

## تحلیل مورفولوژی برخان‌های غرب لوت با استفاده از خصیصه‌های

### مورفومتری

مهران مقصودی، دانشیار جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران  
مهدی بهاروند<sup>۱</sup>، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، ایران  
صدیقه محبویی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، ایران  
زهرا خان بابایی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، ایران  
ابوطالب محمدی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، ایران

### چکیده

یکی از خصیصه‌های مهم برخان‌ها، پویایی و امکان جابجایی آن‌ها تحت شرایط مختلف است که این ویژگی دارای تبعات و تهدیدهایی برای مراکز انسانی می‌باشد. در این پژوهش به تحلیل مورفولوژی برخان‌های غرب لوت با استفاده از خصیصه‌های مورفومتری اقدام گردید و در این راستا به بررسی مؤلفه‌های مورفومتری ۷ برخان در منطقه پشویه در غرب بیابان لوت و میزان استعداد آن‌ها برای جابجایی پرداخته شد. روش کار بدین گونه بود که طی بازدید میدانی، از نقاط مختلف هر برخان، شامل بازوی راست و چپ، رأس برخان، دامنه‌ی رو به باد و پشت به باد آن، نمونه‌های مورد نظر برداشت و با استفاده از ظروف مخصوص به آزمایشگاه منتقل شد. از این رو، ارتفاع، عرض پهلوی راست، عرض پهلوی چپ، طول بازوی راست، طول بازوی چپ، طول دامنه‌ی رو به باد، طول دامنه‌ی باد پناه، پهنای برخان، شیب دامنه رو به باد، شیب دامنه پشت به باد و مساحت برخان، اندازه گیری و مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفت و همبستگی آنها محاسبه شد، سپس مؤلفه‌های مورفومتری که از قسمت‌های مختلف برخان انجام گرفته بود، در نرم افزار spss مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفت. در نهایت همبستگی آن‌ها محاسبه شد. به منظور تکمیل مطالعات از نقشه‌های ۱:۲۵۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی و عکس‌های هوایی مربوط به منطقه و همچنین تصاویر Google Earth استفاده شد. از مورفومتری برخان‌ها این نتایج حاصل شد که با کاهش میزان درصد شیب، کاهش ارتفاع پیشانی برخان را خواهیم داشت. مطالعات نشانگر این است که بزرگترین برخان، برخان پنجم است که دلیل آن، قدمت و موقعیت قرارگیری آن بوده و کوچکترین آن‌ها به دلیل انشعاب آن از برخان نامتقارن مجاور و جوان بودنش، برخان ششم می‌باشد. در بخش اعظم برخان‌ها، به دلیل وجود ارتفاعات در سمت راست برخان‌ها و جهت وزش باد از سمت شمال و شمال غرب، موجب رشد کم بازوهای راست و افزایش طول بازوهای چپ شده است. با توجه به محاسبه همبستگی اجزای مختلف برخان‌ها، اجزای برخان‌ها دارای همبستگی بالای ۹۵ درصد هستند که خود نشان از رشد هماهنگ اجزای برخان در راستای باد منطقه و همچنین هماهنگی بین بزرگی و کوچکی آن‌ها و رشد اجزای آن دارد.

**کلمات کلیدی:** مورفومتری، برخان، لوت، روستای پشویه.

## مقدمه

مورفومتری آنالیز اندازه‌گیری و کمی سازی لندفرم‌ها است که می‌تواند در توصیف فرم عوارض استفاده شود. مورفومتری و محاسبات کمی به دانشمندان اجازه می‌دهد تا شکل عوارض مختلف را بهتر مقایسه کنند. آنالیزهای مورفومتری، مطالعه تغییرات شکل و اندازه و تغییرات همگام متغیرها با متغیرهای دیگر است. علم مورفومتری عمیقاً ریشه در علوم آماری دارد. بیش‌تر تکنیک‌هایی که با آنالیز آماری ارتباط دارند، در اواخر سه دهه اخیر توسعه یافته‌اند و شمار استفاده از این تکنیک‌ها به سرعت در حال افزایش است. علم مورفومتری ابزار مهمی در دیرینه شناسی، جغرافیا، زمین‌شناسی و بیولوژی است. (ریشما<sup>۱</sup>، ۲۰۱۲)

به‌طور معمول (سنتی)، داده‌های مورفومتری مجموعه‌ای از اندازه‌گیری‌های فواصل، زوایا، محیط، سطح یا حجم است (کلود<sup>۲</sup>، ۲۰۱۱).

تحلیل‌های مورفومتری و گرانولومتریک یکی از ابزارهای متداول در تعیین منشاء و شناخت‌های ماسه‌ای بادی و تحقیقات کویرزدایی به شمار می‌رود که برای رسیدن به این امر، از پارامترهای مربوط به اندازه‌ی ذرات ماسه و همچنین تحلیل‌های آماری همچون میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی و... استفاده می‌گردد (گانگ<sup>۳</sup>، ۲۰۰۴: ۱). زادی<sup>۴</sup> و همکاران (۳:۲۰۰۸) با استفاده از روش‌های مورفومتری 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 و اندازه ذرات و همچنین مقدر کشیدگی ذرات ماسه استفاده نمودند که با استفاده از روش‌های توزیع آماری در تحلیل داده‌ها به بررسی دقیق تفاوت‌های گرانولومتری شکل برخان

---

<sup>3</sup>tampson

<sup>4</sup>Guang

<sup>11</sup>Zaady

پرداختند و تفاوت معناداری بین اندازه‌ی ذرات برخان و فرآیندهای بادی در فصول مختلف را نشان دادند.

مهم‌ترین ویژگی‌های تپه‌های ماسه‌ای، پویایی و تحرکات جانبی آنها است که بخشی از آنها کانون‌های بحران و تهدید کننده حریم مراکز مسکونی شهری و روستایی، مراکز اقتصادی، نظامی و شریان‌های ارتباطی هستند. تپه‌های ماسه‌ای از کنش متقابل جریان باد و بستر ماسه نشأت می‌گیرند. 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، منجر به انحراف جریان باد می‌شود که این جریان<sup>۱</sup> ممکن است از ماسه اشباع شده و یا اشباع نشده باشد. به طور کلی، برخان شکل هلالی خود را از فرآیندهای غیر خطی به دست می‌آورد (هرسن<sup>۲</sup>، ۲۰۰۴، ۵۰۷).

این عوارض، در نواحی تشکیل می‌شوند که ماسه برای پوشاندن کامل سطح وجود نداشته باشد و باد در اغلب طول سال از جهت یکسانی برخوردار باشد (سایرمان و همکاران، ۲۰۰۳، ۲۴۵). شکل هندسی این عارضه شبیه به هلال است و از دو بازوی کشیده در امتداد باد تشکیل شده و دارای دو دامنه با شیب‌های متفاوت است. حد فاصل و جدا کننده این دو دامنه خط الراس نامیده می‌شود که ممکن است گاهی با حداکثر ارتفاع برخان مقارن شده، یا از آن فاصله بگیرد (سایرمان<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۰، ۴۷).

نخستین اندازه‌گیری‌ها در رابطه به تپه‌های برخانی و روابط شکل شناسی میان آنها، توسط (بگنولد، ۱۹۴۱، ۱۲۶) در جنوب پرو انجام شد (فینکل، ۱۹۵۹، ۶۱۴).

مطالعات در مورد شبیه سازی‌های رقمی برای پیش بینی تحرکات و دگرگونی‌های تپه‌های برخانی و شکل دقیق آنها توسط (هووارد و مورتن<sup>۴</sup>، ۱۹۷۸، ۳۰۷)، (وایپرمن و

<sup>۲</sup>Hersen

<sup>۳</sup>Sauermann

<sup>۴</sup>Howard, &., Morton

گراس<sup>۱</sup>، ۱۹۸۶، ۳۱۹)، (آنتون و وین سنت<sup>۲</sup>، ۱۹۸۶، ۱۸۷) و (آنتنسن<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۶، ۶۳) انجام شد. هسپ و هاستینگز<sup>۴</sup> (۱۹۳، ۱۹۹۸) با بررسی روابط بین ارتفاع و عرض برخان، این روابط را به عنوان عوامل کنترل کننده شکل سه بعدی برخان معرفی کرده‌اند.

گی<sup>۵</sup> (۱۹۹۹، ۲۷۳) با مطالعه جابه جایی‌های تپه‌های برخانی جنوب پرو و با توجه به ویژگی‌های مورفومتری آنها، بیان نموده است که سرعت حرکت برخان با اندازه آن نسبت معکوس دارد. آل هارثی<sup>۶</sup> (۲۰۰۲، ۳۶۰) ضمن مطالعه تپه‌های برخانی منطقه جده در غرب عربستان، در ارتباط با خطرهای محیطی جابه‌جایی ماسه میزان سرعت و جهت حرکت این عارضه را در ارتباط با مورفولوژی آن و ویژگی‌های باد غالب منطقه بررسی کرده و در نهایت، روابط بین پارامترهای مورفولوژی برخان و میزان جابه جایی آن را شناسایی و گزارش کرده است.

دانیل و هوگز<sup>۷</sup> (۲۰۰۷، ۶۳۸) شکل شناسی برخان‌های استرالیا و ارتباط آنها با نوع رژیم فصلی باد در منطقه را بررسی کرده و بیان کرده‌اند که این تپه‌ها متحرک بوده و سالیانه ۱۰ تا ۱۵ متر در جهت غرب جابه‌جا می‌شوند (موسوی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱۰۳).

جایگاه اصلی تپه‌های برخانی حد فاصل بین خاستگاه باد و محل اصلی تمرکز ارگ قرار دارد (محمودی، ۱۳۸۳، ۹۱). عوارض برخانی از ماسه متحرک تشکیل شده، در امتداد باد غالب، با حفظ شکل هلالی و سه بعدی خود جابه‌جا می‌شوند. بنابراین، از مهم‌ترین ویژگی این عارضه، پویایی و تحرکات جانبی آن با روند مشخص سالیانه است. حرکات و جابه جایی این عارضه در دراز مدت یک معضل و عامل تهدید کننده طبیعی برای سازه‌های انسانی موجود در سر راه خود محسوب می‌گردد که عدم توجه به آن موجب

<sup>1</sup>Wippermann, &., Gross -

<sup>2</sup>Anton & Vincent

<sup>3</sup>Anthonsen

<sup>4</sup>Hesp & Hastings

<sup>5</sup>Gay

<sup>6</sup>Al-Harhi

<sup>7</sup>Daniell, J., Hughes

نابودی و یا مدفون شدن بسیاری از این سازه‌ها می‌شود. تحلیل‌های آماری مشخصه‌های مورفومتری و مورفودینامیک برخان، با تکیه بر نگرش سیستمی در شناسایی رفتار و شیوه عملکرد این عارضه و شناسایی روند تحرکات جانبی سالیانه آن به منظور کاهش خسارات ناشی از جابه‌جایی این عارضه، به پژوهشگران کمک شایانی می‌کند.

در ایران نیز تحقیقاتی در مورد مورفومتری ماسه‌ها و تپه‌های ماسه‌ای انجام گردیده است. اختصاصی در قالب پایان‌نامه دکتری در حوضه دشت یزد - اردکان به بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی تپه‌های ماسه‌ای در این دشت پرداخته و بعد از تهیه نقشه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای از روی عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای طی عملیات صحرائی، پارامترهای کمی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای را تعیین نموده و اولویت‌های تثبیت تپه‌های ماسه‌ای را تعیین کرده است. (اختصاصی، ۱۳۸۳).

مقصودی و همکاران (۲۰۱۰) ارتباط بین پارامترهای مؤثر در شکل برخان را با توجه به ویژگی‌های مورفومتری آن‌ها در منطقه مرنجاب، بررسی کردند و به نتایج موثری دست یافتند.

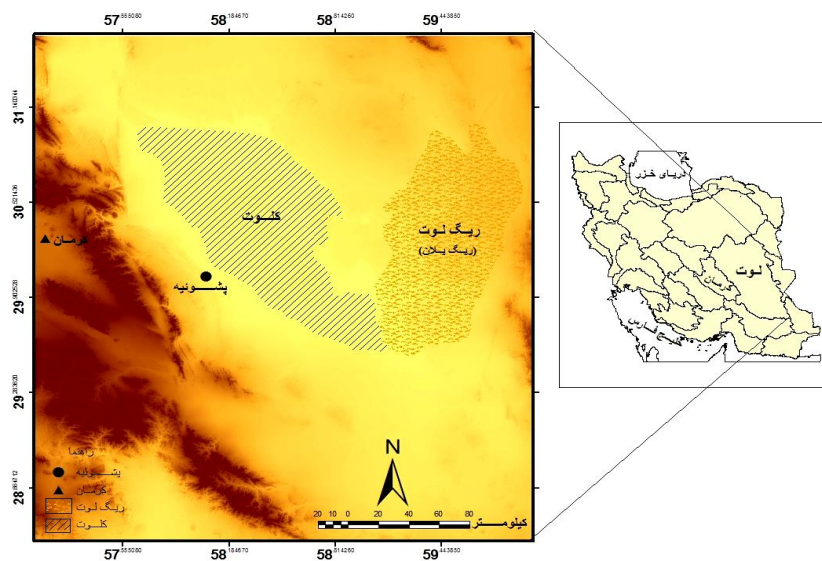
نگارش و لطیفی (۱۳۸۷، ۴۳) خصوصیات ژئومورفولوژیک تپه‌های ماسه‌ای دشت سیستان را ارزیابی کرده و با ارائه داده‌هایی در رابطه با خصوصیات مورفومتری برخان‌ها، به مدل سازی روابط آنها پرداخته‌اند و با بیان مقدار جابه‌جایی فصلی و سالیانه تپه‌ها، عوامل مؤثر بر تحرکات آن‌ها را نیز بررسی کرده‌اند. از جمله افراد دیگری که به بررسی مورفومتری برخان‌ها پرداخته‌اند، می‌توان به کار لریستانی و همکاران (۱۳۹۰) اشاره داشت که با بررسی مورفومتری ۳۰ برخان در بند ریگ کاشان در دو مرحله زمانی و با استفاده از تکنیک دانه‌سنجی ذرات ماسه، طبقه‌بندی و فراوانی آنها را مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. در پژوهشی دیگر مقصودی و همکاران (۱۳۹۰)، مورفومتری ذرات ماسه در ارگ‌نوق را به منظور شناسایی منابع ماسه‌های بادی، مورد مطالعه قرار دادند.

برخان، یکی از فراوان‌ترین ناهمواری‌های ماسه‌ای است که در نتیجه فرسایش بادی و تجمع ذرات ماسه به وجود می‌آید. برخان، عنصر اصلی ارگ‌های ایران را تشکیل

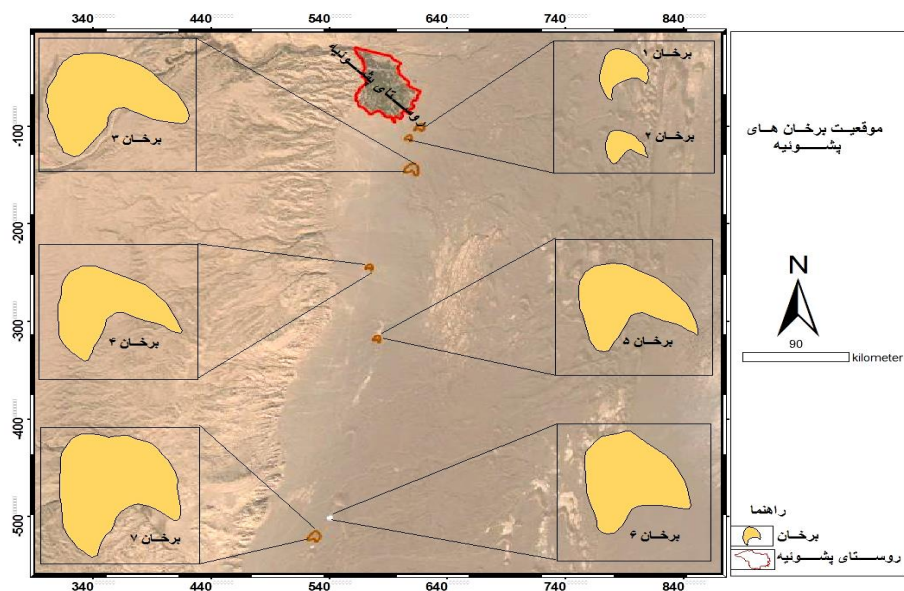
می‌دهد. در این پژوهش ما بر آن شدیم تا با بررسی مورفومتری ۷ برخان در منطقه پشوئیه کرمان به نتایج تازه‌ای در این رابطه دست یابیم.

### 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 شده است. روستای پشوئیه در بیابانی در ضلع شرقی گسل نایبند قرار دارد. در جنوب آن روستای کشیت و در شمال غربی آن شهرستان اندوهجرد، در شرق آن کلوت ها و در غرب آن شهرستان ماهان قرار دارد. لندفرم‌های غالب این منطقه، کلوت‌های دشت لوت، برخان‌ها و کوه‌های جوپار و جغتان استان کرمان می‌باشد. (تصویر ۱ و ۲)



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه



شکل ۲. برخان‌های مورد مطالعه

### مواد و روش‌ها

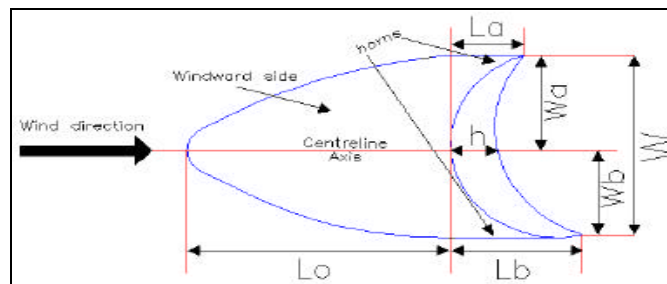
این پژوهش در چند مرحله انجام گرفت:

۱- استفاده از مدارک و منابع کتابخانه‌ای: این بخش شامل تمام منابع نوشتاری از قبیل کتاب‌ها، مقالات فارسی و انگلیسی، پایان‌نامه‌ها می‌گردد که طی مراحل مختلف تحقیق مورد استفاده قرار گرفته است.

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

۳- مورفومتری برخان‌ها: ابتدا منطقه مورد مطالعه از نظر برخان‌ها و عوارض دیگر، مورد بررسی قرار گرفت و سپس مورفومتری ۷ برخان در منطقه پشونیه استان کرمان انجام گرفت که این مورفومتری شامل اندازه‌گیری طول بازوی راست:  $La$ ؛ طول برخان

L: طول دامنه باد پناه؛ LS: طول دامنه رو به باد؛ Lo: طول بازوی چپ؛ Lb: عرض؛ عرض راست؛ Wa: عرض برخان؛ W: عرض چپ؛ Wb: هستند. مبنای اندازه‌گیری‌ها شکل زیر است که انواع پارامترهای مورفومتری برخان و شیوه اندازه‌گیری آنها را نشان می‌دهد.



شکل ۳. روش مورفومتری برخان‌ها

*Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci., 8 (3): 245-252, 2010*

شکل: مهم‌ترین مؤلفه‌های مورفومتری برخان و مدل اندازه‌گیری آنها: ارتفاع (H)، عرض پهلوی راست (Wa)، عرض پهلوی چپ (Wb)، طول بازوی راست (La)، طول بازوی چپ (Lb)، طول دامنه‌ی روبه باد (Lo)، طول دامنه‌ی بادپناه (Ls)، پهنای برخان، شیب دامنه رو به باد، شیب دامنه پشت به باد و مساحت برخان. پس از مورفومتری برخان‌ها، ارتباط بین اجزاء مختلف آن‌ها بررسی و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

به منظور بررسی آماری خصوصیات مورفولوژی برخان‌ها، مؤلفه‌های مورفومتری آن‌ها اندازه‌گیری می‌شود.

شیوه محاسبه طول و عرض به شرح معادلات زیر است:

$$\text{رابطه (۱) محاسبه طول: } L = LO + LS + (La + Lb)$$

$$\text{رابطه (۲) محاسبه عرض: } W = Wa + Wb \text{ (موسوی، ۱۳۸۹).}$$



۴- استفاده از نرم افزار SPSS: برای محاسبه همبستگی بین اجزای برخان و تفسیر و تحلیل نتایج از نرم افزار SPSS و روش همبستگی پیرسون استفاده شد.

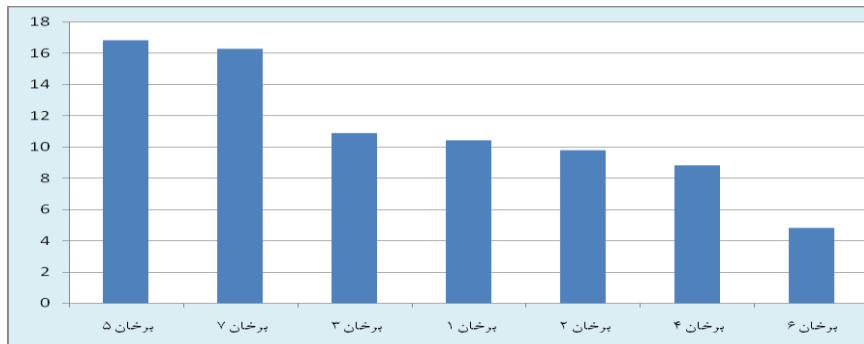
### یافته‌ها و نتایج پژوهش

در منطقه مورد مطالعه ۷ برخان متوالی بررسی گردید و ویژگی‌های مورفومتری آن‌ها مورد اندازه‌گیری قرار گرفت، مؤلفه‌های مورفومتری برخان‌ها همان‌طور که در زیر آمده است، به تفکیک مورد بررسی قرار گرفتند:

۱- **مساحت برخان:** بیشترین مساحت را برخان پنجم با ۱۴۷۴۴ متر مربع و کمترین مساحت را برخان ۶ با ۲۱۴۳ متر مربع داراست.

۲- **طول برخان:** بیش‌ترین طول برخان، برخان ۵ با ۱۷۵ متر طول و کم‌ترین طول برخان مربوط به برخان ۶ با ۶۶ متر است. از لحاظ طول بازوها، در همه برخان‌ها به غیر از برخان اول، طول بازوی چپ برخان‌ها بیشتر از طول بازوی راست است. بیش‌ترین طول بازوها مربوط به بازوی چپ برخان پنجم با ۱۱۸ متر و کمترین طول بازوها مربوط به طول بازوی راست برخان ششم با ۱۶ متر است. در مورد کم‌ترین طول بازوی چپ، کم‌ترین میزان را همان برخان ششم با ۲۱/۵ متر طول بازوی چپ را داراست.

۳- **ارتفاع پیشانی برخان:** ارتفاع پیشانی برخان با استفاده از اطلاعات مربوط به طول دامنه پشت به باد و شیب دامنه پشت به باد استخراج گردید. طبق رابطه منطقی حاکم بر شیب و ارتفاع می‌توان نتیجه گرفت با کاهش میزان درصد شیب، کاهش ارتفاع پیشانی برخان را خواهیم داشت (رابطه مستقیم). طبق محاسبات به عمل آمده بیش‌ترین ارتفاع پیشانی مربوط به برخان شماره ۵ با ارتفاع ۱۶.۸۱ و کمترین نیز مربوط به برخان شماره ۶ با ارتفاع ۴.۸ می‌باشد.



شکل ۴. ارتفاع پیشانی برخان

- ۴- محیط برخان: بیش‌ترین محیط برخان نیز باز متعلق به برخان ۵ است با ۶۴۹ متر مربع و کم‌ترین محیط برخان نیز مربوط به برخان ششم با ۱۹۱ متر است.
- ۵- عرض برخان: در مورد عرض برخان‌ها بیش‌ترین عرض چپ برخان متعلق به برخان ۴ با ۶۰ متر عرض و کم‌ترین عرض چپ مربوط به برخان ششم با ۱۶/۶۰ متر عرض می‌باشد. بیش‌ترین عرض راست برخان‌ها متعلق به برخان پنجم با ۷۷ متر و کم‌ترین عرض راست برخان باز هم متعلق به برخان ششم با ۱۲/۵ متر می‌باشد.
- ۶- پهنای برخان: بیش‌ترین پهنای برخان پنجم با ۱۲۷ متر و کم‌ترین پهنای برخان ششم با ۲۹/۱۰ متر دارد.
- ۷- طول دامنه‌ی رو به باد: بیش‌ترین طول دامنه رو به باد نیز باز هم متعلق به برخان پنجم با ۷۷/۷۰ متر و کم‌ترین طول دامنه رو به باد این بار با اندکی تفاوت متعلق به برخان سوم با ۴۳/۲۰ متر است.
- ۸- طول دامنه‌ی پشت به باد: در مورد طول دامنه پشت به باد، باز برخان پنجم بیش‌ترین طول با رقم ۲۱/۲۹ متر را داراست و کم‌ترین طول دامنه پشت به باد متعلق به برخان ششم با ۶ متر است.

۹- شیب دامنه‌ی رو به باد: بیش‌ترین شیب دامنه رو به باد در ۷ برخان مورد مطالعه را برخان پنجم با شیب ۱۷/۶۵ درجه و کم‌ترین شیب دامنه رو به باد را برخان ششم با ۷/۵ درجه داراست.

۱۰- شیب دامنه‌ی پشت به باد: بیش‌ترین شیب دامنه پشت به باد متعلق به برخان چهارم با ۶۴ درجه و کم‌ترین شیب دامنه پشت باد را برخان پنجم با ۵۸/۵۳ درجه داراست که جدول شماره (۱) این ویژگی‌ها را نشان می‌دهد.

از بین ۷ برخان مورد نظر، بزرگ‌ترین برخان مورد مطالعه برخان پنجم و کوچک‌ترین برخان مورد مطالعه برخان ششم است. این برخان از نظر طول، محیط، عرض راست، پهنای برخان نسبت به برخان‌های دیگر بزرگتر است، اما بیشترین عرض چپ برخان با اندکی تفاوت مربوط به برخان چهارم است. بررسی میدانی نشان می‌دهد که توپوگرافی بستر برخان عامل بزرگی عرض چپ این برخان می‌باشد.

در مورد شیب دامنه روبه باد نیز بیش‌ترین شیب دامنه روبه باد، با توجه به بزرگی برخان ۵، به این برخان متعلق است.

کوچک‌ترین برخان، شماره ۶ است که در این برخان تمام موارد اندازه‌گیری شده کمتر از دیگر نمونه‌ها بود. با بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌ها و همچنین مشاهده تصاویر مشخص می‌شود که این برخان منشعب از برخان نامتقارنی است که در پشت سر آن قرار دارد و این برخان اگرچه از نظر شکل به بلوغ رسیده، اما از نظر میزان رسوب و جذب ماسه در حد جوانی است. این بدان معنی است که این برخان تازه شکل گرفته است.

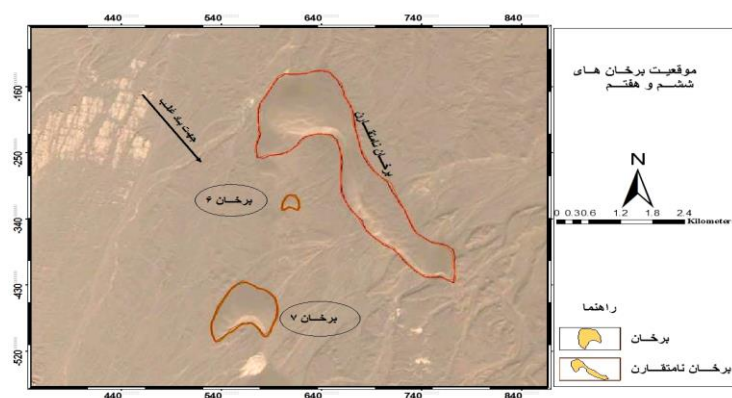
- در ۷ برخان مورد مطالعه، طول بازوهای چپ همه برخان‌ها با توجه به مورفومتری و اندازه‌گیری انجام گرفته، بیشتر از طول بازوی راست آنهاست که دلیل اصلی آن را می‌توان موقعیت ارتفاعات منطقه دانست که در سمت راست تمام برخان‌ها یک سلسله ارتفاعات قرار گرفته است که مانع از شدت بیشتر باد و بلندتر شدن بازوهای راست برخان‌ها گردیده است و این را می‌توان عامل حرکت و شدت راحت تر باد و افزایش

جدول ۱. پارامترهای اندازه‌گیری شده در برخان‌های مورد مطالعه

شماره برخان	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
طول جغرافیایی	۰۶۰۲۴۷۷	۰۶۰۲۴۸۰	۰۶۰۳۴۶۵	۰۶۰۴۲۵۴	۰۶۰۴۹۲۷	۰۶۰۵۵۷۸	۰۶۰۵۶۷۳
عرض جغرافیایی	۳۳۲۳۱۳۲	۳۳۲۲۹۲۵	۳۳۲۱۱۴۳	۳۳۲۰۳۸۸	۳۳۱۹۱۹۳	۳۳۱۸۰۰۰	۳۳۱۷۷۰۲
مساحت برخان (متر مربع)	۱۰۰۴۶	۵۰۲۴/۷	۴۳۵۶	۵۱۲۱	۱۴۷۴۴	۲۱۴۳	۱۲۳۴۳
محیط برخان	۴۷۹	۳۷۱	۳۳۵	۴۲۰	۶۴۹	۱۹۱	۵۲۳
ارتفاع منطقه	۳۷۹	۳۶۱	۳۵۱	۳۴۸	۳۶۳	۳۷۸	۴۰۳
عرض چپ	۲۸/۲۰	۳۲/۳۰	۲۶	۶۰	۵۰	۱۶/۶۰	۳۸/۴۰
عرض راست	۷۱/۸۰	۳۴/۳۰	۴۲/۲۰	۳۲	۷۷	۱۲/۵	۶۰
طول بازوی راست	۸۶/۴۰	۳۸/۵	۲۱	۳۶/۵	۴۰	۱۶	۴۰
طول بازوی چپ	۶۶/۴	۸۷	۵۹	۱۰۵	۱۱۸	۲۱/۵	۷۳/۴۰
طول برخان	۱۲۰/۲۰	۱۴۸	۱۰۲	۱۴۷	۱۷۵	۶۶	۷۸/۷۰
پهنای برخان	۱۰۰	۶۶/۶۰	۶۸/۲۰	۹۲	۱۲۷	۲۹/۱۰	۹۸/۴۰
طول دامنه رو به باد	۶۷/۶۰	۵۹	۴۳/۲۰	۴۷	۷۷/۷۰	۴۵/۸۰	۸۱
طول دامنه پشت به باد	۱۶	۱۲	۱۲/۲۳	۱۰/۶۰	۲۱/۲۹	۶	۱۸/۳۰
شیب دامنه رو به باد	۱۳/۲	۱۰/۵	۱۳	۱۳	۱۷/۶۵	۷/۵	۱۲
شیب دامنه پشت به باد	۶۳	۶۰/۵	۶۲	۶۴	۵۸/۵۳	۵۹/۴۷	۶۲
ارتفاع پیشانی به درجه	۱۰/۴۰	۹/۷۶	۱۱	۸/۸۰	۱۶/۸۱	۴/۸	۱۶

جدول ۲. آمار بیشینه در برخان‌های مورد مطالعه

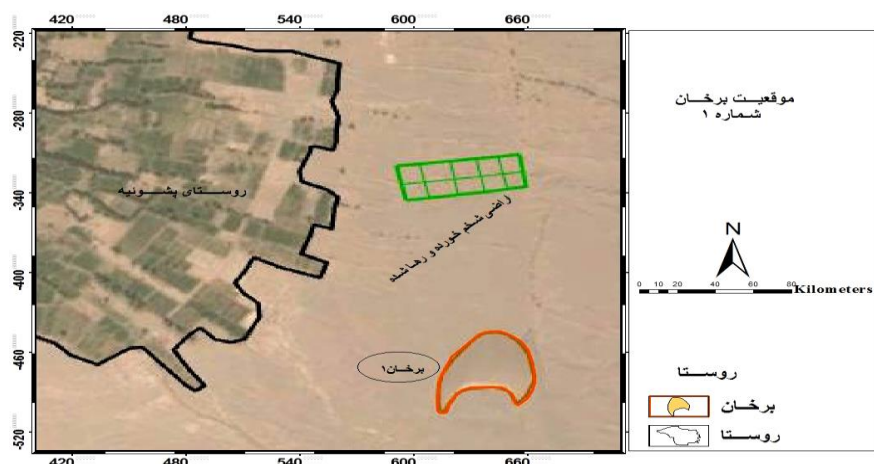
میزان	شماره برخان	شاخص مورد بررسی
۱۴۷۴۴	۵	بیشترین مساحت برخان (متر مربع)
۶۴۹	۵	بیشترین محیط برخان
۴۰۳	۷	بیشترین ارتفاع منطقه
۶۰	۴	بیشترین عرض چپ
۷۷	۵	بیشترین عرض راست
۸۶/۴۰	۱	بیشترین طول بازوی راست
۱۱۸	۵	بیشترین طول بازوی چپ
۱۷۵	۵	بیشترین طول برخان
۱۲۷	۵	بیشترین پهنای برخان
۸۱	۷	بیشترین طول دامنه رو به باد
۲۱/۲۹	۵	بیشترین طول دامنه پشت به باد
۱۷/۶۵	۵	بیشترین شیب دامنه رو به باد
۶۴	۴	بیشترین شیب دامنه پشت به باد
۱۶/۸۱	۵	بیشترین ارتفاع پیشانی



شکل ۵. موقعیت برخان ۶ و ۷

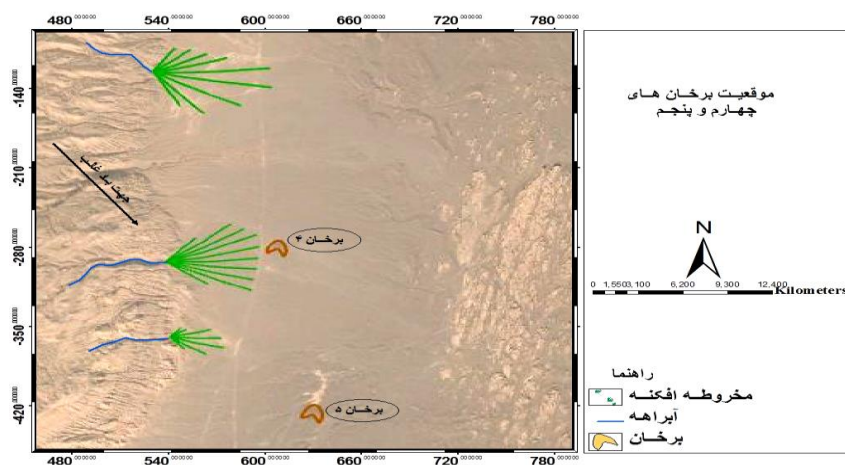
بازوهای چپ برخان‌های مورد مطالعه دانست، علاوه بر آن چون بادهای غالب منطقه از سمت شمال و شمال غرب می‌وزند، این ارتفاعات مانع از وزش باد گردیده و این حالت حاصل شده است.

تنها مورد متفاوت، برخان اول است که طول بازوی راست آن بیشتر از بازوی چپ آن است. با توجه به نزدیکی برخان اول به روستا و موقعیت مکانی برخان به نظر می‌رسد باد ما بین ارتفاعات سمت راست برخان اول و موانع روستایی (ساختمان‌ها و باغات و...) به صورت کانالیزه در آمده و سرعت بیشتر باد از سمت راست برخان اول باعث افزایش طول بازوی راست برخان اول نسبت به برخان‌های دیگر گردیده است که این موقعیت برای برخان‌های بعدی وجود ندارد و فقط تاثیر موانع ارتفاعی سمت راست منطقه، مانع از افزایش طول بازوی راست بلکه کاهش طول بازوهای راست و برعکس افزایش طول بازوهای چپ برخان‌ها گردیده است. از طرف دیگر شخم زدن زمین‌های کشاورزی سمت راست برخان و پایین روستا را عاملی دیگر در بزرگی بازوی راست برخان می‌توان ذکر کرد، به طوری که شخم زدن و رها کردن آن سبب فراهم نمودن رسوبات لازم برای برخان اول گردیده است (شکل ۹).



شکل ۶. موقعیت برخان شماره ۱

- با مشاهده جدول شماره ۲، آمارهای ارائه شده نشان می‌دهد که برخان‌های شماره ۴، ۵ و ۷ از هر لحاظ نسبت به برخان‌های دیگر بزرگتر و متمایزتر هستند. با بررسی‌های میدانی صورت گرفته و استفاده از تصاویر مشخص می‌شود که موقعیت قرارگیری برخان‌ها و عامل فراهم بودن ماسه در اطراف آنها، عامل متمایز بودن آنهاست، همان‌گونه که در (شکل ۱۰) مشخص است برخان‌های فوق در منتهی‌الیه مخروطه‌افکنه بزرگی قرار گرفته‌اند، بر اساس قوانین مربوط به مخروطه‌افکنه‌ها هرچه به سمت قاعده مخروطه برویم، مواد ریزدانه‌تر خواهند بود. از این رو مواد رسوبی لازم جهت حمل در اختیار باد قرار گرفته تا خوراک لازم را برای این مخروطه‌افکنه‌ها محیا سازد.



شکل ۷. موقعیت برخان ۴ و ۵

برای محاسبه همبستگی بین اجزای برخان از نرم افزار SPSS و روش همبستگی پیرسون استفاده شد که نتایج آن در جدول شماره (۳) قابل مشاهده است. بر اساس این جدول، نتایج به صورت زیر تفسیر می‌گردد:

مساحت برخان با محیط آن، عرض بازوی راست، عرض برخان، طول دامنه رو به باد، طول دامنه پشت به باد، شیب دامنه رو به باد و ارتفاع پیشانی برخان همبستگی دارد

که میزان همبستگی با شیب دامنه رو به باد ۹۵ درصد و با باقی متغیرها ۹۹ درصد می‌باشد. محیط برخان با مساحت، عرض بازوی راست، طول بازوی چپ، عرض برخان، طول دامنه رو به باد، طول دامنه پشت به باد، شیب دامنه رو به باد و ارتفاع پیشانی برخان همبستگی دارد که میزان همبستگی با طول بازوی چپ و طول دامنه رو به باد در سطح ۹۵ درصد و با باقی متغیر در سطح ۹۹ درصد می‌باشد. عرض بازوی چپ با طول بازوی چپ همبستگی ۹۹ درصد داشته ولی عرض بازوی راست با متغیرهای مساحت، محیط، عرض برخان و طول دامنه پشت به باد ۹۹ درصد و با طول دامنه رو به باد، شیب دامنه رو به باد و ارتفاع پیشانی برخان همبستگی ۹۵ درصد نشان می‌دهد. طول بازوی راست و شیب دامنه پشت به باد هیچ‌گونه همبستگی را با متغیرها ندارند. طول بازوی چپ با عرض بازوی چپ و طول برخان همبستگی ۹۹ درصد و با مساحت برخان، عرض برخان و شیب دامنه رو به باد ۹۵ درصد همبستگی دارد. طول برخان فقط با طول بازوی چپ همبستگی ۹۹ درصد داشته ولی عرض برخان با مساحت، محیط، عرض بازوی راست، طول دامنه پشت به باد و شیب دامنه رو به باد همبستگی ۹۹ درصد و با طول بازوی چپ و ارتفاع پیشانی همبستگی ۹۵ درصد دارد. طول دامنه رو به باد با مساحت و طول دامنه پشت به باد همبستگی ۹۹ درصد و با محیط، عرض بازوی راست و ارتفاع پیشانی برخان همبستگی ۹۵ درصد نشان می‌دهد. طول دامنه‌ی پشت به باد دارای همبستگی ۹۹ درصد با متغیرهای مساحت، محیط، عرض بازوی راست، عرض برخان، طول دامنه‌ی رو به باد و ارتفاع پیشانی برخان داشته و با شیب دامنه رو به باد ۹۵ درصد همبستگی دارد. شیب دامنه روبه باد با محیط و عرض برخان همبستگی ۹۹ درصد و با مساحت، عرض بازوی راست، طول بازوی چپ، طول دامنه پشت به باد و ارتفاع پیشانی ۹۵ درصد همبستگی نشان می‌دهد و بالاخره ارتفاع پیشانی برخان دارای ۹۹ درصد همبستگی با مساحت، محیط و طول دامنه‌ی پشت به باد برخان و دارای ۹۵ درصد همبستگی با عرض بازوی راست، عرض برخان، طول دامنه رو به باد و شیب دامنه رو به باد می‌باشد.





A: مساحت برخان، P: محیط برخان، WL: عرض بازوی چپ، WR: عرض بازوی راست، LR: طول بازوی راست، LL: طول بازوی چپ، L: طول برخان، W: عرض برخان، LSF: طول دامنه‌ی روبه باد، LSB: طول دامنه‌ی پشت به باد، SSF: شیب دامنه رو به باد، SSB: شیب دامنه‌ی پشت به باد و HH ارتفاع پیشانی برخان می باشد.

### نتیجه گیری

روستای پشوئییه در استان کرمان و شرق این شهر با طول جغرافیایی ۵۸ درجه و ۲ دقیقه و عرض ۳۰ درجه و ۳ دقیقه واقع شده است. روستای پشوئییه در بیابانی در ضلع شرقی گسل نایبند قرار دارد. در جنوب آن روستای کشیت و در شمال غربی آن شهرستان اندوهجرد، در شرق آن کلوت ها و در غرب آن شهرستان ماهان قرار دارد. لندفرم‌های غالب این منطقه کلوت‌های دشت لوت، برخان‌ها و کوه‌های جوپار و جفتان استان کرمان می‌باشد. در این پژوهش به بررسی مؤلفه‌های مورفومتری ۷ برخان منطقه در دو راستا پرداختیم. ابتدا خصوصیات مورفومتری برخان‌ها، اندازه‌گیری و مورد تحلیل و تفسیر قرار گرفت و سپس به وسیله نرم افزار spss همبستگی‌ها محاسبه گردید. بر اساس نتایج حاصله از مورفومتری برخان‌های ذکر شده، مشخص می‌شود که تفاوت بارزی در اندازه اجزاء برخان‌ها نسبت به هم مشهود است. شاخص‌های اندازه‌گیری، برخان پنجم را با بیشترین مساحت، محیط، طول برخان، پهنای برخان، طول دامنه‌ی رو به باد و پشت به باد، بزرگ‌ترین برخان از هر جهت بیان می‌کند که با بررسی‌های میدانی و استفاده از تصاویر، موقعیت مکانی قرارگیری برخان پنجم نسبت به برخان‌های دیگر نیز عامل بزرگی در ابعاد مختلف آن می‌باشد. تصویر (شماره ۸) نشان می‌دهد که دو مسیل در ماوراء برخان فوق‌الذکر قرار دارد که مواد رسوبی لازم را برای این برخان مهیا می‌کند، به طوری که ماسه پس از گیر افتادن در مسیل‌ها با کمک کانالیزه شدن باد به این برخان می‌رسد. همچنین با مشاهده تصاویر و عکس‌های هوایی، بستر و مسیر حرکت این برخان نسبت به برخان‌های دیگر ناهموارتر است. از این رو عامل دیگر در بزرگی این برخان را می‌توان به زبری بستر برخان مرتبط دانست.

همچنین بررسی‌ها و اندازه‌گیری‌ها، برخان ششم را کوچک‌ترین برخان ذکر نمود. با مشاهده تصاویر مشخص می‌شود که برخان ششم منشعب از برخان نامتقارنی است که در پشت سر آن قرار دارد و این برخان اگر چه از نظر شکل به بلوغ رسیده، اما از نظر میزان رسوب و جذب ماسه در حد جوانی است، این بدان معنی است که این برخان تازه شکل گرفته است.

بر اساس اندازه‌گیری‌های صورت گرفته از طول بازوی برخان‌ها، مشخص گردید که در همه برخان‌ها، طول بازوی چپ آنها بیشتر از طول بازوی راست است که دلیل آن را باید به موانع ارتفاعی سمت راست برخان‌ها نسبت داد که مانع از افزایش سرعت و فشار باد در سمت راست برخان‌ها شده است و بازوهای راست برخان‌ها کم‌تر تکامل یافته‌اند و چون بادهای غالب منطقه از سمت شمال و شمال غرب می‌وزند، این ارتفاعات مانع از وزش باد گردیده و این حالت حاصل شده است. با توجه به بررسی‌های میدانی و تصویر (شماره ۶)، مشاهده می‌گردد که در برخان اول با توجه به نزدیکی آن به روستا و موقعیت مکانی برخان، باد ما بین ارتفاعات سمت راست برخان اول و موانع روستایی (ساختمان‌ها و باغات و...) به صورت کانالیزه در آمده و سرعت بیشتر باد از سمت راست برخان اول باعث افزایش طول بازوی راست برخان اول نسبت به برخان‌های دیگر شده است که این موقعیت برای برخان‌های بعدی وجود ندارد، از طرف دیگر شخم زدن زمین‌های کشاورزی سمت راست برخان و پایین روستا را عاملی دیگر در بزرگی بازوی راست برخان می‌توان ذکر کرد، به طوری که شخم زدن و رها کردن آن سبب فراهم نمودن رسوبات لازم برای برخان اول گردیده است.

با توجه به محاسبه همبستگی اجزای مختلف برخان‌ها، اجزای برخان‌ها دارای همبستگی بالای ۹۵ درصد (۹۵ و ۹۹ درصد) هستند که خود نشان از رشد هماهنگ اجزای برخان در راستای باد منطقه و همچنین هماهنگی بین بزرگی و کوچکی آنها و رشد اجزای آن دارد. چنانچه در پارامترهای اشاره شده، همبستگی کمی متفاوت است

که آن را باید در موقعیت قرارگیری برخان‌ها و مقدار رسوباتی که برخان را تغذیه می‌کنند جستجو کرد.

### منابع

اختصاصی، محمد. رضا، ۱۳۸۳، بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی دشت یزد- اردکان و تعیین شاخص‌های این فرآیند جهت کاربرد در مدل‌های ارزیابی بیابان زایی، احمدی، حسن، دانشگاه تهران، گروه منابع طبیعی و آبخیزداری.

احمدی، حسن، ۱۳۷۷، ژئومورفولوژی کاربردی، جلد دوم: بیابان- فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران.

لرستانی، قاسم؛ شهریار، علی؛ مقصودی، مهران؛ ۱۳۹۰، اثر توزیع قطر و فراوانی ذرات ماسه در تغییر شکل اجزای اصلی برخان (مطالعه موردی برخان‌های مرنجاب)، جغرافیا و توسعه، شماره ۲۵، صفحه ۱۷۹-۱۹۶

محمودی، فرج الله، ۱۳۸۳، ژئومورفولوژی اقلیمی، تهران، انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ سوم.

موسوی، حجت. ولی، عباس علی. معیری، مسعود، ۱۳۸۹، تأثیر مؤلفه‌های مورفومتری برخان بر میزان جابه‌جایی آن (مطالعه موردی: ریگ چاه جام)، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۱، شماره پیاپی ۳۸، شماره ۲، صص ۱۰۱-۱۱۸

مقصودی، مهران. حاجی زاده، عبدالحسین. مرادپور، زهرا. ۱۳۹۲، مطالعات ژئومورفولوژی و توسعه فیزیکی روستاها با استفاده از تصاویر ماهواره ای و عکس‌های هوایی مطالعه موردی: روستای پشوئیه استان کرمان، اولین همایش کواترنری ایران، تهران.

مقصودی، مهران. یمانی، مجتبی. مشهدی، ناصر. تقی زاده، مهدی. ذهاب ناظوری، سمیه. ۱۳۹۰، شناسایی منابع ماسه‌های بادی ارگ نوق با استفاده از تحلیل باد و

مورفومتری ذرات ماسه، جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، دوره ۲۲، شماره ۳  
پیاپی ۴۳؛ از صفحه ۱ تا صفحه ۱۶.

مقصودی، مهران. نگهبان، سعید. باقری، سجاد. ۱۳۹۱، تحلیل مخاطرات ناشی  
از ماسه‌های روان بر سکونتگاه‌های غرب دشت لوت (مطالعه موردی: روستای  
حجت آباد- شرق شهداد)، مجله جغرافیا و مخاطرات محیطی، شماره اول، صص  
۸۳-۹۶.

نگارش، حسین؛ لطیفی، لیلا؛ ۱۳۸۷، تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه  
ای شرق دشت سیستان در خشکسالی‌های اخیر، دانشگاه سیستان و بلوچستان، مجله  
جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، صص ۴۳-۶۰.

ولی، عباس. موسوی، سید حجت. ۱۳۹۰، مدل‌سازی برآورد حجم تپه‌های  
برخانی (مطالعه موردی: برخان‌های منطقه چاه جام)، مطالعات جغرافیایی مناطق  
خشک، سال دوم، شماره ششم، صص ۱-۱۴.

یمانی، مجتبی. ذهاب ناظوری، سمیه. گورابی، ابوالقاسم. ۱۳۹۰، بررسی مورفومتری و  
علل استقرار ریگ کرمان از طریق تحلیل ویژگی‌های باد و دانه سنجی ذرات ماسه،  
مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، سال اول، شماره چهارم، صص ۳۳-۱۹.

Julien claud, (2012), morphometrics with RS, USA Al-Harhi. A, A,  
(2002), Geohazard assessment of sand dunes between Jeddah and Al-  
Lith, western Saudi Arabia, Environmental Geology 42: 360-369.

Anthonsen, K.L., Clemmensen, L.B., Jensen, J.H, (1996), Evolution of a  
dune from crescentic to parabolic form in response to short-term climatic  
changes — Rabjerg- Mile, Skagen-Odde, Denmark. Geomorphology 17:  
63-77.

Anton, D., Vincent, P, (1986), Parabolic dunes of the Jafurah Desert,  
Eastern Province, Saudi Arabia. Journal of Arid Environments 11: 187-  
198.

Bagnold, R.A, (1941), The Physics of Blown Sand and Desert Dunes.  
Methuen, London.

- Daniell, J., Hughes, M, (2007), The morphology of barchan-shaped sand banks from western Torres Strait, northern Australia, *Sedimentary Geology* 202: 638-652.
- Finkel, H.J, (1959), The barchans of southern Peru. *Journal of Geology* 67: 614-647.
- Gay, S.P, (1999), Observations regarding the movement of barchan sand dunes in the Nazca to Tanaca area of southern Peru. *Geomorphology* 27: 279-293.
- Herrmann, H.J., Sauerman, G, (2000), The shape of dunes. *Physical A* 283: 24-30.
- Hersen, P, (2004), On the crescentic shape of barchan dunes. *The European Physical Journal B* 37: 507-514.
- Hesp, P., Hastings, K, (1998), Width, height and slope relationships and aerodynamic maintenance of barchans. *Geomorphology* 22: 193-204.
- Howard, A.D., Morton, J.B., Gad-El-H& M., Pierce, D.B, (1978), Sand transport model of barchan dune equilibrium. *Sedimentology* 25: 307-338.
- Sauermann, G., Andrade, J. S., Maia, L. P., Costa, U. M. S., Araujo, A. D., Herrmann, H.J, (2003), Wind velocity and sand transport on a barchan dune. *Geomorphology* 54: 245 - 255.
- Bagnold, R.A (1937). The size-grading of sand by wind. *Proceeding of the Royal Society of London*. The Royal Society, London.
- Bagnold, R. A, Barndorff-Nielsen, O.E (1980). The pattern of natural size distributions. *Sedimentology* 27, 199-207.
- 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 han (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.
- Lancaster, N (1989). *The Namib Sand Sea: Dune Forms, Processes, and Sediments*. A.A. Balkema, Rotterdam.
- Lancaster, N (1995). *Geomorphology of Desert Dunes*. Routledge, London.
- Livingstone, I (1987). Grain size variation on a complex linear dune in Namib Desert. In: Frostick, L.E., Reid, I. (Eds.), *Desert sediments, ancient, and modern*. Geological Society of London, Blackwell, Oxford.
- Mc Laren, P (1981). An interpretation of trends in grain size measures. *J. Sediment. Petrol.* 51 (2), 611-624.
- Maghsoudi, Mehran, Ghasem Lorestani, Ali Shahriar and Ahmad 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

- Reshma Parveen, Uday Kumar, Vivek Kumar Singh ,2012, Geomorphometric Characterization of Upper South Koel Basin, Jharkhand: A Remote Sensing & GIS Approach, Journal of Water Resource and Protection.
- Sauermann, G., Andrade, J. S., Maia, L. P., Costa, U. M. S., Araujo, A. D., Herrmann, H.J, (2003), Wind velocity and sand transport on a barchan dune. *Geomorphology* 54: 245 – 255.
- 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.
- Tsoar, H (1986). Two-dimensional analysis of dune profiles and the effect of grain size on sand dune morphology. In: El-Baz, F.
- 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.