

مقاله پژوهشی

تحلیل مورفومتریک تپه‌های ماسه‌ای و سرعت جابجایی آن‌ها در دشت سیستان^۱

مهدی حیدری نسب^۲، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

امیر کرم، دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه خوارزمی، تهران، ایران

حسین نگارش، استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه سیستان و بلوچستان، زاهدان، ایران

احمد پهلوانروی، دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه زابل، ایران

چکیده

ویژگی‌های دشت سیستان از قبیل رسوبگذاری رودخانه‌ها، وزش بادهای فرساینده به ویژه بادهای ۱۲۰ روزه و خشکسالی‌های ۲۰ سال اخیر، زمینه فرسایش بادی را فراهم کرده است. یکی از نمادهای عینی فرسایش بادی، جابجایی ماسه‌هاست. به دلیل مسکونی بودن محدوده جابجایی ماسه‌ها، تحلیل مورفومتریک و میزان جابجایی تپه‌های ماسه‌ای در ایجاد مخاطرات از اهداف این پژوهش است. جهت بررسی نقش پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها در میزان جابجایی‌شان، از ۱۰ برخان تشکیل شده در دو کانون فرسایش بادی، ۷ برخان انتخاب شد و در مدت وزش بادهای ۱۲۰ روزه، میزان جابجایی‌شان رصد شده و ثبت گردید. سپس با تحلیل رگرسیونی بین طول، عرض، ارتفاع و مساحت برخان‌ها و میزان جابجایی‌شان توسط نرم افزار SPSS مشخص شد که فقط بین طول برخان‌ها با میزان جابجایی‌شان، رابطه معکوس برقرار بوده و بین سایر پارامترها و جابجایی برخان‌ها رابطه معنی‌داری وجود ندارد. که دلیل آن می‌تواند شکل‌گیری برخان‌ها در محدوده اراضی روستایی و نقش عوارض سطح زمین در میزان سرعت باد، مقدار تولید ماسه و در پی آن در میزان جابجایی برخان‌ها باشد.

کلمات کلیدی: تحلیل مورفومتریک، فرسایش بادی، برخان، دشت سیستان

^۱- این مقاله برگرفته از رساله دکتری مهدی حیدری نسب تحت عنوان تحلیل مورفومتریک تپه‌های ماسه‌ای و مخاطرات ناشی از جابجایی آن‌ها در دشت سیستان به راهنمایی دکتر امیر کرم در دانشگاه خوارزمی است.

^۲- نویسنده مسئول: mhn_5490@yahoo.com

مقدمه

فرایند فرسایش بادی، موجب تخریب خاک و از دسترس خارج شدن آن و نیز حمل و تجمع ماسه در سطح زمین می‌شود. در حال حاضر حدود ۳۶ درصد سطح زمین، مناطق خشک و نیمه خشک است که در این اراضی حدود ۱۷ درصد جمعیت دنیا ساکنند. از این مقدار، یک چهارم تا یک سوم با ماسه روان پوشانده شده است (لطیفی، ۱۳۸۵). منطقه سیستان (ایستگاه هواشناسی زابل) با میانگین سالانه ۸۰/۷ روز در سال طی یک دوره پنج ساله (۱۹۹۰ تا ۱۹۹۵) رتبه دوم وقوع طوفان‌های ماسه‌ای در قاره آسیا را داراست (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۷: ۴۵). حرکت ماسه‌های روان بر روی سطح زمین و شکل‌گیری تپه‌های ماسه‌ای در اراضی روستایی منطقه، منجر به ایجاد مخاطرات مختلف می‌شود. یکی از اشکال متحرک تپه‌های ماسه‌ای، برخان‌ها هستند که فعال و پویا بودن آن‌ها، تحت تأثیر ویژگی‌های مورفومتریک آن‌ها می‌باشد، لذا سوالات اساسی پژوهش این است که کدام یک از ویژگی‌های مورفومتریک برخان‌ها در سرعت جابجایی آن‌ها مؤثرتر است؟ و اینکه در ناحیه تحقیق، منابع اصلی تأمین رسوب برای فرسایش بادی، کدام واحدهای ژئومورفیک هستند؟ بنابراین اهداف این پژوهش، تجزیه و تحلیل نقش پارامترهای مورفومتریک تپه‌های ماسه‌ای بر سرعت جابجایی آن‌ها و شناسایی منابع تأمین ماسه‌هاست.

تاکنون مطالعات متعددی پیرامون ماسه‌های روان، پیشروی آن‌ها به سمت سکونتگاه‌ها و اثرات تخریبی آن‌ها بر محیط، در نقاط مختلف دنیا و از جمله در ایران به دلیل وسعت مناطق تحت تأثیر ماسه‌ها انجام شده است که می‌توان به موارد زیر اشاره کرد:

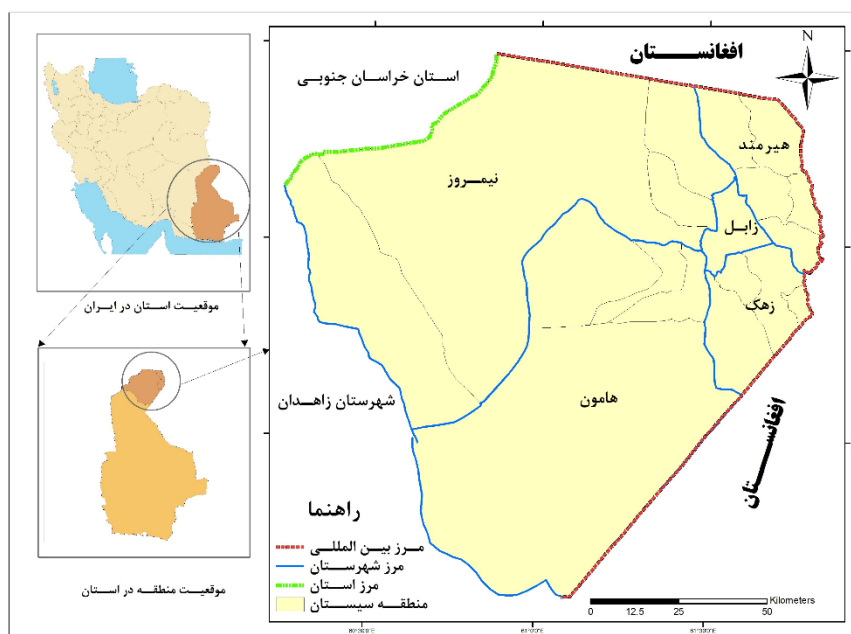
در بررسی و سنجش میزان جابجایی تپه‌های برخانی بیابان تکله‌مکان در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳، مشخص شد که همبستگی پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها و میزان جابجایی‌شان پیچیده است. به طوری که بعضی از آن‌ها همبستگی خوبی را نشان نداده و این می‌تواند ناشی از عملکرد برخان‌های نامتکامل و عملکرد پیچیده رژیم باد محلی باشد (دونگ و همکاران، ۲۰۰۰: ۲۱۹). پس از تحلیل همبستگی بین پارامترهای

ژئومورفیک و سرعت حرکت برخان‌ها در بیابان غرب عربستان، مشخص شد که بین پارامترهای ارتفاع، عرض، طول بادرفت، طول سطح شیب و سرعت حرکت برخان‌ها رابطه معنی‌دار وجود دارد (عباس ایفن الهارتی، ۲۰۰۲). نتایج بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی دشت یزد- اردکان، نشان داد که کم-تحرك‌ترین تپه‌های ماسه‌ای ارگ یزد، قوردها با ارتفاع بیش از ۱۹ متر و توسعه جانبی کمتر از ۰/۲ متر در سال و بوکلیه بارخانی با ارتفاع کمتر از ۱/۵ متر کوتاهترین و با جابجایی بیش از ۱۷ متر در سال فعال‌ترین تپه‌های ماسه‌ای ارگ یزدند (اختصاصی، ۱۳۸۳). پس از تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای شرق دشت سیستان عنوان شد که بین پارامترهای ژئومورفیک برخان‌ها و میزان جابجایی‌شان همبستگی وجود دارد (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۷: ۵۸). در ارزیابی شاخص‌های مورفودینامیک تپه‌های برخانی در ریگ چاه جم مشخص شد که بین میزان جابجایی سالانه برخان و مولفه‌های مورفومتری آن، رابطه معکوس نمایی و خطی وجود دارد (سیف و موسوی، ۱۳۹۱: ۱۷). تحلیل آماری بررسی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای و ارتباط آن با رژیم باد در ارگ کاشان حاکی است که در بیشتر مناطق بند ریگ کاشان تپه‌های ماسه‌ای از نوع «فعال» هستند و تنها بخش کوچکی در شمال شرق و جنوب، «بسیار فعال» هستند و فعالیت تپه‌ها در حاشیه غربی کمتر است (توکلی فرد و همکاران، ۱۳۹۱: ۴۴). پس از مطالعه رابطه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای با شاخص‌های مورفومتری تپه‌های شرق بابلسر عنوان شد که مؤلفه ارتفاع با طول قله و دامنه پشت به باد بهترین ضریب همبستگی را نشان داده و 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 (وُسو و همکاران، ۱۳۹۳). در بررسی جهات انتقال ماسه‌های بادی منطقه اردستان مشخص شد که منشأ غالب نمونه‌ها، مخروط افکنه‌های حاشیه جنوبی چاله و جهات غالب نقل و انتقال نیز شمال شرق و سپس مشرق می‌باشد (محمدخان و کشفی، ۱۳۹۴: ۵۹).

منطقه سیستان که با ۱۵۱۹۷ کیلومتر مربع مساحت، بخش شمالی استان سیستان و بلوچستان و معادل ۸/۱ درصد مساحت آن را شامل می‌شود (شکل ۱)، محل

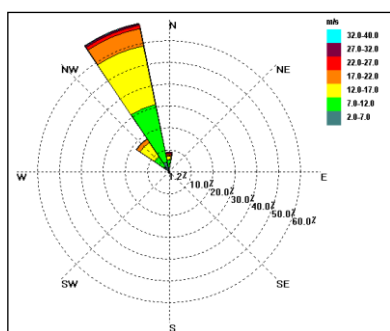
رسوبگذاری رودخانه‌هایی (از جمله هیرمند) است که رسوبات آن عمدتاً ریزدانه بوده و از ۶۰ درصد رس، ۳۰ درصد سیلت و ۱۰ درصد ماسه ریز تشکیل یافته است (مهندسین مشاور سازآب شرق، ۱۳۸۲: ۳۰). بیشترین فراوانی ارتفاع از سطح دریا بین ۴۸۰-۴۶۰ متر و درصد شیب با بیشترین فراوانی بین ۱-۰ می‌باشد (مهندسین مشاور ورزبوم، ۱۳۷۵: ۳۱). این دشت به جز کوه خواجه با ارتفاع ۱۲۳ متر از اطراف، عارضه قابل توجهی ندارد.

مشخصه کانون‌های بحرانی فرسایش بادی، جابجایی و انباشت ماسه‌هاست. از این رو سیستان دارای سه کانون بحرانی فرسایش بادی می‌باشد که عبارتند از: نیاتک، جزینک و تاسوکی-شیله که در مجموع سطحی معادل ۲۵۲۴۵۳ هکتار را در بر گرفته‌اند (مهندسین مشاور سامانه فرایندهای محیطی، ۱۳۸۱). از آنجا که کانون تاسوکی-شیله در خارج از محدوده مسکونی سیستان واقع است و از مخاطرات ناچیزی برخوردار بوده، لذا پژوهش فقط در کانون‌های نیاتک و جزینک صورت گرفته است.

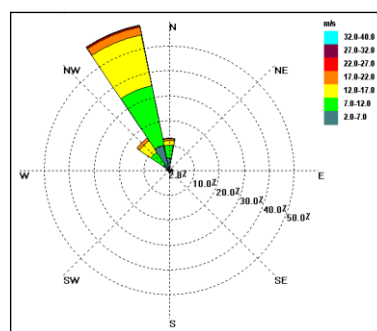


شکل ۱- موقعیت دشت سیستان

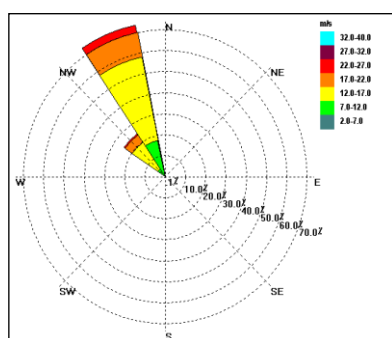
اقلیم سیستان (براساس روش دومارتن) فراخشک معتدل بوده (مهندسین مشاور سامانه فرایندهای محیطی، ۱۳۸۱: ۹۶) دارای میانگین دمای ۲۳ درجه سانتیگراد، میانگین بارش سالانه ۵۴ میلیمتر و میانگین تبخیر سالانه ۴۶۰۰ میلیمتر می‌باشد. مهمتر از دما، وزش بادهای مداوم و شدید مهمترین عامل تبخیر است. جهت باد غالب منطقه، شمال شمال غربی می‌باشد (آمار هواشناسی ایستگاه زابل ۱۳۹۴-۱۳۶۲) (اشکال ۲ تا ۶).



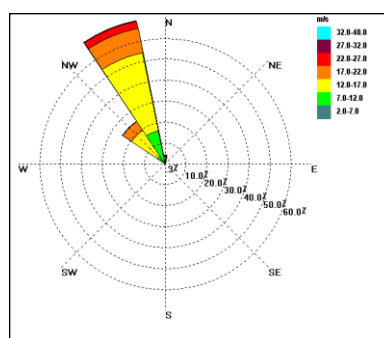
شکل ۳- گلباد خردادماه ایستگاه زابل



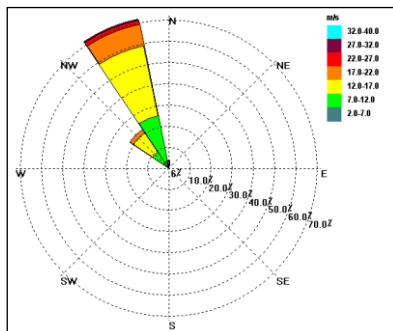
شکل ۲- گلباد اردیبهشت ماه ایستگاه زابل



شکل ۵- گلباد مردادماه ایستگاه زابل



شکل ۴- گلباد تیرماه ایستگاه زابل



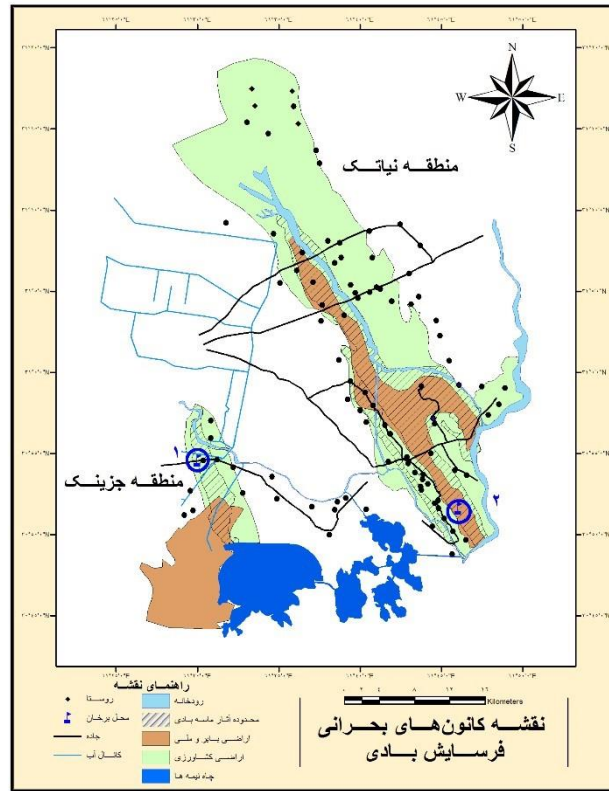
شکل ۶- گلباد شهر یورماه ایستگاه زابل

مواد و روش‌ها

در ابتدا به جمع‌آوری اطلاعات کتابخانه‌ای در مورد موضوع تحقیق پرداخته شده است و از آمار هواشناسی سال‌های ۱۳۶۲ تا ۱۳۹۴ ایستگاه سینوپتیک زابل بهره گرفته و از نقشه‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی و کاربری اراضی دشت سیستان و همچنین مشاهدات میدانی برای تعیین دقیق منشأ ماسه‌ها و محدوده کانون‌های فرسایش بادی استفاده شده است. جهت مطالعه نحوه جابجایی تپه‌های ماسه‌ای (برخان) از روش مطالعه میدانی استفاده شده است که پارامترهای ژئومورفیک برخان‌ها را اندازه‌گیری کرده و با استفاده از تکنیک پیکه‌کوبی، میزان جابجایی برخان‌ها در مدت زمان وزش بادهای ۱۲۰ روزه پیگیری شده و سپس برای تحلیل رابطه بین پارامترهای ژئومورفیک و میزان جابجایی برخان‌ها، از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

بحث اصلی

جهت انجام پژوهش، از میان انواع تپه‌های ماسه‌ای، چون برخان‌ها بسیار متحرک و حساسند (احمدی، ۱۳۸۵: ۳۴۹) و می‌توانند روند جابجایی ماسه‌ها را به خوبی نشان دهند، از تعداد ۱۰ برخانی که در دو کانون فرسایش بادی و عمدتاً در اراضی زراعی تشکیل شده‌اند، ۲ برخان از کانون جزینک (شمال غرب روستای قلعه کنگ) و ۵ برخان از کانون نیاتک (شرق روستای امیرنظام) انتخاب شدند (شکل ۷).



شکل ۷- موقعیت برخان‌های نمونه در دو کانون بحرانی

سپس پارامترهای ژئومورفیک برخان‌ها که شامل طول (L) (طول زمینی دامنه بادخیز + طول زمینی دامنه بادپناه)، عرض (w)، ارتفاع (H) و مساحت (S) می‌باشد اندازه‌گیری و در جدول ۱ ثبت گردید. برای پیگیری روند جابجایی برخان‌ها (در مدت وزش بادهای ۱۲۰ روزه)، در تاریخ ۹۶/۱/۲۴ در ابتدای شیب رو به باد برخان‌ها پیکه‌کوبی (شکل ۸) و در مدت ۵ ماه اردیبهشت تا شهریورماه و در سه نوبت ۹۶/۴/۱۵، ۹۶/۵/۳۰ و ۹۶/۶/۲۷، میزان جابجایی آن‌ها (DM) پیگیری شد (شکل ۹) و در جدول ۲ ثبت گردید.

جدول ۱- اندازه پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها

موقعیت برخان	شماره برخان	مختصات برخان	طول به (L) متر	عرض به (W) متر	ارتفاع به (H) متر	مساحت به (S) مترمربع	اولین برداشت جابجایی برخان به متر	دومین برداشت جابجایی برخان به متر	سومین برداشت جابجایی برخان به متر	میانگین جابجایی برخان به متر	مجموع جابجایی برخان در ۵ ماه به متر
جزینک	۱	۳۰° ۵۴' ۴۱" N ۶۱° ۳۰' ۱۱" E	۴۴/۴	۵۵	۵/۲	۲۴۰۰	۳۲	۳۰	۵	۲۲/۳۳	۶۷
جزینک	۲	۳۰° ۵۴' ۳۷" N ۶۱° ۳۰' ۲۲" E	۱۷/۵	۲۴	۲/۵	۳۵۵	۳۶	۳۳	۱۰	۲۶/۳۳	۷۹
نیاتک	۳	۳۰° ۵۱' ۲۸" N ۶۱° ۴۵' ۵۸" E	۳۵/۸	۳۲	۳/۱	۹۷۷	۲۲/۴	۲۵	۶/۸	۱۸/۰۶	۵۴/۲
نیاتک	۴	۳۰° ۵۱' ۴۱" N ۶۱° ۴۶' ۰۸" E	۳۸/۵	۳۸	۵	۱۶۱۱	۲۲/۷	۲۵	۶/۲	۱۷/۹۶	۵۳/۹
نیاتک	۵	۳۰° ۵۱' ۴۰" N ۶۱° ۴۶' ۰۱" E	۳۵/۷	۴۲	۲/۹	۱۵۵۶	۲۸/۱	۲۳/۸۰	۳/۱	۱۸/۳۳	۵۵
نیاتک	۶	۳۰° ۵۱' ۴۵" N ۶۱° ۴۶' ۰۷" E	۴۴/۵	۶۲	۵/۸	۳۰۱۸	۲۸/۵	۲۱/۳۰	۶/۳	۱۸/۷	۵۶/۱
نیاتک	۷	۳۰° ۵۱' ۵۱" N ۶۱° ۴۶' ۱۲" E	۳۹/۵	۵۷	۴/۹	۲۷۱۲	۲۱/۷	۱۹/۴۰	۶/۸	۱۵/۹۶	۴۷/۹



شکل ۹- اندازه‌گیری جابجایی برخان با توجه به شاخص

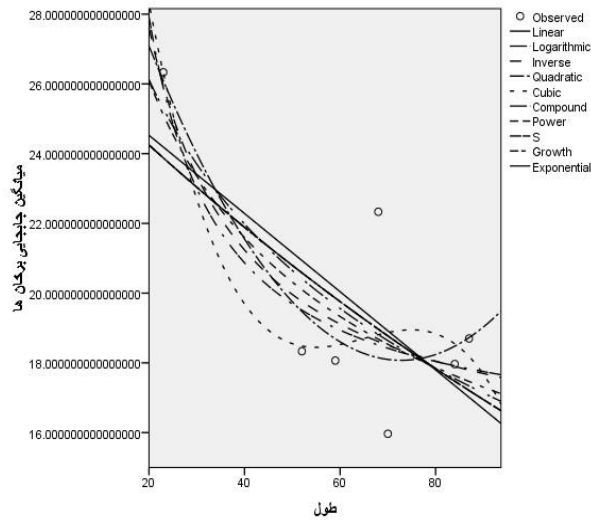
شکل ۸- پیکه‌کوبی در ابتدای دامنه رو به باد برخان

تجزیه و تحلیل پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها و داده‌های به دست آمده از جابجایی‌شان، منجر به ارائه مدلی به صورت خطی، لگاریتمی، نمایی و معکوس شد (جدول ۲). همچنین رابطه گرافیکی بین پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها با استفاده از نرم افزار spss محاسبه و به صورت اشکال شماره ۱۰ تا ۱۳ ترسیم گردید.

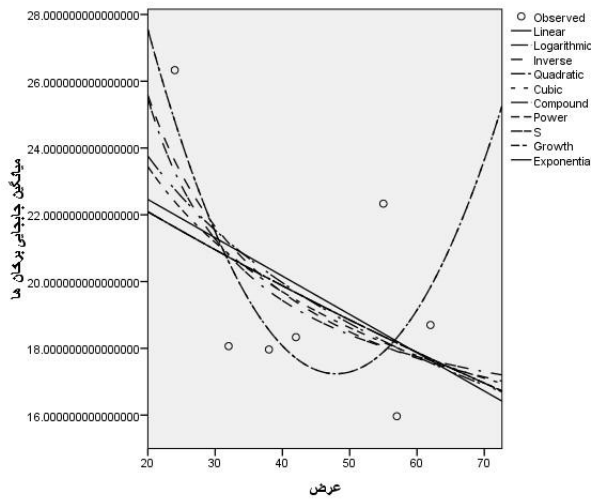
جدول ۲- نتایج تحلیل آماری و روابط بین پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها و میزان

جابجایی شان

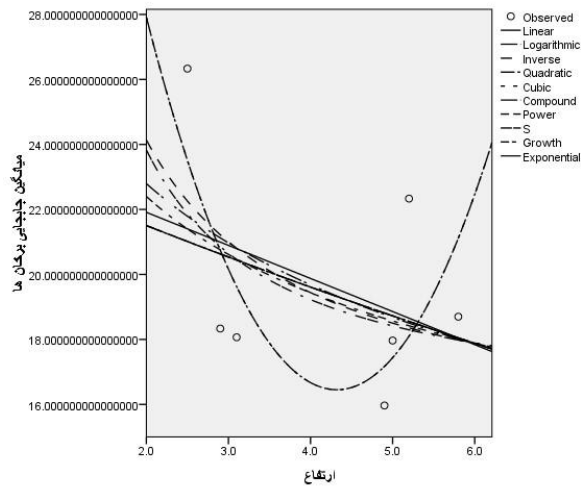
مقدار احتمال	معادله	تفسیر	ضریب همبستگی	ضریب تعیین	نوع رابطه	رابطه
۰/۳۹۴	$DM=23/948-1/018(H)$	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۳۸۵	۰/۱۴۸	خطی	DM*H
۰/۳۳۰	$DM=25/9-4/492 \log (H)$	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۴۳۵	۰/۱۸۹	لگاریتمی	DM*H
۰/۴۲۰	$= \text{Exp} (23/0-58/046 * H)$ DM	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۳۶۶	۰/۱۳۴	نمایی	DM*H
۰/۲۶۶	$DM = 14.74 + 18.79/H$	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۲۳۹	۰/۴۸۹	معکوس	DM*H
۰/۰۸۲	$DM=26/0-76/112 * L$	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۶۹۶	۰/۴۸۴	خطی	DM*L
۰/۰۴۱	$DM=44/03-5/97 \log (L)$	در سطح ۵٪ معنی دار است	۰/۷۷۳	۰/۵۹۸	لگاریتمی	DM*L
۰/۱۰۲	$= \text{Exp} (26/0-87/005 * L)$ DM	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۶۶۷	۰/۴۴۵	نمایی	DM*L
۰/۰۲۵	$DM = 14.85 + 255.07/L$	در سطح ۵٪ معنی دار است	۰/۸۱۶	۰/۶۶۵	معکوس	DM*L
۰/۲۹۵	$DM=24/0-75/114(W)$	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۴۶۴	۰/۲۱۵	خطی	DM*W
۰/۲۱۱	$DM=40/5-16/475 \log (W)$	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۵۴۰	۰/۲۹۲	لگاریتمی	DM*W
۰/۱۳۹	$DM = 13.76 + 236.52/W$	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۶۱۸	۰/۳۸۲	معکوس	DM*W
۰/۳۱۳	$= \text{Exp} (24/0-55/005 * W)$ DM	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۴۴۸	۰/۲۰۱	نمایی	DM*W
۰/۲۲۴	$DM=23/0-13/001(S)$	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۵۲۷	۰/۲۷۸	خطی	DM*S
۰/۰۸۹	$DM=43/3-19/217 \log (S)$	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۶۸۵	۰/۴۶۹	لگاریتمی	DM*S
۰/۰۳۵	$DM = 16.88 + 3130.44/S$	در سطح ۵٪ معنی دار است	۰/۷۹۰	۰/۶۲۴	معکوس	DM*S
۰/۲۳۹	$= \text{Exp} (22/8-81/898 * S)$ DM	در سطح ۵٪ معنی دار نیست	۰/۵۱۳	۰/۲۶۳	نمایی	DM*S



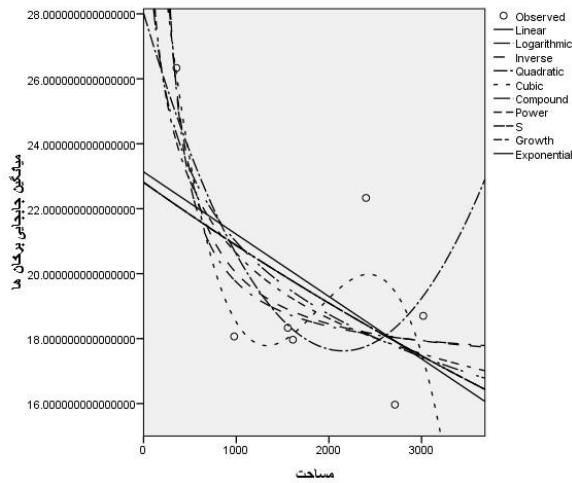
شکل ۱۰- نمودار رابطه رگرسیونی بین طول و جابجایی برخان‌ها



شکل ۱۱- نمودار رابطه رگرسیونی بین عرض و جابجایی برخان‌ها



شکل ۱۲- نمودار رابطه رگرسیونی بین ارتفاع و جابجایی برخان‌ها



شکل ۱۳- نمودار رابطه رگرسیونی بین مساحت و جابجایی برخان‌ها

منشأ ماسه‌ها: تجزیه فیزیکی و شیمیایی رسوبات بادی نمونه برداری شده نشان می‌دهد که نهشته‌های دلتایی رودخانه‌های سیستان، نیاتک (شکل ۱۴) و اراضی کشاورزی رها شده، منشأ اصلی و محدوده برداشت رسوبات منطقه می‌باشند. وجود عناصر مشترک فراوان در رسوبات نمونه برداری شده، بر یکسان بودن منشأ آن‌ها دلالت دارد. بطور کلی رسوبات منطقه تقریباً شبیه هم هستند که نشان از محلی بودن ذرات و یکسان بودن منطقه برداشت دارد (حیدری نیا، ۱۳۹۶: ۱۲۶). لذا برداشت ماسه‌ها از بستر رودخانه‌ها و حرکت بر روی اراضی رها شده منطقه، موجب ایجاد چاله‌های بادبردگی و تولید ماسه بیشتر می‌گردد.



شکل ۱۴- منشأ و محدوده ماسه‌های کانون‌های نیاتک و جزینک

دلایل رسوبگذاری ماسه در بستر رودخانه نیاتک: ۱- شیب کم بستر رودخانه
 ۲- عریض بودن بستر رودخانه موجب کاهش سرعت آب و رسوبگذاری ماسه می‌شود.
 ۳- کوچک بودن پل، نسبت به عرض رودخانه در محل جاده ادیمی و جاده زیارتگاه
 بی‌بی‌دوست موجب کاهش سرعت عبور آب و رسوبگذاری ماسه می‌شود. ۵- عدم
 لایروبی سالانه بستر رودخانه.

دلایل رسوبگذاری ماسه در بستر رودخانه سیستان: ۱- «شیب عمومی رودخانه
 سیستان در حدود ۰/۰۰۰۰۲ تا ۰/۰۰۰۰۶ از تراز ۴۸۹ در دو شاخه هیرمند (در مرز
 افغانستان) به تراز ۴۷۴/۷۵ متری از سطح دریا در هامون هیرمند می‌باشد. شیب کم بستر
 رودخانه سیستان، میزان رسوبگذاری را افزایش داده است (حافظی مقدس و
 همکاران، ۱۳۹۱، ۳). ۲- وجود چند ماندر متوالی در طول مسیر رودخانه: «ماندرها،
 موجب فرسایش کناره رودخانه شده، این حجم از خاک وارد آب شده و به دلیل شیب
 کم رودخانه در کف آن ته‌نشین می‌شوند (حافظی مقدس و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۰).
 ۳- حجم زیادی از رسوبات لایروبی شده رودخانه، در ساخت خاکریزهای حاشیه
 رودخانه بکار می‌روند. که بر اثر وزش بادهای شدید، مجدداً به کانال رودخانه باز
 می‌گردد.

نتیجه‌گیری

تحلیل رگرسیون بین پارامترهای ژئومورفیک و میزان جابجایی برخان‌ها با نرم افزار
 SPSS نشان داد که بجز طول برخان‌ها که رابطه معکوسی با میزان جابجایی‌شان دارد،
 بین بقیه پارامترهای مورفومتریک برخان‌ها با میزان جابجایی‌شان، رابطه معنی‌داری
 وجود ندارد.

میزان جابجایی برخان‌ها در دشت سیستان در مدت ۵ ماه اردیبهشت تا شهریور بین
 ۴۷/۹ تا ۷۹ متر است. که در مقایسه با برخان‌های بین جده و اللیته عربستان با میزان

جابجایی ۹/۹ تا ۱۶/۵ متر در سال (نگارش و لطیفی، ۱۳۸۷: ۵۸) یا در بیابان تکلّه‌مکان با میانگین جابجایی ۷/۲۹ و ۵/۵۶ متر به ترتیب در سال‌های ۱۹۹۲ و ۱۹۹۳ (2000 Dong et al, و برخان‌های ارگ یزد با ۱۷ متر جابجایی در سال ۱۳۸۳ (اختصاصی، ۱۳۸۳: ۵) و ۱۲ تا ۶۲ متر در طی ۷ سال در جنوب غرب سبزوار (2014 Amirahmadi et al, بسیار بالاست که مخاطرات فراوانی را ایجاد می‌کند. بستر خشک رودخانه‌های منطقه و نیز اراضی رها شده، منابع اصلی تأمین ماسه‌هاست. به دلیل کمبود تغذیه ماسه، برخان‌های منطقه کم ارتفاعند.

منابع

- احمدی، حسن، (۱۳۸۵)، ژئومورفولوژی کاربردی جلد ۲ بیابان- فرسایش بادی، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دوم، تهران، صص ۷۰۶.
- اختصاصی، محمدرضا، (۱۳۸۳)، بررسی مورفومتری و مورفودینامیک رخساره‌های فرسایش بادی دشت یزد- اردکان و تعیین شاخص‌های این فرایند جهت کاربرد در مدل‌های ارزیابی بیابانزایی، احمدی حسن، دانشگاه تهران، گروه احیاء مناطق خشک و کوهستانی.
- توکلی فرد، اصغر، (۱۳۹۱)، بررسی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای و ارتباط آن با رژیم بادی- مطالعه موردی: ارگ کاشان، نظری سامانی علی اکبر و قاسمیه هدی، دانشگاه کاشان، گروه مرتعداری.
- جوندا، جو و لیو شو و دی زین مین، (۱۳۷۵)، بیابان‌زایی و بیابان‌زدایی در چین، مسعود عباسی، انتشارات مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، چاپ اول، تهران، صص ۳۲۴.

- حافظی مقدس، ناصر و حمیدرضا سلوکی و رضا جلیلود و جعفر رهنما راد، (۱۳۹۱)، مطالعه ژئومورفولوژی مهندسی رودخانه سیستان، فصلنامه زمین شناسی کاربردی، شماره ۱، دانشگاه آزاد اسلامی واحد زاهدان، صص ۱۸-۱.
- حیدری نسب، مهدی، (۱۳۸۶)، نقش باد در ایجاد لندفرم‌های بادی در منطقه نیاتک سیستان، نگارش حسین، دانشگاه سیستان و بلوچستان، گروه ژئومورفولوژی.
- حیدری نیا، محمد، (۱۳۹۶)، بررسی مخاطرات تپه‌های ماسه‌ای و اثر آن برسکونتگاه‌های روستایی شرق زهک، نگارش حسین، دانشگاه سیستان و بلوچستان، گروه ژئومورفولوژی.
- رفاهی، حسینقلی، (۱۳۸۳)، فرسایش بادی و کنترل آن، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ سوم، تهران، صص ۳۲۰.
- لایتی، جولی، (۱۳۹۱)، بیابان‌ها و محیط‌های بیابانی، ابوالقاسم گورابی، انتشارات نشر انتخاب، چاپ اول، تهران، صص ۵۴۷.
- لطیفی، لیلا، (۱۳۸۵)، بررسی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای در طی خشکسالی اخیر در شمال و شرق دشت سیستان، نگارش حسین، دانشگاه آزاد اسلامی واحد مشهد، گروه ژئومورفولوژی.
- محمدخان، شیرین و فهیمه سادات کشفی، (۱۳۹۴)، جهات انتقال ماسه‌های بادی منطقه اردستان از طریق مقایسه زمانی مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای و ویژگی‌های باد، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، شماره ۱، تهران، صص ۷۴-۵۹.
- مهندسین مشاور سازآب شرق، (۱۳۸۲)، مطالعات شناسایی منشأ، جهت جریان و محل‌های رسوبگذاری ماسه‌های روان، شرکت سهامی منابع آب و خاک سیستان.

مهندسین مشاور سامانه فرایندهای محیطی، (۱۳۸۱)، طرح مطالعات تفصیلی اجرایی بیابانزدایی بخشی از هامون، اداره کل منابع طبیعی استان سیستان و بلوچستان. مهندسین مشاور ورزبوم، (۱۳۷۵)، مطالعات توجیهی مدیریت منابع تجدید شونده قسمتی از حوضه آبریز رودخانه هیرمند، وزارت جهاد کشاورزی.

نرم افزار WINDROSE جهت رسم گلباد و نرم افزار SPSS جهت تحلیل آماری. نگارش، حسین و لیلا لطیفی، (۱۳۸۷)، تحلیل ژئومورفولوژیکی روند پیشروی تپه‌های ماسه‌ای شرق دشت سیستان در خشکسالی‌های اخیر، جغرافیا و توسعه، شماره ۱۲، دانشگاه سیستان و بلوچستان، صص ۶۰-۴۳.

وسو، محبوبه و غلامرضا میراب شبستری و آرش امینی، (۱۳۹۳) رابطه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای با شاخص‌های مورفومتری در شرق بابلسر، شمال ایران، پژوهش‌های جغرافیای طبیعی، شماره ۲، صص ۲۳۰-۲۱۹.

Amirahmadi, Abolghasem, and Kazem Aliabadi, Biongh Maryam, (2014) Evaluation of Changes in Sand Dunes in Southwest of Sabzevar by Satellite Images, International Journal of Scientific & Technology Research, Number 3, USA, Pages120-128.

Dong, Zhibao and Xunming Wang, Guangting Chen, (2000) Monitoring sand dune advance in the Taklimakan Desert, Geomorphology, Number 35, Pages 219-231.

Negaresh, Hosein and Mahdi Heidari Nasab, (2013) Morphodynamic Activities of the Wind in Niatak Desert located at Southeast Sistan Plain, Iran, Scholars Research Library, Number 4-5, USA, Pages 1-20.