

## بررسی شکل و دانه‌سنجی ذرات ماسه در مناطق داخلی و ساحلی ایران (مطالعه موردی: ریگ مرنجاب - ساحل جاسک)

علی شهريار<sup>۱</sup>، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه یزد، ایران  
قاسم لرستانی، استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه مازندران، ایران  
مهران مقصودی، دانشیار گروه جغرافیا، دانشگاه تهران، ایران

### چکیده

ماسه در مطالعه فرسایش آبی و بادی، جایگاه انکارناپذیری دارد و بررسی کیفی و کمی آن در شناخت فرآیندهای غالب فرسایشی و کنترل آن نقش بسزایی دارد. در این تحقیق به بررسی کمی و کیفی ذرات ماسه به روش مقایسه تحلیلی بین دو منطقه ساحلی و مناطق داخلی پرداخته شده است. جهت دستیابی به این هدف، دو محدوده مطالعاتی در جاسک و جنوب غرب ریگ مرنجاب، برگزیده و پژوهش در آن‌ها آغاز شد.

در این پژوهش، نخست از تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی و اطلاعات کتابخانه‌ای برای شناسایی و درک فضایی مناطق مورد نظر و آمار روزانه باد در ایستگاه‌های جاسک و کاشان جهت بررسی سرعت و جهت باد غالب و تعیین ارتباط قطر ذرات ماسه با سرعت‌های آستانه به ترتیب برای مناطق جاسک و مرنجاب، استفاده شد. سپس با بازدید میدانی و نمونه‌برداری از ماسه‌های واقع در مناطق ساحلی و مناطق داخلی ایران، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شده و با استفاده از تکنیک‌های دانه‌سنجی و شکل‌سنجی، نمونه ماسه‌های منتخب در دو منطقه مطالعاتی، مورد ارزیابی و تحلیل قرار گرفت.

نتایج نشان داد که علیرغم تشابه فراوان در گرانولومتری دانه‌ها، تفاوت‌های ساختاری زیادی در مورفوسکوپی دانه‌های مناطق داخلی و ساحلی وجود دارد؛ به طوری که مطالعات شکل‌سنجی نشان دهنده آن بود که ذرات ماسه در نمونه‌های ساحلی جاسک، از شفافیت و درخشندگی بالاتری نسبت به نمونه‌های منتخب از منطقه مرنجاب برخوردار است. از طرفی در نمونه ذرات ماسه‌های مرنجاب سوراخ‌های بیشتری دیده می‌شود که این سوراخ‌ها در اثر برخورد ذرات ریز ماسه - که این برخوردها نیز عمدتاً ناشی از باد است - به وجود آمده‌اند.

**کلمات کلیدی:** گرانولومتری، مورفوسکوپی، جاسک، ریگ مرنجاب.

## مقدمه

امروزه، پدیده فرسایش اعم از آبی و بادی به عنوان یکی از اصلی‌ترین فرآیندهای تخریب اراضی در مناطق مختلف دنیا از جمله ایران به شمار می‌آید (احمدی، ۱۳۸۵). پژوهش‌ها و تحقیقات بی‌شماری در زمینه مطالعه ذرات ماسه در مناطق کویری و ساحلی جهان صورت گرفته است که در این پژوهش‌ها، تحلیل‌های دانه‌سنجی<sup>۱</sup> و شکل‌سنجی<sup>۲</sup>، ابزارهای متداول در تعیین منشأ و شناخت ماسه‌های بادی و ساحلی محسوب می‌شوند. در این ارتباط پارامترهایی همچون اندازه ذرات ماسه و تحلیل‌های آماری آن‌ها از جمله میانگین، انحراف معیار، کشیدگی، چولگی محاسبه و مورد استفاده واقع می‌شود (گانگ<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۴). بعد از تحقیقات انجام شده در ارتباط با پارامترهای مربوط به اندازه ذرات در دهه ۱۹۳۰ تا ۱۹۵۰ توسط تراسک (۱۹۳۲)، کرمبین و پتی جن (۱۹۳۸)، اینمان (۱۹۵۲)، کرومبین (۱۹۵۲)، فولک و وارد (۱۹۵۷) بعدها تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفت که بیشتر این تحقیقات به درک ویژگی‌های ذرات ماسه، مثل درشت و ریز بودن ماسه‌ها تأکید شده است (فولک، ۱۹۷۱).

در اکثر تحقیقات و منابع قدیمی که در مناطق بیابانی و کویری انجام شده، بیشتر به بررسی الگوهای انتقال رسوبات بادی و رفتار دینامیکی رسوبات پرداخته شده است اما از اوایل دهه ۱۹۸۰ این‌گونه مطالعات بیشتر بر روی پارامترهای مشخصی از قبیل میانگین قطر ذرات، جورشدگی و کشیدگی دانه‌های ماسه متمرکز گردید. در مطالعات جدید، مک لارن (۱۹۸۱) اولین مدل را در ارتباط با انتقال رسوب ارائه داد که بیشتر بر اساس مطالعه و ترکیب پارامترهای آماری استوار بود. زادی و همکاران (۲۰۰۸) نیز با استفاده از روش‌های گرانولومتری و میکرومورفولوژی به مطالعه ماسه‌ها در دشت یامین، واقع در قسمت شرقی بیابان نقب، پرداختند. آن‌ها برای این منظور از پارامترهای

---

1 - Granulometrie

2 - Morphoscopy

3 -Guang

مختلفی از قبیل شکل و اندازه ذرات و همچنین مقدار کشیدگی ذرات ماسه استفاده نمودند. دانشمندان مختلفی با استفاده از روش‌های توزیع آماری در تحلیل داده‌ها به بررسی دقیق تفاوت‌های گرانولومتری شکل برخان پرداختند که تفاوت معناداری بین اندازه ذرات برخان و فرایندهای بادی در فصول مختلف را نشان می‌دهد. اما مطالعه در مورد ماسه مناطق ساحلی بر روی مواردی از قبیل بررسی مقدار تراکم نسبی ماسه‌ها در تپه‌های ماسه‌ای (ترزاقی، ۱۹۵۵)، بررسی ارتباط متقابل بین تپه‌های ماسه‌ای و ساحل (شرمن و بوئر، ۱۹۹۳، هسپ ۲۰۰۲)، بررسی تغییرات مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای (شورت و هسپ، ۱۹۸۲، پسوتی، ۱۹۸۸) و یا بررسی مورفودینامیک تپه‌ها (آگارد و همکاران، ۲۰۰۴) متمرکز بوده است.

در ایران نیز در دهه‌های اخیر، تحقیقات زیادی با موضوع ذرات ماسه و مورفولوژی آن، صورت گرفته‌است که با گذشت زمان، این پژوهش‌ها از حالت کیفی به کمی تغییر ماهیت داده است. از جمله سنایی اردکانی (۱۳۸۴) با استفاده از روش مورفوسکوپی، به بررسی رسوبات لسی استان گلستان در دو محدوده مطالعاتی پرداخت. نتایج این پژوهش نشان داد که ۷۰ درصد کانی کوآرتز در نمونه‌های اخذ شده، به صورت ذراتی زاویه‌دار بوده که این امر نشان‌دهنده محلی بودن و حمل ذرات موجود توسط باد از فاصله‌ای نزدیک است و اشکال هاله مانند و مات این ذرات نیز حکایت از حمل آن‌ها از دریاچه‌های قدیمی دارد.

نگارش و لطیفی (۱۳۸۸) با استفاده از روش‌های مورفوسکوپی و آنالیز فیزیکی و شیمیایی رسوبات بادی، به منشأیابی نهشته‌های بادی در شرق زابل پرداختند. بررسی‌های مورفوسکوپی از روی رسوبات و نمونه‌های اخذ شده، نشان داد که برخی از نهشته‌ها از هامون‌های خشک شده و دارای منشأ دریایی بوده و برخی توسط بادهای ۱۲۰ روزه سیستان از سرزمین‌های دور دست به منطقه حمل شده‌اند.

در پژوهشی دیگر، قانعی بافقی و یار احمدی (۱۳۹۰) در ارگ حسن آباد بافقی، ابتدا اقدام به نمونه‌برداری از ذرات ماسه این منطقه در ۴۰ نقطه مشخص نمودند. سپس

با انجام مطالعات مربوط به گرانولومتری، به محاسبات مربوط به میانگین، چولگی، جور شدگی، رسم نمودارهای تجمعی و... پرداخته و به این نتیجه رسیدند که جهت بادهای فرساینده منطقه مورد مطالعه، نقش مؤثری در نحوه دانه‌بندی ذرات ماسه دارد.

عباسی و همکاران (۱۳۹۰) نیز به منظور منشأیابی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای بلوچستان، از روش‌های دانه‌بندی و کانی‌شناسی استفاده نمودند. برای این منظور اقدام به نمونه‌برداری از ۲۸ نمونه رسوبات بادی و انجام مراحل مورفوسکوپی و کانی‌شناسی نمودند. بررسی آن‌ها نشان داد که رسوبات تپه‌های ماسه‌ای از جورشدگی خوب برخوردار بوده و نتایج شکل‌سنجی نشان داد که منشأ بیشتر رسوبات موجود در نمونه‌های اخذ شده با منشأ بادی با حدود ۷۱ درصد بیشترین مقدار را به خود اختصاص می‌دهد.

در تحقیق حاضر سعی بر آن بوده که با شناخت هر چه بیشتر ماهیت ماسه‌های مناطق داخلی و ساحلی ایران، مقایسه‌ای کمی - تحلیلی از گرانولومتری و مورفوسکوپی ماسه‌های این دو محدوده انجام گیرد تا با یافتن وجوه تشابه و تمایز، تجزیه و تحلیل علل آن صورت پذیرد.

#### منطقه مورد مطالعه

تپه‌های ماسه‌ای مورد مطالعه در کویر مرنجاب در موقعیت جغرافیایی  $51^{\circ}40'45''$  تا  $51^{\circ}41'45''$  درجه شرقی و  $34^{\circ}17'05''$  تا  $34^{\circ}16'12''$  عرض شمالی در جنوب دریاچه نمک و جنوب غرب ریگ مرنجاب و در فاصله ۳۰ کیلومتری از شهر آران و بیدگل قرار دارد. منطقه مورد مطالعه، بخشی از ریگ بلند کاشان است که شهرهایی همچون کاشان، آران و بیدگل، راوند و تعدادی آبادی‌های کوچک و بزرگ همراه با اراضی زراعی در قسمت‌های غرب و جنوبی این پهنه ماسه‌ای بزرگ، تجمع نموده‌اند. تپه‌های ماسه‌ای ساحل جاسک، در مختصات  $57^{\circ}46'46''$  تا  $57^{\circ}47'29''$  درجه طول شرقی و عرض  $25^{\circ}42'56''$  تا  $25^{\circ}43'23''$  درجه عرض شمالی، در کرانه دریای

عمان در شرق تنگه هرمز قرار دارد و ارتفاع متوسط منطقه از سطح دریا ۵ متر است. رشته کوه بشاگرد غربی که در شمال شهرستان جاسک است، از کل رشته کوه بشاگرد، ارتفاع کمتری دارد. از شمال به جنوب بتدریج از ارتفاع شهرستان کاسته می‌شود تا به دشت ساحلی دریای عمان ختم می‌گردد. سواحل شهرستان جاسک در بعضی نقاط رُسی با بافت سست و ماسه‌ای و در بعضی نقاط صخره‌ای است. رودهای مهم این منطقه از مشرق به مغرب عبارت‌اند از: سدیچ، گابریک، جگین/جغین، کهنه، شهرنوو، جاسک، بهمدی، تورکند، چلپی و گرازی. این رودها فصلی‌اند و با جهت عمومی شمال به جنوب، در فصل پربابی به دریای عمان می‌ریزند و فقط آب رود جگین شیرین است. آب و هوای شهرستان جاسک، به سبب واقع شدن در کنار دریای عمان، گرم و مرطوب است. میانگین بارندگی سالانه ۱۳۷/۱ میلی‌متر است. میانگین حداقل دما ۲۴/۸ درجه سانتیگراد و میانگین حداکثر دما ۲۹/۹ درجه سانتیگراد و اختلاف بیشینه و کمینه دما ۵/۱ درجه سانتیگراد و میانگین دمای سالانه ۲۷/۳ درجه سانتیگراد است که آمار فوق از نوسان سالانه ناچیز دمایی به واسطه ساحلی بودن منطقه حکایت دارد.

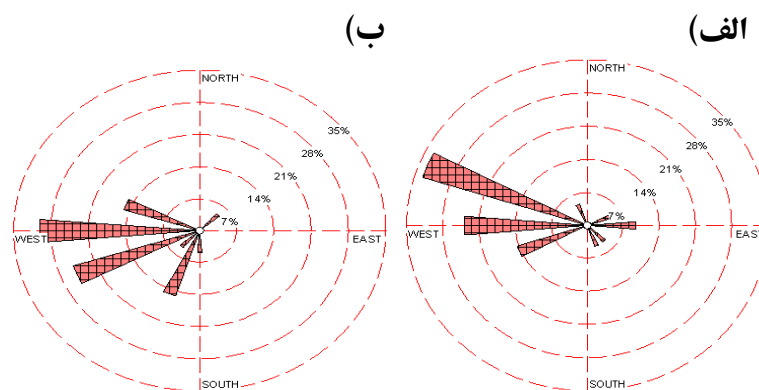


شکل ۱- موقعیت مناطق مورد مطالعه.

در این مطالعه، از آمار ۴۰ ساله باد ایستگاه‌های سینوپتیک کاشان (۱۹۶۶-۲۰۰۵) و جاسک (۱۹۸۵-۲۰۰۵) استفاده شده است. با استناد به آمار ذکر شده و از میانگین کل ۲۲۷۷ دفعه باد مشاهده شده سالیانه به ترتیب ۸۴/۹ درصد و ۱۱/۳ درصد میانگین سالیانه بادهای ایستگاه کاشان و جاسک در رده بادهای آرام با سرعت‌های کمتر از ۵ نات است که تأثیری در حرکت ذرات ماسه ندارد. حداکثر سرعت بادهای غالب ماهیانه برای ایستگاه کاشان در اسفند ماه با ۱۰/۲ نات و حداقل آن در مهرماه ۵ نات با میانگین سالیانه ۶/۵ نات در طی دوره ۴۰ ساله آماری گزارش شده است و حداکثر سرعت بادهای غالب ماهیانه برای ایستگاه جاسک در تیرماه با ۱۱/۷ نات و حداقل آن در ماه-های مهر و آبان ۷/۷ نات با میانگین سالیانه ۹/۱ نات در طی دوره ۲۱ ساله آماری به ثبت رسیده است. در ایستگاه کاشان، میانگین جهت غالب باد سالیانه شمال شرقی است؛ این در حالی است که میانگین سالیانه جهت باد غالب در ایستگاه جاسک، غربی است. با توجه به این که بادهای غالب ثبت شده در مناطق مورد مطالعه، قادر به جابجایی ماسه‌های بزرگ‌تر از ۵۰۰ میکرون نیستند، برای توجیه وجود ماسه‌های درشت دانه در مناطق یاد شده، باید به نقش سریع‌ترین بادهای ثبت شده در این مناطق اشاره نمود. میانگین سالیانه حداکثر بادهای سریع به ثبت رسیده در ایستگاه کاشان، با سرعت ۴۱ نات و حداکثر ۲۸ روز در سال می‌وزد و در ایستگاه جاسک به میانگین سالیانه سرعت ۵۸ نات برای ۲۰ روز در سال می‌رسد (شکل ۲).

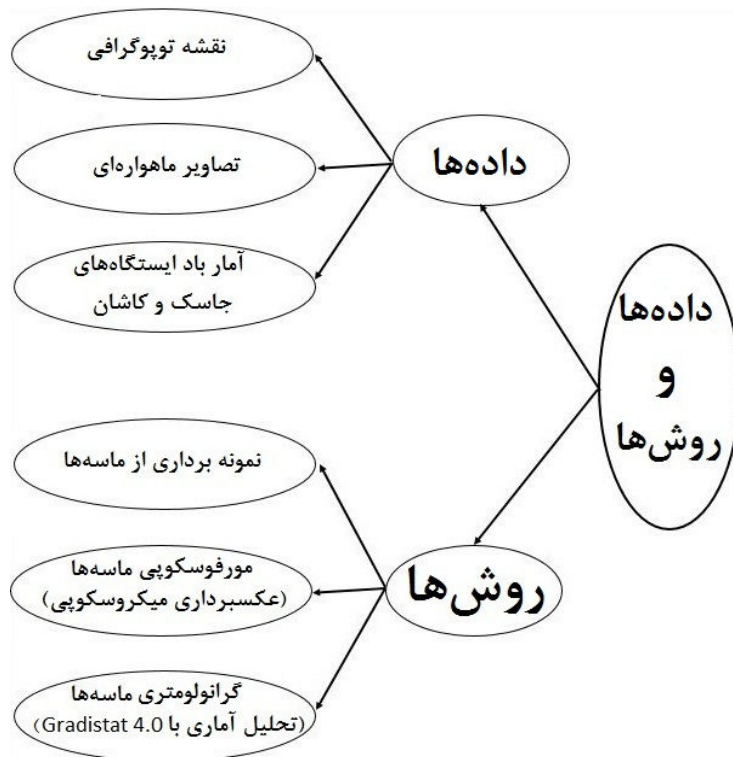
### داده‌ها و روش‌ها

برای یافتن تشابهات و تفاوت‌های ذرات ماسه بین سواحل جنوبی با مناطق داخلی ایران، ابتدا ساحل جاسک و کویر مرنجاب، به ترتیب به عنوان نمایندگان سواحل جنوبی و مناطق داخلی ایران، انتخاب شدند و نقشه‌های پایه توپوگرافی به همراه تصاویر ماهواره‌ای برای شناسایی اولیه از مناطق مورد مطالعه تهیه شده‌اند.



شکل ۲. گل باد بادهای سریع بیش از ۲۲ نات ایستگاههای سینوپتیک  
 الف) ایستگاه جاسک (۱۹۸۵-۲۰۰۵) ب) ایستگاه کاشان (۱۹۶۶-۲۰۰۵)

سپس برای مشخص نمودن ارتباط قطر ذرات ماسه با سرعت‌های آستانه باد، آمار روزانه باد ایستگاه‌های هواشناسی سینوپتیک کاشان (۱۹۶۶-۲۰۰۵) و جاسک (۲۰۰۵-۱۹۸۶) از سازمان هواشناسی کشور جهت استخراج فراوانی سرعت و جهت باد روزانه در طی دوره‌های آماری یادشده، اخذ شد تا رسم گل‌باد با نرم افزار WRplot میسر شود و توانایی باد در جابجایی ذرات ماسه سنجیده شود. در ادامه با پیمایش میدانی و اخذ تعداد ۳۰ نمونه از تپه‌های ماسه‌ای کویر مرنجاب و ۲۰ نمونه از ساحل جاسک، نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند. در این مرحله جهت آنالیز دانه‌سنجی، توسط دستگاه Shaker نمونه‌های ماسه طبقه‌بندی شده و بررسی کمی آن توسط نرم افزار Gradistat4.0 انجام شد. همچنین برای تجزیه و تحلیل مورفوسکوپی، نمونه‌های منتخب با استفاده از لوپ مدل Nikon مورد بررسی دقیق میکروسکوپی قرار گرفته و ویژگی‌های مختص هر نمونه توسط دوربین دیجیتالی ۱۰ مگاپیکسلی نصب شده بر روی لوپ، تصویربرداری شد. در پایان، نتایج دانه‌بندی و شکل‌سنجی ذرات ماسه به روش مقایسه‌ای در دو محدوده مذکور بررسی و ارزیابی شد (شکل ۳).



شکل ۳. چارچوب کلی مواد و روش‌های تحقیق.

تحلیل‌های گرانولومتری و مورفوسکوپی می‌تواند به محقق در آنالیز ذرات ماسه و شناخت منشأ آن‌ها کمک شایانی نماید (سنایی اردکانی، ۱۳۸۴ و نگارش و لطیفی، ۱۳۸۸). بنابراین در ابتدا گرانولومتری و مورفوسکوپی نمونه‌های ماسه در مناطق مطالعاتی بررسی و در پایان نتایج آن تجزیه و تحلیل می‌شود.

### گرانولومتری

برای کنکاش در رسوبات منفصل، لازم است تغییرات قطر و اندازه دانه‌ها ارزشیابی شود. بنابراین از دانه‌سنجی ذرات ماسه به همراه آنالیز کمی داده‌ها، برای بررسی تغییرات هندسی دانه‌ها بهره گرفته شده است.



تپه‌های ماسه‌ای ریگ مرنجاب

با آنالیز ذرات ماسه از نمونه منطقه مورد مطالعه در نرم افزار Gradistat4.0 مشخص گردید که نمونه‌های این منطقه، دو نمایه بوده و با میان‌های ۱۵۲/۵ و ۳۰۲/۵ در مقیاس میکرون مشخص می‌شوند و به طور میانگین در رده ماسه‌های ریز<sup>۱</sup> با ضریب جورشدگی نسبتاً بالا<sup>۲</sup> و چولگی زیاد به سمت ذرات درشت دانه<sup>۳</sup> به همراه کشیدگی و پهن‌شدگی زیاد منحنی<sup>۴</sup> قرار دارد. بیشترین فراوانی نمونه‌های انتخابی از بازه مذکور در دو رده ۱۲۵-۲۵۰ میکرونی با ۵۲/۲ درصد فراوانی و ۲۵۰-۵۰۰ میکرونی با ۴۴/۶ درصد فراوانی اختصاص دارد و کمترین فراوانی متعلق به ماسه‌های درشت در طبقه ۵۰۰-۱۰۰۰ میکرونی با ۰/۳ درصد فراوانی است و بیشترین مقدار مربوط به ذرات ریزدانه ماسه در رده ۶۳ میکرون، با حدود ۵۲/۲ درصد است. نمونه‌های ماسه در ریگ مرنجاب دو نمایی است و این بدان معنی است که این مقدار بیش از سایر مقادیر تکرار شده است (شکل ۴).

SAMPLE STATISTICS						
SAMPLE IDENTITY: maranjab						
SAMPLE TYPE: Bimodal, Moderately Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Moderately Well Sorted Fine Sand						
			GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAVEL: 0.0%	COARSE SAND: 0.3%		
MODE 1:	152.5	2.737	SAND: 100.0%	MEDIUM SAND: 44.6%		
MODE 2:	302.5	1.747	MUD: 0.0%	FINE SAND: 52.2%		
MODE 3:				V FINE SAND: 2.9%		
D <sub>10</sub> :	131.4	1.604	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	173.7	2.525	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
D <sub>60</sub> :	328.9	2.928	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D <sub>30</sub> / D <sub>10</sub> ):	2.504	1.826	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>50</sub> - D <sub>10</sub> ):	197.6	1.324	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 0.0%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	2.004	1.565	V COARSE SAND: 0.0%	CLAY: 0.0%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	146.5	1.003				
			METHOD OF MOMENTS		FOLK & WARD METHOD	
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	218.6	200.5	2.318	195.4	2.355	Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	80.33	1.464	0.550	1.430	0.516	Moderately Well Sorted
SKEWNESS ( $\lambda$ ):	0.392	-0.152	0.152	0.397	-0.397	Very Coarse Skewed
KURTOSIS ( $k$ ):	2.660	2.159	2.159	0.585	0.585	Very Platykurtic

شکل ۴. آنالیز نمونه‌های ماسه ریگ مرنجاب در Gradistat4.0

- 1- Fine sand
- 2- Moderately well sorted
- 3- Very coarse skewed
- 4- Very platykurtic

## تپه‌های ماسه‌ای جاسک

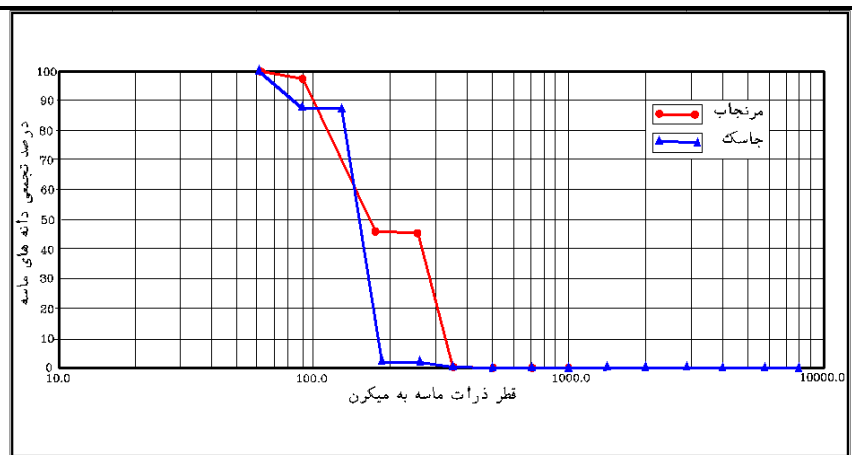
نمونه‌های ساحل مذکور با میانۀ ۱۵۲/۵ در مقیاس میکرون به طور میانگین در ردهٔ ماسه‌های ریز با ضریب جورشدگی خیلی بالا<sup>۱</sup> و چولگی کم به سمت ذرات ریز دانه<sup>۲</sup> و به همراه کشیدگی زیاد منحنی<sup>۳</sup> قرار دارد. همچنین بیشترین فراوانی در نمونه‌های انتخابی از ساحل ماسه‌ای جاسک، به ذرات ماسه ردهٔ با قطر ۲۵۰-۱۲۵ میکرون با ۸۵/۴ درصد فراوانی از کل نمونه اختصاص دارد و کمترین فراوانی مربوط به ماسه‌های ردهٔ با قطر ۱۰۰۰-۲۰۰۰ میکرونی با ۰/۱ درصد فراوانی است. نمونه‌های ماسه در سواحل مذکور، تک‌نمایی بوده و با مد ۱۵۲/۵ میکرون مشخص می‌شوند و این بدان معنی است که این مقدار، بیش از سایر مقادیر تکرار شده است (شکل ۵).

SAMPLE STATISTICS						
SAMPLE IDENTITY: jask						
SAMPLE TYPE: Unimodal, Very Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Sand			
SEDIMENT NAME: Very Well Sorted Fine Sand						
			GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	μm	φ	GRAVEL: 0.0%			
MODE 2:	152.5	2.737	SAND: 100.0%			
MODE 3:			MUD: 0.0%			
D <sub>10</sub> :	84.00	2.522	COARSE SAND: 0.1%			
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	146.8	2.768	MEDIUM SAND: 1.8%			
D <sub>90</sub> :	174.1	3.574	FINE SAND: 85.4%			
(D <sub>30</sub> / D <sub>10</sub> ):	2.073	1.417	V FINE SAND: 12.4%			
(D <sub>30</sub> - D <sub>10</sub> ):	90.11	1.052	V COARSE GRAVEL: 0.0%			
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.238	1.118	V COARSE SILT: 0.0%			
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	31.39	0.308	V COARSE GRAVEL: 0.0%			
			COARSE GRAVEL: 0.0%			
			MEDIUM GRAVEL: 0.0%			
			FINE GRAVEL: 0.0%			
			V FINE GRAVEL: 0.0%			
			V FINE SILT: 0.0%			
			V COARSE SAND: 0.3%			
			CLAY: 0.0%			
			METHOD OF MOMENTS			
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	FOLK & WARD METHOD		
	μm	μm	φ	Geometric	Logarithmic	Description
MEAN (x̄):	149.4	140.5	2.832	146.8	2.768	Fine Sand
SORTING (σ):	87.88	1.322	0.402	1.231	0.300	Very Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	11.48	0.454	-0.454	-0.285	0.285	Fine Skewed
KURTOSIS (K):	174.8	15.00	15.00	1.716	1.716	Very Leptokurtic

شکل ۵. آنالیز نمونه‌های ماسه ساحل جاسک در نرم‌افزار Gradistat4.0.

در ادامه، نمودار خطی نیمه لگاریتمی فراوانی قطر ذرات ماسه در تپه‌های ماسه‌ای ساحل جاسک و ریگ مرنجاب برای مقایسهٔ پراکنش فراوانی قطر ذرات ذکر می‌شود (شکل ۶).

- 1- Very well sorted
- 2- Fine skewed
- 3- Very leptokurtic
- 4- Fine sand
- 5- Coarse sand



شکل ۶. فراوانی قطر ذرات ماسه در تپه‌های ماسه‌ای جاسک و مرنجاب.

#### مورفوسکوپی دانه‌ها

به لحاظ اهمیت شکل‌سنجی دانه برای شناسایی عوامل تخریب و فرسایش، پس از شستشو و خشک نمودن دانه‌های ماسه و الک نمودن آن‌ها با دستگاه Shaker، مورفولوژی ذرات ماسه مناطق مطالعاتی با استفاده از لوپ مدل Nikon مورد بررسی دقیق میکروسکوپی قرار گرفت و ویژگی‌های مختص هر نمونه توسط دوربین دیجیتالی ۱۰ مگاپیکسلی نصب شده بر روی لوپ، ثبت گردید تا با روش مقایسه‌ای ویژگی‌های ذرات ماسه در دو بازه مطالعاتی ارزیابی شود.

#### یافته‌های تحقیق

##### تپه‌های ماسه‌ای مرنجاب

در نمونه‌های منتخب از محدوده مطالعاتی ریگ مرنجاب، فراوانی ماسه در رده‌های مختلف از ۶۳ تا ۱۰۰۰ میکرون دیده می‌شود. در ماسه‌های رده ۶۳-۱۲۵ میکرونی، دانه‌ها بیشتر گرد و ساییده شده بوده و درخشندگی خاصی ندارند (شکل ۱-۶). با بزرگ‌نمایی ۵ برابر ذرات ماسه‌های این رده، بیشتر دانه‌ها مات و کدر هستند (شکل

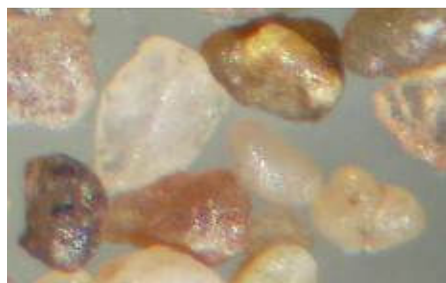
۶-۲). در ماسه‌های رده ۲۵۰-۱۲۵ میکرونی ذرات ماسه گرد و مدور و برخی به صورت کشیده یا چهارگوش با ساییدگی جانبی محدود مشاهده می‌شوند (شکل ۳-۶ و ۴-۶). نمونه‌های ۵۰۰-۲۵۰ میکرونی ساییدگی جانبی داشته و شکل هندسی بیشتر ماسه‌ها گرد بوده و با درخشندگی کم دیده می‌شوند (شکل ۵-۶). در میان ماسه‌های این رده، به ندرت، سطوح سوراخ دار به چشم می‌خورد (شکل ۶-۶ با بزرگ‌نمایی ۵ برابر و سوراخی در دانه ماسه در قسمت‌های میانی تصویر). در نمونه‌های ۱۰۰۰-۵۰۰ میکرونی سوراخ‌های ریز به همراه خراش‌های سطحی در داخل بدنه ذرات ماسه دیده می‌شود. ساییدگی ذرات کم بوده و گرد و مات بودن دانه‌ها به وضوح، قابل تشخیص است (شکل‌های ۷-۶ و ۸-۶).



شکل ۲-۶. بزرگنمایی ۵ برابر از ماسه‌های ۶۳-۱۲۵ میکرونی



شکل ۱-۶. نمای کلی ماسه‌های ۶۳-۱۲۵ میکرونی



شکل ۴-۶. بزرگنمایی ۵ برابر از ماسه‌های ۱۲۵-۲۵۰ میکرونی



شکل ۳-۶. نمای کلی ماسه‌های ۱۲۵-۲۵۰ میکرونی



شکل ۶-۶. بزرگنمایی ۳ برابر از ماسه‌های ۲۵۰-۵۰۰ میکرونی



شکل ۵-۶. نمای کلی ماسه‌های ۲۵۰-۵۰۰ میکرونی



شکل ۸-۶. بزرگنمایی ۲ برابر از ماسه‌های ۵۰۰-۱۰۰۰ میکرونی



شکل ۷-۶. نمای کلی ماسه‌های ۵۰۰-۱۰۰۰ میکرونی

### تپه‌های ماسه‌ای ساحل جاسک

نمونه ماسه‌های ساحل جاسک در رده‌های ۶۳ تا ۲۰۰۰ میکرونی فراوانی متنوعی دارند. در این تقسیم بندی، ذرات ماسه ۱۲۵-۶۳ میکرونی بدون زاویه با گرد شدگی بالا هستند و در تصاویر گرفته شده، به صورت صیقلی و شفاف مشخص می‌شوند (شکل‌های ۱-۷ و ۲-۷). همچنین ذرات ماسه ۲۵۰-۱۲۵ میکرونی کم زاویه، با کشیدگی زیاد، به صورت صیقلی و شفاف مشاهده می‌شوند (شکل‌های ۳-۷ و ۴-۷). ماسه‌های ۲۵۰-۵۰۰ میکرونی شفافیت و درخشندگی بسیار بالایی دارند. میزان گرد شدگی دانه‌ها زیاد است و اثری از خراش و سوراخ در سطح دانه‌ها دیده نمی‌شود. بر خلاف نمونه‌های قبلی خرده صدف به شکل بسیار محدود و کم در بین دانه‌ها قابل رؤیت است (شکل‌های ۵-۷ و ۶-۷). ماسه‌های رده ۱۰۰۰-۵۰۰ میکرونی ساییدگی و گرد شدگی جانبی داشته و خراشیدگی در سطح دانه‌ها به صورت محدود، دیده می‌شود. شفافیت دانه‌ها بالاست و خرده صدف‌ها به وفور در بین دانه‌ها مشاهده می‌شود (شکل‌های ۷-۷ و ۸-۷). ماسه‌های رده ۲۰۰۰-۱۰۰۰ میکرونی صیقلی با درخشندگی زیاد که در سطح دانه‌ها سوراخ‌های بزرگ دیده می‌شود و گرد شدگی جانبی ذرات ماسه زیاد است. در این دانه‌ها همچون رده قبلی خرده صدف‌های فراوانی دیده می‌شود.



شکل ۲-۷: بزرگنمایی ۵ برابر از ماسه‌های ۶۳-۱۲۵ میکرونی



شکل ۱-۷: نمای کلی ماسه‌های ۶۳-۱۲۵ میکرونی



شکل ۴-۷: بزرگنمایی ۵ برابر از ماسه‌های ۱۲۵-۲۵۰ میکرونی



شکل ۳-۷: نمای کلی ماسه‌های ۱۲۵-۲۵۰ میکرونی



شکل ۶-۷: بزرگنمایی ۳ برابر از ماسه‌های ۲۵۰-۵۰۰ میکرونی



شکل ۵-۷: نمای کلی ماسه‌های ۲۵۰-۵۰۰ میکرونی



شکل ۸-۷: بزرگنمایی ۲ برابر از ماسه‌های ۵۰۰-۱۰۰۰ میکرونی



شکل ۷-۷: نمای کلی ماسه‌های ۵۰۰-۱۰۰۰ میکرونی

### نتایج و بحث

مقایسه شکل ظاهری و دانه‌سنجی ماسه‌های ساحل جاسک و تپه‌های ماسه‌ای مرنجاب کمک شایانی به درک هر چه بیشتر نحوه حمل و رسوب‌گذاری ذرات ماسه می‌نماید. بررسی‌های انجام شده از گرانولومتری و مورفوسکوپی ماسه‌های ذکر شده در بالا، نشان دهنده آن است که توزیع فراوانی قطر ذرات ماسه‌های بادی مرنجاب با ماسه‌های دریایی ساحل جاسک، تفاوت چشمگیری دارد. فراوانی ۱۲/۴ درصدی ذرات ریزدانه ۱۲۵-۶۳ میکرونی در ساحل جاسک، نسبت به فراوانی ۲/۹ درصدی ذرات یاد شده در بالا، در ریگ مرنجاب می‌تواند با چسبندگی ذرات ریزدانه در ساحل و رطوبت بالای ساحل جاسک توجیه شود که مانع حرکت ذرات ریزدانه از ساحل می‌شود؛ در حالی که در نواحی داخلی ایران، از جمله ریگ مرنجاب، به دلیل خشکی زیاد هوا و انفصال کامل ذرات ماسه از همدیگر، یکپارچگی ذرات از بین رفته و با کمترین سرعت آستانه، ذرات ریزدانه به صورت حمل تعلیقی از منطقه خارج می‌شوند.

بیشترین فراوانی پراکنش ذرات ماسه در ساحل جاسک، مربوط به ذرات ریزدانه ۲۵۰-۱۲۵ میکرونی با ۸۵/۴ درصد است و بیشینه فراوانی ذرات ماسه در تپه‌های ماسه‌ای مرنجاب به دو رده ۲۵۰-۱۲۵ و ۵۰۰-۲۵۰ میکرونی به ترتیب با ۵۲/۲ درصد و ۴۴/۶ درصد فراوانی اختصاص دارد. فراوانی‌های مذکور با آمار سرعت بادهای غالب روزانه دو ایستگاه جاسک و کاشان برآزش نشان نمی‌دهد. در ایستگاه جاسک حداکثر سرعت باد غالب روزانه به ۱۲ گره در ساعت می‌رسد. باد ثبت شده، قدرت حمل ماسه ۱۲۵-۲۵۰ میکرونی با فراوانی بالا را در منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن شاخص آزمایشگاهی ارتباط قطر ذرات ماسه و سرعت‌های باد (یمانی، ۱۳۷۹، ص ۱۲۰) دارد. در ایستگاه کاشان سرعت باد ثبت شده روزانه، در طول دوره آماری با سرعت ۱۱ گره در ساعت، گزارش شده‌است که با توجه به شاخص آزمایشگاهی مذکور، قادر به حمل ماسه‌های ۱۲۵ تا ۵۰۰ میکرونی در محدوده مطالعاتی است.



کمینه فراوانی توزیع ذرات ماسه در مرنجاب با  $0/3$  درصد فراوانی به ماسه‌های  $500-1000$  میکرونی و در ساحل جاسک با  $1/9$  درصد فراوانی به ماسه‌های  $500$  تا  $2000$  میکرونی اختصاص دارد. فراوانی‌های به دست آمده از دو محدوده مطالعاتی، با لحاظ نمودن شاخص آزمایشگاهی برازش نشان نمی‌دهد. بنابراین می‌توان در هر دو منطقه مورد مطالعه بادهای سریع با فراوانی ناچیز را عامل فراوانی‌های قطر ذرات یادشده دانست. در هر دو محدوده، بادهای با سرعت بالا می‌تواند باعث این فراوانی ذرات ماسه باشد که با بررسی آمار سریع‌ترین بادهای گزارش شده، توجیه آن امکان پذیر است.

در دانه‌بندی رسوب و با استفاده از داده‌های به دست آمده از نرم افزار Gradistat4.0، بررسی شاخص گرایش مرکزی میانه (Median) نیز می‌تواند در شناسایی و مقایسه رسوبات در دو بازه مطالعاتی به ما کمک کند، به نحوی که هر اندازه میانه به دست آمده بزرگ‌تر باشد، رسوبات درشت‌دانه‌تر است و برعکس. بنابراین با توجه به میانه‌های به دست آمده، ساحل جاسک با میانه  $152/5$  در مجموع بسیار ریزدانه‌تر از محدوده مطالعاتی مرنجاب با میانه  $302/5$  است. ریزدانه‌تر بودن رسوبات ساحلی نسبت به رسوبات بادی مرنجاب را می‌توان معلول شکست امواج در خط ساحلی و رفت و برگشت‌های مکرر ذرات ماسه در حد فاصل بالاترین مد و پایین‌ترین جزر دانست؛ در حالی که مناطق داخلی از چنین وضعیتی بی‌بهره‌اند.

شکل‌سنجی ذرات ماسه در ساحل جاسک، نشان از وجود خرده‌های صدف با منشأ دریایی در ماسه‌های منتخب درشت‌دانه دارد. این در حالی است که تپه‌های ماسه‌ای مرنجاب منشأ بادی داشته و توسط نیروی باد از رسوبات سیلابی مناطق مجاور به مرنجاب انتقال داده شده‌اند. ماسه‌ها در ریگ مرنجاب کدر و مات‌اند و ذرات ماسه با قطر بیشتر از  $500$  میکرون با سوراخ‌هایی که در آن نشانه‌های ضربات متعدد نمایان است، تأثیر فرسایش بادی در منطقه یادشده در بالا را خاطر نشان می‌سازد. ذرات ماسه در ساحل جاسک نسبت به ماسه‌های بادی مرنجاب از شفافیت و درخشندگی بالایی

برخوردارند و دلیل این مسأله می‌تواند برخورد شدید ذرات ماسه به هم در اثر شکست موج در نزدیکی ساحل باشد؛ در حالی که ماسه‌های مرنجاب به دلیل تماس فصلی و گذرا با آب و رطوبت، کدر و مات به نظر می‌رسند. همان‌طور که در تحقیق محققانی دیگری از جمله سنایی اردکانی در سال ۱۳۸۴ اثبات شده، این ذرات تیره و مات ماسه‌ها، حکایت از سرمنشأ رسوبات قدیمی این ذرات دارد که تحت تأثیر تابش شدید خورشید و فرایندهای اکسیده شدن، به صورت مات ظاهر می‌گردند.

### منابع

- احمدی، حسن، (۱۳۸۵)، ژئومورفولوژی کاربردی بیابان- فرسایش بادی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران.
- سنایی اردکانی، سعید، (۱۳۸۴)، بررسی رسوبات لسی مناطق قپان و دره ناهارخوران استان گلستان از دیدگاه ویژگی‌های مورفوسکپی، شیمیایی و تحلیل شرایط رسوب- گذاری. مجله علوم کشاورزی.
- عباسی، مرضیه، سادات فیض نیا حمید رضا عباسی یونس کاظمی و احمد قرنچیک، (۱۳۹۰)، بررسی دانه‌بندی و کانی‌شناسی رسوبات در منشأیابی تپه‌های ماسه‌ای بلوچستان». تحقیقات مرتع و بیابان ایران، ۳، ص ۴۵۱-۴۴۱.
- قانع بافقی، محمد جواد، یار احمدی علیرضا، (۱۳۹۰)، بررسی رابطه دانه‌بندی رسوبات تپه‌های ماسه‌ای حسن آباد بافق با جهت باد فرساینده با استفاده از زمین آمار، نشریه مرتع و آبخیزداری»، مجله منابع طبیعی ایران، دوره ۶۳، ۲، ص ۲۴۸-۲۳۵.
- نگارش، حسین، لطیفی لیلا، (۱۳۸۸)، منشأیابی نهشته‌های بادی شرق زاہل از طریق مورفوسکویی و آنالیز فیزیکی و شیمیایی رسوبات. جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، ۱، ص ۲۲-۱.

- یمانی، مجتبی، (۱۳۷۹)، ارتباط قطر ذرات ماسه و فراوانی سرعت‌های آستانه باد در منطقه بند ریگ کاشان، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۸، ص ۱۱۵-۱۳۲.
- Aagaard, T., Orford, J., & Murray, A. S. (2007). Environmental controls on coastal dune formation; Skallingen Spit, Denmark. *Geomorphology* ; 83
- Folk, R. L., Ward, W. C. (1957). Brazos River Bar: a study on the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27, 3-26 .
- Folk, R. L. (1971). Longitudinal dunes of the Northwestern edge of the Simpson Desert, Northern Territory, Australia, 1. *Geomorphology and grain size relationships. Sedimentology*, 16, 4-54
- Guang, H., Guifang, Z., & Wenbin, Y. (2004). A quantitative analysis on the sources of dune sand in the Hulun Buir Sandy Land: application of stepwise discriminant analysis (SDA) to the granulometric data .
- Hesp, P. (2002). Foredunes and blowouts (2002), initiation, geomorphology and dynamics, *Journal of Geomorphology*, 48, 245-268 .
- Inman, D. L., (1952). Measures for describing the size distribution of Sediments. *Journal of Sedimentary Petrology*, 22, 125-145.
- Krumbein, W. C., Pettijohn, F. J., (1938). *Manual of Sedimentary Petrography*. Appleton-Century Crofts, New York, 549 p.
- Mc Laren, P. (1981). An interpretation of trends in grain size measures. *J. Sediment. Petrol*, 51 (2), 611-624.
- Psuty, N. P. (1989). An application of science to the management of Coastal dunes along the Atlantic coast of the USA. In: Gimingham, Sherman, D. J., Bauer, B. O. (1993). Dynamics of beach-dune system. *Progress in Physical Geography*, 17, 413-447.
- Short, A. D., Hesp, P. A. (1982). Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. *Marine Geology*, 48, 259-284.
- Terzaghi, K., (1955). Influence of geological factors on the engineering properties of sediments. *Economic Geology*, 50th Anniversary Volume, pp. 557
- Trask, P. D. (1932). *Origin and Environment of Source Sediments of Petroleum*. Gulf Publishing Company, Houston, 323 p.
- Krumbein, W. C. (1959), the "sorting out" of geological variables illustrated by regression analysis of factors controlling beach firmness. *J. Sediment. Petrol*. 20 pp. 575-587.
- Zaady, E., Dody, A., Weiner, D., Barkai, D., & Offer, ZY. (2008). A comprehensive method for Aeolian particle Granulometry and micromorphology analyses.