

رابطه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای با شاخص‌های مورفومتری در شرق بابلسر، شمال ایران

محبوبه وسو* - دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌های رسوبی، دانشگاه بیرجند
غلامرضا میراب شیبستری - استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه بیرجند
آرش امینی - استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه گلستان

پذیرش مقاله: ۱۳۹۲/۰۷/۰۹ تأیید نهایی: ۱۳۹۳/۰۳/۱۸

چکیده

تپه‌های پارابولیک یا سهمی‌شکل، یکی از مهم‌ترین انواع تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در منطقه شرق بابلسر هستند. این تپه‌ها را از دیدگاه‌های مختلفی مانند آب‌وهوا، محیط، ژئومورفولوژی و سایر موارد می‌توان بررسی و طبقه‌بندی کرد. در پژوهش پیش رو، انواع تپه‌های ماسه‌ای ساحلی به کمک تصاویر ماهواره‌ای و بازدید صحرایی از منطقه، بر مبنای ژئومورفولوژی شناسایی و طبقه‌بندی شدند و پس از آن به تجزیه و تحلیل مؤلفه‌های مورفومتری اندازه‌گیری شده مربوط به این تپه‌ها پرداخته شده است. این تپه‌های سهمی‌شکل از نظر ژئومورفولوژی به هفت نوع هلالی، سنجاق مو، نیم‌دایره، پنجه‌ای، آشیانه‌ای، شن‌کش‌مانند و مرکب تقسیم می‌شوند. تپه‌های هلالی شکل ساده، بیشترین فراوانی را (۵۹/۵ درصد) در منطقه مورد مطالعه داشته‌اند. از سوی دیگر تپه‌های پارابولیک یا سهمی‌شکل، بر اساس نسبت طول به عرض نیز تقسیم‌بندی می‌شوند. ویژگی‌های باد، فراوانی منبع ماسه و پوشش گیاهی، از عوامل کلیدی مؤثر بر فرم تپه‌های موجود هستند. برای بررسی ارتباط آماری بین مؤلفه‌های مورفومتری، مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی منتخب، شامل طول *Lee, Stoss Crest* و ارتفاع اندازه‌گیری شدند. نتایج آماری نشان می‌دهد که مؤلفه ارتفاع با طول قله و دامنه پشت به باد، بهترین ضریب همبستگی را نشان می‌دهد. به گفته دیگر، ارتفاع تپه‌ها با تغییر طول قله و طول دامنه پشت به باد تغییر می‌کند و مؤلفه طول دامنه رو به باد، تأثیری بر ارتفاع ندارد.

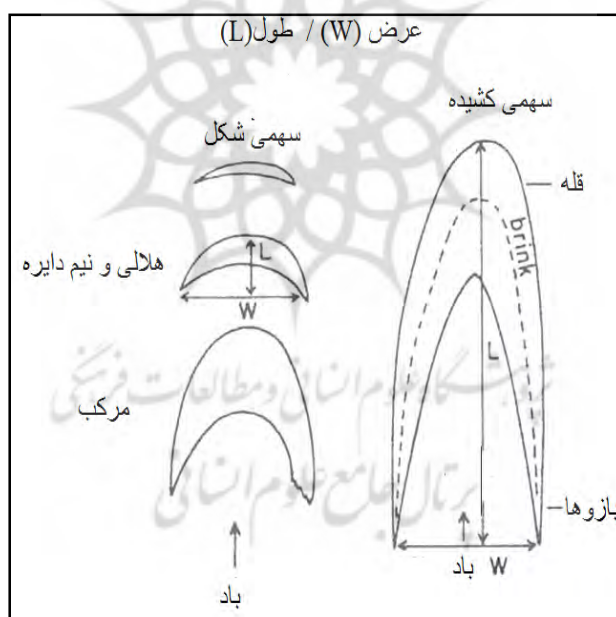
کلیدواژه‌ها: تپه‌های ماسه‌ای ساحلی، ژئومورفولوژی، شرق بابلسر، مورفومتری.

مقدمه

کمابیش نیمی از مناطق ساحلی جهان در زون آب‌وهوایی معتدل قرار گرفته‌اند و بسیاری از آنها حاوی سیستم تپه‌های ساحلی‌اند. تپه‌های ماسه‌ای بر اساس عوامل گوناگونی طبقه‌بندی می‌شوند. از نظر ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای به

تپه‌های ماسه‌ای سهمی شکل، خطی، متقاطع و ستاره‌ای تقسیم می‌شوند. در سیستم ساحلی شرق بابلسر، عمده تپه‌های ماسه‌ای از نوع سهمی شکل یا پارابولیک بوده و به دلیل گسترش ناچیز گروه‌های دیگر، از ورود به بحث در مورد آنها صرف نظر می‌شود.

به باور مکی (۱۹۷۹)، تپه‌های ماسه‌ای ناپایدار و متحرک، ممکن است در طول زمان از نوعی به نوع دیگر تبدیل شوند. تپه‌های سهمی شکل ساده در سطح به شکل U یا V هستند. تپه‌های ماسه‌ای سهمی شکل که فراوان‌ترین نوع تپه‌های ماسه‌ای در شرق بابلسر به شمار می‌آیند، به هفت مدل سنجاق مویی، هلالی (مدل‌های ساده)، نیم‌دایره، پنجه‌ای، آشیانه‌ای، شن‌کش‌مانند (مدل‌های پیچیده) و متقاطع ثانویه (مدل مرکب) طبقه‌بندی می‌شوند (فیلیون و موریست، ۱۹۸۳؛ پیه، ۱۹۸۲؛ وراستاین، ۱۹۷۰). از سوی دیگر، تپه‌های پارابولیک بر اساس نسبت طول به عرض به چهار زیر رده هلالی ($0/4 >$)، نیم دایره ($1 - 0/4$)، مرکب ($3 - 1$) و کشیده ($3 >$) تقسیم می‌شوند که با اندازه‌گیری طول و عرض از روی تصاویر ماهواره‌ای با کیفیت خوب یا اندازه‌گیری‌های صحرائی به وسیله متر، می‌توان انواع دقیق این چهار مدل را که از نظر شکل کمابیش به هم نزدیک هستند، تشخیص داد (شکل ۱).



شکل ۱. تقسیم‌بندی تپه‌های پارابولیک بر اساس نسبت طول به عرض

منبع: مکی، ۱۹۷۹

توسعه تپه‌های پارابولیک، حاصل رژیم بادهای یک‌جهتی کوچک، بادهای یک‌جهتی گسترده یا دو‌جهتی هستند (فریرگر و دین، ۱۹۷۹). به‌طور عمده وضعیت ژئومورفولوژی این تپه‌های ماسه‌ای متأثر از بادهای غالب منطقه است؛ به‌گونه‌ای که معمولاً نوک سهمی، جهت بادهای غالب در منطقه را نشان می‌دهد. با توجه به اشکال موجود در متن و اطلاعات هواشناسی منطقه، بادهای غرب به شرق نقش اصلی را در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای سهمی شکل منطقه به عهده دارند. گاهی تپه‌های ماسه‌ای سهمی شکل، در یک محدوده جغرافیایی کوچک از نظر ژئومورفولوژی و جهت با

یکدیگر متفاوت هستند که این می‌تواند نشان‌دهنده تغییرات محلی در وضعیت بادهای منطقه و وزش باد در جهت‌های مختلف در طول دوره‌های زمانی مشخصی از سال باشد. اغلب محور بلند تپه‌های ماسه‌ای سهمی‌شکل به موازات باد غالب است، ولی در برخی موارد تپه‌های ماسه‌ای سهمی‌شکل ممکن است عمیقاً تحت تأثیر بادهای فرعی به سمت چپ یا راست عدم تقارن داشته باشند. اگر بادهای قوی از دوجبهت یا بیشتر در زمان‌های مختلف سال بوزد، اشکال نیم‌دایره‌ای و پنجه‌ای توسعه می‌یابد. همچنین می‌بایست منبع تأمین رسوب همراه با رژیم باد در یک منطقه وجود داشته باشد تا حد آستانه برای شروع کنده‌شدگی و توسعه تپه‌ها پدیدار شود. موانع طبیعی‌ای مانند ماهیت و تراکم پوشش گیاهی، در نحوه تشکیل، تنوع ساختار ژئومورفولوژی و تثبیت تپه‌های ماسه‌ای مؤثر هستند؛ به‌گونه‌ای که ماهیت و تراکم پوشش گیاهی نیز با کاهش تقریبی اندازه دانه‌ها، به تدریج از ایستگاه A (گیاهان علفی) به سمت ایستگاه D (گیاهان بوته‌ای) تغییر می‌کند و با افزایش بیش از حد میزان پوشش گیاهی، شرایط تشکیل تپه‌های ماسه‌ای از بین رفته و هیچ‌گونه تپه‌ای در مناطق ساحلی ایجاد نمی‌شود؛ زیرا پوشش گیاهی، آستانه سرعت باد را برای حرکت دانه‌های ماسه بالا برده و در نتیجه تنها بادهای قوی می‌توانند ماسه‌ها را به‌طور بخشی جابه‌جا کنند.

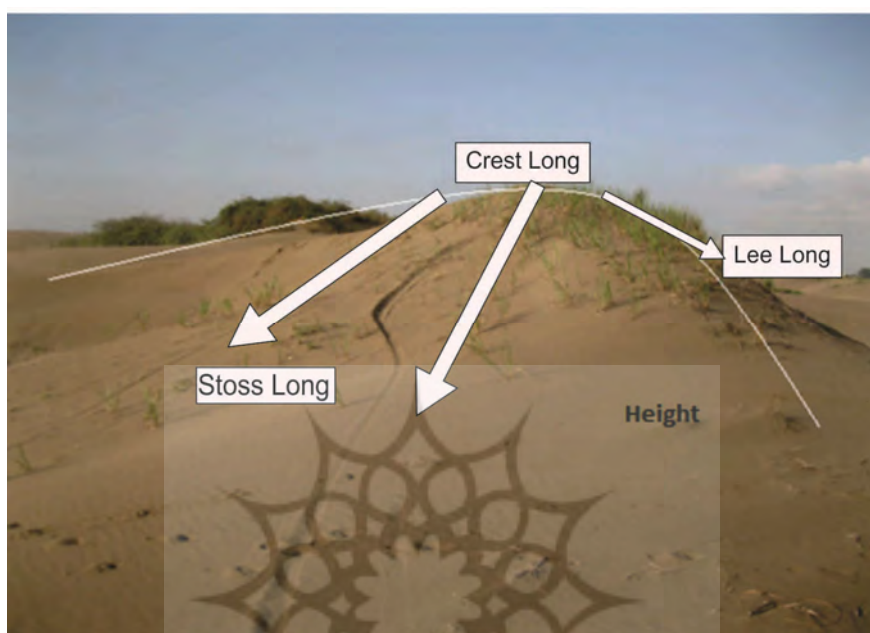
انواع رایجی از پوشش گیاهی که در مناطق دارای تپه‌های پارابولیک توسعه می‌یابند، گیاهان بوته‌مانند علفی و گیاهان درختی هستند. تپه‌های ماسه‌ای ساحلی یکی از اشکال مهم ژئومورفولوژی مناطق ساحلی خزر شمرده می‌شوند. این تپه‌ها تحت تأثیر آورد رسوب، اقلیم، باد، امواج، جریان‌های موازی ساحل و فضای کافی ایجاد شده، توسعه می‌یابند (بلکنپ و کراف، ۱۹۸۱؛ دیویس و کلیفتن، ۱۹۸۷). مجموعه این شرایط در بیشتر نقاط ساحلی دریای خزر فراهم است، اما در بیشتر نقاط این تپه‌ها به دلیل فعالیت‌های بشری تخریب‌شده و از بین رفته‌اند و شمار اندکی از این تپه‌ها به فرم کامل و دست نخورده باقی مانده‌اند.

تا کنون مطالعات زیادی در زمینه اندازه‌گیری تپه‌های ماسه‌ای انجام گرفته است. فینکل (۱۹۶۹) محققانی بودند که برای اولین بار مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای را در جنوب پرو اندازه‌گیری کردند. سایرمان، رگنون، پالیکو و هرمن (۲۰۰۰)، لیوینگ استون، ویگ و ویور (۲۰۰۷)، وو، ژانگ، ژنگ و زو (۲۰۱۱)، البلیتی و دوادی (۲۰۱۱) و ویور و ویگ (۲۰۱۱)، از جمله محققانی بودند که به بررسی روابط بین مؤلفه‌های مختلف شکل‌شناختی و تغییرات شکل تپه‌های ماسه‌ای پرداختند. مکن (۲۰۰۷) به مدل‌سازی ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای سهمی‌شکل توسعه‌یافته، پرداخت.

در مقیاس منطقه‌ای، مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر (۱۳۹۰) نیز تپه‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه را ساختارهای حفاظت طبیعی شمرده و مورد بررسی قرار داده است. موسوی، مرادی و فلاح شمسی (۱۳۹۱) ویژگی‌های مورفولوژیکی برخان‌های منطقه شهداد در استان کرمان را بررسی کرده و به تجزیه و تحلیل آماری پارامترهای مختلف پرداخته‌اند. همچنین امینی (۱۳۹۱) مورفولوژی و مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای و نیکاهای جزیره میانکاله واقع در فاصله تقریبی ۹۰ کیلومتری از شرق بابلسر را مطالعه کرد و بر اساس تقسیم‌بندی هفت‌گانه تپه‌های سهمی‌شکل، به طبقه‌بندی آنها پرداخت.

تا کنون مطالعات گسترده‌ای بر اساس شکل ظاهری تپه‌ها برای شناخت بهتر و طبقه‌بندی انواع تپه‌های ماسه‌ای سهمی‌شکل موجود در نقاط مختلف ساحلی کشور، صورت نگرفته است. از این رو در این مقاله تلاش شده است، ضمن

طبقه‌بندی تپه‌های ماسه‌ای بر مبنای ژئومورفولوژی، مورفومتری هفده تپه ماسه‌ای سهمی‌شکل، بر اساس شکل و پراکندگی بررسی شود. گفتنی است، تپه‌های انتخاب‌شده نماینده‌ای از کل جامعه تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در چهار منطقه مطالعاتی در نظر گرفته شده‌اند (شکل ۲ و جدول ۱).



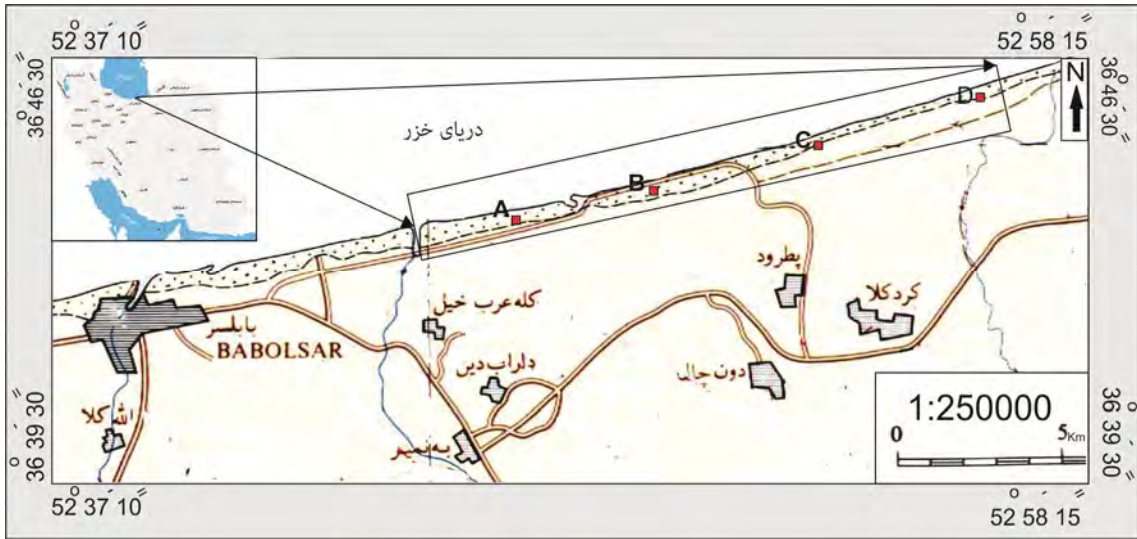
شکل ۲. نمایش مؤلفه‌های مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای سهمی‌شکل در منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. موقعیت، مساحت و تعداد تپه‌های ماسه‌ای قابل شناسایی در هر ایستگاه

موقعیت مرکز ایستگاه‌ها	مساحت (کیلومتر مربع)	تعداد تپه ماسه‌ای قابل شناسایی
A (با مختصات $36^{\circ} 43' 47''$ N و $52^{\circ} 47' 8''$ E)	۵/۷۶	۳۲
B (با مختصات $36^{\circ} 44' 8''$ N و $52^{\circ} 48' 51''$ E)	۱/۹	۳۲
C (با مختصات $36^{\circ} 44' 22''$ N و $52^{\circ} 50' 10''$ E)	۱/۷۶	۱۰
D (با مختصات $36^{\circ} 44' 54''$ N و $52^{\circ} 52' 33''$ E)	۰/۹۵۲	۸

مواد و روش‌ها

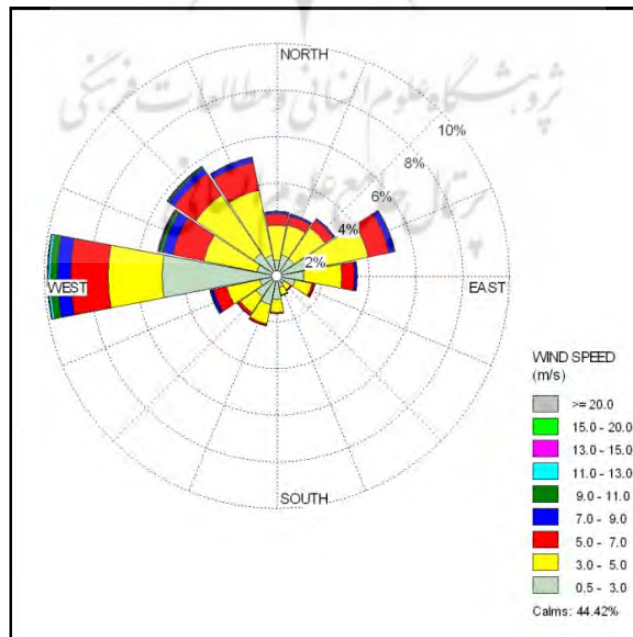
منطقه مطالعاتی مورد نظر در محدوده‌ای با مختصات عرض جغرافیایی $39^{\circ} 39'$ تا $36^{\circ} 46'$ شمالی و طول جغرافیایی $37^{\circ} 52'$ تا $58^{\circ} 52'$ شرقی، در فاصله ۱۰ کیلومتری شرق شهرستان بابلسر (استان مازندران) در جنوب دریای خزر و در شمال ایران واقع شده است. در این منطقه اجتماعی از تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد که به موازات خط ساحلی توسعه یافته‌اند و به وسیله نواری از پوشش گیاهی و درختان از رسوبات ساحلی جدید جدا شده‌اند (شکل ۳).



شکل ۳. معرفی محدوده مطالعاتی مورد نظر و محل نمونه‌برداری در ایستگاه‌های چهارگانه

این پژوهش در پنج مرحله پیوسته به شرح زیر انجام شده است:

مرحله اول: ابتدا سواحل شمالی دریای خزر با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای بررسی و سپس چهار ایستگاه در شرق بابلسر با بیشترین تراکم تپه‌های ماسه‌ای ساحلی تخریب‌نشده با حروف A تا D مشخص شد (شکل ۳ و جدول ۱) و در نهایت با استفاده از اطلاعات هواشناسی مربوط به منطقه، گلباد اصلی تشکیل تپه‌های ماسه‌ای ترسیم شد (شکل ۴).



شکل ۴. گلباد سالانه بابلسر بر اساس داده‌های سال ۲۰۰۵-۲۰۱۱

ایستگاه هواشناسی بابلسر

منبع: اداره کل هواشناسی مازندران، ۱۳۹۰

مرحله دوم: تپه‌های ماسه‌ای ساحلی هر ناحیه به کمک تصاویر ماهواره‌ای شناسایی و کدگذاری شدند.
 مرحله سوم: تپه‌های ماسه‌ای ساحلی بر اساس ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی طبقه‌بندی شدند.
 مرحله چهارم: ضمن بازدید از منطقه و تهیه تصاویر صحرایی، مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای ساحلی منتخب، شامل طول Crest، Lee، Stoss و ارتفاع، برای تعیین همبستگی بین این مؤلفه‌ها به وسیله متر پارچه‌ای اندازه‌گیری شد. (شکل ۱ و جدول ۲).

مرحله پنجم: اجزای اندازه‌گیری شده در قالب نمودارها و محاسبات آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

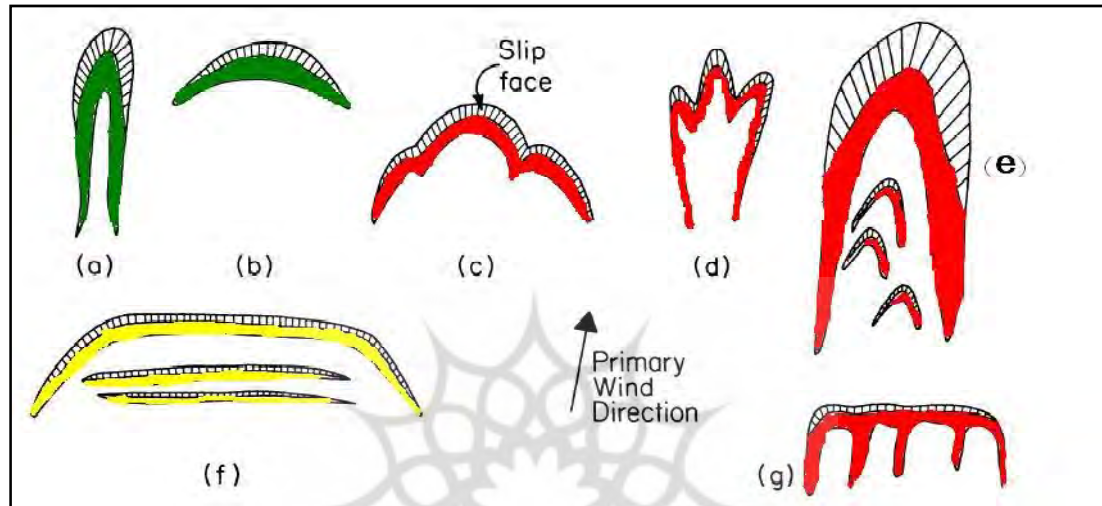
جدول ۲. مورفومتری اجزای تپه‌های ماسه‌ای ساحلی اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه

ایستگاه نمونه برداری	طول Stoss (متر)	طول Lee (متر)	طول Crest (متر)	ارتفاع (متر)
Ac _۱	۹/۸۰	۱۱/۲۰	۲۶/۶۰	۵/۵
Ab _{۱۲}	۶/۳۰	۵/۶۰	۱۲/۶۰	۳
Ab _{۱۹}	۱۲	۸/۴۰	۲۱	۴
Ac _۲	۱۴	۶/۳۰	۷	۳
Be _۱	۱۲	۸/۴۰	۲۵	۱/۵
Bb _{۲۹}	۵/۶۰	۵	۲۷/۳۰	۳
Bc _۶	۴/۲۰	۵/۶۰	۳۶	۶
Ba _۶	۷/۷۰	۴/۲۰	۳۹	۲
Bb _{۳۶}	۲۱	۵/۱۰	۲۸	۳
Cb _{۴۲}	۹/۸۰	۵/۶۰	۳۲	۴
Cb _{۴۴}	۹	۸/۴۰	۲۵	۴
Cb _{۴۵}	۴/۹۰	۴/۲۰	۱۱/۹۰	۱/۵
Cb _{۴۶}	۵/۶۰	۷	۱۱/۲۰	۱/۵
Dd _۲	۱۴	۹/۱۰	۳۵	۴
Db _{۴۷}	۶/۳۰	۴/۹۰	۹/۲۰	۳
Db _{۴۸}	۴/۲۰	۲/۸۰	۵/۶۰	۱
Db _{۵۰}	۷/۷۰	۶/۳۰	۱۲/۶۰	۱/۵

یافته‌های پژوهش

فراوانی و گسترش انواع تپه‌های ماسه‌ای ساحلی بر مبنای طبقه‌بندی هفت‌گانه تپه‌های ماسه‌ای سه‌می‌شکل، در هر ایستگاه بر اساس بازندهای صحرایی و تصاویر ماهواره‌ای به دست آمده است. جدول ۳ فراوانی و پراکندگی انواع مختلف این تپه‌ها را نشان می‌دهد.

انواع هلالی (شکل ۵) با ۵۹/۵ درصد گسترش (جدول ۳)، بیشترین فراوانی را در میان گروه‌های هفت‌گانه تپه‌های ماسه‌ای سهمی‌شکل در ساحل شرق بابلسر دارند. همچنین در سیستم سدی ساحلی میانکاله نیز، هلالی ساده با فراوانی ۴۵ درصد، نوع دایره‌ای ۲۵ درصد و در مجموع این دو نوع با بیش از ۷۰ درصد گسترش، بیشترین فراوانی را از خود نشان می‌دهند (امینی، موسوی، لاهیجانی و محبوبی، ۲۰۱۲).



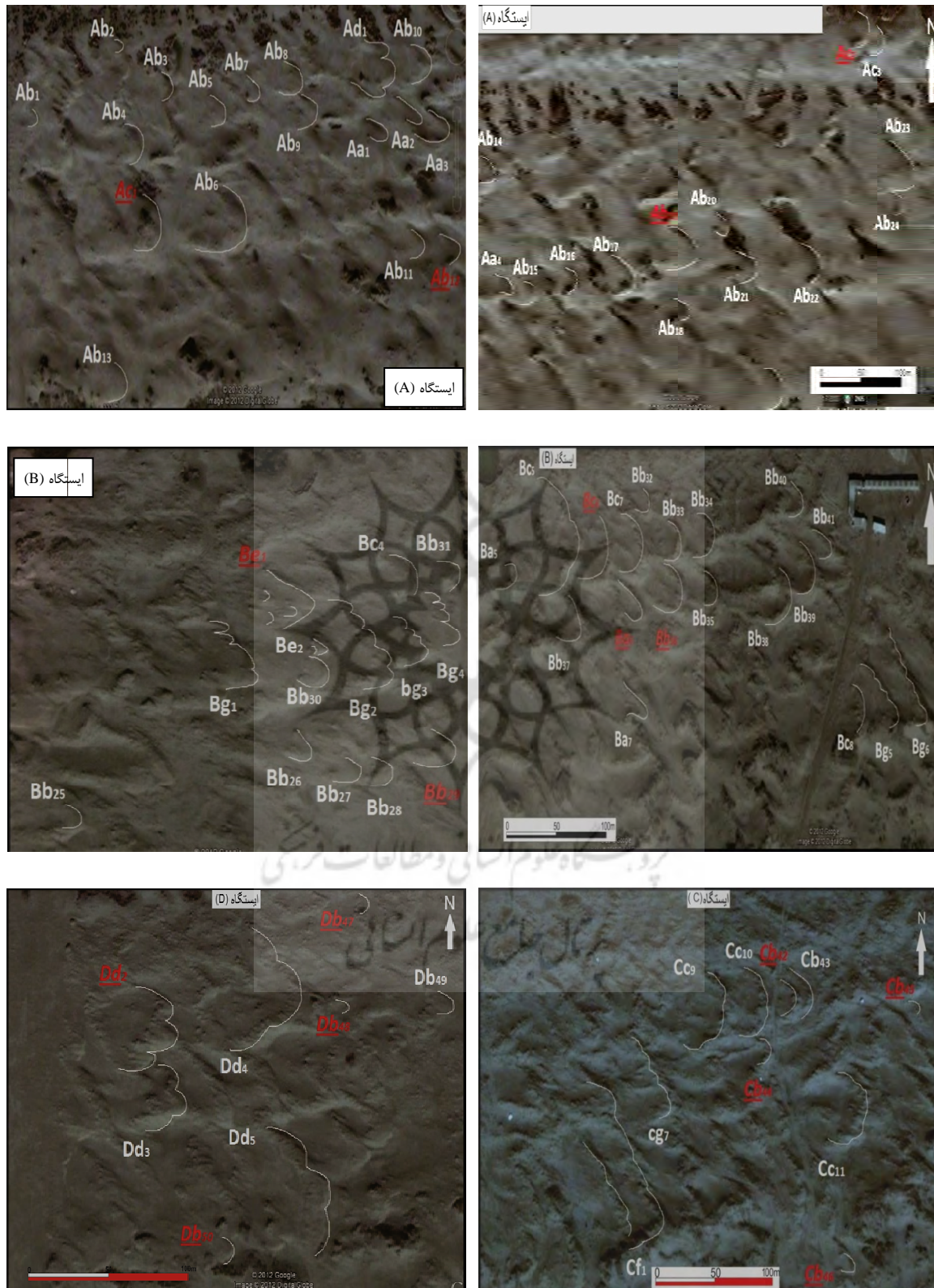
شکل ۵. اشکال هفت‌گانه تپه‌های ماسه‌ای سهمی‌شکل در شرق بابلسر

منبع: فیلیون و موریست، ۱۹۸۳؛ پیه، ۱۹۸۲؛ وراستاین، ۱۹۷۰

جدول ۳. فراوانی تپه‌های ماسه‌ای سهمی‌شکل در شرق بابلسر

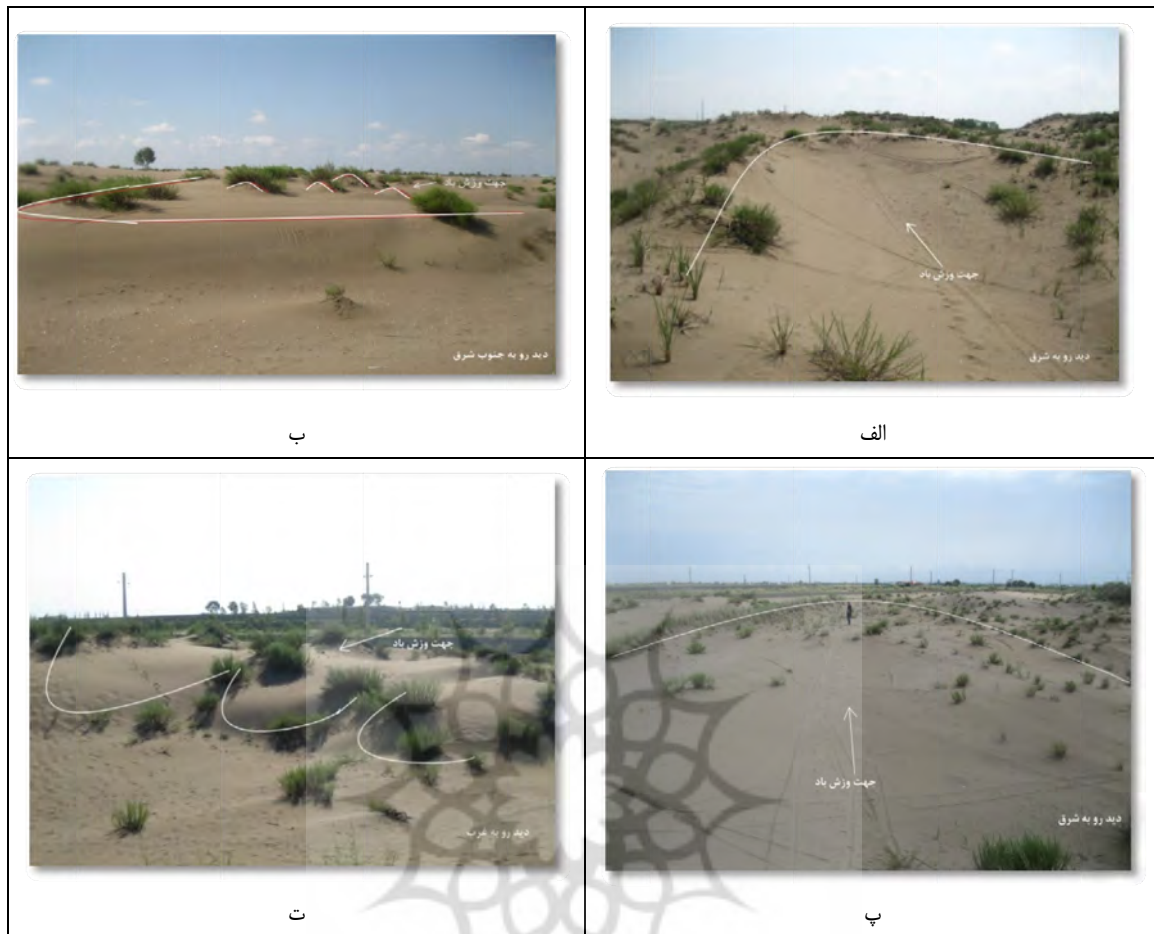
علامت در شکل	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(g)	(f)
تقسیم‌بندی بر مبنای فرم	سنجاق‌موی	هلالی	نیم‌دایره	پنجه‌ای	آشپانه‌ای	شن‌کش‌مانند	دیواره‌های بلند پشته‌ای با تپه‌های متقاطع ثانویه
تقسیم‌بندی بر مبنای پیچیدگی	ساده	ساده	پیچیده	پیچیده	پیچیده	پیچیده	مرکب
ایستگاه A	۴	۲۴	۳	۱	-	-	-
ایستگاه B	۳	۱۶	۵	-	۲	۶	-
ایستگاه C	-	۵	۳	-	-	۱	۱
ایستگاه D	-	۴	-	۴	-	-	-
فراوانی	۸/۳٪	۵۹/۵۶٪	۱۳/۴۱٪	۶٪	۲/۵٪	۸/۵٪	۱/۵٪

تصاویر ماهواره‌ای و میدانی برخی اشکال تپه‌های ماسه‌ای سهمی‌شکل در شرق بابلسر در اشکال ۶ و ۷ نشان داده شده است.



شکل ۶. تصاویر ماهواره‌ای از تپه‌های موجود در هر ایستگاه

برگرفته از: گوگل ارت



شکل ۷. تصاویر صحرائی از تپه‌های ماسه‌ای سهمی شکل در منطقه مورد مطالعه؛ الف) فرم هلالی؛ ب) آشیانه‌ای؛ پ) نیم‌دایره و ت) پنجه‌ای

همچنین برای تعیین نوع و شدت ارتباط بین مؤلفه‌های مورفومتری اندازه‌گیری شده تپه‌های سهمی شکل در منطقه، محاسبات آماری، شامل انواع رگرسیون‌های ساده خطی و غیر خطی روی آنها آزموده شد و در نهایت بهترین مدل رگرسیونی در دو مرحله، یک بار برای تمام تپه‌ها بدون در نظر گرفتن شکل ظاهری (جدول‌های ۴ و ۵) و یک بار نیز فقط بر اساس شکل ظاهری (جدول ۶) برای تپه‌های هلالی و نیم‌دایره صورت گرفت که خلاصه نتایج آن در زیر بیان شده است. تپه‌های ماسه‌ای منطقه مطالعاتی دارای ابعاد و اندازه‌های گوناگونی هستند. مشخصات آماری مربوط به هریک از آنها در جدول ۴ آورده شده است.

جدول ۴. مشخصات آماری تپه‌ها در منطقه مورد مطالعه

متغیر	بیشینه	کمینه	میانگین	چولگی
ارتفاع	۶	۱	۳/۱۴	۰/۴۱
طول قله (Crest)	۳۶	۵/۶	۱۹	۰/۲۳
طول دامنه رو به باد (Lee)	۱۱/۲	۲/۸	۶/۵۶	۰/۶۷
طول دامنه پشت به باد (Stoss)	۲۱	۴/۲	۹	۱/۵۹

طی انجام رگرسیون‌های مختلف خطی و غیر خطی برای هر یک از متغیرهای مستقل در برابر متغیر وابسته ارتفاع، نتایج مندرج در جدول ۵ به دست آمد. در ستون اول متغیر مستقل نوشته شده و در ستون دوم نیز، بهترین رگرسیون با توجه به نتایج ستون‌های سوم تا پنجم جدول آورده شده است. با توجه به نتایج می‌توان گفت متغیرهای «قله» و «دامنه پشت به باد» بهترین متغیرها برای تعیین ارتفاع هستند. بنابراین با داشتن مؤلفه طول قله و دامنه پشت به باد که به راحتی از روی تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مطلوب اندازه‌گیری می‌شوند، می‌توان ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای را در هر زمان به دست آورد.

جدول ۵. ارتباط بین مؤلفه‌های مورفومتری تپه‌های سهمی شکل با ارتفاع

متغیر	رگرسیون	ضریب همبستگی (R)	ضریب تعیین (R^2)	ضریب تعدیل یافته ($R^2.A$)
طول قله	خطی	۰/۷۷۱	۰/۵۹۲	۰/۵۵۸
طول دامنه پشت به باد	مکعبی	۰/۷۷۸	۰/۶۰۵	۰/۴۸۶
طول دامنه رو به باد	توانی	۰/۵۸۴	۰/۳۴۱	۰/۲۸۶

در روش دیگر، به بررسی رگرسیونی متغیرهای مستقل با متغیر وابسته ارتفاع روی دو نوع تپه نیم‌دایره‌ای و هلالی شکل پرداخته شده است. نتایج همبستگی بین مؤلفه‌های مورفومتری با شکل تپه‌ها را که با حروف b و c نمایش داده شده است، می‌توان در جدول ۶ مشاهده کرد.

جدول ۶. ارتباط بین مؤلفه‌های مورفومتری و فرم تپه‌ها با ارتفاع

متغیر	نوع تپه	رگرسیون	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	ضریب تعدیل یافته
طول قله	c	خطی	۰/۹۸۶	۰/۹۷۲	۰/۹۴۵
طول دامنه پشت به باد	c	توانی	۰/۹۹۳	۰/۹۸۷	۰/۹۷۳
طول دامنه رو به باد	c	مربع	۱	۱	-
طول قله	b	توانی	۰/۷۸۱	۰/۶۱۰	۰/۵۶۷
طول دامنه پشت به باد	b	مربع	۰/۷۳۰	۰/۶۲۹	۰/۶۳۷
طول دامنه رو به باد	b	توانی	۰/۵۹۵	۰/۳۵۴	۰/۲۸۲

بحث و نتیجه‌گیری

از نظر آب‌وهوایی تپه‌های ماسه‌ای با عرض جغرافیایی ۳۶/۵ درجه، در گروه معتدل با تابستان‌های مرطوب قرار می‌گیرند. تپه‌های ماسه‌ای ساحلی سهمی شکل فراوان‌ترین نوع تپه‌های ماسه‌ای شناخته شده در شرق بابل‌سر است که زیر گروه‌های این نوع تپه‌ها، شامل سهمی شکل هلالی، نیم‌دایره، سنجاق مو، شن‌کش، پنجه‌ای، آشیانه‌ای و مدل مرکب، به ترتیب فراوان‌ترین انواع آن در منطقه مورد مطالعه هستند. با توجه به گسترش فرم هلالی ساده با فراوانی ۵۹/۵ درصد

نسبت به سایر اشکال هفت‌گانه تپه‌های پارابولیک یا سهمی شکل در منطقه، می‌توان نتیجه گرفت که بادهای غالب، بادهای یک جهتی هستند که از غرب بابلسر به سمت شرق می‌وزند، این یافته با داده‌های به‌دست آمده از ایستگاه هواشناسی بابلسر مطابقت دارد. بررسی مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای نشان می‌دهد، طول دامنه رو به باد از ۲/۸ تا ۱۱/۲۰ متر در نوسان بوده؛ در حالیکه طول دامنه پشت به باد از ۴/۲ تا ۲۱ متر نوسان داشته است. همچنین حداقل ارتفاع اندازه‌گیری شده این نوع از تپه‌ها ۱ متر و حداکثر ارتفاع آنها ۶ متر بوده است. در حالت کلی بدون تفکیک داده‌ها بر اساس شکل تپه‌ها، متغیرهای طول قله و طول دامنه پشت به باد، بهترین ضریب همبستگی را برای تعیین ارتفاع تپه‌های سهمی شکل نشان می‌دهند، در مدل‌سازی ارتفاع تپه‌های برخان منطقه شهداد نیز بهترین همبستگی بین مؤلفه‌های مورفومتری عرض و فاصله کانونی با ارتفاع برخان‌ها وجود دارد (موسوی و همکاران، ۱۳۹۱).

در حالت تفکیک داده‌ها بر اساس شکل تپه‌ها، نتایج زیر به‌دست آمد:

- در تپه‌های نوع c (نیم‌دایره)، انواع متغیرها ضریب همبستگی خوبی را با ارتفاع نشان می‌دهند که بهترین حالت آن رگرسیون مربع دامنه رو به باد است.

- در تپه‌های نوع b (هلالی)، رگرسیون توانی طول قله و رگرسیون مربع دامنه پشت به باد بهترین ضریب همبستگی را با ارتفاع نشان می‌دهد.

با توجه به دشواری عملیات میدانی در بررسی و تخمین ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای، از روی سایر پارامترهای مورفومتری آن مانند طول قله و طول دامنه‌ها، استفاده از تصاویر ماهواره‌ای، کار آسان‌تری به نظر می‌رسد که به‌صورت موردی با کنترل صحرائی می‌توان داده‌های به‌دست آمده و تحلیل روابط، پارامترهای موجود را برای ارزیابی مورفومتری مناطق با شرایط مشابه تعمیم داد.

منابع

- اداره کل هواشناسی مازندران. (۱۳۹۰). داده‌های هواشناسی ایستگاه بابلسر از سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۱۱.
- امینی، ا. (۱۳۹۱). رسوب‌شناسی و ژئوشیمی رسوبات هولوسن خلیج گرگان در جنوب شرق خزر، پایان‌نامه دکترای زمین‌شناسی با گرایش رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی دانشگاه فردوسی مشهد.
- امینی، ا.؛ موسوی حرمی، ر.؛ لاهیجانی، ح.؛ و محبوبی، ا. (۱۳۹۱). رسوب‌شناسی، ژئوشیمی و فاکتورهای ژئومورفولوژیکی در تشکیل تپه‌های ماسه‌ای و نبکاها در سیستم سدی ساحلی میانکاله، جنوب شرقی دریای خزر، شمال ایران، مجله علوم زمین، دوره ۱۶، شماره ۲، صص. ۱۵۲-۱۳۹.
- مرکز ملی مطالعات و تحقیقات دریای خزر. (۱۳۹۰). پروژه مطالعه ساختارهای حفاظت سواحل جنوبی دریای خزر و ارائه روش‌های کارآمد جهت حفظ، توسعه و ایجاد آنها.
- موسوی، و.؛ مرادی، ح. و فلاح شمسی، ر. (۱۳۹۱). بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی بارخان‌های منطقه شهداد استان کرمان، اولین همایش ملی بیابان، ۲۷ تا ۲۸ خرداد ماه، مرکز تحقیقات بین‌المللی بیابان دانشگاه تهران.

Amini, A., Moussavi-Harami, R., Lahijani, H. & Mahboubi, A., 2012, **Sedimentological, and Geomorphological Factors in Formation of Coastal Dunes and Nebkha Fields in Miankaleh Coastal Barrier System (Southeast of Caspian Sea, North Iran)**: Geosciences Journal, Vol. 16, No. 2, PP. 139-152.

- Amini, A., 2012, **Sedimentology and Geochemistry of Gorgan Bay Holocene Sediments In South East of Caspian Sea**, Ph.D. Dissertation in Geology (Sedimentology and Sedimentary Petrology Branch), Unpublished, Ferdowsi University of Mashhad.
- Belknap, D.F. and Kraft, J.C., 1981, **Preservation Potential of Transgressive Coastal Lithosomes on the US Atlantic Coast**, Marine Geology, Vol. 42, No. 1-4, PP. 429-442.
- Davis, R.J. Jr. and Clifton, H.E., 1987, **Sea Level Change and the Preservation Potential of Wave Dominated and Tide – dominated Coastal Sequence**, In: Nummedal, D., Pilkey, O. H., and Howard, J.D. (eds.), Sea Level Fluctuation and coastal Evolution. SEPM, Tulsa, OK.
- Elbelrhiti, H., Douady, S., 2011, **Equilibrium versus Disequilibrium of Barchan Dunes**, Geomorphology, Vol. 125, No. 4, PP. 558-568.
- Filion, L. and Morriset, P., 1983, **Eolian Landforms along the Eastern Coast of Hudson Bay, Northern Quebec**, Nordicana, Vol. 47, PP. 73-85.
- Finkel H.J., 1969, **The barchans of Southern Peru**, Journal of Geology, Vol. 67, No. 6, PP. 614-647.
- Fryberger, S. & Dean, G., 1979, **Dune Forms and Wind Regime**, A Study of Global Sand Seas, United States Geological Survey, Washington D.C.
- Livingstone, I., Wiggs, G.F.S., Weaver, C.M., 2007, **Geomorphology of Desert Sand Dunes: a Review of Recent Progress**, Earth-Science Reviews, Vol. 80, No. 3-4, PP. 239-257.
- McKee, E., 1979, **Sedimentary Structures in dunes**, A Study of Global Sand Seas, United States Geological Survey, Washington D.C.
- McKenna, W., 2007, **An Evolutionary Model of Parabolic Dune Development: from Blowout to Mature Parabolic, Padre Island National Seashore, Texas**. Unpublished M.Sc. Thesis, University of Hawaii, Manoa.
- Meteorological Mazandaran, 2011, **Data from Weather Stations Babolsar the Years 2005 to 2011**.
- Mousavi, V. & Moradi, H., Fallah Shamsi, R., 2012, **Morphological Characteristics of Shahdad Barkhan Region Kerman Province**, the First National Ondesrt, 16 June, Desert International Recherche Centre of Teheran' Universit.
- National Center for Caspian Studies, 2011, **On the Southern Coast of the Caspian Sea Conservation Project to Study the Structures and Provide Efficient Methods to Preserve, Develop Them**, PP.480.
- Pye, K., 1982, **Morphological Development of Coastal Dunes in a Humid Tropical Environment, Cape Bedford and Cape Flattery, North Queensland**, Geografiska Annaler, Vol. 64, No. 3/4, PP. 213-227.
- Sauermann, G., Rognon, P., Poliakov, A., Herrmann, H.J., 2000, **The Shape of the Barchan Dunes of Southern Morocco**, Geomorphology, Vol. 36, No. 1-2, PP. 47-62.
- Verstappen, H. T., 1970, **Aeolian Geomorphology of the Thar Desert and Palaeo-climates**, Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementbände, Berlin-Stuttgart, Vol. 10PP. 104-120.
- Weaver, C.M., Wiggs, F.S., 2011, **Field Measurements of Mean and Turbulent Airflow over a Barchan Sand Dune**, Geomorphology, Vol. 128, No. 1-2, PP. 32-41.
- Wu, X., Zheng, Z.C., Zhang, C., Zou, X., 2011, **Field Measurement and Scaled-down Wind-tunnel Model Measurement of Airflow Field over a Barchan Dune**, Journal of Arid Environments, Vol. 75, No. 5, PP. 438-445.