

رسوب‌شناسی و مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای (نوع برخان و نبکا) حاشیه کویر حاج علی قلی واقع در جنوب دامغان

میثم پریمی، دانشجوی کارشناسی ارشد رسوب‌شناسی و سنگ‌شناسی رسوبی، دانشگاه فردوسی مشهد
محمد خانه‌باد*، استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد
رضا موسوی حریمی، استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد
اسداله محبوبی، استاد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۴/۱۶

چکیده

نهشته‌های ماسه‌ای از پدیده‌های زیبای ژئومورفولوژی مناطق بیابانی در جنوب دامغان است. هدف تحقیق حاضر مقایسه رسوب‌شناسی دو نوع تپه‌های ماسه‌ای (نوع برخانی و نبکا) و بررسی خصوصیات مورفومتری آن‌ها در حاشیه کویر حاج علی‌قلی دامغان است. طی برداشت صحرایی، تعداد ۲۷ رسوب ماسه‌ای از تپه‌های برخانی و ۱۵ نمونه از تپه ماسه‌ای نوع نبکا برداشت شد. همچنین، هر دو نوع نبکای فعال و غیرفعال شناسایی شد. برای بررسی ارتباط آماری بین مؤلفه‌های مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای برخانی، طول قله، دامنه رو به باد و پشت به باد، همچنین برای بررسی پارامترهای مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای نوع نبکا طول محورهای بلند، کوتاه و ارتفاع آن‌ها اندازه‌گیری شد. طی مطالعات آزمایشگاهی نمونه‌ها آنالیز دانه‌سنجی شد و پارامترهای آماری آن‌ها محاسبه شد. میانگین قطر دانه‌های تپه‌های ماسه‌ای برخانی $2/435$ فی (ماسه ریزدانه)، چورشدگی آن‌ها $0/53+$ فی (متوسط خوب چورشدگی)، کج‌شدگی $0/268-$ (به سمت ذرات دانه‌درشت کج‌شده) و شاخص کشیدگی $1/054$ (به‌طور متوسط کشیده) است. همچنین، میانگین قطر دانه‌های تپه ماسه‌ای نوع نبکاها $2/80+$ فی (ماسه ریزدانه)، چورشدگی آن‌ها $0/54+$ فی (متوسط خوب چورشدگی)، کج‌شدگی $0/07+$ (تقریباً متقارن) و شاخص کشیدگی $1/64+$ (خیلی کشیده) است. نتایج به‌دست آمده از مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای برخانی نشان می‌دهد که مؤلفه دامنه قله و پشت به باد بهترین ضریب همبستگی را نشان می‌دهد و برای به‌دست آوردن ارتفاع می‌توان از آن‌ها استفاده کرد. برای تپه‌های ماسه‌ای نوع نبکا رگرسیون خطی هر یک از متغیرهای مستقل در برابر متغیر وابسته به طول محور بلند محاسبه شد. با توجه به نتایج می‌توان گفت هر دو متغیر برای تعیین طول محور بلند مناسب است.

کلیدواژه‌ها: تپه ماسه‌ای، رسوب‌شناسی، کویر حاج علی‌قلی، مورفومتری، نبکا.

مقدمه

بیش از دوسوم مساحت ایران را زمین‌های خشک و نیمه‌خشک فراگرفته است. در این مناطق به دلیل کمی رطوبت، تنوع پوشش گیاهی محدود است. این موضوع سبب می‌شود که باد به‌راحتی بر سطح خشک این زمین‌ها تأثیر بگذارد و دانه‌های ماسه را با خود حمل کند و در جایی دیگر رسوب دهد (احمدی و همکاران، ۱۳۸۰: ۳۳). اکثر فعالیت‌های بادی و مهاجرت تپه‌های ماسه‌بادی در طول دوره پلیستوسن افزایش یافته و شدت گرفته است (حمدان و لاکورینی، ۲۰۱۳: ۱۴۳). تنوع در اندازه ذرات تپه‌های ماسه‌ای برای پی‌بردن به سازوکار حمل‌ونقل و رسوب‌گذاری استفاده می‌شود (حمدان و همکاران، ۲۰۱۴: زیر چاپ). ذخیره رسوبات ممکن است تحت تأثیر بار رسوبی رودخانه، دریاچه و تغییرات سطح دریا و

میزان هوازدگی سنگ بستر در منطقه منشأ رسوبات باشد (مارولیس و همکاران، ۲۰۰۷: ۳۸۷). از نظر ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای به تپه‌های برخانی، خطی، متقاطع و ستاره‌ای تقسیم می‌شود. در منطقه مورد مطالعه عمده تپه‌های ماسه‌ای از نوع برخان است.

به اعتقاد مک کی (۱۹۷۹: ۹۲)، تپه‌های ماسه‌ای ناپایدار و متحرک ممکن است در طول زمان از نوعی به نوع دیگر تبدیل شود. تاکنون مطالعه زیادی در زمینه رسوب‌شناسی و اندازه‌گیری تپه‌های ماسه‌ای انجام گرفته است، از جمله قربانیان و عباسی (۱۳۹۲)، امینی و همکاران (۲۰۱۲)، لانکستر (۲۰۱۳)، سایرمان و همکاران (۲۰۰۰)، لیوینگ استون و همکاران (۲۰۰۷)، وو و همکاران (۲۰۱۱)، البلیتی و داودی (۲۰۱۱)، همچنین ویور و ویگ (۲۰۱۱). این تحقیقات به بررسی رسوب‌شناسی و روابط بین مؤلفه‌های مختلف مورفولوژی و تغییرات شکل تپه‌های ماسه‌ای پرداخته‌اند.

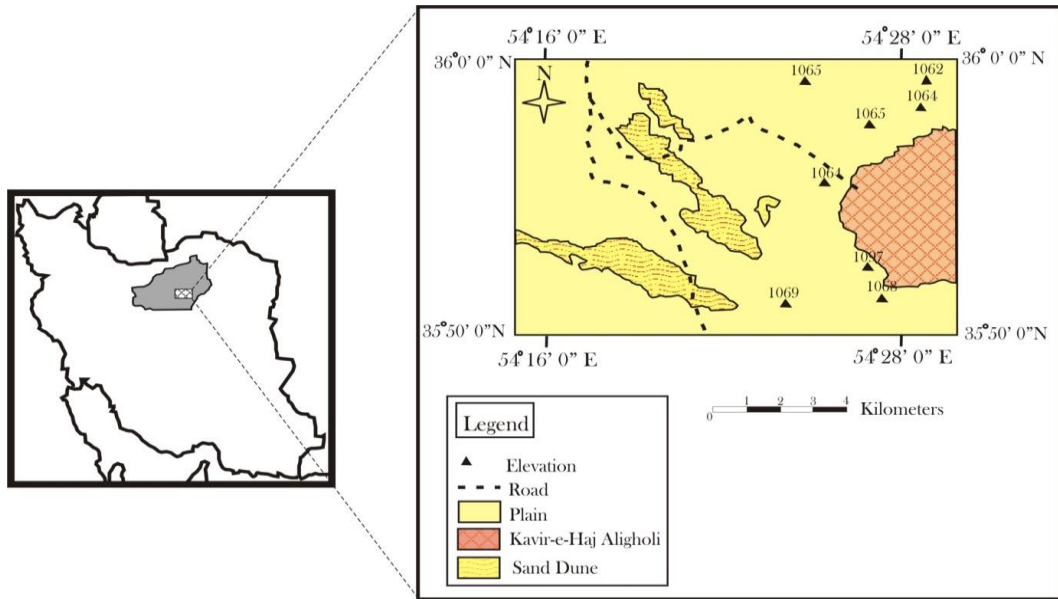
در مناطق بیابانی اشکال متنوعی از تپه‌های ماسه‌ای مشاهده می‌شود که با تراکم ماسه در شرایط ویژه ایجاد می‌شود. تپه‌های نیکا از بارزترین و رایج‌ترین اشکال تراکم ماسه‌ای به شمار می‌رود (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۲: ۱۸). تشکیل نیکاها عمدتاً بر اثر رطوبت موجود و در دسترس، به‌خصوص با تغییرات در عمق آب‌های زیرزمینی کنترل می‌شود (کویی و شاو، ۲۰۰۵: ۴۷۳). پوشش گیاهی پراکنده نقش مهمی در کنترل حمل‌ونقل رسوبات ماسه‌ای و تشکیل نیکا دارد که شاخص تغییرات در محیط زیست منطقه است. این تپه‌های ماسه‌ای زمانی به‌وجود می‌آید که رطوبت خاک کافی برای حفظ پوشش گیاهی باشد (لانگ و همکاران، ۲۰۱۳: ۱۰۲). نیکاها از طریق فرایندهای بادی غالب در منطقه با تخریب پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی تشکیل می‌شود و منشأ رسوبات نیکاها از مناطق اطراف است (وانگ و همکاران، ۲۰۰۶: ۱۳۱). بررسی‌های متعددی درباره تپه‌های ماسه‌ای نوع نیکا صورت گرفته است، از جمله ایمان‌طلب و همکاران (۱۳۸۹)، امینی و همکاران (۱۳۸۹)، پورخسروانی و همکاران (۱۳۸۹)، لوین و همکاران (۲۰۰۷)، و ژئی ژانگ و همکاران (۲۰۱۰).

هدف از این تحقیق مقایسه پارامترهای رسوب‌شناسی (میانگین اندازه ذرات، جورشدگی، کج‌شدگی و کشیدگی) دو نوع تپه‌های ماسه‌ای (نوع برخان و نیکا)، همچنین بررسی خصوصیات مورفومتری آن‌هاست. دلیل انتخاب این دو نوع تپه ماسه‌ای، فراوانی تپه‌های ماسه‌ای ذکرشده در منطقه است و نوع تپه‌های ماسه‌ای نیکا و دلیل تشکیل آن‌ها مشخص شد.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در ۳۵ کیلومتری جنوب دامغان قرار دارد. کویر حاج علی‌قلی در طول جغرافیایی $۱۰^{\circ} ۵۴'$ تا $۳۰^{\circ} ۵۴'$ و عرض جغرافیایی $۴۵^{\circ} ۳۵'$ تا $۰۰^{\circ} ۳۶'$ قرار گرفته است. اوضاع آب‌وهوایی منطقه تابع سیستم کلی شرایط اقلیمی و فلات مرکزی ایران است. به‌طور کلی، منطقه مورد مطالعه از نظر آب‌وهوایی کاملاً خشک و بیابانی (کویری) است. به عبارت دیگر، این ناحیه زمستان‌های سرد و خشک دارد. در بقیه سال به‌خصوص از اواخر اردیبهشت تا اواخر شهریور بسیار گرم است، به طوری که اختلاف درجه حرارت بین شب و روز در تابستان به حدود ۲۵° درجه می‌رسد. میانگین درجه حرارت سالانه در منطقه $۱۴/۴^{\circ}$ درجه سانتی‌گراد و میزان بارندگی $۱۴۷/۷$ میلی‌متر و میانگین کمترین دما -۶° درجه سانتی‌گراد و بیشترین دما ۴۸° درجه سانتی‌گراد است (حسینی و رحیم‌پور بناب، ۱۳۸۲: ۴). برای دسترسی به کویر ابتدا مسیر آسفالتی درجه یک دامغان به اصفهان را به مسافت حدود ۳۲ کیلومتر به سمت روستای خورزان باید طی کرد. کویر حاج علی‌قلی در انتهای جاده شوسه‌ای درجه ۲ به مسافت حدود ۸ کیلومتر قرار دارد (شکل ۱).

در ابتدای کار به مطالعات کتابخانه‌ای و بررسی مراحل انجام کار پرداختیم. طی برداشت صحرائی، ۲۷ رسوب ماسه‌ای از تپه‌های برخانی (شکل ۲ الف، ب) و ۱۵ نمونه از تپه ماسه‌ای نوع نیکا (از قسمت پشت به باد، قسمت میانی و قسمت رو به باد) برداشت شد (شکل ۲ ج، د). همچنین، طی بازدید صحرائی از منطقه، مؤلفه‌های مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای انتخاب‌شده شامل طول قله، قسمت رو به باد، قسمت پشت به باد و ارتفاع (جدول ۱)، همچنین برای بررسی پارامترهای مورفومتری نیکاها انتخاب‌شده، شامل محور بلند نیکا، محور کوتاه نیکا و ارتفاع نیکا جهت تعیین همبستگی بین مؤلفه‌های ذکرشده برای تپه‌های ماسه‌ای و نیکاها به وسیله متر اندازه‌گیری شد (جدول ۲).



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه



شکل ۲. الف) نمای از تپه‌های ماسه‌ای منطقه مورد مطالعه، ب) نمای از تپه‌های نوع برخان، ج و د) نمای از نیکاهای منطقه مورد مطالعه

جدول ۱. مورفومتری اجزای تپه‌های ماسه‌ای برخان اندازه‌گیری شده در منطقه مورد مطالعه

شماره تپه ماسه‌ای نمونه برداری شده	طول بخش قسمت پشت به باد (متر)	طول بخش رو به باد (متر)	طول بخش قله (متر)	ارتفاع تپه ماسه‌ای (متر)
۱	۱۲/۳	۱۰/۲۰	۲۸	۵/۵
۲	۹/۷۰	۴/۸۰	۳۶	۶
۳	۹/۱۰	۵/۶۰	۳۳	۴
۴	۶/۲۰	۴/۵۰	۳۳	۳
۵	۱۱/۷۰	۶/۳۰	۳۲	۴
۶	۱۲	۸/۴۰	۲۵	۴/۵

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

شماره نیکای نمونه برداری شده	محور بلند نیکا (متر)	محور کوتاه نیکا (متر)	ارتفاع نیکا (متر)
۱	۸	۶	۳
۲	۳/۵	۲/۵	۱/۵
۳	۲	۱/۵	۰/۷۵
۴	۱/۵	۰/۹	۰/۶
۵	۰/۷۵	۰/۶	۰/۴۵

پس از برداشت‌های صحرایی، نمونه‌ها در آزمایشگاه آنالیز اندازه دانه به روش غربال خشک (کارور، ۱۹۷۱: ۴۳۷) به فواصل ۰/۵ فی آنالیز دانه‌سنجی شد. به منظور تعیین خصوصیات دانه‌بندی نمونه‌های ماسه (میانگین، میانه، جورشدگی و کج‌شدگی) (فولک، ۱۹۷۴: ۷۲) و ترسیم نمودارهای مورد نظر از نرم‌افزار اکسل استفاده شد. مقدار میانه، میانگین، جورشدگی و کج‌شدگی بر اساس جدول استخراج شده از نرم‌افزار مذکور تعیین شده است (جدول ۳ و ۴). مراحل انجام کار در شکل ۳ آمده است.

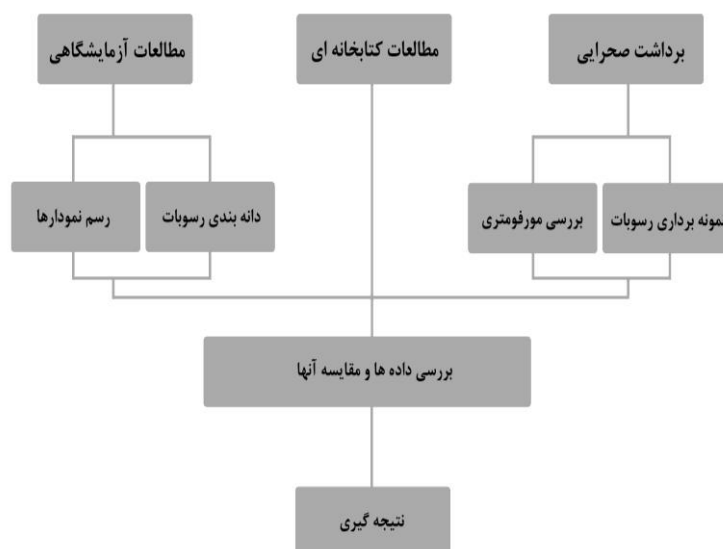
جدول ۳. پارامترهای رسوبی به دست آمده از نمونه‌های آنالیز شده تپه‌های ماسه‌ای نوع برخان

شماره نمونه	میانه (فی)	میانگین (فی)	جورشدگی (فی)	کج‌شدگی	کشیدگی
۱	۲/۶۰	۲/۴۳	۰/۵۰	-۰/۳۹	۰/۷۶
۲	۲/۵۵	۲/۳۸	۰/۵۵	-۰/۳۸	۰/۷۳
۳	۲/۶۵	۲/۵۰	۰/۴۹	-۰/۳۹	۱/۰۵
۴	۲/۵۵	۲/۳۶	۰/۵۷	-۰/۳۹	۰/۶۹
۵	۲/۴۵	۲/۳۱	۰/۵۹	-۰/۲۹	۰/۷۰
۶	۲/۵۰	۲/۳۵	۰/۵۷	-۰/۳۳	۰/۷۵
۷	۲/۷۵	۲/۶۱	۰/۵۴	-۰/۳۲	۲/۱۰
۸	۲/۸۰	۲/۸۶	۰/۵۵	-۰/۰۴	۱/۸۰
۹	۲/۷۰	۲/۵۶	۰/۶۵	-۰/۲۲	۱/۶۳
۱۰	۲/۷۵	۲/۶۶	۰/۵۷	-۰/۱۵	۱/۸۶
۱۱	۲/۶۰	۲/۴۱	۰/۵۲	-۰/۳۹	۰/۸۱
۱۲	۲/۷۰	۲/۵۰	۰/۶۱	-۰/۳۲	۱/۰۷
۱۳	۲/۷۰	۲/۵۵	۰/۵۸	-۰/۲۵	۱/۵۹
۱۴	۲/۷۰	۲/۵۸	۰/۶۲	-۰/۲۰	۱/۴۰
۱۵	۲/۷۵	۲/۷۵	۰/۳۸	-۰/۱۱	۲/۳۲
۱۶	۲/۶۰	۲/۴۱	۰/۵۲	-۰/۳۹	۰/۷۲
۱۷	۲/۵۰	۲/۳۶	۰/۵۲	-۰/۳۳	۰/۶۴
۱۸	۲/۷۵	۲/۶۳	۰/۶۱	-۰/۲۶	۰/۸۱
۱۹	۲/۷۰	۲/۵۰	۰/۵۶	-۰/۴۰	۰/۸۹
۲۰	۲/۲۰	۲/۲۰	۰/۵۳	-۰/۰۱	۰/۶۰

شماره نمونه	میانه (فی)	میانگین (فی)	جورشدگی (فی)	کج‌شدگی	کشیدگی
۲۱	۲/۴۰	۲/۳۰	۰/۴۸	-۰/۲۷	۰/۶۳
۲۲	۲/۰۰	۲/۱۵	۰/۴۹	۰/۳۳	۰/۶۰
۲۳	۱/۷۵	۱/۷۵	۰/۲۹	-۰/۱۵	۱/۵۷
۲۴	۲/۶۰	۲/۴۱	۰/۴۶	-۰/۵۰	۰/۶۵
۲۵	۲/۶۰	۲/۴۱	۰/۴۶	-۰/۵۰	۰/۶۵
۲۶	۲/۵۰	۲/۳۳	۰/۴۹	-۰/۴۱	۰/۶۲
۲۷	۲/۶۰	۲/۴۱	۰/۴۶	-۰/۵۰	۰/۶۹

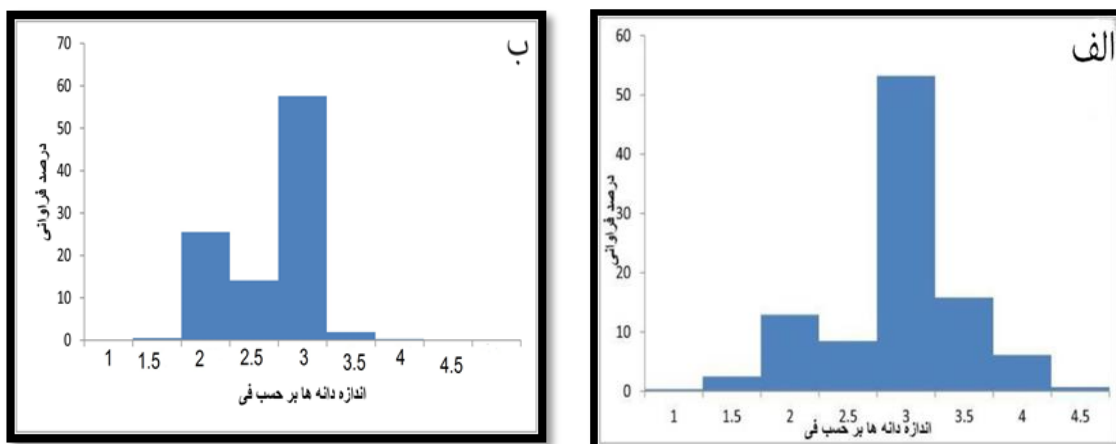
جدول ۴. پارامترهای رسوبی به‌دست آمده از نمونه‌های آنالیزشده تپه‌های ماسه‌ای نوع نیکا

شماره نمونه	میانه (فی)	میانگین (فی)	جورشدگی (فی)	کج‌شدگی	کشیدگی
۱	۲/۸۰	۲/۸۳	-۰/۵۴	-۰/۰۱	۲/۱۵
۲	۲/۷۰	۲/۵۳	-۰/۷۳	-۰/۲۹	۰/۸۹
۳	۲/۸۰	۲/۸۱	-۰/۴۵	-۰/۰۵	۱/۹۹
۴	۲/۸۵	۲/۹۱	-۰/۴۶	۰/۰۹	۱/۷۳
۵	۲/۶۵	۲/۴۱	-۰/۷۳	-۰/۳۹	۰/۹۹
۶	۳/۰۰	۳/۰۳	-۰/۵۰	-۰/۰۳	۱/۲۶
۷	۲/۷۵	۲/۶۱	-۰/۵۷	-۰/۳۰	۱/۶۳
۸	۲/۸۰	۲/۷۸	-۰/۵۱	-۰/۱۵	۱/۸۲
۹	۲/۸۰	۲/۶۱	-۰/۷۱	-۰/۳۴	۱/۸۸
۱۰	۲/۹۰	۲/۹۶	-۰/۴۶	۰/۱۱	۱/۵۹
۱۱	۲/۸۰	۲/۸۶	-۰/۴۶	۰/۰۹	۱/۹۴
۱۲	۲/۸۰	۲/۸۶	-۰/۵۱	۰/۰۵	۱/۹۱
۱۳	۲/۸۵	۲/۹۵	-۰/۴۵	۰/۱۸	۱/۵۴
۱۴	۲/۸۵	۲/۹۳	-۰/۵۰	۰/۰۸	۱/۵۹
۱۵	۲/۸۰	۲/۸۶	-۰/۵۱	۰/۰۵	۱/۷۲



شکل ۳. نمودار مراحل انجام تحقیق

منحنی‌های تجمعی با مقیاس حسابی به شکل s را اُجیو می‌نامند. در این منحنی‌ها پارامترهای آماری به سادگی محاسبه می‌شود (موسوی حرمی، ۱۳۸۵: ۶۴). از طریق منحنی‌های تجمعی می‌توان پارامترهای رسوب‌شناسی از قبیل جورشدگی، کج‌شدگی، کشیدگی، میانگین و ویژگی‌ها و شاخص‌های عددی را محاسبه و تفسیر کرد. همچنین، از روی منحنی هیستوگرام می‌توان مد را به دست آورد که نشان‌دهنده تعداد منشأ رسوبات است (شکل ۴ الف، ب).



شکل ۴. الف) منحنی هیستوگرام برای نمونه ۱۱ تپه‌های ماسه‌ای برخان، ب) منحنی هیستوگرام برای نمونه ۷ تپه ماسه‌ای نیکا

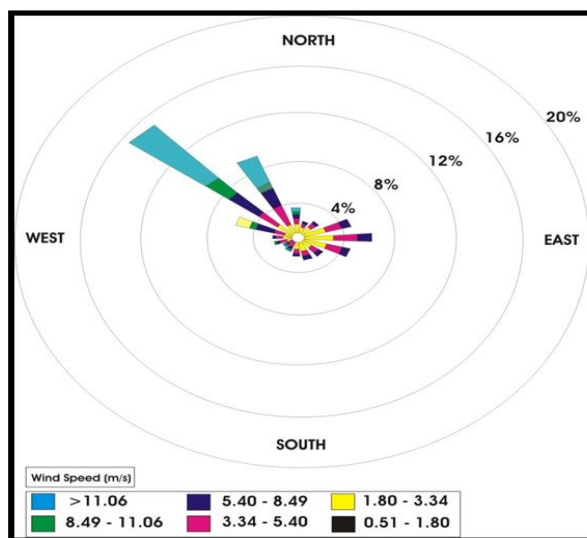
نتایج و بحث

بررسی نتایج محاسبات آماری نشان داده است که میانگین قطر ذرات در تپه‌های ماسه‌ای برخانی $2/435$ فی یعنی در اندازه ماسه ریزدانه است. میانگین جورشدگی به دست آمده برای رسوبات تپه‌های ماسه‌ای برخانی $0/530$ فی است که نشان می‌دهد رسوبات به صورت متوسط خوب جور شده است. میانگین کج‌شدگی محاسبه شده $0/268$ - است که نشان می‌دهد ذرات به سمت ذرات دانه درشت کج شده است. مهم‌ترین سازوکار حرکت این رسوبات جهش است. همچنین، میانگین شاخص کشیدگی ذرات $1/054$ محاسبه شده که به طور متوسط کشیده است. همچنین، میانگین قطر ذرات در تپه‌های ماسه‌ای نوع نیکا $2/800$ فی یعنی در اندازه ماسه ریزدانه و میانگین جورشدگی به دست آمده برای رسوبات آن $0/540$ فی است که نشان می‌دهد رسوبات به صورت متوسط خوب جور شده است. میانگین کج‌شدگی محاسبه شده $0/070$ - است که نشان می‌دهد ذرات به صورت متقارن است. همچنین، میانگین پارامتر کشیدگی ذرات $1/640$ محاسبه شد که به صورت خیلی کشیده است. مقایسه پارامترهای آماری این دو نوع تپه ماسه‌ای نشان می‌دهد که میانگین قطر اندازه ذرات در هر دو نوع تپه ماسه‌ای در حد ماسه ریزدانه است. میانگین جورشدگی آن‌ها تقریباً به یکدیگر شباهت دارد و در حد متوسط خوب جور شده است که دو منشایی بودن رسوبات این دو نوع تپه ماسه‌ای باعث کاهش جورشدگی‌شان شده و میانگین کج‌شدگی در تپه ماسه‌ای نوع برخان به سمت ذرات دانه درشت کج شده و در تپه ماسه‌ای نوع نیکا متقارن است. دلیل فراوانی ذرات درشت در تپه ماسه‌ای برخان نسبت به تپه ماسه‌ای نوع نیکا ناپایدار بودن رسوبات این نوع تپه ماسه‌ای است و بیشتر ذرات دانه ریز با باد حمل می‌شود، حال آنکه در تپه ماسه‌ای نوع نیکا به دلیل وجود گیاه ذرات ریز و درشت به صورت برابر به تله می‌افتد و نهشته می‌شود.

در نهایت، مقایسه میانگین پارامتر کشیدگی در این دو نوع تپه ماسه‌ای نشان می‌دهد که میزان کشیدگی در تپه ماسه‌ای نوع نیکا بیشتر است و نشان از جورشدگی بهتر ذرات این نوع تپه ماسه‌ای نسبت به ذرات تپه‌های ماسه‌ای برخانی دارد.

از مقایسه بین شاخص کشیدگی و جورشدگی می‌توان نتیجه گرفت که هر چه کشیدگی ذرات میزان پارامتر بیشتر شود جورشدگی آن‌ها بهتر می‌شود. میانگین جورشدگی به دست آمده رسوبات تپه‌های ماسه‌ای برخانی و نیکا که به صورت متوسط خوب جور شده بود به دلیل دو منشایی بودن رسوبات است، به طوری که باعث کاهش جورشدگی ذرات شده است. توسعه تپه‌های برخانی، حاصل رژیم بادهای یک جهتی کوچک، بادهای یک جهتی گسترده یا دو جهتی است

(فریبرگر و دین، ۱۹۷۹: ۱۴۹). به‌طور عمده، وضعیت ژئومورفولوژی این تپه‌های ماسه‌ای متأثر از بادهای غالب منطقه است. با توجه به اشکال موجود در متن و اطلاعات هواشناسی منطقه، بادهای شمال غربی نقش اصلی را در شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای برخانی منطقه به عهده دارد (شکل ۵). گاهی تپه‌های ماسه‌ای برخانی، در محدوده جغرافیایی کوچک از نظر ژئومورفولوژی و جهت با یکدیگر متفاوت و نشان‌دهنده تغییرات محلی در وضعیت بادهای منطقه و وزش باد در جهت‌های مختلف در طول دوره‌های زمانی مشخصی از سال است. همچنین، منبع تأمین رسوب همراه با رژیم باد در منطقه وجود دارد تا حد آستانه برای شروع کنده‌شدگی و توسعه تپه‌ها پدیدار شود. موانعی طبیعی مانند ماهیت و تراکم پوشش گیاهی، در نحوه تشکیل، تنوع ساختار ژئومورفولوژی و تثبیت تپه‌های ماسه‌ای مؤثر است.



شکل ۵. گلباد سالانه دامغان بر اساس داده‌های ایستگاه هواشناسی دامغان (۱۳۸۸)

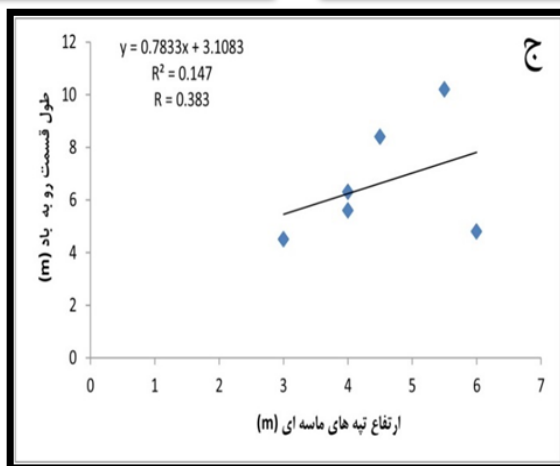
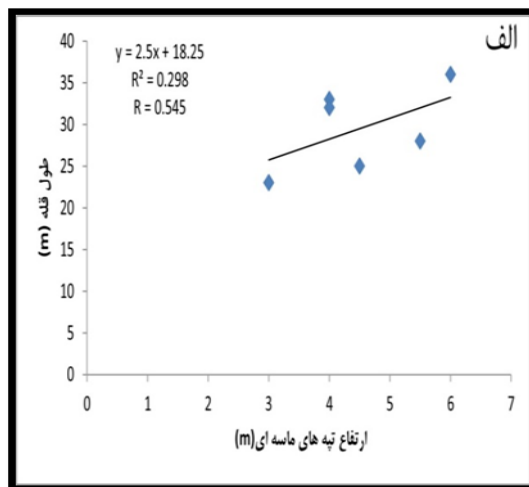
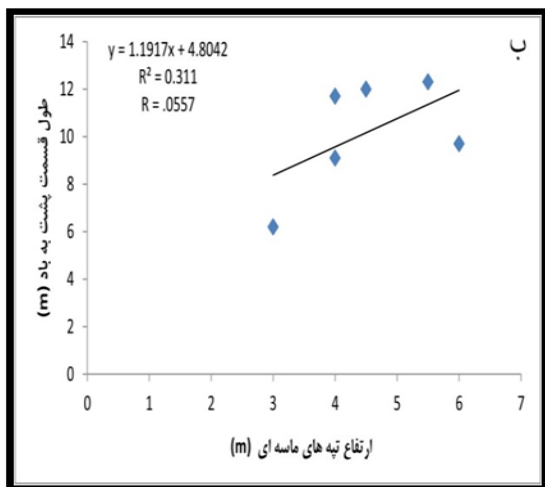
برای تعیین نوع و شدت ارتباط بین مؤلفه‌های مورفومتری اندازه‌گیری‌شده تپه‌های نوع برخان در منطقه، محاسبات آماری، شامل انواع رگرسیون‌های خطی و غیرخطی روی آن‌ها آزموده شد. در نهایت، بهترین مدل رگرسیونی برای تمام تپه‌ها بدون در نظر گرفتن شکل ظاهری صورت گرفت که خلاصه نتایج آن در ادامه بیان شده است.

طی انجام رگرسیون، برای هر یک از متغیرهای مستقل در برابر متغیر وابسته به ارتفاع، خطی به دست آمد (شکل ۶ الف، ب، ج). با توجه به نتایج می‌توان گفت متغیر دامنه پشت به باد و مؤلفه قله بهترین متغیرها برای تعیین ارتفاع است. بنابراین، با داشتن مؤلفه طول دامنه پشت به باد و قله که به راحتی از روی تصاویر ماهواره‌ای با قدرت تفکیک مطلوب اندازه‌گیری می‌شود، می‌توان ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای را در هر زمان به دست آورد.

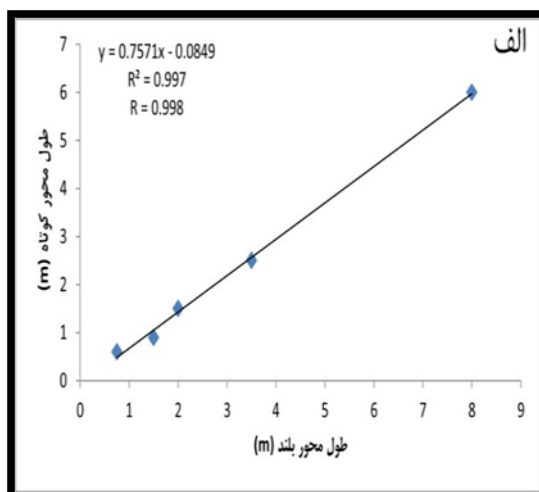
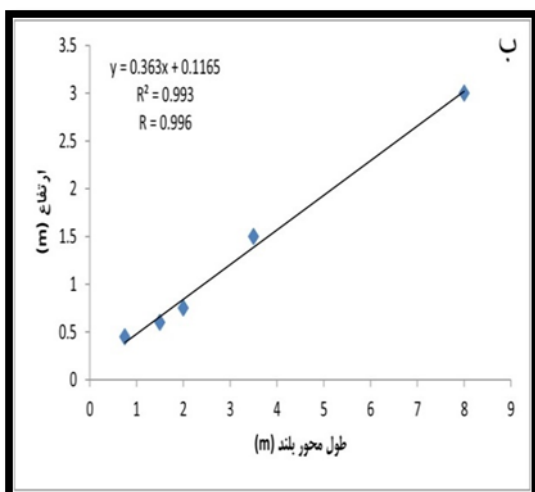
برای مقایسه رابطه بین طول محور بلند و طول محور کوتاه (شکل ۷ الف)، همچنین مقایسه طول محور بلند و ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای نوع نیکا (شکل ۷ ب) در منطقه مورد مطالعه رابطه رگرسیون به دست آمد. رگرسیون خطی برای هر یک از متغیرهای مستقل در برابر متغیر وابسته به طول محور بلند محاسبه شد. با توجه به نتایج می‌توان گفت هر دو متغیر برای تعیین طول محور بلند مناسب است.

عناصر اصلی تشکیل‌دهنده نیکا شامل ماسه، سیلت و رس است و به دو صورت فعال و غیرفعال دیده می‌شوند (شکل ۸ الف، ب؛ احمدی، ۱۳۸۷: ۱۴۷). همان‌طور که در مقدمه گفتیم، نیکاها به رطوبت موجود در خاک و تغییرات آب‌های زیرزمینی وابسته است. این امر موجب تشکیل دو نوع نیکا (فعال و غیرفعال) می‌شود.

در این مطالعه هر دو نوع نیکا (فعال و غیرفعال) شناسایی شد. غیرفعال شدن نیکاها به دلیل پایین افتادن سطح آب زیرزمینی است که شاهد آن ایجاد فروافتادگی و ترک‌هایی در سطح زمین است (شکل ۸ ج). با توجه به غالب بودن باد شمال غربی، به نظر می‌رسد تجمع رسوبات بادی در این ناحیه ارتباط نزدیکی با سطح آب زیرزمینی و رطوبت خاک منطقه دارد.



شکل ۶. مقایسه بین مؤلفه‌های مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای (الف) رابطه طول قله با ارتفاع تپه ماسه‌ای، (ب) رابطه طول قسمت پشت به باد با ارتفاع تپه ماسه‌ای، (ج) رابطه طول قسمت رو به باد با ارتفاع تپه ماسه‌ای



شکل ۷. الف) مقایسه رابطه بین طول محور بلند و طول محور کوتاه، ب) مقایسه طول محور بلند و ارتفاع نپگاهها



شکل ۸. الف) نیکای فعال، ب) نیکای غیرفعال، ج) ترک‌های ایجادشده در سطح زمین به دلیل افت سطح آب زیرزمینی

نتیجه‌گیری

میانگین جورشدگی به‌دست‌آمده رسوبات تپه‌های ماسه‌ای نوع برخان و نیکا که به صورت متوسط خوب جور شده بود به دلیل دو منشایی بودن رسوبات است، به طوری که باعث کاهش جورشدگی ذرات شده است و از روی میانگین کج‌شدگی به سمت ذرات دانه‌درشت می‌توان به نوع حرکت رسوبات پی‌برد که در این رسوبات غالب حرکت به صورت جهشی است. همچنین، دلیل فراوانی ذرات درشت در تپه‌های ماسه‌ای برخان نسبت به تپه‌های ماسه‌ای نوع نیکا ناپایدار بودن رسوبات این نوع تپه‌های ماسه‌ای است. بیشتر ذرات دانه‌ریز را باد حمل می‌کند. در تپه‌های ماسه‌ای نوع نیکا به دلیل وجود گیاه ذرات ریز و درشت به صورت برابر وجود دارد و نهشته می‌شود. مقایسه میانگین پارامتر کشیدگی در این دو نوع تپه‌های ماسه‌ای نشان می‌دهد که میزان کشیدگی در تپه‌های ماسه‌ای نوع نیکا بیشتر است و نشان از جورشدگی بهتر ذرات این نوع تپه‌های ماسه‌ای نسبت به ذرات تپه‌های ماسه‌ای برخانی دارد. باد غالب فرسایش‌دهنده در فصول گرم و خشک از جهت شمال غربی می‌وزد، به طوری که شکل تپه‌ها و موقعیت مکانی آن‌ها این موضوع را تأیید می‌کند.

با توجه به رگرسیون‌های و نتایج به‌دست آمده از تپه‌های ماسه‌ای نوع برخان طول دامنه پشت به باد و قله بهترین متغیرها برای محاسبه ارتفاع در تپه‌های ماسه‌ای نوع برخان است. در تپه‌های ماسه‌ای نوع نیکا طی انجام رگرسیون خطی، برای هر یک از متغیرهای مستقل (ارتفاع و طول محور کوتاه) در برابر متغیر وابسته به طول، محور بلند محاسبه شد و با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت هر دو متغیر برای تعیین طول محور بلند مناسب است. در منطقه مورد مطالعه هر دو نوع نیکا (فعال و غیرفعال) مشاهده شد که عوامل ازبیین‌برنده تپه‌های ماسه‌ای نوع نیکا از قبیل پایین‌افتادن سطح آب زیرزمینی و کاهش رطوبت خاک باعث افزایش نیکاهای غیرفعال می‌شود.

منابع

- Ahmadi, H. (2008). *Applied Geomorphology*, Vol. 2, Third Edition, Tehran University publication, Tehran.
- Ahmadi, H., Feiz Nia, S., Ekhtesasi, M. and Ghanei Bafghi, M. (2001). Source identification of South Bafgh sand dunes, *Desert* (Biaban), Vol. 6, No. 2, pp. 33-50.
- Amini, A., Moussavi-Harami, R., Lahijani, H. and Mahboubi, A. (2010). Morphometry and Sedimentology of Miankaleh's Nebkha in southeast of the Caspian sea, *the second national conference of wind erosion and dust storms*, Yazd University.
- Amini, A., Moussavi-Harami, R., Lahijani, H. and Mahboubi, A. (2012). Sedimentological, geochemical and geomorphological factors in formation of coastal dunes and nebkha fields in Miankaleh coastal barrier system (Southeast of Caspian Sea, North Iran), *Geosciences Journal*, 16(2): 139 – 152.
- Carver, R.E. (1971). *Procedures in Sedimentary Petrology*. Wiley Interscience, New York, 653 pp.
- Cui, Y. and Shao, J. (2005). The role of ground water in arid semiarid ecosystems, northwest China. *Ground Water*, 43: 471-477.
- Elbelrhiti, H. and Douady, S. (2011). Equilibrium versus Disequilibrium of Barchan Dunes, *Geomorphology*, 125: 558-568.
- Folk, R.L. (1974). *Petrology of Sedimentary Rocks*: Hemphill Publishing co., Austin, Texas, 182 pp.
- Fryberger, S. and Dean, G. (1979). *Dune Forms and Wind Regime, A Study of Global Sand Seas*, United States Geological Survey, Washington D.C. 141-163.
- Ghorbanian, D. and Abbasi, H.R. (2013). Investigate the morphoscopy characteristics and granulometry of sand grains in Damghan Erg, *the third national conference of wind erosion and dust storms*, Yazd University.
- Hamdan, M.A. and Lacurini, G. (2013). Holocene paleoenvironmental, paleoclimatic and geoarchaeological significance of the Sheikh El-Obeiyid area (Farafra Oasis, Egypt). *Quaternary International*, 302: 154-168.
- Hamdan, M.A., Refaat, A.A., Abu Anwar, E. and Shallaly, N.A. (2014). Source of the aeolian dune sand of Toshka area, southeastern Western Desert, Egypt., *Aeolian Research*, in press, doi.org/10.1016/j.aeolia.2014.08.005.
- Hasani, V. and Rahimpour-Bonab, H. (2003). Investigate the origin and evolution of brine and deposition of evaporate minerals in Chah Jam playa of Damghan, M.Sc thesis, Tehran University, Faculty of Science, Tehran.
- Iman Talab, N., Mosleh Arani, A., Ekhtesasi, M, R., Azim Zadeh, H. and Sepahvand, A. (2010). Soil characteristics of Claire Nebkha in the East of Bandar-Jask, *the second national conference of wind erosion and dust storms*, Yazd University.
- Lancaster, N. (2013). Sand seas and dune fields. *Treatise on Geomorphology*. Academic Press, San Diego, Aeolian Geomorphology, 11: 219-245.
- Lang, L., Wang, X., Hua, T. and Zhang, C. (2013). Moisture availability over the past five centuries indicated by carbon isotopes of Tamarix taklamakanensis leaves in a nebkha profile in the Central Taklimakan Desert, NW China. *Aeolian Research*, 11: 101-108.
- Levin, N., Kidron, G.J. and Ben-Dor, E. (2007). Surface properties of stabilizing coastal dunes- combining spectral and field analyses. *Sedimentology*, 54: 771-778.
- Livingstone, I., Wiggs, G.F.S. and Weaver, C.M. (2007). Geomorphology of Desert Sand Dunes: a Review of Recent Progress, *Earth-Science Reviews*, 80(3-4): 239-257.
- Maroulis, J.C., Nanson, G.C., Price, D.M. and Pietsch, T. (2007). Aeolian-fluvial interaction and climate change: source-bordering dune development over the past 100 ka on Cooper Creek, central Australia. *Quaternary Science Review*, 26: 384-404.
- McKee, E. (1979). *Sedimentary Structures in dunes, A Study of Global Sand Seas*, United States Geological Survey, Washington D.C., 82-140.
- Moussavi-Harami, R. (2006). *Sedimentology*, Eleventh Edition, Astan Qods- Razavi Publication, Mashhad.
- Negahban, S., Yamani, M., Maghsoudi, M. and Azizi, Gh. (2013). Accumulation, geomorphology and zoning Nebkhas in western of Lut and the effects of vegetation on their morphology, *Quantitative geomorphological researches*, 4: 17- 42.
- Poor Khosravani, M., Vali, A. and Mo'ayyeri, Gh. (2010). Plant morphology Nebkhas relationships with morphometric characteristics of Tamarix mascatensis in Kheirabad of Sirjan, *Journal of Geography and Planning* (University of Tabriz), 15(32): 219- 237.
- Sauermann, G., Rognon, P., Poliakov, A. and Herrmann, H.J. (2000). The Shape of the Barchan Dunes of Southern Morocco, *Geomorphology*, 36: 47-62.
- Semnan Meteorological General Directorate (2009). Meteorological data of Damghan station.
- Wang, X., Wang, T., Dong, Z., Liu, X. and Qian, G. (2006). Nebkha development and its significance to wind erosion and land degradation in semi-arid northern China. *Journal of Arid Environments*, 65: 129-141.
- Weaver, C.M. and Wiggs, F.S. (2011). Field Measurements of Mean and Turbulent Airflow over a Barchan Sand Dune, *Geomorphology*, 128: 32-41.
- Wu, X., Zheng, Z.C., Zhang, C. and Zou, X. (2011). Field Measurement and Scaled-down Wind-tunnel Model Measurement of Airflow Field over a Barchan Dune, *Journal of Arid Environments*, 75: 438-445.
- Zhizhong, L., Shengli, W., Chen, Sh., Chen, X., Jianhui, J. and QI, L. (2010). Bio-geomorphologic Features and Growth Process of Tamarix Nabkhas in Hotan River Basin, Xinjiang, *Journal of Geographical Sciences*, 20(2): 205-218.