

بررسی مورفومتری و علل استقرار ریگ کرمان از طریق تحلیل ویژگی‌های باد و دانه‌سنجی ذرات ماسه

مجتبی یمانی*، دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

سمیه ذهاب ناظوری، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران

ابوالقاسم گورابی، استادیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

چکیده

اقلیم خشک، فقر پوشش گیاهی و همواری نسبی سطح زمین و همسایگی با دشت لوت از مهم‌ترین عواملی هستند که باعث غلبه فرایندهای فرسایش بادی در منطقه کرمان شده‌اند. بدیهی است میزان فرسایش بادی و حجم نقل و انتقال مواد به ویژگی‌های سرعت، جهت و فراوانی باد و از طرفی به ویژگی‌های سطح زمین و مواد رسوبی وابسته است. هدف این تحقیق بررسی مورفولوژی، نحوه تأثیر گذاری دینامیک باد و سپس علل استقرار ماسه‌های بادی در جنوب شهر کرمان است. آمار باد ایستگاه‌های سینوپتیک پیرامون منطقه کرمان و نیز ویژگی‌های ماسه‌های بادی، داده‌های این پژوهش و نقشه‌ها، عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای، ادوات آزمایشگاهی و مدل‌های ریاضی و نیز نرم‌افزارهای رایانه‌ای ابزاراند. برای دستیابی به هدف، آمار باد ایستگاه‌های پیرامون کرمان اخذ و از طریق ترسیم گلبادهای تجزیه و تحلیل شده است. سپس ماسه‌های نمونه‌برداری شده با سرعت‌های آستانه باد برآزش داده شده و با شاخص به دست آمده در عملیات آزمایشگاهی تلفیق و مقایسه شده است. نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری جهات فصلی باد، نشان می‌دهد که در محدوده کرمان بادهای غالب عمدتاً از دو نیمه شمالی و غربی می‌وزند. تغییر راستای وزش فصلی این بادهای می‌تواند نتیجه تأثیر شرایط کم‌فشار حاکم در چاله‌ی لوت بوده و راستای وزش بادهای منطقه تحت بررسی را که در حاشیه لوت قرار گرفته است کنترل کند. بررسی راستای وزش عمومی باد و گل بادهای ایستگاه کرمان و تطبیق آن‌ها با توپوگرافی منطقه و پیرامون نشانگر آن است که جهت وزش بادهای اصلی منطقه تحت تأثیر گسترش فصلی سیکلون حرارتی مسلط بر چاله‌ی لوت در تابستان‌ها است. گسترش این سامانه‌ی کم‌فشار در تابستان موجب می‌شود که بادهای جهت غالب شمالی پیدا نمایند. سپس در طول زمستان به دلیل محدود شدن ابعاد این سیستم ناپایدار، بادهای منطقه کرمان که در مجاورت چاله‌ی لوت قرار دارد راستای غربی پیدا می‌کنند. در این میان کانالیزه شدن باد در امتداد دره‌های کوهستانی و تأثیر توپوگرافی در تغییر جهات محلی بادهای سطح زمین بی‌تأثیر نیست.

واژگان کلیدی:

ریگ کرمان، ماسه بادی، فرسایش بادی، دشت لوت، سیکلون حرارتی.

۱ - مقدمه

فرسایش بادی عموماً از غالب ترین نوع فرسایش در مناطق خشک به شمار می‌رود. حاکمیت شرایط خشک اقلیمی و از طرفی همواری نسبی توپوگرافی در مناطق مرکزی ایران موجب شده است که این مناطق به‌طور گسترده‌ای تحت تأثیر رفت و روب بادی قرار گیرند (رفاهی، ۱۳۸۰: ۶-۴). وجود ریگ‌ها و توده‌های بزرگ ماسه‌ای در این پهنه‌ی حاکی از گستردگی فرسایش بادی در این عرصه می‌باشد. از این‌رو تاکنون مطالعات زیادی در مورد فرسایش بادی و مناطق خشک ایران از سوی محققین ایرانی و خارجی صورت گرفته است. اهداف این مطالعات عمدتاً کاربردی یا بنیادی بوده است. مهم‌ترین تحقیقات در مورد فرسایش بادی توسط بگنولد^۱ (۱۹۴۲: ۱۰) انجام شده است. او در مطالعات آزمایشگاهی خود، سرعت‌های آستانه‌ی را برای به حرکت درآوردن ذرات مختلف ارائه کرده و شاخصی برای ارتباط بین قطر ذرات و سرعت آستانه‌ی برشی سیال و آستانه ضربه‌ای ارائه کرده است. این شاخص بعداً توسط مابوت اصلاح شده است (سامرفیلد^۲، ۱۹۹۱: ۲۳۸). سیلوستر و همکاران^۳ (۲۰۱۰) با بررسی مورفولوژی تپه‌ها در شرق منطقه تاماسیا^۴ تاماسیا^۴ مسیر حمل ماسه و مناطق احتمالی منشاء را شناسایی کردند. آن‌ها دریافتند که تغییرات شدید در رژیم باد منجر به پیچیدگی الگوی تلماسه‌ها می‌شود. اریک و همکاران^۵ (۲۰۰۹: ۴)، نقش بادهای دوجبهته را در شکل‌گیری تلماسه‌ها در صحرای سینا (مصر) مورد بررسی قرار دادند. ایشان به این نتیجه رسیدند که بادهای دوجبهته باعث ایجاد تلماسه‌های سیف می‌شوند.

در ایران نیز محققینی از جمله محمودی در کتاب پراکندگی جغرافیایی ریگزارهای مهم ایران به بررسی ویژگی‌های کلی ریگزارهای بزرگ ایران از جمله ریگ کرمان پرداخته است (محمودی، ۱۳۸۱: ۹۶-۹۵). همچنین یمانی (۱۳۷۹، ۱۱۵-۱۳۲) نیز به بررسی ارتباط قطر ذرات ماسه و فراوانی سرعت‌های آستانه باد در منطقه ریگ کاشان پرداخته و سپس وی در قالب پژوهش دیگری (۱۳۸۱: ۱۳۳) نقش سلول‌های کم‌فشار محلی را در استقرار مجموعه‌های ماسه‌ای در منطقه‌ی ریگ کاشان مورد بررسی قرار داده است و نتیجه گرفته که سیکلون‌های حرارتی تابستانی با نقاط مرکزی ریگ‌های ایران انطباق دارند. این سلول‌های حرارتی نقش عمده‌ای در وزش همگرای بادهای تشکیل توده‌های ماسه‌ای به عهده دارند. همچنین معماریان خلیل‌آباد و همکاران (۱۳۸۴) در منشا یابی رسوبات بادی منطقه رفسنجان با استفاده از روش گام به گام که یکی از مراحل آن بررسی نقش خصوصیات باد در نقل و انتقال ماسه‌ها است، توانستند جهت اصلی برداشت مواد را در جهت بادهای فرساینده تعیین نمایند. قانعی بافقی (۱۳۷۹: ۸۸) در بررسی رابطه‌ی جهت بادهای فرساینده منطقه ارگ جنوب بافق و گرانولومتری دانه‌های ماسه در نقاط مختلف این ارگ توانست جهت بادهای غالب و فرساینده‌ی منطقه را تعیین کند. این جهات با آمار هواشناسی و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای مقایسه گردید و سپس وی قابل اطمینان بودن شاخص‌های گرانولومتری را در تعیین جهت بادهای فرساینده و غالب منطقه اثبات نمود. مقصودی (۱۳۸۵)، در مقاله‌ی شناخت فرایندهای موثر بر توسعه و تحول عوارض ماسه‌ای در چاله سیرجان با بررسی نمونه‌ها و دانه‌سنجی آن‌ها نشان می‌دهد که بالا بودن حجم ذرات کوچکتر از ۲۵۰ میکرون عامل موثری در جهت گسترش فرسایش بادی می‌باشد. همچنین مؤسسه‌ی همزیستی با کویر، وابسته به دانشگاه تهران در گزارش بررسی وضع موجود ریگ کرمان (۱۳۷۵-۱۳۴۵) به بررسی فرسایش بادی و اقدامات صورت

¹ Bagnold

² Summerfield

³ Silvestro et .S. et al, 2010

⁴ Thaumasia

⁵ Eric et al, 2009

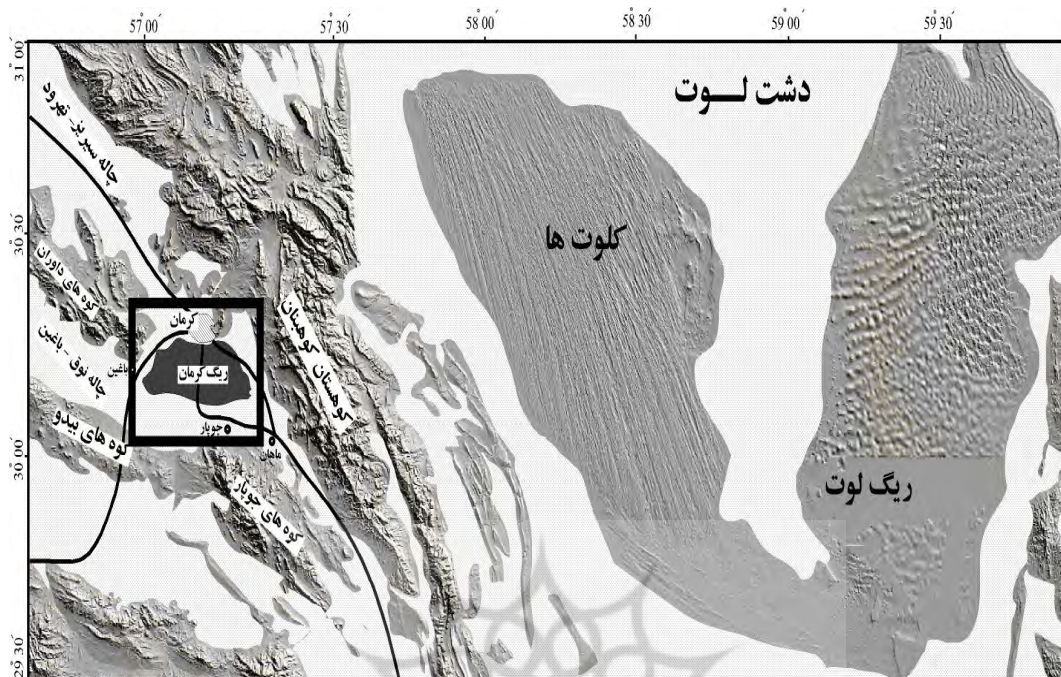
گرفته در منطقه پرداخته است و براساس آن عملیات کنترل ماسه‌های روان طی سال ۱۳۴۵ آغاز شده است. این اقدامات برپایه یک برنامه مدون انجام گرفته و در حال حاضر نه تنها مسأله‌ی جابه‌جایی و خسارات ناشی از حرکت ماسه‌های روان در اطراف شهر کرمان و اغلب روستاهای اطراف کنترل شده است، بلکه زمینه‌ی رشد انواع گونه‌های گیاهی، توسعه‌ی شهر و اراضی زراعی را در محدوده ریگ فراهم ساخته است.

ماسه‌های بادی سطح وسیعی از جنوب و جنوب غربی شهر کرمان را تحت پوشش دارند. در گذشته شهر کرمان همواره در معرض تهدید این ماسه‌های روان بوده و علاوه بر کاهش درجه آسایش ساکنین منطقه، عامل تهدید اراضی زراعی، سکونت‌گاه‌ها و ارتباطات می‌شده است (احمدی، ۱۳۸۳). اهداف این پژوهش، بررسی تأثیر ویژگی‌های باد و قطر ذرات در نقل و انتقال ماسه در محدوده‌ی ریگ کرمان و نیز بررسی راستای وزش فصلی بادها در این منطقه و سرانجام بررسی علل تمرکز این ریگ در جنوب کرمان می‌باشد، بنابر این سعی دارد ارتباط بین متغیرهای تأثیرگذار را جهت شناسایی راستای نقل و انتقال و منشا ماسه‌های بادی را بررسی نموده و علت مکان‌گزینی و تمرکز آن‌ها را در جنوب کرمان باز شناسد. از آن‌جا که شهر کرمان تقریباً در حاشیه لوت قرار گرفته به نظر می‌رسد شرایط اقلیمی و سیستم‌های فشار محلی حاکم بر چاله لوت نقش اساسی را در هدایت بادها و سرانجام جریان ماسه در منطقه کرمان ایفا می‌نمایند. در این مورد امتداد ناهم‌واری‌های پیرامون شهر کرمان از جمله ارتفاعات کوهبنان، جوپار و داوران نیز نقش کانالیزه کردن و هدایت بادهای سطحی را به عهده دارند و این موضوع فرضیه‌ی اصلی این پژوهش را تشکیل داده است. ناگفته نماند که فعالیت‌های انسانی اعم از عملیات تثبیت ماسه، کشاورزی و استقرار صنایع در قسمت‌های مختلف ریگ کرمان به‌ویژه در سال‌های اخیر، باعث تثبیت نسبی ماسه‌ها شده است. با این وجود، بررسی علت مکان‌گزینی خاص این توده‌ی ماسه‌ای از دیدگاه بنیادی و نیز بررسی رابطه‌ی تأثیرگذاری دینامیک باد در جابجایی ذرات و ایجاد مورفولوژی کنونی ماسه‌ها از دیدگاه کاربردی اهمیت پیدا می‌کند.

۲ - محدوده‌ی مورد مطالعه

محدوده‌ی مورد بررسی، ریگ بزرگ کرمان را شامل می‌شود که در جنوب این شهر واقع شده است (شکل‌های ۱ و ۲). وسعت این ریگ حدود ۳۵۴/۹۰ کیلومتر مربع بوده و با عرضی نسبتاً قابل توجه در امتداد شمال غربی به جنوب شرقی یعنی در جهت عمود بر بادهای مسلط کشیده شده است (محمودی، ۱۳۸۱: ۹۵). دشت آبرفتی کرمان با مساحت ۳۲۰۰ کیلومتر مربع با ارتفاع متوسط ۱۹۰۸/۶ متر بالاتر از سطح دریا، عمدتاً از تعدادی بادبزن آبرفتی شکل گرفته است. ساختمان دشت از ساختار کلی منطقه تبعیت می‌کند و راستای آن شمال غربی - جنوب شرقی است. شیب توپوگرافی در دامنه‌ی مخروط‌افکنه‌ها حدود ۱۰ تا ۱۵ در هزار و در بخش‌های مرکزی دشت ۲ در هزار و به‌طور متوسط حدود ۴ در هزار است. اختلاف ارتفاع در ناحیه‌ی ورودی دشت (ماهان) تا بخش خروجی دشت (ناحیه زنگی‌آباد) حدود ۲۲۰ متر است. دشت کرمان عموماً توسط ارتفاعاتی احاطه شده است که عمدتاً از سنگ‌های رسوبی، آهکی، ماسه سنگی و سنگ‌های آذرین تشکیل شده است. میانگین بارش سالانه ناحیه ۱۴۷ میلی‌متر است که از آذر ماه شروع و در فروردین ماه خاتمه می‌یابد. متوسط دمای سالانه منطقه ۱۵/۶ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی آن ۳۵/۷٪ می‌باشد (سازمان هواشناسی، ۱۳۸۳-۱۳۴۹). تغییرات زمانی و مکانی رطوبت نسبی نشان می‌دهد که بیش‌ترین تغییرات در ماه‌های دی و آذر و کم‌ترین آن در ماه‌های خرداد و شهریور روی می‌دهد (سازمان آب منطقه‌ای

کرمان، ۱۳۸۴: ۶۰-۱). بر این اساس با حاکمیت شرایط خشک اقلیمی، همواری سطح زمین، خشک بودن نسبی خاک و فراهم بودن مواد ریز دانه، فرایندهای بادی باعث تشدید فرسایش بادی در جنوب دشت شده‌اند.



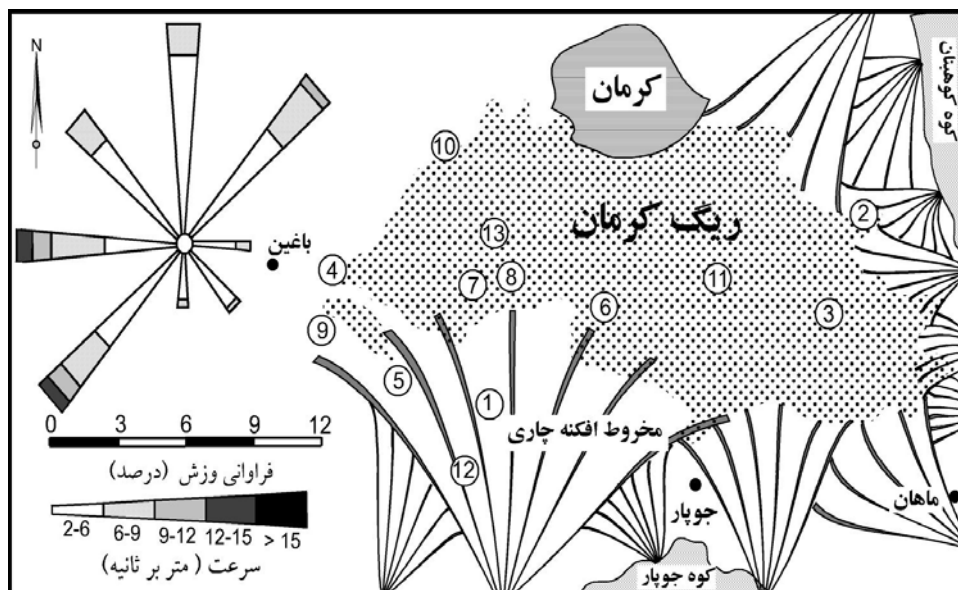
شکل ۱: موقعیت ریگ مورد بررسی در جنوب کرمان و حاشیه دشت لوت

۳- مواد و روش‌ها

از آنجا که هدف این تحقیق بررسی رابطه دینامیک باد و نقل و انتقال ماسه‌ها در محدوده‌ی ریگ کرمان و علل تغییرات فصلی جهات وزش باد است، بنابراین ابتدا با استناد به آمار باد روزانه ایستگاه‌های سینوپتیک پیرامون منطقه‌ی کرمان (۲۰۰۵-۲۰۰۰) که نزدیک ترین ایستگاه سینوپتیک به محدوده‌ی تحت بررسی می‌باشد و با استفاده از نرم افزار WR Plo به رسم گلبادهای سالانه و ماهانه پرداخته شده است. با استناد به مبانی نظری از آنجا که باد جریان هوا از یک سلول پر فشار به سوی یک سلول کم‌فشار تحت تأثیر گرادیان دما بین این دو جریان دارد. بنابر این سعی شده است با توجه به راستای وزش بادهای منطقه و مهم‌تر از آن، توپوگرافی اشکال فرسایش بادی، به‌ویژه در چاله‌ی لوت، موقعیت آن‌ها و چگونگی تأثیرگذاری آن‌ها در هدایت بادهای منطقه شناسایی شود.

در مرحله‌ی بعد با توجه به نیازمندی تحقیق، ۱۳ نمونه‌ی ماسه به‌طور انتخابی از نقاط مختلف منطقه برداشت شده است. این نمونه‌ها به منظور بررسی بافت نمونه‌ها با کنار زدن لایه سطحی برداشت شده‌اند (شکل ۲). برای این منظور نمونه‌ها دانه‌سنجی شده و نمودارها و شاخص‌های مورد نظر از طریق برنامه نرم‌افزاری Gradistat2 رسم شده است. همچنین مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای و جهات باد غالب منطقه از طریق برآزش با گلبادهای ایستگاه سینوپتیک کرمان تطبیق داده شده‌اند. به‌منظور تجزیه و تحلیل ارتباط قطر ذرات ماسه و سرعت‌های آستانه‌ی باد از شاخص قطر ذرات و سرعت‌های آستانه سیال و آستانه‌ی فشار (وایت^۱ ۱۹۹۲: ۳۴۷) استفاده شده است.

¹⁻ I. D. White



شکل ۲: سایت‌های نمونه برداری ماسه در سطح ریگ و گلباد سالانه ایستگاه کرمان

جهت حرکت ماسه‌های روان تابع جهت حرکت باد و حجم نقل و انتقال ماسه‌ها به سرعت و تداوم وزش باد در یک منطقه وابسته است. سرعت باد مهم‌ترین عامل در شروع حرکت مواد در پدیده‌ی فرسایش بادی بوده و قطر ذرات رسوب، عامل مؤثری در تعیین سرعت آستانه فرسایش می‌باشد. از طرفی بین قطر ذرات و میزان جابه جایی آن‌ها رابطه معکوس وجود دارد. بدیهی است هر چه ذرات کوچکتر باشند میزان جا به جایی آن‌ها بیشتر بوده و باد قادر است آن‌ها را تا مسافت‌های دورتری حمل کند. میزان و شکل عملکرد باد به عوامل متعددی وابسته است. در جدول ۱ متغیرهای مؤثر در سیستم فرسایش بادی نشان داده شده است. ویژگی‌های باد وجه مشترک فرایند فرسایش بادی در مناطق خشک می‌باشد و قطر ذرات به عنوان متغیر وابسته محسوب می‌شود. در حالی که دیگر متغیرها از جمله پوشش گیاهی، خاک، رطوبت و مواد ارگانیکی، مستقل یا مداخله گر هستند (یمانی، ۱۳۷۹: ۱۱۶).

جدول ۱: متغیرهای مؤثر در سیستم فرسایش بادی.

قدرت فرسایش دهی باد	فرسایش پذیری	
	متغیرهای وابسته به رسوب	متغیرهای سطح فرسایش پذیر
- سرعت باد - فراوانی باد - تداوم باد - وسعت و بزرگی - جهات وزش - آشفستگی و تلاطم	+ اندازه ذرات + کلوخه بودن، تخلخل و نفوذپذیری - سایش پذیری + قابلیت حمل + مواد ارگانیکی	+ ویژگی‌های پوشش گیاهی (تراکم، جهت، ارتفاع، انعطاف پذیری و سطح پوشش) + بافت خاک و میزان رطوبت + ناهمواری سطحی - طول سطح هموار ± شیب سطحی
کلید متعیرها: (+) اگر کمیت متغیر افزایش یابد، میزان فرسایش کاهش می‌یابد. (-) اگر کمیت متغیر کاهش یابد، میزان فرسایش کاهش می‌یابد.		

ماخذ: یمانی، ۱۳۷۹: ۱۱۶.

از آنجا که در شاخص موجود، سرعت‌های اندازه‌گیری شده برای حداقل قطر ۱۲۵ میکرون، حدود ۵ گره در ساعت است. در رسم گلبادهای برای سرعت‌های زیر ۵ گره، شرایط آرام یا بدون وزش باد در نظر گرفته شده است. در مرحله نهایی استخراج نتایج و تحلیل، بین سرعت‌های آستانه باد و قطر ذرات ماسه تجزیه و تحلیل و ارتباط کمی برقرار شده است. لازم به ذکر است که اقدامات تثبیت ماسه و فعالیت‌های کشاورزی، پهنه‌های متفاوتی را از نظر دینامیک باد در سال‌های اخیر در سطح ریگ ایجاد نموده است. هم‌چنین برای دستیابی به علل تغییرات فصلی جهات وزش بادهای، آمار باد ایستگاه‌های همجوار چاله‌ی لوت بررسی و جهات وزش باد فصلی این ایستگاه‌ها از طریق گلبادهای آن‌ها و موقعیت مرکزی چاله‌ی لوت تطبیق داده شده است. برای اثبات نتایج نیز از تصاویر ماهواره‌ای ترمال و داده‌های ماهواره‌ای لندست بهره‌گیری شده است. از دیدگاه کاربردی نیز پهنه‌ی ریگ کرمان با توجه به همگونی مورفولوژی عمومی و از طرفی نحوه و درجه‌ی فعالیت ماسه‌های بادی به ۴ پهنه‌ی مخروط‌افکنه‌های فعال حاشیه ریگ، زمین‌های زراعی در درون پهنه ماسه‌ای، سطوح تاغ‌کاری شده و ماسه‌های نیمه فعال طبقه‌بندی شده است. برای این منظور پراکندگی نمونه‌های برداشت شده با ۴ پهنه مذکور تطبیق داده شده‌اند. در مراحل بعد، پس از دانه‌سنجی با پراکندگی و ویژگی‌های باد انطباق و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته و منشا و جهات نقل و انتقال آن‌ها تعیین شده است.

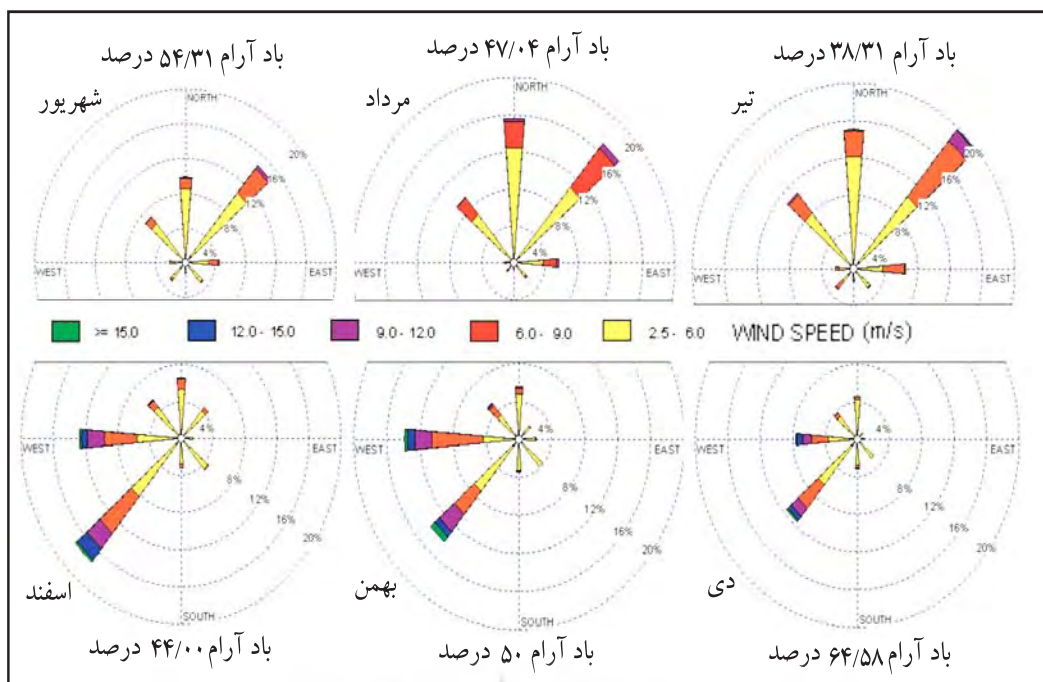
۴ - یافته‌ها و بحث

باد دارای سه ویژگی اصلی یعنی جهت، سرعت و فراوانی است. این سه ویژگی تعیین‌کننده میزان جابه‌جایی و نقل و انتقال ماسه و مواد ریزدانه می‌شود. اگرچه بادهای بسیار قوی دارای تداوم کم می‌باشند اما نقش موثرتری در حمل ماسه‌ها ایفا می‌کنند (لیو و همکاران^۱، ۲۰۰۵). هم‌چنین در مناطق متفاوت ژئومورفیک، فرسایش پذیری مواد تفاوت‌های زیادی را نشان می‌دهد. بنابر این یکسان بودن شرایط وزش باد در یک پهنه نمی‌تواند نشانگر یکسان بودن رفت و روب در تمامی آن منطقه باشد و اغلب تفاوت‌های مکانی خاصی را نشان می‌دهد. این تفاوت‌ها ناشی از تغییرات فاکتورهای غالب فرسایش پذیر چون ویژگی‌های خاک، خشونت سطح، توپوگرافی، پوشش گیاهی، پوسته‌ی خاک و مدیریت زمین می‌باشد (سوسکیا^۲، ۲۰۰۳).

در این پژوهش برای بررسی منشا و جهات نقل و انتقال ماسه و نیز علل تمرکز توده ریگ کرمان ابتدا به وضعیت باد منطقه و تغییرات فصلی جهات وزش باد پرداخته شده و سپس خصوصیات ماسه‌های بادی تجزیه و تحلیل شده است. براساس گل‌بادهای ماهانه (شکل ۳)، در ماه‌های خرداد تا شهریور، باد غالب از شمال شرق تا شمال می‌وزد و بخش اعظم فراوانی‌ها را به خود اختصاص داده است. در ماه مهر وزش باد از جهات مختلف بوده و فراوانی کمتری را نشان می‌دهد. از آبان ماه بادهایی که جهت جنوب غرب تا غربی دارند با فراوانی کم شروع می‌شوند و فراوانی و سرعت آن‌ها به تدریج تا اردیبهشت ماه افزایش می‌یابد. در اردیبهشت بادهایی که از جهات شمال شرق، شمال و شمال غرب می‌وزند دارای فراوانی بالاتری می‌باشند ولی در مقایسه با بادهای غربی و جنوب غربی از سرعت کمتری برخوردارند.

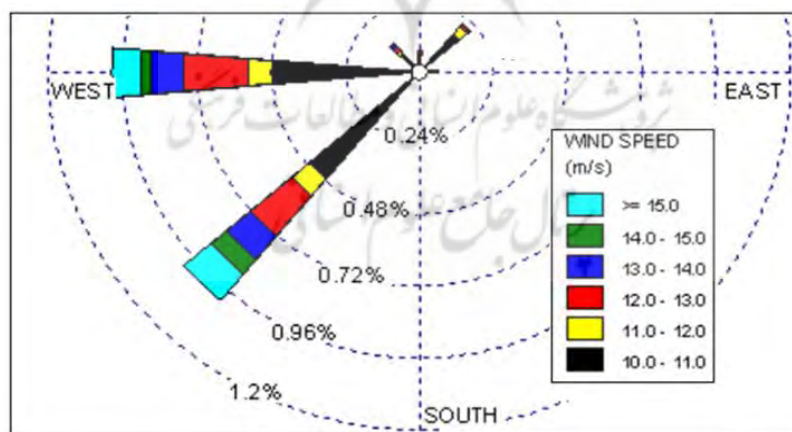
¹⁻ Lio & et al

²⁻ Suskia



شکل ۳: گل‌بادهای ماهانه ایستگاه کرمان (۲۰۰۰ - ۲۰۰۵)

بررسی وضعیت وزش بادهای حداکثر منطقه کرمان (۲۰۰۰-۲۰۰۵) نشان می‌دهد که بادهای بالای ۱۹ گره (۱۰ متر در ثانیه) در منطقه در طی دوره ۵ ساله ۲/۵ درصد فراوانی کل بادهای منطقه را شامل می‌شوند. جهات غالب باد حداکثر در شکل ۴ نشان داده شده است. بادهای حداکثر درجه یک، با جهت جنوب غربی (۰/۹۹۷ درصد) و سپس باد غربی با (۰/۹۹۲ درصد) فراوانی و باد شمال شرق با فراوانی بسیار کم در این ایستگاه می‌وزند.

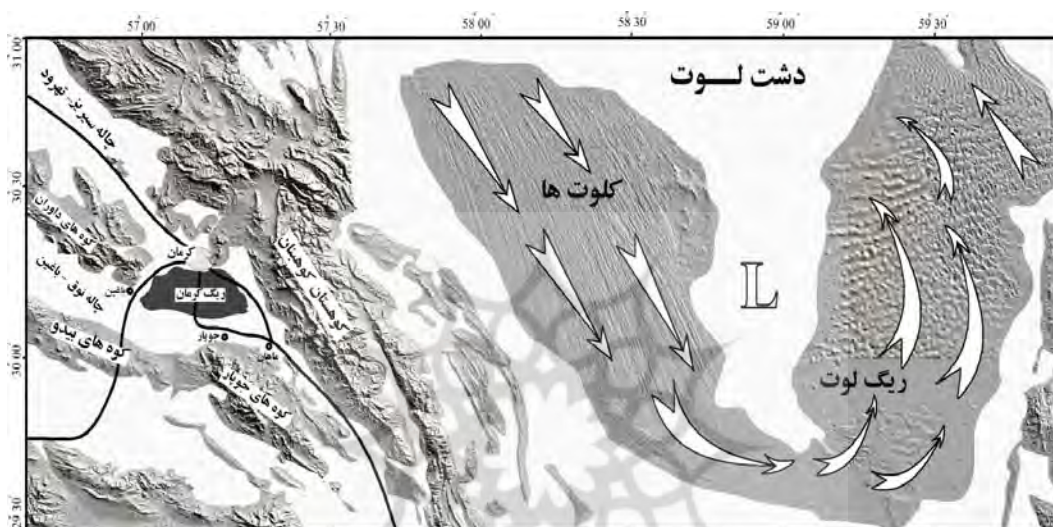


شکل ۴: گل باد سرعت‌های بالای ۱۰ متر بر ثانیه در محدوده کرمان (۲۰۰۰-۲۰۰۵).

بدیهی است بادهای سریع نسبت به بادهای با تداوم بیشتر ولی با سرعت کمتر، نقش بسیار زیادتری در فرسایش به عهده دارند. براساس شاخص‌های آزمایشگاهی، بادهای ۱۹ گره (۱۰ متر بر ثانیه) قادر به حمل ذرات با قطر بیش از ۲ میلی‌متر می‌باشند؛ بنابراین یک باد سریع با تواتر کم می‌تواند حجم بیشتری از ماسه را نسبت به یک باد با سرعت کم‌تر و فراوانی بیش‌تر جابه‌جا کند (یمانی، ۱۳۷۹، ۱۲۱).

۴-۱- تأثیر همجواری چاله‌ی لوت

چاله‌ی لوت در مشرق محدوده تحت بررسی، پست‌ترین بخش داخلی ایران و در عین حال گرم‌ترین نقطه ایران را شامل می‌شود (محمودی، ۱۳۸۲، ۴۲). این شرایط دمایی را تصاویر ماهواره‌ای حرارتی^۱ معادل ۸۲ درجه در سطح ماسه‌های لوت و حدود ۷۲ درجه در ارتفاع حدود ۱ متری سطح زمین در ظهر تابستان نشان می‌دهند (عبدالهی و همکار، ۲۰۰۹). این شرایط دمایی را در هیچ نقطه‌ای از ایران و شاید جهان نمی‌توان یافت. همین شرایط موجب می‌گردد که یک سلول حرارتی تابستانی بسیار قوی در مرکز دشت لوت و منطبق بر حاشیه غربی ریگ لوت تشکیل گردد. توپوگرافی تپه‌های ماسه‌ای ریگ لوت و امتداد شمال غربی- جنوب غربی کلوت‌ها نیز وجود این شرایط حرارتی را ثابت می‌کنند (شکل ۵).



شکل ۵: برازش جهت کلوت‌ها و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای ریگ لوت با جهت وزش بادهای الگوی تسلط سیکلون حرارتی را در این چاله نشان می‌دهد.

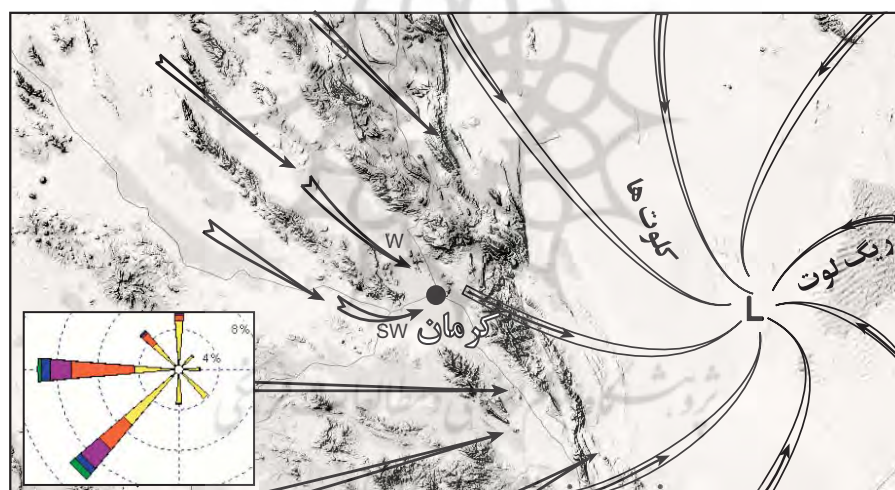
به نظر می‌رسد این مرکز حرارتی در تابستان‌ها منطقه بسیار وسیع‌تری را پوشش می‌دهد و در زمستان‌ها با توجه به تسلط شرایط سرد زمستانی این سلول کوچکتر شده و محدوده‌ی کم وسعت تری را نسبت به دوره‌ی گرم سال در بر می‌گیرد. شکل ۶ موقعیت تابستانی و شکل ۷ موقعیت زمستانی این سامانه را نشان می‌دهد. ابعاد این سامانه حرارتی با استناد به راستای باد غالب ایستگاه‌های مجاور برآورد و ترسیم شده است. نکته قابل توجه این جاست که برازش بادهای محدوده شهر کرمان براساس جریان بادهای دو راستای کلی را در محدوده‌ی کرمان نشان می‌دهند. در طول تابستان و دقیقاً مقارن با وزش بادهای ۱۲۰ روزه در سیستان که جهت شمال شرقی دارند، وزش بادهای شدید تابستانی در محدوده‌ی کلوت‌های لوت با راستای شمال غربی- جنوب شرقی می‌وزند و این دو راستا با بازوهای سامانه کم‌فشار حرارتی مذکور انطباق نشان می‌دهند. از آنجا که دامنه‌ی این سامانه، محدوده‌ی کرمان و ارتفاعات آن را نیز تحت پوشش دارد، بادهای تابستانی این منطقه نیز به موازات بادهای محدوده‌ی کلوت‌های لوت شمالی، شمال شرقی تا شمال غربی است (شکل ۶). ناگفته نماند که توپوگرافی ارتفاعات کوهستانی اطراف کرمان که اکثراً بلندای بیش از ۳۰۰۰ متر دارند نظیر کوه‌های

^۱ Thermal Images

جوپار، کوهبنان و داوران نقش مهمی در آشفته‌گی‌های سطحی و به هم خوردن نظم طراحی شده در الگوی مورد نظر ایفا می‌کنند. به طوری که عدم انطباق کامل جهات اصلی وزش باد با بازوهای ترسیم شده دور از انتظار نیست.



شکل ۶: گسترش مکانی شرایط کم‌فشار حرارتی در لوت



شکل ۷: کاهش گرادیان دما و تغییر جهات وزش باد در پیرامون چاله لوت

از آن‌جا که در دوره سرد سال به ویژه در ماه‌های دی تا اسفند عرصه‌ی تسلط این سامانه حرارتی به محدوده چاله‌ی لوت محدود می‌گردد؛ بنابراین، گرادیان دما بین مرکز و حاشیه لوت، جریان بادها را از اطراف چاله‌ی لوت به سمت نقطه مرکزی لوت و مرکز این سامانه هدایت می‌کند (شکل ۷). جریان بادها در کرمان نیز که در حاشیه این سیکلون قرار گرفته است دارای امتداد غربی و جنوب غربی است. جریان این بادها در سطوح بالاتر از توپوگرافی سطحی باید قوی تر بوده و نظم بیشتری داشته باشند. در حالی که در سطح زمین بی‌نظمی‌های محلی و وجود امتداد مشخص در جهت ناهمواری‌ها و نیز ارتفاعات حاشیه لوت کانالیزه شدن محلی بادها را موجب می‌شود. بدیهی است ایستگاه‌های هواشناسی نیز داده‌های باد سطحی را به‌طور مدام ثبت می‌کنند و همان‌گونه که ذکر گردید ارتفاعاتی نظیر کوه‌های جوپار (۴۰۰۰ متر ارتفاع) در جنوب کرمان

و همچنین رشته کوه داوران (ارتفاع متوسط ۲۵۰۰ متر) با راستای شمال غربی جنوب شرقی (شکل ۵) موجب کانالیزه شدن این بادها شده و روند شرقی غربی این بادها را تبدیل به یک راستای شمال غربی - جنوب شرقی کرده و به تدریج راستای آن‌ها را به امتداد غربی و جنوب غربی منحرف می‌کند. در مجموع اگر دو راستای وزش بادهای اصلی منطقه کرمان را مورد بررسی قرار داده و با توپوگرافی منطقه تطبیق دهیم، بادهایی که از نیمه شمالی می‌وزند به دلیل وجود ارتفاعات شمالی شهر کرمان و کوهستانی بودن این بخش، از طول بادگیر کافی برای برداشت ماسه برخوردار نبوده و بنا بر این در طول دوره‌ی گرم سال با وجود بادهای بالای آستانه حمل، عملاً نقل و انتقال ماسه از شمال به جنوب صورت نمی‌گیرد. لیکن در طول دوره‌ی زمستان با شدت گرفتن وزش بادهای نیمه غربی با طول بادگیر وسیع و بر روی دشت‌ها و مخروط‌افکنه‌های آبرفتی این بخش، تقریباً تمامی ماسه‌های بادی از این عوارض منشا گرفته و به جنوب کرمان منتقل می‌گردند.

۴-۲- بررسی تطبیقی جهات باد و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای منطقه

اشکال ماسه‌ای عمدتاً به مقدار ماسه در دسترس و تغییرات جهات باد در طول سال وابسته‌اند (Hermann, 2000). همچنین لنکستر (Lancaster, 1994) مشخصات رسوب و رژیم باد را از جمله عوامل موثر بر مورفولوژی ماسه‌ها می‌داند. آنچه اهمیت دارد، جهت کشیدگی کلی محدوده‌ی ماسه‌ای منطقه‌ی کرمان از شمال غرب به جنوب شرق می‌باشد و در جهت عمود به باد غالب جنوب غربی و غربی منطقه منطبق شکل گرفته است. لندفرم‌های ماسه‌ای موجود در محدوده‌ی ریگ، عمدتاً تپه‌هایی با جهت کشیدگی جنوب غربی، شمال شرقی و در قسمت غرب منطقه و در شرق منطقه تپه‌های سیف و توالی برخان‌های نامتقارن است. بازوی نامتقارن آن‌ها به سمت شرق و جنوب شرق کشیده شده است. این موضوع به خوبی می‌تواند تأثیر وزش بادهای غالب جنوب غربی و غربی را تأیید نماید. نیم‌رخ عرضی تمام تپه‌های ماسه‌ای سمت غرب ریگ نیز با طول موج بزرگ و تراکم بالا نیز این موضوع را شاهد هستند.

۴-۳- قطر ذرات ماسه و منشاء آن‌ها

با توجه به این که اگر اندازه ذرات ماسه‌های بادی در نقاط مختلف یک تلماسه و نیز در انواع تلماسه‌ها اندازه‌گیری و مقایسه شوند تا حدی با یکدیگر اختلاف نشان می‌دهند. این اختلاف نتیجه‌ی اختلاف نیروی باد در این مکان‌ها است (کوک^۱ و همکاران، ۱۹۹۳). بنا بر این به منظور تجزیه و تحلیل بافت ذرات ماسه از چهار محدوده در پیرامون ریگ کرمان نمونه‌برداری شده است. هدف از این نمونه‌برداری، یافتن ارتباط بین قطر ذرات ماسه و نیروی باد است. زیرا براساس مبانی نظری و شاخص‌های آزمایشگاهی، هر قدر نیروی باد بیشتر باشد، می‌تواند ذرات درشت‌تری را حمل نماید. این چهار محدوده شامل سطوح مخروط افکنه‌های فعال، زمین‌های مزروعی، مناطق تاغ کاری شده و ماسه‌های نیمه فعال حاشیه‌ای بوده‌اند. (به ترتیب شامل نمونه‌های {۱-۵-۹-۶-۷}، {۴-۱۱}، {۱۰-۱۳-۸} و {۲-۳-۱۲}). جدول^۲ میانگین قطر ذرات این چهار محدوده و میانگین قطر ذرات نمونه‌های برداشت شده را نشان می‌دهد. قطر اکثر ذرات در تمامی نمونه‌ها بین ۱۲۵ تا ۵۰۰ میکرون است. این مسئله می‌تواند تا حدی نشانگر کوتاه بودن مسیر حمل و نقل ماسه باشد و برازش نسبتاً خوبی را با باد غالب منطقه نشان می‌دهد. به طوری که باد غالب غربی منطقه در طول دوره ۵

^۱: Cook

ساله ۱۷۴ بار با سرعت ۱۹ تا ۳۹ گره و در جهت جنوب غرب ۱۷۵ بار با سرعت ۱۹ تا ۳۷ گره ثبت شده است. شاخص‌های مورفومتری نیز که برای ذرات ماسه در نمونه‌های برداشت شده به دست آمده است در جدول ۳ آورده شده است.

جدول ۲: دامنه قطر ذرات ماسه در نمونه‌های برداشت شده (برحسب درصد).

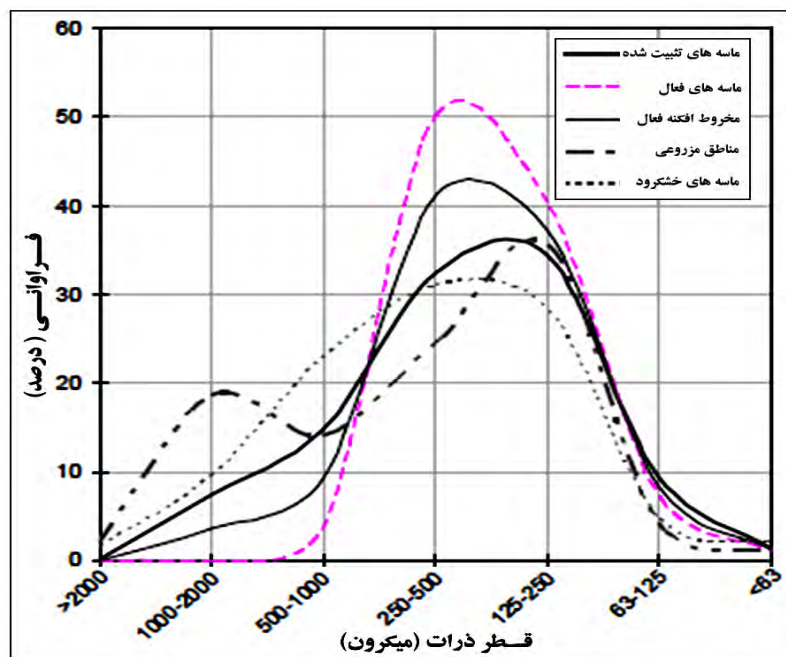
میانگین	مناطق مزروعی	مخروط‌افکنه فعال	ماسه‌های نیمه فعال	ماسه‌های تثبیت شده	قطر ذرات به میکرون
۰/۵۶۵	۲/۰۵	۰/۰۷	۰	۰/۱۴	> ۲۰۰۰
۷/۵۱۶۳	۱۸/۶۵	۳/۸۰۵	۰/۱۳	۷/۴۸	۱۰۰۰-۲۰۰۰
۶۵۸۷/۹	۰۵/۱۴	۱۹۵/۸	۵۳/۱	۸۶/۱۴	۵۰۰-۱۰۰۰
۰۴۶۲/۳۷	۴۵/۲۴	۲۴۵/۴۱	۱۵/۵۰	۳۶/۳۲	۲۵۰-۵۰۰
۷۸۵/۳۶	۶/۳۵	۱۸/۳۷	۴۰	۳۴/۳۴	۱۲۵-۲۵۰
۲۵۶۲/۷	۲/۴	۲۷۵/۸	۱۳/۷	۴۲/۹	۶۳-۱۲۵
۱۷۲۵/۱	۱	۲۳/۱	۰۶/۱	۴/۱	< ۶۳

جدول ۳: شاخص‌های مورفومتری نمونه‌های برداشت شده

شاخص‌ها	قطر میانگین (میکرون)	جورشدگی	چولگی
ماسه‌های تثبیت شده	۲۶۹/۴	۷۱/۱	۰-۰/۱۹
ماسه‌های نیمه فعال	۲۴۶/۹	۰/۷۴۰	۰/۱۷۶
مخروط‌افکنه فعال	۲۵۹/۴	۰/۹۴۸	-۰/۰۰۱
مناطق مزروعی	۲۹۰/۶	۱/۳۲۶	-۰/۲۷۰
همه نمونه‌ها	۲۸۱/۶	۰۸۱/۱	-۰/۱۲۱

۴-۴- مناطق منشا ماسه‌ها

از سال ۱۳۴۵ فعالیت‌های تثبیت ماسه در محدوده‌ی ماسه‌های جنوب شهر کرمان آغاز شده است (احمدی، جعفریان جلودار، ۱۳۸۳: ۲۰۷). تاغ کاری و فعالیت‌های کشاورزی صورت گرفته موجب تغییر روند عادی فرسایش بادی در این منطقه شده است. به گونه‌ای که منحنی‌های زنگی و فراوانی تجمعی (شکل‌های ۸ و ۹) نمونه‌های برداشت شده از محدوده‌های چهارگانه در مقایسه با یکدیگر، تفاوت‌های قابل توجهی را نشان می‌دهند. تحلیل نمودارها، فراوانی تجمعی و شاخص‌های مورفومتری تفاوت بافت ذرات را در این نقاط نشان می‌دهد.



شکل ۸: منحنی‌های توزیع نرمال ماسه‌های نمونه‌برداری شده

الف) مخروط‌افکنه‌های فعال

چنان‌چه داده‌های جدول شماره ۲ مورد مقایسه قرار گیرد، مشخص می‌شود که بیشترین فراوانی متعلق به ذرات با قطر ۱۲۵-۵۰۰ میکرون و با فراوانی ۷۴/۰۶ درصد است و ذرات بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرون نیز ۱۷/۹۶ درصد فراوانی دارند. منحنی توزیع نرمال ماسه‌ها، توزیع نسبتاً متقارن و جورشدگی متوسط آن‌ها را نشان می‌دهد. میانگین قطر ذرات ۲۵۹/۴ میکرون و نشان‌دهنده ماسه متوسط است. بنابراین چنان‌چه راستای بادهای غالب با سرعت‌های آستانه بالا را در محدوده‌ی تحت بررسی با موقعیت مخروط‌افکنه چاری که در قسمت جنوب غرب تا غرب محدوده ریگ کرمان واقع شده است تطبیق دهیم، اجمالاً می‌توان نتیجه گرفت که مواد ریز دانه‌ای که در بخش قاعده مخروط افکنه انباشته شده‌اند می‌توانند منشاء اصلی ماسه‌های ریگ کرمان به حساب آیند. مورفوسکوپی ذرات ماسه نیز این موضوع را تا حدی تأیید می‌کند. زیرا مورفومتری دانه‌های درشت‌تر عمدتاً به حالت نیمکره و نسبتاً زاویه دار نزدیک است و این نشان دهنده‌ی نزدیک بودن منشاء آن‌ها است.

ب) زمین‌های زراعی

نمودار زنگی ذرات موجود در زمین‌های زراعی حالت بایمدال^۱ را نشان می‌دهد که نشان از دو نوع رسوب متفاوت می‌باشد. طبق مطالعات (فرای برگر^۲، ۱۹۷۹) رسوبات پهنه‌های ماسه‌ای بایمدال می‌باشند که بیند^۳ (۱۹۷۳) آن را نتیجه حمل انتخابی ذرات ماسه، متوسط و ریز، توسط باد و بر جای ماندن رسوبات درشت می‌داند. طبق طبقه‌بندی اندازه ذرات (حرمی، ۱۳۸۰: ۵۲) از آن‌جا که ذرات ۱۲۵ میکرون ریز، ۲۵۰ میکرون

^۱- Bimodal

^۲- Fryberger

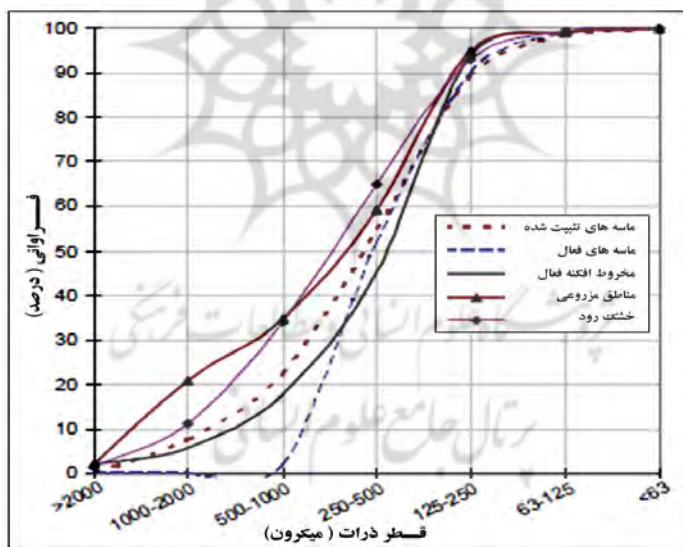
^۳- Binda

متوسط و ۵۰۰ و بالاتر درشت و بسیار درشت طبق بندی می‌شوند؛ بنابر این بیشترین فراوانی ذرات در محدوده‌ی زمین‌های زراعی دارای قطر ۵۰۰-۱۲۵ میکرون با ۶۰/۰۵ درصد و گروه دوم ذرات بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرون با ۳۴/۷۵ درصد فراوانی می‌باشند. افزایش ذرات درشت نسبت به بقیه نمونه‌ها را می‌توان به باد بردگی ذرات ریزتر و باقی ماندن ذرات درشت مربوط دانست که علت آن هم عمدتاً وجود موانع گیاهی در سطح زمین و بالاتر بودن رطوبت نسبی است.

چولگی منحنی زنگی منفی بوده و میل به درشت دانه بودن ذرات را نشان می‌دهد، میانگین قطر ذرات ۲۹۰/۶ میکرون بوده و مؤید آن است که ضریب جورشدگی فولک این رسوبات، ۱/۳۲۶ می‌باشد و جورشدگی نامناسب را نشان می‌دهد.

ج) محدوده تاغ کاری شده

در مناطق تاغ کاری شده میانگین قطر ذرات ۲۹۶/۴ می‌باشد و نشان دهنده ماسه متوسط است. هم‌چنین منحنی زنگی با ضریب ۱۷۱/۱ جورشدگی بد ذرات و با چولگی منفی (۰/۱۱۹-) میل به دانه درشت بودن ذرات را نشان می‌دهد. افزایش ذرات بالای قطر ۵۰۰ میکرون تا ۲۵/۴۸ درصد و ذرات کوچک‌تر از ۱۲۵ میکرون تا ۹/۷۵ درصد نسبت به بقیه نمونه‌ها مربوط به پوشش گیاهی (تاغ کاری) است که از یک طرف با افزایش رطوبت خاک باعث افزایش چسبندگی بین ذرات ریز و تراکم آن‌ها و از طرف دیگر با کاهش نیروی باد باعث توقف نسبی ذرات درشت تر می‌شود.



شکل ۹: منحنی‌های فراوانی تجمعی ماسه‌های نمونه برداری شده شاخص

د) ماسه‌های نیمه فعال

در این محدوده، ذرات بین ۵۰۰ تا ۱۲۵ میکرون ۹۰/۱۳ درصد کل ذرات را به خود اختصاص می‌دهند. افزایش فراوانی ذرات ۲۵۰-۱۲۵ میکرون تا ۵۰ درصد نشان‌دهنده‌ی نزدیکی نقاط برداشت است. در این نمونه‌ها ذرات بالای ۵۰۰ میکرون تنها ۱/۶۶ درصد از کل فراوانی را تشکیل می‌دهند که با بادهای حداکثر

منطقه برازش خوبی را نشان می‌دهند. قطر میانگین ذرات ۲۹۶/۴ میکرون است و نشان‌دهنده‌ی ماسه متوسط است. جورشدگی میانه و چولگی مثبت منحنی زنگی نشان‌دهنده تمایل به ریزدانه بودن رسوبات دارد. از آن‌جا که براساس شاخص آزمایشگاهی، حداقل سرعت مورد نیاز برای حمل و انتقال ماسه‌های بسیار ریز دانه و سیلت، سرعت‌های ۵ گره و بیشتر لازم است، بنابر این برای ترسیم گلبادها، سرعت‌های ۵ گره و بالاتر مورد محاسبه قرار گرفته و سرعت‌های زیر ۵ گره به عنوان شرایط آرام در نظر گرفته شده‌اند؛ زیرا سرعت‌های زیر ۵ گره نقش چندانی در انتقال ماسه‌های بادی ندارند.

۵ - نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از تجزیه و تحلیل آماری جهات فصلی باد نشان می‌دهد که در محدوده‌ی کرمان بادهای غالب عمدتاً از دو نیمه‌ی شمالی و غربی می‌وزند. تغییر راستای وزش فصلی این بادهای می‌تواند نتیجه گسترش دامنه‌ی سامانه کم‌فشار حرارتی مسلط در چاله‌ی لوت بوده و راستای وزش بادهای منطقه تحت بررسی را که در حاشیه لوت قرار گرفته است کنترل کند. بررسی راستای وزش عمومی بادهای از طریق گل بادهای ایستگاه کرمان و تطبیق آن‌ها با توپوگرافی منطقه و پیرامون نشانگر آن است که جهت وزش بادهای اصلی منطقه تحت تأثیر گسترش فصلی این سامانه در تابستان‌ها از سرعت‌های بالاتری برخوردار است. از آن‌جا که چاله‌ی لوت پست‌ترین و خشک‌ترین نقطه داخلی ایران می‌باشد؛ بنابراین بالاترین شرایط دمای تابستانی ایران را نیز به خود اختصاص داده است. این شرایط اقلیمی محلی در تابستان‌ها گسترش یافته و منطقه کرمان را که در حاشیه‌ی آن قرار گرفته است تحت‌الشعاع قرار می‌دهد. همین شرایط موجب وسعت یافتن این سامانه کم‌فشار در تابستان شده و منطقه کرمان را نیز تحت پوشش قرار می‌دهد، به طوری که بادهای غالب در این فصل از نیمه شمالی می‌وزند. در مقابل در دوره‌ی سرد سال از وسعت این سامانه کاسته شده و در بخش مرکزی لوت متمرکز می‌شود. تحت تأثیر این شرایط، بادهای در منطقه‌ی کرمان که در مجاورت چاله لوت قرار دارد راستای غربی پیدا می‌کنند. در این میان کانالیزه شدن باد در امتداد دره‌های کوهستانی و تأثیر توپوگرافی در تغییر جهات محلی بادهای سطح زمین بی‌تأثیر نیست. زیرا امتداد رشته کوه‌های اطراف توده ماسه‌ای ریگ کرمان، غالباً شمال غربی - جنوب شرقی بوده و بلندای آن‌ها نیز عموماً بالای ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر است (رشته کوه‌های جوپار، داوران، کوهبنان و بیدو). شاید سرعت‌های کمتر بادهای شمالی در فصل تابستان نتیجه وجود این موانع کوهستانی است. زیرا به نظر می‌رسد با توجه به گرادپان دمای بیشتر در این فصل، بادهای شمالی باید از سرعت‌های آستانه بالاتری برخوردار باشند.

تجزیه و تحلیل دانه‌بندی ماسه‌های به منظور بررسی منشا و راستای نقل و انتقال آن‌ها در راستای وزش بادهای مورد بحث و مکان‌گزینی توده ریگ کرمان نیز نشان می‌دهد که پهنه‌های چهارگانه شامل، سطوح مخروط‌افکنه‌ای، زمین‌های زراعی، مناطق تاغ کاری شده و ماسه‌های نیمه فعال از شرایط محیطی متفاوتی برخوردارند. این شرایط در ویژگی‌های رسوب‌شناسی آن‌ها تأثیرگذار بوده است. مقایسه‌ی داده‌های رسوبی و با شاخص آزمایشگاهی ارتباط آستانه باد و قطر ذرات و نیز مورفومتری تپه‌های ماسه‌ای نتایج زیر را به دست داده است.

(۱) بایمدال بودن منحنی رسوبات مناطق زراعی تحت تأثیر فعالیت‌های کشاورزی بر فرسایش انتخابی باد در این اراضی می‌باشد به گونه‌ای که ذرات متوسط از فراوانی کمتری برخوردار است.

(۲) ذرات ماسه در مناطق تثبیت شده و مناطق مزروعی میل به درشت دانه بودن دارند. در حالی که در مخروط افکنه فعال چاری، منحنی زنگی ذرات، نسبتاً متقارن بوده و در ماسه‌های نیمه فعال میل به ریز

دانه بودن دارند. هم‌چنین قطر میانگین ذرات در مخروط افکنه‌ها ۲۵۹/۴ میکرون است. که به قطر میانگین ماسه‌های نیمه فعال (۲۴۶/۹ میکرون) نزدیک است. این مطلب حاکی از منشاء بودن سطوح مخروط افکنه‌های بخش غربی است. از طرفی باد غالب غربی و جنوب غربی طی دوره‌ی آماری، باد غالب بوده و ماسه‌ها را به سوی شرق و شمال شرق ریگ منتقل می‌نمایند.

۳) از نظر جورشدگی بافت ذرات نمونه‌های مخروط افکنه و ماسه‌های نیمه فعال دارای جورشدگی میانه می‌باشد، در حالی که ماسه‌های تثبیت شده و مناطق مزروعی دارای جورشدگی بد هستند، بنابراین مخروط افکنه‌ها و ماسه‌های نیمه فعال، سطوح نسبتاً یکنواخت‌تری را در برابر فرسایش بادی فراهم می‌کنند. هم‌چنین، افزایش نسبی فراوانی ذرات بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرون و کوچک‌تر از ۱۲۵ میکرون در ماسه‌های تثبیت شده در مقایسه با ماسه‌های نیمه فعال و مخروط افکنه‌ها تحت تأثیر پوشش گیاهی می‌باشد. زیرا این پوشش موجب کاهش سرعت باد و توقف نسبی ذرات درشت‌تر می‌شود.

۴) ماسه‌های نیمه فعال دارای جورشدگی میانه می‌باشند که با باد منطقه برآزش خوبی را نشان می‌دهند. در این سطوح ذرات ۱۲۵ تا ۵۰۰ میکرون بیش از ۹۰ درصد فراوانی دارند. منحنی زنگی ذرات دارای کج‌شدگی مثبت است و نشان‌دهنده‌ی حرکت ذرات دانه ریز توسط باد و بر جای ماندن ذرات دانه درشتی است که باد قادر به حمل آن‌ها نبوده است. هم‌چنین بررسی تطبیقی جهات باد و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای منطقه نشان از تطابق جهات باد غالب با جهات کشیدگی تپه‌ها دارد. در سمت غرب منطقه، باد غالب جنوب غربی باعث کشیدگی تپه‌ها به سمت شمال شرق و در سمت شرقی منطقه بادهای شمالی که در فصل گرم تسلط دارند باعث نامتقارن شدن لند فرم‌های ماسه‌ای می‌شوند.

۶- فهرست منابع

- (۱) احمدی، حسن، جعفریان جلودار، زینب (۱۳۸۳)، تأثیر عملیات بیابان‌زدایی در وضعیت اجتماعی و اقتصادی شهر کرمان، نشریه بیابان، شماره ۲، ص ۲۲۵-۲۰۷.
- (۲) چورلی، ریچارد، ترجمه‌ی احمد معتمد (۱۳۷۹)، ژئومورفولوژی، جلد سوم، انتشارات سمت، تهران:
- (۳) رفاهی، حسینقلی (۱۳۸۰)، فرسایش بادی و کنترل آن، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران:
- (۴) سازمان آب منطقه‌ای کرمان (۱۳۸۴)، گزارش هواشناسی محدوده کرمان-باغین.
- (۵) سازمان هواشناسی کشور، آمار باد روزانه ایستگاه سینوپتیک کرمان، سال‌های ۱۳۸۳-۱۳۴۹.
- (۶) سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۷۴)، نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ برگ‌های کرمان و رفسنجان.
- (۷) صلاحی، برومند، (۱۳۸۶)، معرفی نرم افزار رسم گلباد (*WR plot 3.50*) به زبان ساده، سپهر، شماره ۵۵، صص ۲۵-۲۲.
- (۸) قانع بافقی، محمدجواد (۱۳۷۹)، منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای جنوب بافق و بررسی شیوه‌های کنترل آن، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- (۹) محمودی، فرج‌الله (۱۳۸۱)، پراکندگی جغرافیایی ریگزارهای مهم ایران، چاپ اول، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران:
- (۱۰) معاریان خلیل‌آباد، هادی (۱۳۸۳)، منشأیابی رخساره‌های فرسایش بادی و روش‌های کنترل آن (مطالعه موردی: منطقه رفسنجان)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، گروه احیای مناطق خشک و کوهستانی، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران.
- (۱۱) مقصودی، مهران (۱۳۸۵)، شناخت فرایندهای موثر بر توسعه و تحول عوارض ماسه‌ای (مطالعه موردی عوارض ماسه‌ای چاله جازموریان)، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۵۶، صص ۱۶۰-۱۴۹.
- (۱۲) موسوی حرمی، رضا (۱۳۸۰)، رسوب‌شناسی، چاپ هفتم، مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد.
- (۱۳) یمانی، مجتبی (۱۳۷۹)، ارتباط قطر ذرات ماسه و فراوانی سرعت‌های آستانه باد در منطقه بند ریگ کاشان، پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۳۸، صص ۱۳۲-۱۱۵.
- (۱۴) یمانی، مجتبی (۱۳۸۱)، نقش سلول‌های کم‌فشار محلی در استقرار مجموعه‌های ماسه‌ای ایران (بند ریگ کاشان)، مجله علوم انسانی مدرس، دوره ۶، شماره ۴.
- (15) *Abdolahi, Ata, & Yamani, Mojtaba (2009), Observation (Geomorphology) of the largest mega sand of central Iran Desert, Lut, Using Remote sensing data, Geophysical Research, EGU General Assembly, Vol. 11, EGU2009-4174-1.*
- (16) *Bagnold, R. A. (1941), the Physics of Blown Sand and Desert Dunes, London: Methuen, pp. 265.*
- (17) *Binda, P. L. and P, R, Hildred (1973), Bimodal grain-size distributions of some Kalahari type sand from Zambia, sedimentary Geology, 10 PP. 233-237.*
- (18) *Cook, R. U., & A. Warren and A. Goudie, (1993), Desert geomorphology, UCL press, London, PP. 526.*
- (19) *Christopherson W. R. (1997), Geosystems an Introduction to Physical Geography, Prentice Hall, Third Edition, pp 459.*
- (20) *Eric J. R., Orencio Duránb P., Tsoarc H., Schwämmled V., and. Herrmanna H. J. (2009), Dune formation under bimodal winds, vol. 106 NO. 52.*

- (21) Fryberger, S. G., Ahlbrandt T. S. and Ndrews, S. A. (1979), **Origin sedimentary feather and significance of low-angle eolian "sand sheet" deposits, Great sand dunes National Moments and Vicinity, Colorado, Journal of sedimentary petrology**, 49 PP.733-746.
- (22) Hermann, H.J. & Savermann, G. (2000), **The shape of dune**, University of Stuttgart, Elsevier science, PP.24-30.
- (23) Kocurek, G. and Nilson, J. (1986), **Conditions favorable for the formation of warm-climate Aeolian sand sheets**, *Sedimentology*, 33, PP. 795-816.
- (24) Lancaster, N. (1994), **Dune morphology and dynamics in Geomorphology of desert environment**, Ed. By: A. D. A., Brahams and A. J. Parsons, Chapman and Hall, London, PP.474-505.
- (25) Liu, L. Y., Skidmore, E., Hasi, E., Wagner, L., Tatarko, J. (2005), **Dune sand transport as influenced by wind directions, speed and frequencies in the Ordoss Plateau, China**, *Geomorphology*, 67, PP 283-297.
- (26) Zebeck, T. M., Parker, N. M., Haskell, S. and Guoding, K. (2000), **Scaling up from field to region for wind erosion prediction using a field-scale wind erosion model and GIS**, *Agriculture, Ecosystems Environment*, 82, PP 247-259.
- (27) Michael, A. S. (1991), **Global Geomorphology**, Department of Geology, University of Edinburgh. p 537.
- (28) Silvestro, S., Achill Di, G., Ori, G. G. (2010), **Dune morphology, sand transport pathways and possible source areas in east Thaumasia Region (Mars)**, *Geomorphology*, 121, PP. 84-97.
- (29) Stout, E. John, (2007), **Simoltantaneous observation of the critical Aeolian threshold of two surface**
- (30) *es*, *Geomorphology*, 85, PP 3-16.
- (31) Suskia, M., Sterk, V. G., Judith, J. Snepuangeres, J. C. (2004) **Spatial variation in windblown sediment transport in geomorphic units in northern Burkinafaso using geo statistical mapping**, *Geoderma*, 120, PP 95-107.
- (32) White, I. D. & et al (1992), **Environmental Systems; An Introductory text**, Chapman & Hall, PP 347-356.