهای مختلف را دانه‌بندی یا گرانولومتری می‌گویند. با اندازه‌گیری قطر ذرات در رسوبات ناپیوسته، می‌توان تغییرات قطر دانه‌ها و تراکم (نسبت درصد هر یک از دانه‌ها) آن را تعیین کرد (Ahmadi, 1998).

تحلیل‌های گرانولومتریکی، یکی از ابزارهای متداول در تعیین منشأ، شناخت ماسه‌های بادی و تحقیقات کویرزایی به شمار می‌رود که برای رسیدن به این امر، از پارامترهای مربوط به اندازه‌ی ذرات ماسه و تحلیل‌های آماری همچون میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی و ... استفاده می‌شود (Guang et al, 2004).

بعد از اولین تحقیقات در زمینه‌ی پارامترهای مربوط به اندازه‌ی ذرات در دهه‌ی 1930، 1950 و 1960 قرن بیستم، تحقیقات زیادی در این زمینه انجام شد که در بیشتر این تحقیقات به منظور درک ویژگی‌های ذرات ماسه، بر درستی و ریز بودن ماسه‌ها تأکید شده‌است (Folk, 1974). در اکثر این تحقیقات، به بررسی الگوهای انتقال رسوبات بادی و رفتار دینامیکی رسوبات می‌پرداختند تا اینکه در اوایل دهه‌ی 1980، این‌گونه مطالعات بیشتر بر روی پارامترهای مشخصی از قبیل میانگین قطر ذرات، جورشدگی و کشیدگی دانه‌های رسوب متمرکز شد؛ به طوری که McLaren (1981) اولین مدل را در زمینه‌ی انتقال رسوب ارائه داد که بیشتر براساس مطالعه و ترکیب پارامترهای آماری استوار بود.

تغییر در اندازه‌ی ذرات ماسه، فاکتور مهمی به منظور درک مورفولوژی در ماسه‌های در دسترس و فرایندهای دینامیک شکل دهنده‌ی تپه‌های ماسه‌ای از قبیل پوشش گیاهی و ... و فاصله‌ی آنها از منابع ماسه است (Barndorff & Bagnold, 1937 & Lancaster, 1985 & Tsoar, 1986 & Bagnold, 1980).

مهمترین ویژگی تپه‌های ماسه‌ای، پویایی و تحرکات جانبی آنهاست که بخشی از آنها کانون‌های بحران و تهدیدکننده‌ی حریم مراکز مسکونی شهری و روستایی، مراکز اقتصادی، نظامی و شریان‌های ارتباطی هستند (Mahmudi, 2011). تپه‌های ماسه‌ای از کنش متقابل جریان باد و بستر ماسه نشأت می‌گیرد. بر اساس ویژگی‌های باد و قابلیت دسترسی به ماسه، آنها می‌توانند به اشکال متفاوتی درآیند؛ گستره‌ای از تپه‌های ستاره‌ای شکل بزرگ و کم-تحرک تا تپه‌های برخانی پرتحرک و کوچک. نوع دوم، هلالی شکل هستند و تحت بادهای مستقیم و با منبع ماسه‌ای کم و اندک پدیدار می‌شوند. برخان به موجب شکل هلالی و هواگرد خود، به انحراف جریان باد منجر می‌شود که این جریان ممکن است از ماسه‌ی اشباع شده یا اشباع نشده باشد. به طور کلی برخان، شکل هلالی خود را از فرآیندهای غیر خطی به دست می‌آورد (Hersen, 2004).

این عوارض در نواحی‌هایی تشکیل می‌شوند که ماسه برای پوشاندن کامل سطح وجود نداشته و باد در اغلب طول سال، از جهت یکسانی برخوردار باشد (Sauermann et al, 2003). جایگاه اصلی تپه‌های برخانی در حد فاصل بین خاستگاه باد و محل اصلی تمرکز ارگ قرار دارد (Mahmudi, 2003). شکل هندسی این عارضه، شبیه به هلال و از دو بازوی کشیده در امتداد باد تشکیل شده‌است و دو دامنه با شیب‌های متفاوت دارد. حدفاصل و جداکننده‌ی این دو دامنه، خط‌الرأس نامیده می‌شود که ممکن است گاهی با حداکثر ارتفاع برخان، مقارن شده یا از آن فاصله بگیرد (Sauerman et al, 2000).

عوارض برخانی که از ماسه‌ی متحرک تشکیل شده‌اند، در امتداد باد غالب، با حفظ شکل هلالی و سه بعدی خود جایجا می‌شوند؛ بنابراین از مهمترین ویژگی این عارضه، پویایی و تحرکات جانبی آن با روند مشخص سالیانه است. طبق مطالعات انجام گرفته، میانگین اندازه‌ی ذرات ماسه‌های بادی، با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای بادی تغییر می‌کند؛ به عنوان مثال در تحقیقات انجام شده توسط Folk (1971)، Wasson (1986)، Livingstone (1987) و

Lancaster (1989)، تاج‌برخان از ذرات درشت‌تری نسبت به پهلوهای برخان برخوردار است. در حالی که در تحقیقات Wasson (1983) و Thomas (1988)، ذرات ماسه‌ی تاج برخان نسبت به پهلوهای یک برخان، ریزتر هستند.

Zaady و همکاران (2008)، با استفاده از روش‌های گرانولومتری و میکرومورفولوژی به مطالعه‌ی ماسه‌ها در دشت یامین، واقع در قسمت شرقی بیابان نقب اسرائیل پرداختند. آنها برای این منظور از پارامترهای مختلفی از قبیل شکل، اندازه‌ی ذرات و مقدار کشیدگی ذرات ماسه استفاده کردند و با استفاده از روش‌های توزیع آماری در تحلیل داده‌ها، به بررسی دقیق تفاوت‌های گرانولومتری شکل برخان پرداختند که این امر تفاوت معناداری را بین اندازه‌ی ذرات برخان و فرایندهای بادی در فصول مختلف نشان داد.

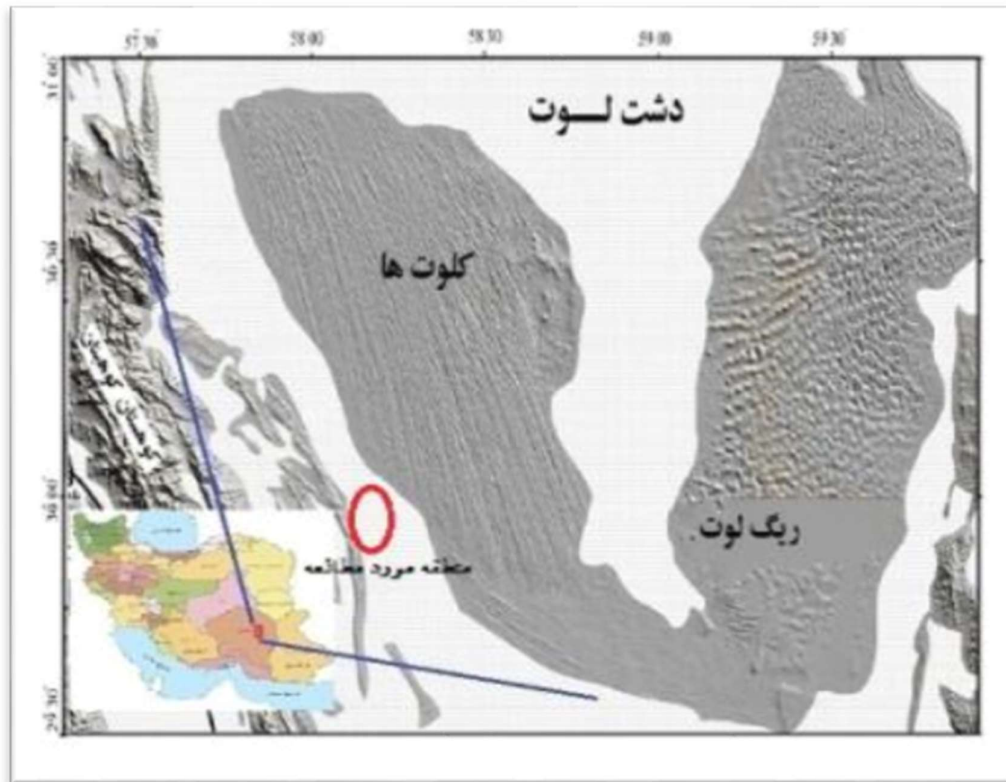
Maghsudi و همکاران (2010) در پژوهشی، ارتباط بین پارامترهای مؤثر در شکل برخان را با توجه به ویژگی‌های گرانولومتری و مورفومتری آنها در منطقه‌ی مرنجاب، بررسی کردند و به نتایج جدیدی دست یافتند. از جمله افراد دیگری که به بررسی‌های گرانولومتری برخان‌ها پرداخته‌اند، می‌توان به پژوهش Lorestani و همکاران (2011) اشاره کرد که با بررسی مورفومتری ۳۰ برخان در بند ریگ کاشان، در دو مرحله‌ی زمانی و با استفاده از تکنیک گرانولومتری و دانه‌سنجی ذرات ماسه، طبقه‌بندی و فراوانی آنها را تجزیه و تحلیل کردند. در پژوهشی دیگر، Maghsudi و همکاران (2011) گرانولومتری و مورفومتری ذرات ماسه در ارگ نوق را به منظور شناسایی منابع ماسه‌های بادی، مورد مطالعه قرار دادند.

در بیشتر پژوهش‌هایی که درباره‌ی تپه‌های ماسه‌ای صورت گرفته‌است؛ یا فقط به بررسی انواع تپه‌ها از جمله تپه‌های برخانی پرداخته شده، یا به مورفومتری و گرانولومتری آنها بسنده شده‌است. بیشتر این مطالعات، منشأ رسوبات بیشتر تپه‌های بیابانی را بادی می‌داند، ولی در این پژوهش سعی شد این مسأله نادیده گرفته شود تا نتایج جدیدی حاصل شود. در این پژوهش، مؤلفه‌های گرانولومتری ۴۲ نمونه از ۷ برخان از جمله میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی و ... در منطقه‌ی پشوئیه، در غرب بیابان لوت، بررسی شد تا نوع، دانه‌بندی و منشأ رسوبات این برخان‌ها یعنی بادی یا آبی بودن آنها، مشخص شود.

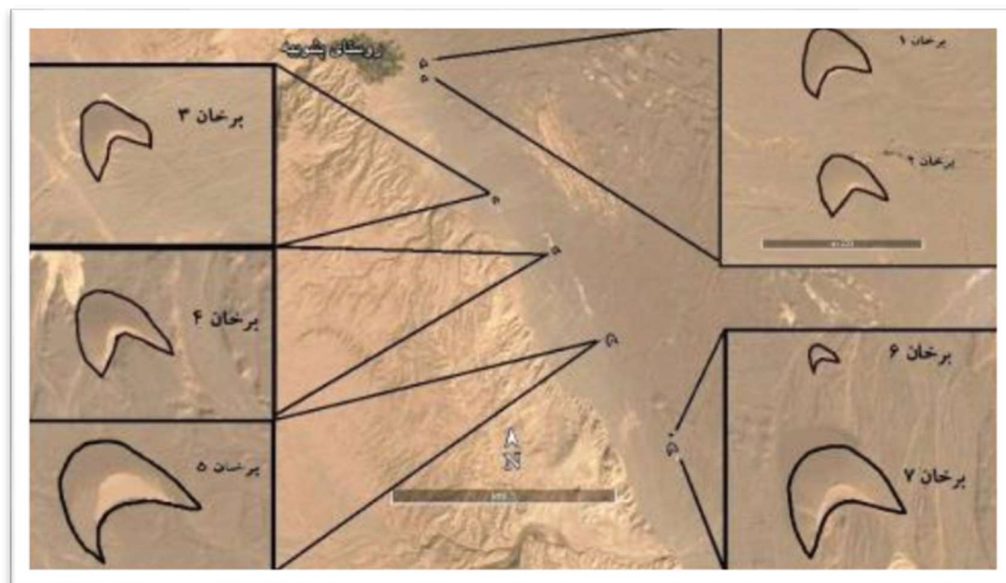
۲- مواد و روش

۱-۲- منطقه مورد مطالعه

روستای پشوئیه، در استان کرمان و شرق این شهر با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲ دقیقه و عرض ۳۰ درجه و ۳ دقیقه واقع شده‌است. روستای پشوئیه، در بیابان لوت و در ضلع شرقی گسل نایبند قرار دارد. در جنوب آن، روستای کشیت؛ در شمال غربی آن، شهرستان اندوهجرد؛ در شرق آن، کلوت‌ها و در غرب آن، شهرستان ماهان قرار دارد. لندفرم‌های غالب این منطقه کلوت‌های دشت لوت، برخان‌ها و کوه‌های جوپار و جغتان استان کرمان است. شکل (۱) و (۲).



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۲: برخان‌های مورد مطالعه

این پژوهش در چند مرحله انجام شد:

- ۱- استفاده از مدارک و منابع کتابخانه‌ای: این بخش شامل تمام منابع نوشتاری از قبیل کتاب‌ها، مقالات فارسی و انگلیسی و پایان‌نامه‌ها است که در مراحل مختلف تحقیق استفاده شده‌است.

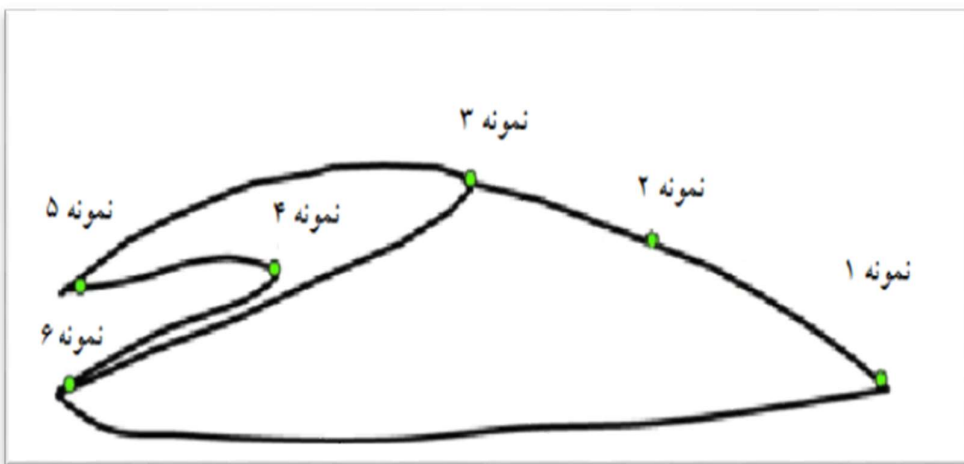
۲- استفاده از داده‌های تصویری: در این مرحله از نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ توپوگرافی و عکس‌های هوایی مربوط به منطقه، همچنین تصاویر Google Earth استفاده شد.

۳- انتخاب برخان‌ها و نمونه‌گیری از آنها: ابتدا منطقه‌ی مورد مطالعه، از نظر برخان‌ها و عوارض دیگر موجود در منطقه بررسی، سپس ۷ برخان متوالی در منطقه‌ی پشوئیه کرمان انتخاب شد. نمونه‌گیری از رسوب در قسمت‌های مختلف هر کدام از این برخان‌ها، انجام و جمعاً ۴۲ نمونه برداشت شد که عبارتند از: نمونه‌گیری از بازوی راست، بازوی چپ، دامنه‌ی پشت به باد و دو نمونه از دامنه‌ی رو به باد و نمونه‌ای از رأس برخان.

از آنجا که برای بررسی‌های رسوبی در برخان‌ها، مناسب‌ترین قسمت، برش طولی مرکز آنها است که بیشترین اطلاعات را درباره‌ی برخان‌ها روشن می‌سازد (Zang et al, 2014)؛ بنابراین، نمونه‌گیری‌ها در راستای طولی برخان‌ها انجام و دو نمونه نیز از بازوهای هر برخان، به دلیل تفاوت قطر و نوع رسوب در بازوها برداشت شد. این نمونه‌ها در پاکت‌های مخصوص نمونه‌گیری و با عنوان و شماره‌ی مشخص، جمع‌آوری و به آزمایشگاه منتقل شد. (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳: اجزای مختلف یک برخان



شکل ۴: مکان نمونه‌های برداشت شده از هر برخان

۴- کارهای آزمایشگاهی: در آزمایشگاه ژئومورفولوژی از هر نمونه‌ی برداشت شده، ۱۰۰ گرم وزن و توسط دستگاه شیکر الک شد و نمونه‌های باقیمانده در هر الک، مجدداً وزن و ارقام به دست آمده، به نرم افزار *GRADISTAT* منتقل شد. تعدادی از نمونه‌ها نیز برای مقایسه‌ی نتایج، مورد مورفوسکوپی قرار گرفت.

۵- استفاده از نرم‌افزار *GRADISTAT*: از این نرم‌افزار برای تجزیه و تحلیل ارقام به دست آمده، استفاده شد. سپس نتایج به دست آمده، تحلیل و جداول و نمودارها از آن استخراج شد. در این مرحله، از ضرایب مختلف و مؤلفه‌های گرانولومتری دانه‌ها استفاده شد؛ از جمله ضریب کو- دو- اف (شاخص جورشدگی کرومباین)، درصد اندازه ذرات تشکیل دهنده، یکنواختی یا جورشدگی، میانه، نما، میانگین اندازه‌ی ذرات، کج شدگی و کشیدگی ذرات با استفاده از روابط آماری فولک و وارد (1957).

۲-۲- *qdeph* یا شاخص کرومباین

شاخص کرومباین *KRUMBEIN* از رابطه‌ی زیر به دست می‌آید.

$$Qdeph = (\phi_{75} - \phi_{25}) / 2$$

در این رابطه، ϕ_{25} اندازه‌ی ذراتی است که ۲۵ درصد رسوب را مشخص می‌کند و ϕ_{75} ، ۷۵ درصد قطر ذرات را نشان می‌دهد؛ بنابراین، $(\phi_{75} - \phi_{25})$ اندازه‌ی طولی بین دو حد ۷۵ و ۲۵ درصد رسوب است. هر چه فاکتور به دست آمده کوچکتر باشد، رسوب منظم‌تر است و هر چه این فاکتور بزرگتر باشد، رسوب نامنظم‌تر است (Ahmadi, 1998).

از روی این ضریب، سه نوع رسوب را می‌توان مشخص کرد:

الف- اگر ضریب کو- دو- اف بین ۰/۸ تا ۱ و ۱/۵ به دست آید، نشان‌دهنده‌ی سایش کم در رسوب است.

ب- اگر ضریب کو- دو- اف بین ۰/۴ تا ۰/۷ به دست آید، نشان‌دهنده‌ی رسوب رودخانه‌ای است.

ج- اگر ضریب کو- دو- اف بین ۰/۲ تا ۰/۳ به دست آید، سایش شدید در رسوب را نشان می‌دهد و احتمالاً رسوب بادی است (Ahmadi, 1998).

۲-۳- یکنواختی یا جورشدگی

یکنواختی یا جورشدگی بدین معنی است که ذرات تشکیل‌دهنده‌ی رسوب تا چه میزان از نظر اندازه، یکسان یا متفاوت است. هر چه اندازه‌ی ذرات رسوب یکسان‌تر باشد، رسوب جورشده‌تر یا دارای جورشدگی خوب است؛ هر چه اندازه ذرات رسوب نایکنواخت‌تر باشد رسوب جورنشده یا دارای جورشدگی ضعیف است. برای محاسبه‌ی جورشدگی، روش‌های متعددی وجود دارد که از آن جمله می‌توان به روش ضریب جورشدگی تراسک، اندیس کودفی فرانسوی، انحراف معیار معمولی، انحراف معیار جامع یا انحراف استاندارد اشاره کرد. در اینجا جورشدگی به روش انحراف معیار جامع محاسبه شد (Feyz Nia, 2008).

$$SDI = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_5}{6.6}$$

براساس مقدار انحراف معیار در رسوبات، فولک، جدولی را برای میزان جورشدگی ارائه داده‌است (جدول ۱)

(Mousavi Harami, 1998).

جدول ۱: جورشدگی رسوبات با استفاده از روش فولک

انحراف معیار استاندارد	جورشدگی
کمتر از ۰/۳۵ فی	جورشدگی خیلی خوب
۰/۳۵-۰/۱۰ فی	جورشدگی خوب
۰/۱۰-۰/۰۵ فی	جورشدگی خوب - متوسط
۰/۰۵-۰/۰۱ فی	جورشدگی متوسط
۰/۰۱-۰/۰۲ فی	جورشدگی ضعیف
۰/۰۲-۰/۰۴ فی	جورشدگی خیلی ضعیف
بیش از ۰/۰۴ فی	جورشدگی فوق‌العاده ضعیف

۲-۴- کج‌شدگی

کج‌شدگی، نامتقارن بودن و تمایل منحنی دانه‌بندی رسوب به سمت ذرات ریز یا درشت‌دانه است. در منحنی‌های متقارن، مقدار کج‌شدگی صفر است. منحنی بعضی رسوبات به سمت چپ و مواد دانه‌ریز متمایل شده‌است که میزان کج‌شدگی، مثبت می‌شود. منحنی بعضی دیگر از رسوبات، به سمت راست و مواد دانه‌درشت متمایل می‌شود که میزان کج‌شدگی منفی است (Mousavi Harami, 1998).

$$SKI = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_5 + \phi_{95} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_5)}$$

فولک در سال ۱۹۸۰، مقیاسی برای کج‌شدگی ارائه و به شرح زیر آن را طبقه‌بندی کرده‌است (جدول ۲).

جدول ۲: میزان کج‌شدگی (فولک، ۱۹۸۰)

نتیجه	کج‌شدگی
کج‌شدگی شدید به سمت ذرات دانه ریز	۰/۳ تا ۱
کج‌شدگی به سمت ذرات ریز	۰/۳ تا ۰/۱
تقریباً متقارن	۰/۱ تا -۰/۱
کج‌شدگی به سمت ذرات دانه درشت	-۰/۱ تا -۰/۳
کج‌شدگی شدید به سمت ذرات دانه درشت	-۰/۳ تا -۱

۲-۵- کشیدگی

کشیدگی عبارت است از اندازه‌گیری نوک تیزی یا کشیدگی منحنی توزیع ذرات که از نسبت جورشدگی دنباله‌ی منحنی به جورشدگی قسمت وسط منحنی به دست می‌آید و با فرمول زیر محاسبه می‌شود (Feyz Nia, 2008).

$$Ku = \frac{\phi_{95} - \phi_5}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

این فرمول توسط فولک ارائه می‌شود و مقدار بلندی منحنی به طریقه‌ی ترسیمی به دست می‌آید. اگر قسمت وسط دارای جورشدگی بهتر باشد، منحنی کشیده‌تر و به نام لپتوکورتیک و اگر دنباله دارای جورشدگی بهتر از قسمت وسط

باشد، منحنی پهن تر و پلی کورتیک نامیده می‌شود. Folk (1980)، مقیاسی برای طبقه‌بندی کشیدگی منحنی‌ها به شرح زیر ارائه کرده‌است (جدول ۳).

جدول ۳: انواع و میزان کشیدگی (فولک، 1980)

کشیدگی	نتیجه
کمتر از ۰/۶۷	خیلی پهن
۰/۶۷ تا ۰/۹	پهن
۰/۹ تا ۱/۱۱	متوسط
۱/۱۱ تا ۱/۵	کشیده
۱/۵ تا ۳	خیلی کشیده
بیش از ۳	فوق‌العاده کشیده

۳- یافته‌ها (نتایج)

۳-۱- یافته‌ها و نتایج حاصل از گرانولومتری دانه‌ها

پس از انجام کارهای آزمایشگاهی بر روی ۴۲ نمونه‌ی برداشت شده از ۷ برخان مورد نظر، مؤلفه‌های گرانولومتری دانه‌ها از جمله جورشدگی، میانه، نما، میانگین اندازه‌ی ذرات، کج‌شدگی و کشیدگی ذرات با استفاده از روابط آماری فولک و وارد (1957) و نرم‌افزار آماری *GRADISTAT* به دست آمد (جدول ۴).

جدول ۴: مؤلفه‌های گرانولومتری دانه‌ها در برخان‌های مورد مطالعه

نمونه	نوع نمونه	نوع بافت	کج‌شدگی	کشیدگی	میانگین اندازه ذرات (فی)	مد(نما) (فی)	میانه (فی)
برخان ۱	تک منشأ، جورشدگی نسبتاً خوب	ماسه	کج‌شدگی به سمت ذرات ریزدانه	پهن	۲/۰۰۳	۱/۵	۱/۹۴۸
برخان ۲	تک منشأ، جورشدگی نسبتاً خوب	ماسه	متقارن	کشیده	۲/۴۴۹	۲/۵	۲/۴۹۹
برخان ۳	تک منشأ، جورشدگی نسبتاً خوب	ماسه	متقارن	کشیده	۲/۵۰۲	۲/۵	۲/۵۰۲
برخان ۴	تک منشأ، جورشدگی نسبتاً خوب	ماسه	کج‌شدگی به سمت ذرات ریزدانه	بسیار کشیده	۲/۴۶۴	۲/۵	۲/۴۶۴
برخان ۵	تک منشأ، جورشدگی نسبتاً خوب	ماسه	متقارن	بسیار کشیده	۲/۴۳۶	۲/۵	۲/۴۵۹
برخان ۶	تک منشأ، جورشدگی نسبتاً خوب	ماسه	کشیدگی خیلی خوب	متوسط	۲/۰۴۶	۱/۵	۱/۸۷۲
برخان ۷	تک منشأ، جورشدگی نسبتاً خوب	ماسه	متقارن	کشیده	۲/۳۱۸	۲/۵	۲/۳۹۲

۲-۳- تجزیه و تحلیل آماری پراکندگی ذرات

همان طور که در جدول شماره‌ی (۴) مشاهده می‌شود: همه‌ی برخان‌ها از نظر منشأ، تک منشأ با جورشدگی نسبتاً خوب هستند و نوع بافت همگی ماسه است. در همه‌ی نمونه‌ها، کج‌شدگی به سمت ذرات ریزدانه است، یا اینکه متقارن هستند که این موارد به تفصیل در قسمت‌های بعد آمده‌است. در مورد اجزای برخان‌ها نیز همه‌ی اجزاء، تک منشأ هستند (تک منشأ بودن دانه‌ها به این مفهوم است که رسوبات تنها از یک منشأ، یا آبی یا بادی نشأت گرفته‌اند).

مد: اندازه‌ی ذره که بیشترین فراوانی را به خود اختصاص داده‌است، مد نام دارد. میزان محاسبه شده‌ی مد در برخان‌های ۲، ۳، ۴، ۵ و ۷، میزان ۲/۵ فی و در برخان‌های ۱ و ۶ برابر با ۱/۵ فی محاسبه شده‌است. در نمونه‌ها، فقط یک مد وجود دارد که بیانگر این است که رسوبات همه‌ی برخان‌ها، احتمالاً از یک منشأ نشأت گرفته‌اند. در مورد اجزای برخان، همه‌ی برخان‌ها یک مد دارند که میزان آن در همه‌ی آنها ۲/۵ فی است.

میانگین: میانگین ذرات در رسوب‌ها، به نوع منبع رسوب، نوع عامل حمل و شرایط رسوب‌گذاری بستگی دارد. میانگین ذرات، متوسط دانه‌های رسوبی و شاخص شرایط انرژی را نشان می‌دهد. همان طور که در جدول شماره‌ی (۴) مشاهده می‌شود، میانگین‌ها بسیار به هم نزدیک است، ولی بیشترین میانگین سائز رسوب، مربوط به برخان شماره‌ی ۳ با ۲/۵۰۲ فی و کمترین میزان آن، مربوط به برخان شماره‌ی ۱ با ۲/۰۰۳ فی است.

جدول ۵: ویژگی‌های مختلف اجزای برخان‌ها

نمونه	نوع نمونه	نوع بافت	کج‌شدگی	کشیدگی	میانگین اندازه ذرات (فی)	مد (فی)	میان
بازوی چپ	تک منشأ، جورشدگی متوسط	ماسه	مقارن	متوسط	۲/۲۴۷	۲/۵	۲/۳۱۱
بازوی راست	تک منشأ، جورشدگی متوسط	ماسه	مقارن	متوسط	۲/۱۸۰	۲/۵	۲/۲۵۹
انتهای رو به باد	تک منشأ، جورشدگی ضعیف	ماسه	به سمت ذرات- ریزدانه	کشیده	۲/۲۶۲	۲/۵	۲/۲۵۳
دامنه پشت به باد	تک منشأ، جورشدگی ضعیف	ماسه	مقارن	متوسط	۲/۰۲۱	۲/۵	۲/۰۵۲
رأس دامنه رو به باد	تک منشأ، جورشدگی متوسط	ماسه	مقارن	متوسط	۲/۲۲۷	۲/۵	۲/۳۰۷
وسط دامنه رو به باد	تک منشأ، جورشدگی نسبتاً خوب	ماسه	به سمت ذرات درشت	کشیده	۲/۳۲۰	۲/۵	۲/۳۸۹

در مورد اجزای برخان‌ها، همان طور که در جدول شماره‌ی ۵ مشاهده می‌شود: بیشترین میانگین اندازه رسوبات اجزاء، متعلق به نمونه‌ی وسط رو به باد با ۲/۳۲ فی و کمترین میانگین اندازه رسوبات، متعلق به دامنه‌ی پشت به باد با ۲/۰۲ است.

میانہ: اندازہ‌ی قطر دانه‌ای که در ۵۰ درصد منحنی رسوب مشخص می‌شود، مدیان یا میانہ نام دارد. هر اندازه میانہ بیشتر باشد، رسوب درشت‌تر است و برعکس هر چه میانہ کوچک‌تر باشد، رسوب ریزتر است. اندازه‌ی میانہ برای ذرات مختلف متفاوت است، ولی برای برخی از دانه‌ها مثل دانه‌های تشکیل دهنده‌ی ناهمواری‌های ماسه‌ای، تا حدودی یکسان است. همان‌طور که در جدول شماره‌ی (۴) نیز مشاهده می‌شود، بیشترین میانہ مربوط به برخان شماره‌ی ۳ با ۲/۵۰۲ فی و کمترین آن، مربوط به برخان شماره ۶ با ۱/۸۷۲ فی است. پس برخان سوم، رسوبی درشت‌تر و برخان ششم، رسوب ریزتری نسبت به بقیه‌ی برخان‌ها دارد که البته همان‌طور که گفته شد، در ناهمواری‌های ماسه‌ای، این ضریب خیلی به هم نزدیک است.

در مورد اجزای برخان‌ها، بیشترین میانہ مربوط به نمونه‌ی وسط رو به باد با ۲/۳۸۹ فی و کمترین آن، مربوط به دامنه‌ی پشت به باد با ۲/۰۵۲ فی است. پس نمونه‌ی وسط رو به باد در همه‌ی برخان‌ها، رسوب درشت‌تر و دامنه‌ی پشت به باد، رسوب ریزتری نسبت به بقیه‌ی اجزاء دارد.

۳-۳- ضریب کو- دو- اف (شاخص جورشدگی کرومباین)

ضریب کرومباین برای برخان‌های منطقه‌ی مورد مطالعه، محاسبه شد که به صورت جدول زیر ارائه می‌شود. جدول

(۶).

جدول ۶: ضریب کرومباین برخان‌های مورد مطالعه

نوع رسوب	$(\phi_{75}-\phi_{25})/2$	$(\phi_{75}-\phi_{25})$	نمونه
رسوب رودخانه‌ای	۰/۵۳	۱/۰۶۸	برخان ۱
رسوب بادی	۰/۳۳	۰/۶۷۵	برخان ۲
رسوب بادی	۰/۳۱	۰/۶۳۱	برخان ۳
رسوب بادی	۰/۳۳	۰/۶۷۸	برخان ۴
رسوب بادی- رودخانه‌ای	۰/۳۵	۰/۷۱۱	برخان ۵
رسوب رودخانه‌ای	۰/۶۱	۱/۲۳۵	برخان ۶
رسوب رودخانه‌ای	۰/۴	۰/۸۰۴	برخان ۷

جدول ۷: ضریب کرومباین اجزای برخان‌های مورد مطالعه

نوع رسوب	$(\phi_{75}-\phi_{25})/2$	$(\phi_{75}-\phi_{25})$	نمونه
رودخانه‌ای	۰/۵۲	۱/۰۴۷	بازوی چپ
رودخانه‌ای	۰/۵	۱/۰۰۶	بازوی راست
رودخانه‌ای	۰/۶۳	۱/۲۷۵	انتهای رو به باد
رودخانه‌ای	۰/۶	۱/۲۰۵	دامنه پشت به باد
رودخانه‌ای	۰/۴۶	۰/۹۲۷	رأس دامنه رو به باد
تقریباً رودخانه‌ای	۰/۳۶	۰/۷۲۰	وسط رو به باد

همان طور که در جدول مشاهده می‌شود، ضریب کرومباین در برخان شماره‌ی دوم ۰/۳۳، در برخان شماره‌ی سوم ۰/۳۱ و در برخان چهارم ۰/۳۳ است که همه‌ی آنها سایش شدید و بادی بودن رسوبات را نشان می‌دهد. ضریب کرومباین در برخان پنجم، ۰/۳۵ است که از رسوبات بادی- رودخانه‌ای حکایت می‌کند. این ضریب در برخان اول ۰/۵۳، در برخان ششم ۰/۶۱ و در برخان هفتم ۰/۴ است که ضریب کرومباین در این سه برخان، نشان‌دهنده‌ی رودخانه‌ای بودن رسوبات است. سیلاب‌هایی که از کوهستان‌های غرب به سمت کلوت‌ها حرکت می‌کند، در منطقه جریان‌هایی را به وجود می‌آورد که در مسیر آنها، نیکاه‌ها تشکیل می‌شود و رسوبات ریزدانه‌ی آنها، بخشی از منابع رسوب برخان‌ها را نیز تشکیل می‌دهد؛ به همین دلیل، ضریب کرومباین نیز مبتنی بر رودخانه‌ای بودن رسوبات است.

در مورد اجزای برخان‌ها نیز تمام ضرایب کرومباین، به خوبی رودخانه‌ای بودن اجزای برخان‌ها را نشان می‌دهد. فقط نمونه‌ی وسط رو به باد، کمی متفاوت است که آن هم نزدیک به رودخانه‌ای است.

برای تأیید این نتایج، تعدادی از نمونه‌ها نیز مورفوسکوپی شد که آبی و رودخانه‌ای بودن نمونه‌ها را به خوبی تأیید کرد.

۳-۴- درصد اندازه ذرات تشکیل دهنده لایه‌ها

آزمایش‌های انجام شده نشان می‌دهد بافت غالب نمونه‌های مورد آزمایش، ماسه‌ای بوده که میانگین ۹۶/۵ درصدی آن مؤید این مطلب است. بخش دیگر نمونه‌ها، متشکل از گل است که قسمتی بسیار اندک از آن را در بر می‌گیرد (۳/۵ درصد به طور میانگین). (جدول ۸ و ۹).

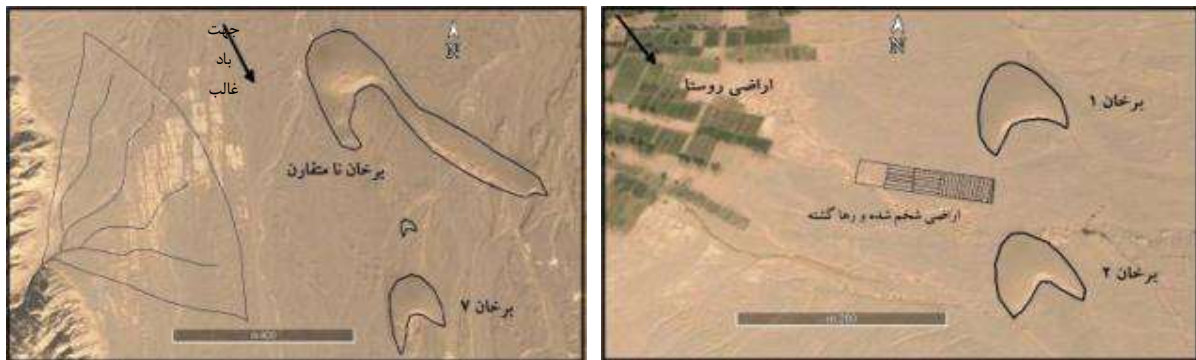
جدول ۸: درصد اندازه ذرات برخان‌های مورد مطالعه

نمونه	شن	ماسه	گل
برخان ۱	۰	۹۸/۶	۱/۴
برخان ۲	۰	۹۹/۲	۰/۸
برخان ۳	۰	۹۸/۶	۱/۴
برخان ۴	۰	۹۱/۲	۸/۸
برخان ۵	۰	۹۳/۵	۶/۵
برخان ۶	۰	۹۵/۳	۴/۷
برخان ۷	۰	۹۹/۲	۰/۸

جدول ۹: درصد اندازه ذرات اجزای برخانها

گل	ماسه	شن	نمونه
۴/۴	۹۶/۶	۰	بازوی چپ
۰/۵	۹۹/۵	۰	بازوی راست
۷/۹	۹۲/۱	۰	انتهای رو به باد
۰/۶	۹۹/۴	۰	دامنه پشت به باد
۳/۳	۹۶/۷	۰	رأس رو به باد
۱/۳	۹۸/۷	۰	وسط دامنه رو به باد

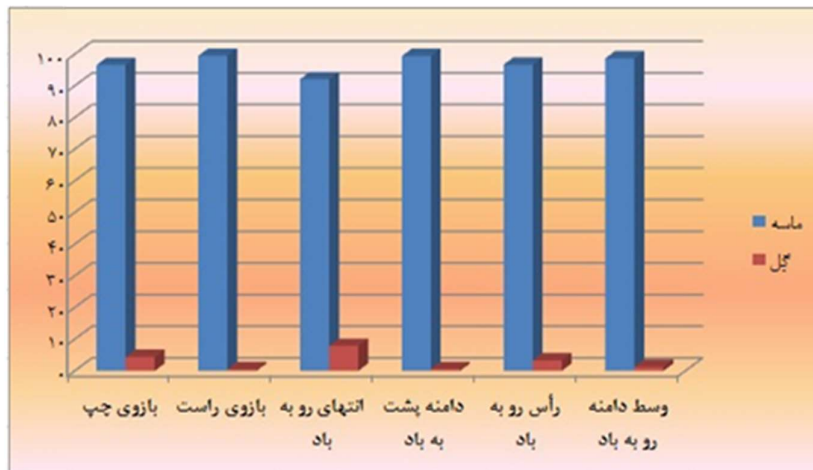
همان طور که در جدول نیز مشاهده می‌شود، برخانهای شماره‌ی ۲ و ۷ بیشترین میزان ماسه را در بردارند که دلیل آن را در برخان ۲ می‌توان اراضی شخم شده و رها شده در اطراف روستا دانست که نمونه‌ای از آن در تصویر زیر به صورت برجسته نشان داده شده‌است. این اراضی که قشر سخت سنگفرش بیابان را تخریب کرده و رها شده‌اند، منبع بسیار خوبی از ماسه را در دسترس باد منطقه - که جهت آن هم از شمال غرب است - قرار داده‌است. این وضعیت برای برخانهای دیگر وجود ندارد. در مورد برخان ۷ همان طور که در تصویر نیز مشاهده می‌شود، علاوه بر قرار گرفتن در مسیر سیلاب‌ها، برخان نامتقارنی با حجم زیادی از ماسه قبل از این برخان وجود دارد که می‌تواند منبع خوبی از ماسه را برای این برخان فراهم سازد. این ویژگی در مورد برخانهای دیگر وجود ندارد (شکل ۵ و ۶).



شکل ۵ و ۶: موقعیت برخانهای ۲ و ۷

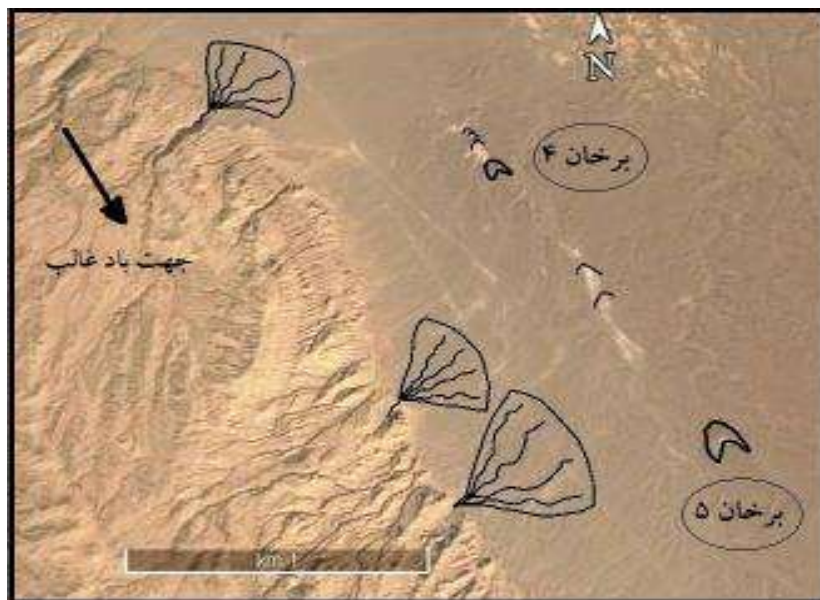


شکل ۷: اندازه‌ی ذرات تشکیل‌دهنده‌ی برخانها



شکل ۸: اندازه‌ی ذرات تشکیل دهنده‌ی اجزای برخانها

همان طور که در نمودار (شکل ۷) مشاهده می‌شود، کمترین میزان ماسه، متعلق به برخان ۴ و پس از آن متعلق به برخان ۵ است. دلیل آن را می‌توان در تصویر زیر مشاهده کرد؛ این برخانها در معرض خشک‌رودهای اصلی و بزرگ منطقه قرار دارند و به همین دلیل، مواد ریزدانه‌تری از ماسه به میزان زیاد برای آن فراهم شده‌است که وجود سله‌های مواد گلی و ریزدانه، آن را تایید می‌کند. شکل (۹).



شکل ۹: موقعیت برخان (۳-۴-۵).

در مورد اجزای برخانها (شکل ۸) بیشترین میزان ماسه، مربوط به بازوهای راست و دامنه‌ی پشت به باد با ۹۹/۵ درصد و ۹۹/۴ درصد و کمترین میزان ماسه، مربوط به انتهای رو به باد برخانها با ۹۲/۱ درصد است.

۳-۵- جورشدگی (sorting)

از طریق شاخص جورشدگی، می توان به نوع و مکانیسم رسوب گذاری و ویژگی های جریان پی برد.

جدول ۱۰: میزان جورشدگی رسوبات برخانها

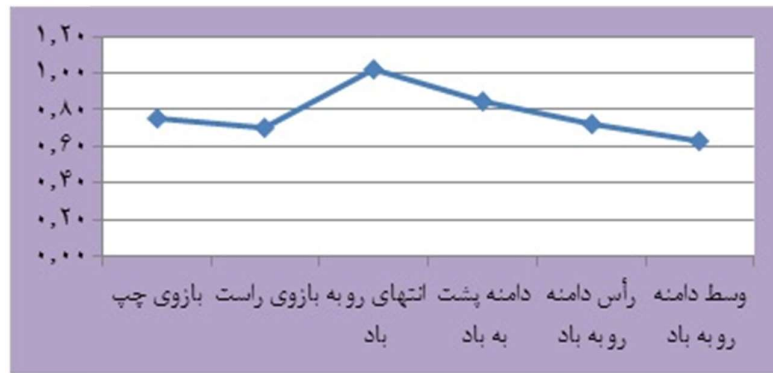
نمونه	جورشدگی	نوع جورشدگی
برخان ۱	۰/۶۸۹	جورشدگی نسبتاً بالا
برخان ۲	۰/۵۷۲	جورشدگی نسبتاً بالا
برخان ۳	۰/۵۳۵	جورشدگی نسبتاً بالا
برخان ۴	۰/۷۰۳	جورشدگی نسبتاً بالا
برخان ۵	۰/۷۰۶	جورشدگی نسبتاً بالا
برخان ۶	۰/۸۷۱	جورشدگی متوسط
برخان ۷	۰/۶۹۲	جورشدگی نسبتاً بالا

جدول ۱۱: میزان جورشدگی رسوبات اجزای برخانها

نمونه	جورشدگی	نوع جورشدگی
بازوی چپ	۰/۷۵۳	جورشدگی متوسط
بازوی راست	۰/۷۰۵	جورشدگی متوسط
انتهای رو به باد	۱/۰۲۰	جورشدگی ضعیف
دامنه پشت به باد	۰/۸۴۴	جورشدگی متوسط
رأس دامنه رو به باد	۰/۷۲۰	جورشدگی متوسط
وسط دامنه رو به باد	۰/۶۲۹	جورشدگی نسبتاً خوب



شکل ۱۰: میزان جورشدگی رسوبات برخانها



شکل ۱۱: میزان جورشدگی رسوبات اجزای برخان‌ها

همان طور که در جدول ۱۰ و شکل ۱۰ مشاهده می‌شود به جز برخان شماره ۶، سایر برخان‌ها از جورشدگی نسبتاً بالایی برخوردار هستند که اندازه‌ی تقریباً یکسان رسوبات و جورشدگی مناسب آنها را نشان می‌دهد و برخان شماره ۶ با اندکی تفاوت، دارای جورشدگی متوسط است. در مورد اجزای برخان‌ها (جدول ۱۱ و شکل ۱۱)، رسوبات انتهایی دامنہ‌ی پشت به باد، دارای جورشدگی ضعیف و بقیه‌ی اجزاء دارای جورشدگی متوسط یا نسبتاً خوب هستند.

۳-۶- کج‌شدگی (skew)

میزان کج‌شدگی در برخان‌های مورد مطالعه محاسبه شد و با توجه به اینکه بافت رسوبات برخان‌ها ماسه‌ای است، اغلب کج‌شدگی مثبت یا متقارن دارند. برخان‌های شماره ۲، ۳، ۴ و ۵ متقارن هستند؛ یعنی میزان ذرات دانه‌ریز و دانه-درشت تقریباً به یک میزان است. برخان ۱، ۴ و ۶ به سمت ذرات ریزدانه کج‌شدگی دارد که این امر، نشان از این دارد که در این برخان‌ها، ذرات ریزدانه بیش از ذرات درشت‌دانه وجود دارد. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشتر برخان‌های مورد بررسی، در محیطی با رسوب ریزدانه شکل گرفته‌اند و دارای کج‌شدگی مثبت یا متقارن هستند. همان طور که نتایج بررسی‌ها از جمله ضریب کرومباین نیز نشان داد، رسوبات برخان‌ها بیشتر منشأ رودخانه‌ای داشته و چون در انتهای مخروط‌افکنه‌ها واقع شده‌اند، اغلب ریزدانه‌اند.

جدول ۱۲: میزان کج‌شدگی رسوبات برخان‌ها

نمونه	کج‌شدگی	نوع
برخان ۱	۰/۱۵۷	کج‌شدگی زیاد به سمت ذرات ریزدانه
برخان ۲	۰/۰۰۷	کج‌شدگی متقارن
برخان ۳	۰/۰۲۱	کج‌شدگی متقارن
برخان ۴	۰/۱۳۲	کج‌شدگی زیاد به سمت ذرات ریزدانه
برخان ۵	۰/۰۶۷	کج‌شدگی متقارن
برخان ۶	۰/۳۷۵	کج‌شدگی زیاد به سمت ذرات ریزدانه
برخان ۷	-۰/۰۸۱	کج‌شدگی متقارن

جدول ۱۳: میزان کج‌شدگی رسوبات اجزای برخان‌ها

نمونه	کج‌شدگی	نوع
بازوی چپ	-۰/۰۳۱۱	کج‌شدگی متقارن
بازوی راست	-۰/۰۹۱	کج‌شدگی متقارن
انتهای رو به باد	۰/۰۲۱	کج‌شدگی زیاد به سمت ذرات ریزدانه
دامنه پشت به باد	-۰/۰۴۷	کج‌شدگی متقارن
رأس دامنه رو به باد	-۰/۰۵۱	کج‌شدگی متقارن
وسط دامنه رو به باد	-۰/۱۲۴	کج‌شدگی به سمت ذرات درشت

۳-۷- کشیدگی (kurtosis)

میزان کشیدگی در رسوب برخان‌های مورد مطالعه، محاسبه و به صورت جدول زیر ارائه شد:

جدول کشیدگی ۱۴: میزان رسوبات برخان‌ها

نمونه	کشیدگی	نوع
برخان ۱	۰/۸۲۱	پهن
برخان ۲	۱/۳۷۳	کشیده
برخان ۳	۱/۳۷۳	کشیده
برخان ۴	۱/۸۸۵	بسیار کشیده
برخان ۵	۱/۷۰۰	بسیار کشیده
برخان ۶	۰/۹۶۱	متوسط
برخان ۷	۱/۲۳۱	کشیده

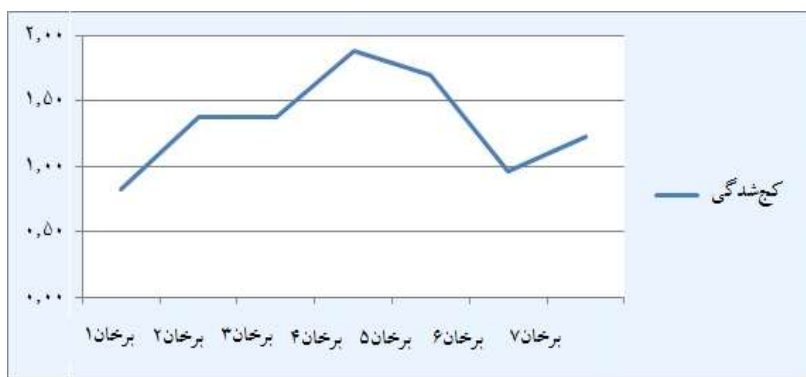
کشیدگی منحنی، درباره‌ی جورشدگی و اندازه‌ی دانه‌ها اطلاعات زیادی می‌دهد که این اطلاعات برای تعبیر و تفسیر محیط رسوبی، همچنین فرایندهای رسوب‌گذاری از اهمیت خاصی برخوردار است. بیشتر اختلافات در منحنی‌ها، در زمینه‌ی دنباله‌ی آنهاست که این خود، مقدار ذرات دانه‌ریز یا درشت را در رسوبات نشان می‌دهد.

جدول ۱۵: میزان کشیدگی رسوبات اجزای برخان‌ها

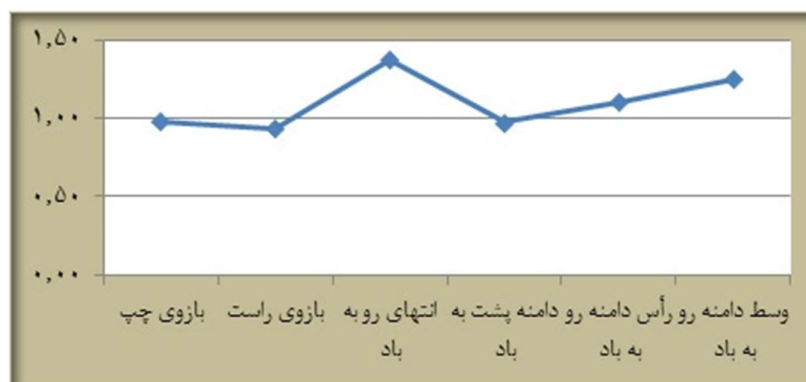
نمونه	کشیدگی	نوع
بازوی چپ	۰/۹۸۳	متوسط
بازوی راست	۰/۹۳۳	متوسط
انتهای رو به باد	۱/۳۷۳	کشیده
دامنه پشت به باد	۰/۹۷۳	متوسط
رأس دامنه رو به باد	۱/۱۰۵	متوسط
وسط دامنه رو به باد	۱/۲۵۱	کشیده

جدول ۱۶: میزان جورشدگی و کج‌شدگی و کشیدگی رسوبات برخان‌ها

نمونه	کشیدگی	کج‌شدگی	جورشدگی
برخان ۱	۰/۸۲۱	۰/۱۵۷	۰/۶۸۹
برخان ۲	۱/۳۷۳	۰/۰۰۷	۰/۵۷۲
برخان ۳	۱/۳۷۳	۰/۰۲۱	۰/۵۳۵
برخان ۴	۱/۸۸۵	۰/۱۳۲	۰/۷۰۳
برخان ۵	۱/۷۰۰	۰/۰۶۷	۰/۷۰۶
برخان ۶	۰/۹۶۱	۰/۳۷۵	۰/۸۷۱
برخان ۷	۱/۲۳۱	-۰/۰۸۱	۰/۶۹۲



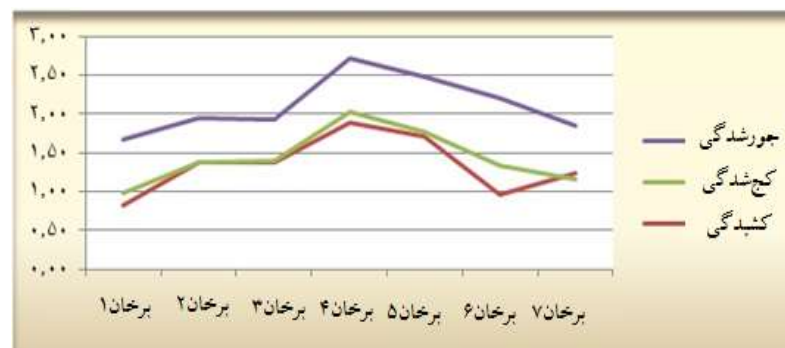
شکل ۱۲: میزان کج‌شدگی رسوبات برخان‌ها



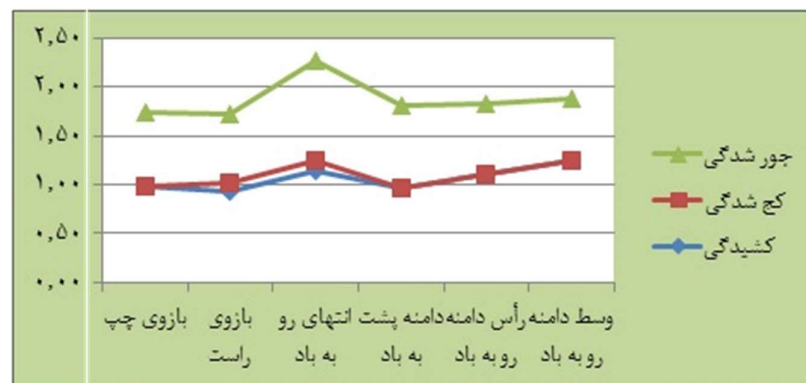
شکل ۱۳: میزان کج‌شدگی میانگین رسوبات اجزای برخان‌ها

جدول ۱۷: میزان جورشدگی و کج‌شدگی میانگین رسوبات اجزای برخان‌ها

نمونه	کج‌شدگی	کشیدگی	جورشدگی
بازوی چپ	۰/۹۸۳	-۰/۰۳۱۱	۰/۷۵۳
بازوی راست	۰/۹۳۳	-۰/۰۹۱	۰/۷۰۵
انتهای رو به باد	۱/۳۷۳	۰/۰۲۱	۱/۰۲۰
دامنه پشت به باد	۰/۹۷۳	-۰/۰۴۷	۰/۸۴۴
رأس دامنه رو به باد	۱/۱۰۵	-۰/۰۵۱	۰/۷۲۰
وسط دامنه رو به باد	۱/۲۵۱	-۰/۱۲۴	۰/۶۲۹



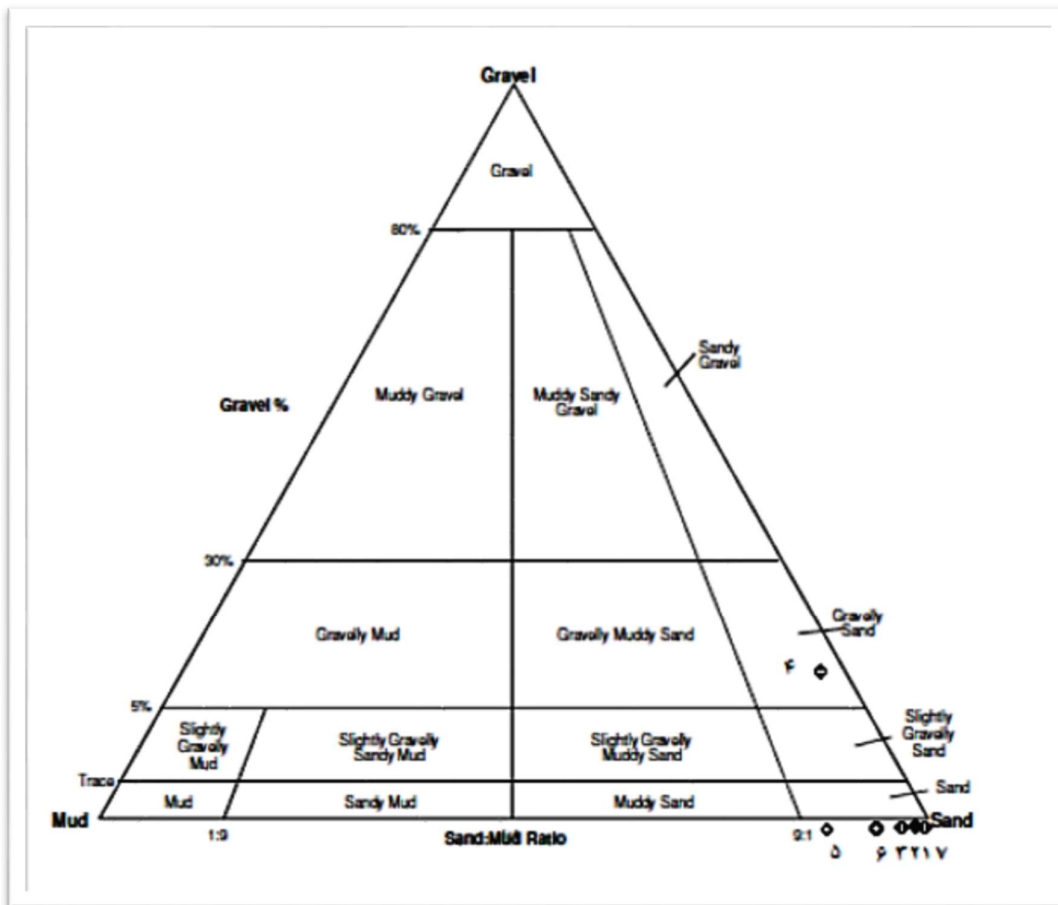
شکل ۱۴: میزان جورشدگی و کج‌شدگی رسوبات برخان‌ها



شکل ۱۵: میزان جورشدگی و کج‌شدگی میانگین رسوبات اجزای برخان‌ها

۳-۸- نام‌گذاری رسوبات براساس اندازه‌ی دانه‌ها

با تعیین درصد ذرات با قطرهای مختلف، می‌توان رسوب را نام‌گذاری کرد. یکی از روش‌های متداول برای نام‌گذاری رسوبات، روش فولک (1954) است که در این زمینه دو مثلث وجود دارد (Mousavi Harami, 1998). با توجه به نتایج حاصل شده از آنالیزهای آزمایشگاهی و نرم‌افزار Gradistat، بافت رسوبات به صورت زیر مشخص شد (شکل ۱۶).



شکل ۱۶: اندازه‌ی دانه‌ی رسوبات به روش فولک

همان طور که در شکل شماره‌ی ۱۶ آمده‌است؛ برخان اول دارای ۹۸/۶ درصد ماسه، ۱/۴ درصد گل و صفر درصد گراول؛ بافت رسوب، ماسه و نام رسوب، ماسه‌ی متوسط با جورشدگی نسبتاً خوب است. برخان دوم دارای ۹۹/۲ درصد ماسه، ۰/۸ درصد گل و صفر درصد گراول؛ بافت رسوب، ماسه و نام رسوب، ماسه‌ریز با جورشدگی نسبتاً خوب است. برخان سوم دارای ۹۸/۶ درصد ماسه، ۱/۴ درصد گل و صفر درصد گراول؛ بافت رسوب، ماسه و نام رسوب، ماسه‌ریز با جورشدگی نسبتاً خوب است. برخان چهارم دارای ۹۱/۲ درصد ماسه، ۸/۸ درصد گل و صفر درصد گراول؛ بافت رسوب، ماسه و نام رسوب، ماسه‌ریز با جورشدگی مناسب است. برخان پنجم دارای ۹۳/۵ درصد ماسه، ۶/۵ درصد گل و صفر درصد گراول؛ بافت رسوب، ماسه و نام رسوب، ماسه‌ریز با جورشدگی مناسب است. برخان ششم دارای ۹۵/۳ درصد ماسه، ۴/۷ درصد گل و صفر درصد گراول؛ بافت رسوب، ماسه و نام رسوب، ماسه‌ی متوسط با جورشدگی مناسب است. برخان هفتم دارای ۹۹/۲ درصد ماسه، ۰/۸ درصد گل و صفر درصد گراول؛ بافت رسوب، ماسه و نام رسوب، ماسه‌ریز با جورشدگی نسبتاً خوب است.

همان گونه که مشاهده می‌شود، همه‌ی برخان‌ها بالای ۹۰ درصد ماسه دارند، بافت همگی آنها از ماسه است و دارای جورشدگی مناسبی هستند، ولی برخان ۴ با اینکه بافت آن ماسه است، نسبت به برخان‌های دیگر، میزان بیشتری گل

(۸/۸ درصد) دارد که دلیل آن، قرار گرفتن این برخان در معرض رودخانه‌های فصلی منطقه و رسوبات ریزدانه است. پس در دسترس بودن این رسوبات برای برخان چهارم و به نسبت کمتر برای برخان پنجم، باعث شده است که میزان گل و رسوبات ریزدانه در این برخان‌ها بیش از سایر برخان‌ها باشد.

۴- بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش سعی شد تا با بررسی و تحلیل آماری قطر رسوب در اجزای برخان‌های غرب بیابان لوت و برداشت ۴۲ نمونه از ۷ برخان در منطقه‌ی پشوئی‌هی کرمان، به بررسی شاخص‌های گرانولومتری آنها همچون میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی و ... پرداخته شود تا نتایج تازه‌ای در زمینه‌ی برخان‌ها حاصل شود؛ از جمله اینکه نوع رسوبات برخان‌های منطقه چیست و منشأ آنها بادی است یا آبی؟ در این راستا، کارهای آزمایشگاهی و آماری نشان داد که بیشترین درصد اندازه ذرات تشکیل‌دهنده‌ی برخان‌ها، ماسه است که میانگین ۹۶/۵ درصدی آن مؤید این مطلب است. در این بین، برخان‌های شماره‌ی ۲ و ۷ بیشترین میزان ماسه را در بردارد. به جز برخان شماره‌ی ۶، سایر برخان‌ها نیز دارای جورشدگی نسبتاً بالا هستند که این امر اندازه‌ی تقریباً یکسان رسوبات و جورشدگی مناسب آنها را نشان می‌دهد. برخان شماره ۶ نیز با اندکی تفاوت، دارای جورشدگی متوسط است. با توجه به اینکه بافت رسوبات برخان‌ها غالباً ماسه‌ای و ریزدانه هستند، کج‌شدگی مثبتی به سمت ذرات ریزدانه دارند یا اینکه متقارن هستند. رسوبات در برخان شماره‌ی ۷، کج‌شدگی منفی دارد، ولی درنهایت، کج‌شدگی آن نیز تقریباً نزدیک متقارن است. نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشتر رسوب برخان‌های مورد بررسی، ناشی از سیلاب‌ها است. اغلب این برخان‌ها، در انتهای مخروط‌افکنه‌ها شکل گرفته‌اند و دارای کج‌شدگی مثبت به سمت ذرات دانه‌ریز یا متقارن هستند.

تقریباً تمام ۷ برخان مورد مطالعه، دارای یک مد است که تک‌منشأ بودن آنها را نشان می‌دهد. همان‌گونه که در محاسبه‌ی ضریب کرومباین نیز مشاهده می‌شود، منشأ این رسوبات رودخانه‌ای محاسبه شده است. این ضریب در برخان اول ۰/۵۳، در برخان ششم ۰/۶۱ و در برخان هفتم ۰/۴ است که ضریب کرومباین در این سه برخان، نشان می‌دهد این رسوبات از نوع رودخانه‌ای است.

در مورد اجزای برخان‌ها نیز ضرایب کرومباین، به خوبی رودخانه‌ای بودن اجزای برخان‌ها را نشان می‌دهد. فقط نمونه‌ی وسط رو به باد کمی متفاوت است که آن هم تقریباً رودخانه‌ای است.

از برابند کارهای آزمایشگاهی و نتایج آماری، تفاوت در رسوبات برخان‌های بررسی شده، مشهود است. بررسی‌های آماری نشان داد که رسوبات توسط جریان‌های سطحی آب حمل شده، سپس توسط باد جابجا شده‌اند. برای تأیید نتایج این آزمایشات، مورفوسکپی تعدادی از نمونه‌ها انجام شد که نتایج حاصل شده، همان نتایج آزمایش‌ها و برآورد آماری را منعکس کرد؛ از این رو، با بررسی‌های میدانی و از روی داده‌های تصویری و نقشه‌ها مشخص شد که تمام برخان‌های بررسی شده، در منتهی‌الیه مخروط‌افکنه‌ها قرار گرفته‌اند، یا از بستر مسیل‌ها در حرکتند که این امر، دلیل وجود رسوبات آبی در برخان‌ها را تأیید می‌کند.

با توجه به بررسی‌های صورت گرفته، میزان گل در برخان‌های ۴ و ۵ بیش از برخان‌های دیگر بود و دلیل اول آن، وجود سله‌های ناشی از سیلاب در پشت این برخان‌ها و رسوبات ریزدانه‌ی آنها است که به افزایش مواد ریزدانه‌تر در این برخان‌ها منجر شده است. دلیل دوم اینکه، این برخان‌ها در مسیر یا پشت سر کلوتک‌ها قرار گرفته‌اند که جنس آنها

عموماً ریزدانه است. رسوباتی که از این مسیر حرکت می‌کنند، موجب سایش کلو تک‌ها شده‌است و مواد لازم را برای برخان‌های مورد نظر فراهم می‌کند.

نتایج آماری نشان می‌دهد که برخان شماره ۱ و ۶ از همه ریزدانه‌تر هستند. برخان شماره ۶ از نظر اندازه از همه-ی برخان‌ها کوچک‌تر است و دلیل آن، منشعب شدن این برخان از برخان نامتقارن پشت سر خود است. اما برخان شماره ۱ که حجم و بزرگی قابل توجهی دارد، ریزدانه بودن مواد آن نسبت به سایر برخان‌ها به سبب وجود روستای پوشیده در غرب این برخان است. خود بافت روستا و روستاییان، باعث هدایت سیلاب‌ها به سمت مزارع شده‌اند. علاوه-بر آن، وجود خشک‌رود منطقه - که مواد رسوبی ناشی از سیلاب را به سمت بیابان لوت هدایت می‌کند - باعث شده-است که مواد ریزدانه، به راحتی در اختیار این برخان قرارگیرد.

بیشترین میانگین سائز رسوبات برخان‌ها مربوط به برخان شماره ۳ با ۲/۵۰۲ فی است. بر اساس اندازه‌گیری و نتایج آماری، برخان شماره ۳ درشت‌دانه‌تر از سایر برخان‌ها است که این امر از قرار گرفتن برخان در معرض مخروط افکنه نشأت می‌گیرد. همان گونه که می‌دانیم، در مخروط‌افکنه‌ها مواد درشت‌دانه در رأس قرار می‌گیرند و هر چه به قاعده‌ی مخروط‌افکنه نزدیک‌تر شویم، مواد رسوبی ریزدانه‌تر می‌شوند. با مشاهده‌ی شکل ۶، برخان شماره ۳ را نسبت به سایر برخان‌ها به ارتفاعات نزدیک‌تر می‌بینیم؛ از این رو این برخان، از مسیر مواد درشت‌دانه‌تر مخروط‌افکنه در حرکت است.

برخان شماره ۲ و ۷، بیشترین میزان ماسه را به خود اختصاص داده‌اند که دلیل آن به خوبی در منطقه مشاهده می-شود؛ در پشت برخان ۲، اراضی شخم‌زده و رها شده در اطراف روستا قرار دارد که یک نمونه از آن در شکل شماره ۶ به صورت برجسته نشان داده شده‌است. این اراضی که قشر سخت سنگفرش بیابان را تخریب کرده و رها شده‌اند، منبع بسیار خوبی از ماسه را در دسترس باد در منطقه - که جهت آن هم از شمال غرب است - قرار داده‌اند. این وضعیت برای برخان‌های دیگر وجود ندارد. مشاهده‌ی شکل شماره ۵ به خوبی نشان می‌دهد که برخان شماره ۷، علاوه بر قرار گرفتن در ادامه‌ی برخانی نامتقارن و بزرگ، در مسیر خشک‌رودهایی ناشی از مخروط‌افکنه وسیعی قرار دارد که این مسیر، رسوبات ماسه‌ای فراوانی را برای این برخان فراهم می‌کند.

نتایج بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیشتر برخان‌های مورد بررسی، در محیطی با رسوب ریزدانه شکل گرفته‌اند و کج-شدگی مثبت یا متقارن دارند. همان گونه که نتایج بررسی‌ها از جمله ضریب کرومباین نیز نشان داد، رسوبات برخان‌ها بیشتر منشأ رودخانه‌ای دارند و چون در انتهای مخروط‌افکنه‌ها واقع شده، اغلب ریزدانه‌اند و فاقد آشفستگی هستند؛ بدین معنا که باد غالب منطقه، بیش از یک جهت (شمال غرب) در جریان است.

در بیشتر پژوهش‌هایی که درباره‌ی تپه‌های ماسه‌ای صورت گرفته - همان گونه که در پیشینه هم مشخص است - یا فقط به بررسی انواع تپه‌ها از جمله تپه‌های برخانی پرداخته‌اند، یا به مورفومتری و گرانولومتری آنها بسنده شده‌است. اکثر این مطالعات، منشأ رسوب بیشتر تپه‌های بیابانی را فقط بادی می‌دانند؛ به‌عنوان نمونه Zady و همکاران (2008) با استفاده از روش‌های گرانولومتری و میکرومورفولوژی، به مطالعه‌ی ماسه‌ها در دشت یامین واقع در قسمت شرقی بیابان نقب اسرائیل پرداختند و از پارامترهای مختلفی از قبیل شکل، اندازه‌ی ذرات و مقدار کشیدگی ذرات ماسه استفاده کردند و با استفاده از روش‌های توزیع آماری در تحلیل داده‌ها، به بررسی دقیق تفاوت‌های گرانولومتری شکل برخان

پرداختند که بین اندازه‌ی ذرات برخان و فرایندهای بادی تفاوت معناداری نشان می‌داد. در واقع تحقیقاتی از این دست، اصل را بر بادی بودن ذرات تشکیل دهنده‌ی برخان‌ها گذاشته و به مطالعه‌ی آنها پرداخته‌اند. در پژوهشی دیگر، Maghsudi و همکاران (2010)، ارتباط بین پارامترهای مؤثر در شکل برخان را با توجه به ویژگی‌های گرانولومتری و مورفومتری آنها در منطقه‌ی مرنجاب بررسی کردند و Lorestani و همکاران (2011) نیز با بررسی مورفومتری ۳۰ برخان در بند ریگ کاشان، در دو مرحله‌ی زمانی و با استفاده از تکنیک گرانولومتری و دانه سنجی ذرات ماسه، طبقه‌بندی و فراوانی آنها را تجزیه و تحلیل کردند. این نمونه از پژوهش‌ها نیز فقط به گرانولومتری ذرات پرداخته و به تحلیل‌های آماری آنها بسنده کرده‌اند.

ولی در این پژوهش سعی شد علاوه بر اینکه به بررسی‌های مورفومتری و گرانولومتری برخان‌ها پرداخته شود، مسأله‌ی بادی بودن رسوبات این نوع از تپه‌ها نیز نادیده گرفته تا نتایج جدیدی حاصل شود که پس از اتمام کارهای آزمایشگاهی و نرم‌افزاری، به نتایج جالب و متفاوتی نسبت به آنچه اغلب در مورد تپه‌های ماسه‌ای بیابانی و نوع دانه‌بندی و منشأ دانه‌ها تصور می‌شود، دست یافتیم و آن اینکه در منطقه‌ی مورد مطالعه، برخان‌ها به هیچ وجه منشأ بادی ندارند، بلکه منشأ آنها آبی و رودخانه‌ای است. این نتیجه پیش از پژوهش در آن منطقه بیابانی، بسیار تصورناپذیر به نظر می‌رسید و دست‌یابی بدان نیز حاصل بررسی‌های جزئی و دقیق بر این نوع از تپه‌های ماسه‌ای در منطقه‌ی مورد نظر بود.

۵- سپاس‌گزاری

این مقاله حاصل طرح پژوهشی شماره‌ی ۲۲۰/۸۰۵ به کارفرمایی سازمان میراث فرهنگی، صنایع دستی و گردشگری است. بدین وسیله از سازمان مذکور و تمامی کسانی که در اجرای این پروژه همکاری داشته‌اند، تقدیر و تشکر می‌شود.

منابع

- Ahmadi, H., 1998. Applied Geomorphology. Tehran. University of Tehran Publication. Volume II: Desert - Wind Erosion. 425p. (in Persian)
- Bagnold, R. A., 1941. The Physics of Blown Sand and Desert Dunes, Methuen, London, 256 p.
- Bagnold, R. A., 1937. The size-grading of sand by wind. Proceeding of the Royal Society of London, *The Royal Society, London*, 163, 250-64.
- Bagnold, R. A., & O. E. Barndorff-Nielsen., 1980. The pattern of natural size distributions. *Sedimentology*, 27, 199-207.
- Feyz Nia, S., 2008. Applied Sedimentology, Tehran, Forouzesheh Publication, 116p. (in Persian)
- Folk, R. L., 1971. Longitudinal dunes of the Northwestern edge of the Simpson Desert, Northern Territory, Australia, 1. *Geomorphology and grain size relationships, Sedimentology*, 16, 4-54.
- Guang, h., 2004. A quantitative analysis on the sources of dune sand in the Hulun Buir Sandy Land: application of stepwise discriminant analysis (SDA) to the granulometric data, *Journal of Geographical Sciences*, 14(2), 177-186.
- Hersen, P., 2004. On the crescentic shape of barchan dunes, *The European Physical Journal B*, 37, 507-514.

9. Lancaster, N., 1989. The Namib Sand Sea: Dune Forms, Processes, and Sediments. A.A. Balkema, Rotterdam pp. 433-444.
10. Lancaster, N., 1995. Geomorphology of Desert Dunes. Routledge, London. pp.505-515.
11. Livingstone, I., 1987. Grain size variation on a complex linear dune in Namib Desert. In: 1017-1022.
12. Lorestani, Gh.; Shahriyar, E.; & M. Maghsoudi, 2011. The effect of distribution of diameter and abundance of sand particles on the deformation of the main components of barchan dunes, Case study of Maranjab Barchan dunes, *Geography & Development*, 25, 196-179. (in Persian)
13. Mc Laren, P., 1981. An interpretation of trends in grain size measures, *J. Sediment. Petrol.*, 51 (2), 611-624.
14. Mahmoudi, F., 2003. Climate geomorphology, Tehran, Payam Noor University Publication, Third edition, 91p. (in Persian)
15. Maghsoudi, M.; Lorestani, G.; Shahriar, A.; & A. Hosainzadeh, 2010. Relationships between Effective Parameters in Barchans' Shape (Case Study: South-West of Maranjab), *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 8 (3), 245-252.
16. Maghsoudi, M.; Negahban, S.; & S. Bagheri, 2011. Analysis of the hazards of running sand on the settlements in west Lut Plain (Case study: Hojjat Abad village – East Shahdad), *Geography & Environmental Hazards*, First edition, P. 43. (in Persian)
17. Maghsoudi, M.; Yamani, M.; Mashhadi, N.; Taghizadeh, M.; & S. Zahab Nazour, Sources of Nuq Citadel Wind Sands using wind & morphometric analysis, *Geography & Environmental Planning*, 22 cycle. No, 3 consecutive 43, 1-16. (in Persian)
18. Mousavi Harami, R., 1998. Sedimentology. Astan Qods Razavi Publication, Mashhad. P. 96. (in Persian)
19. Sauermann, G.; Andrade, J. S.; Maia, L. P.; Costa, U. M. S.; Araujo, A. D.; & H. J Herrmann, 2003. Wind velocity and sand transport on a barchan dune, *Geomorphology*, 54, 245 – 255.
20. Thomas, D. S. G., 1988. Analysis of linear dune sediment-form relationships in the Kalahari Dune Desert, *Earth Surface Processes and Landforms*, 13, 545-553.
21. Tsoar, H., 1986. Two-dimensional analysis of dune profiles and the effect of grain size on sand dune morphology, In: El-Baz, F, pp. 94-108.
22. Wasson, R. J., 1983. Dune sediment types, sand color, sediment provenance and hydrology in the Strzelecki-Simpson dunefield, Australia. In: Brookfield, M.E, Ahlbrandt, T.S. (Eds.), *Eolian Sediments and Processes*. Elsevier, Amsterdam, pp.165-195.
23. Zaady, E., 2008. A comprehensive method for aeolian particle granulometry and micromorphology analyses, pp.169-175.
24. Zhang, D.; Yang, X.; Rozier, O.; & C. Narteau, 2014. Mean sediment residence time in barchan dunes J, *Geophys. Res. Earth Surf.*, 119, 463-451.

Statistical Analysis of Sediment Diameter of West Lut Desert Barchan and the Study of their Type and Origin

Mehran Maghsoudi ¹: *Associate professor in Geomorphology, Tehran University*

Sedigheh Mahboubi: *Ph.D Student in Geomorphology, Tehran University*

Mahdi Baharvand: *Ph.D Student in Geomorphology, Tehran University*

Zahra khanbabaie: *Ph.D Student in Geomorphology, Tehran University*

Abotaleb Mohammadi: *Ph.D Student in Geomorphology, Tehran University*

Article History (Received: 2017/1/1

Accepted: 2017/02/07)

Extended abstract

1- Introduction

Granulometric analysis is a common tool used to understand and determine the origin of wind sands, and is applied in desertification studies; to realize such knowledge, the parameters of sand particles size as well as statistical analysis such as mean, standard deviation, kurtosis, skewness, etc. are used. One of the most common types of sand dunes formed by accumulation of sand in desert areas is crescent-shape dune known as Barchan. The most prominent features of such dunes are mobility and lateral movements which transform them into the heart of crisis and threat to the urban and rural residential areas as well as economic, army and communication centers. Barchans are produced in the lands where the sand fails to fully cover the surface area and the wind action is predominant from one direction. The main location of Barchan dunes is between the original wind source and the main dune concentration areas. They are crescent-shape, and possess two "horns" that face downwind and two gentle and sleeper slopes. There is a ridge in between the two slopes. Barchans are produced by the moving sands, appearing convex, and wind action predominately from one direction, and might gradually migrate. The most prominent features of this phenomenon are mobility and lateral movements with specific annual trends.

3- Methodology

The research have investigated the granulometric characteristics of 7 barchans in Pashuiyeh, western Lut. Up to 42 samples have been taken from different parts of the dunes. These parts are right horn, left horn, lee slope, two samples from windward slope, and the crest. From each sample, 100 g of sediments have been separately sieved by the shaker, and then weighed, and the measurements have been transferred into GRADISTAT to analyze the data. In this step, various coefficients and granulometric components of the grains, such as K2f coefficient (chromobin sorting index), percentage of component particle size, uniformity or alignment, middle, faces, mean particle size, bending and stretching of particles using statistical relationships of Folk and Ward (1957) were applied.

4- Results

The greatest mean size belongs to Barchan number 3 (2.502 ϕ). This is because the dunes are located in alluvial fans. The greatest proportion of particle size refers to sand particles. All dunes have good sorting and due to fine grained particles they have also a symmetrical

¹ Corresponding Author: maghsoud@ut.ac.ir

skewness. All Barchans, from the origin point of view are single-origin with a relatively good particle size and the type of texture in all is sand. The components of Barchans are all single-origin (Single-origin grain stipulates that the sediment, the water, or the wind were single-origin). Flooding from the mountains of the west to the Yardang creates streams in the region with fine-grained sediments which form a part of the sedimentation of the Barchans. For this reason, the chromaticity coefficient is based on the river sediments. The statistical results indicate that Barchans number 1 and 6 are more of a microfiber. Barchan number 6 is smaller than all the others which might be attributed to the fact that it can be split from asymmetrical Barchan behind it. Barchans numbers 2 and 7 contain the highest amount of sand. The reason of this very fact in Barchan 2 might be attributed to the tilled and abandoned farmlands around the village. These lands, which have destroyed the hard surface of the desert and are abandoned, provide a very good source of sand accessible for regional wind, traveling from the northwest. Barchan number 7, in addition to being in line with an asymmetrical and large Barchan, is located in the dry path of the streams caused by a large conifer, which provides a lot of sandy sediments for this Barchan. The least amount of sand belongs to Barchans 4 and 5. These barchans are exposed to the dry, large rivers of the area, and therefore, it is provided with more fine-grained sand material, which confirms the presence of mud aggregates and fine-grains. The amount of mud in Barchans 4 and 5 was higher, first, due to the presence of floods stuck behind these Barchans with fine-grained sediments, leading to an increase in finer materials in these Barchans, and second, due to the fact that these Barchans are on the track or behind the cloves, which are generally fine-grained.

4- Discussion and Conclusions

According to the results, including crumbin coefficient, despite common perceptions of the origin of Barchan sediments, the sediments of under-study Barchans were mostly water and river sediments and due to their location by the end of the alluvial fans, they are mostly fine-grained and mobile. In most of the studies of sand dunes, as it is already known in the background, either types of sand dunes including Barchans is studied in terms of their morphometric and granulometric measurements. Most of these studies consider the source of these desert sand dunes as wind sediments. However, in this research, in addition to the morphometric and granulometric studies of Barchans, the wind sediment element in these dunes was ignored to achieve new results; upon the completion of laboratory and software processes, interesting results were gained which were different from what is attained concerning desert dunes and particle size and grain origins. These results indicate that in the study area, the Barchans have no wind origin but are the results of water and stream sediments. This result, prior to this study, in the desert area of study was unperceivable and the result is achieved through in-depth studies and scrutiny over these sand dunes within the area.

Key Words: Barchans, Granulometry, Morphology, Pashuiyeh, Rig-e-Lut