



الگوی توزیع اندازه رسوبات هامون هیرمند

سمیرا زندی فر*^۱، عادلہ جمالیان^۲

^۱. بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.

Zandifar@rifr-ac.ir

^۲ گروه مهندسی نفت، دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی تکنیک تهران)

adele.jamalian@ut.ac.ir

چکیده

یکی از خشک‌ترین مناطق جهان که تحت تاثیر طوفان‌های شن و غبار قرار گرفته، سیستان در جنوب شرقی ایران است که منابع آبی کم و اکوسیستم‌های شکننده آن نسبت به تغییرات اقلیمی بسیار حساس هستند. با این حال، اطلاعات بسیار کمی در مورد وضعیت رسوبات در تالاب هامون هیرمند در استان سیستان و بلوچستان به عنوان منبع گردوغبارهای سیستان در دسترس است که درک ما را از دینامیک گرد و غبار بادی و مکانیسم‌های حرکت رسوب محدود می‌کند. هدف اصلی پژوهش حاضر شناسایی الگوی توزیع رسوبات بستر تالاب هامون می‌باشد. بر این اساس پس از نمونه برداری از رسوبات بستر تالاب ذرات ریزتر از ۶۳ میکرون توسط الک و روش لیزری بوسیلہ دستگاه مدل (Laser Scattering Particle Size distribution Analyzer (Horiba -LA950) مورد دانه‌سنجی قرار گرفتند و توزیع ذرات رسوباتی بررسی شدند. نتایج نشان داد که ذرات کلونیدی در جنوب محدوده مورد مطالعه در هامون هیرمند بیشترین فراوانی را در ذرات رسی این نمونه‌ها دارند. همچنین بدلیل بادی بودن سیستم تغذیه در غرب و جنوب غربی منطقه مورد مطالعه، ذرات ریز و کلونیدی بیشترین میزان را در این محدوده دارند و در مرکز محدوده مطالعاتی و مخصوصا دریاچه هامون به دلیل چند منشا بودن سیستم آوردهای رسوبی، محدوده وسیع تری از ذرات از نظر اندازه را در بر میگیرد. شیوه توزیع ذرات رسی در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که برخاستگاه رسوبات از دو منطقه در افغانستان (توزیع در شرق) و یک برخاستگاه داخلی (شمال غرب و جنوب غرب) می‌باشد. این یافته‌ها می‌تواند به بهبود مدیریت فرسایش بادی در مناطق منبع رسوب کمک کند.

واژه‌های کلیدی

سیستان، هامون هیرمند، رسوبات، گردوغبار، فرسایش بادی



۱. مقدمه

منطقه سیستان در انتهای یک حوضه بزرگ داخلی در یکی از خشک‌ترین مناطق جهان قرار دارد. وابستگی دریاچه هامون به رودخانه هیرمند باعث شده تا هرگونه نوسانات در میزان آب آن، مشکلاتی را برای کل سیستم بوجود آورد. حوضه هیرمند از سال ۱۳۷۸ دچار خشکسالی شدیدی گردید که خسارات زیادی به منطقه وارد نمود [1] در دوره‌های خشکسالی بستر دریاچه‌ها به علاوه مخروط‌افکنه‌ی رودخانه‌های شمالی، به عنوان منبع گرد و خاک عمل می‌کنند و موجب ایجاد توفان‌های شدید گردو خاک در منطقه می‌گردند [2]. سیستان یک منطقه‌ی کلیدی جهت واکنش متقابل هوای سرد ارتفاعات با هوای گرم و خشک دشت است که در آن بادهای قوی نزدیک سطح زمین برای حداقل چهار ماه از سال دوام دارد. این بادهای بسیار شدید که به نام بادهای ۱۲۰ روزه شناخته می‌شوند و سرعت آن‌ها گاه به ۲۸ متر بر ثانیه می‌رسد، همزمان با گرمای زیاد حوضه در اوایل خرداد شروع و تا اواخر شهریور به طول می‌انجامد [3]. بادهای ۱۲۰ روزه اثرات زیادی بر روی زمین‌ریخت‌شناسی زمین و زندگی مردم از جمله زمان آبیاری و فعالیت‌های کشاورزی منطقه دارد. این بادهای دارای جهت غالب شمالی-شمال غربی، حاصل اختلاف زیاد فشار بین محدوده پرفشار دائمی بر روی ارتفاعات شمالی و منطقه کم-فشار تابستانی ایجاد شده در دشت سیستان است که در اثر توپوگرافی خاص دشت سیستان (ایجاد کانال حرکت باد بین ارتفاعات غربی و همچنین شمالی و شرقی سیستان) بر سرعت آن افزوده می‌شود. این بادهای زمانی ایجاد می‌شود که سرعت باد در ارتفاع زیر ۱ کیلومتری از سطح زمین روی می‌دهد. تعامل اقلیم فراخشک با بادهای شدید موجب شکل‌گیری میزان بسیار زیاد تبخیر (بیش از ۴۰۰۰ میلی‌متر در سال) در منطقه می‌گردد که در زمره‌ی بیشترین نرخ‌های تبخیر در جهان است [4]. تلفیق عوامل فوق با خشکی رسوبات و همچنین فقدان پوشش گیاهی مترکم موجب شکل‌گیری توفان‌های گردو خاک سهمگین در سیستان از اواسط بهار تا تابستان و اوایل پاییز می‌گردد. مطالعه رسوبات بادی مدرن که در محیط‌های خشک و نیمه خشک نهشته شده اند، یک گام اساسی برای درک تکامل محیطی و توسعه پایدار است [5,6].

این منطقه به عنوان یکی از بادخیزترین بیابان‌های جهان شناخته می‌شود که سرعت فرسایش باد و حرکت شن و ماسه در آن به دلیل کمبود پوشش گیاهی بالا است [7]. شهرستان زابل در جنوب غربی آسیا در حوزه سیستان بیشترین طوفان‌های گرد و غبار و غبارآلودترین روزهای جهان را تجربه کرده است [8]. فعالیت رسوبات بادی در منطقه سیستان بیشتر تحت تأثیر بادهای ۱۲۰ روزه است که از سطح تالاب هامون و بر اساس توپوگرافی سطح زمین در داخل چهار دالان فرسایشی انجام می‌شود [9]. در اینجا نهشته‌های بادی نقش مهمی در کیفیت ساکنان این منطقه، اکوسیستم، سلامت انسان و کیفیت هوا دارند. طوفان‌های شن و گرد و غبار ساکنان محلی و زیرساخت‌های این منطقه را با مشکلات جدی مواجه کرده است. بنابراین، شناخت الگوی توزیع آنها می‌تواند مکانیسم‌های کنترلی مورد نیاز را روشن کند. مطالعات قبلی روی سوابق رسوبی در این منطقه عمدتاً بر طوفان‌های گرد و غبار مدرن، پیامدهای دیراقلیماتیک [10]، شن‌های بادی و تپه‌های شنی متمرکز بود [11,12]. این تحقیق با هدف تعیین شیوه پراکنش نهشته‌های بادی تالاب هامون در جنوب شرق ایران بر اساس تحلیل‌ها و مطالعات پتروگرافی انجام شده است.

۲. منطقه مورد مطالعه

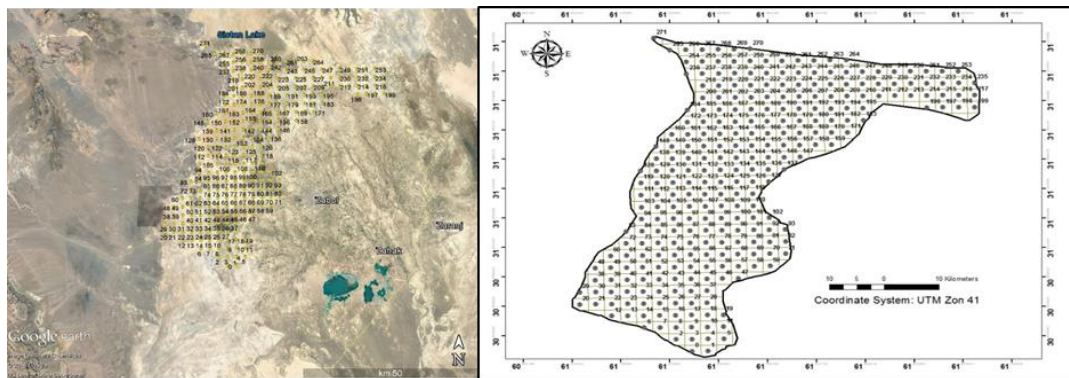
منطقه سیستان در شمال استان سیستان و بلوچستان قرار دارد. این منطقه با افغانستان، شهر زاهدان، استان خراسان جنوبی و بیابان لوت احاطه شده است. سیستان در حقیقت یک گودی با مساحت ۶۱ هزار کیلومترمربع در بخش جنوب غربی حوضه هیرمند را شامل می‌شود که توسط دلتای رود هیرمند و سه پهنه آبی فصلی به نام‌های هامون پوزک (۴۸۰ کیلومترمربع)، هامون صابوری (۸۰۰ کیلومترمربع) و هامون هیرمند (۵۶۱ کیلومترمربع) پوشیده شده است. دریاچه‌های هامون در مرز میان افغانستان و ایران و در محدوده ۶۰ درجه و ۳۹ دقیقه تا ۶۱ درجه و ۳۵ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱۵ دقیقه تا ۳۱ درجه و ۳۲ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. این دریاچه‌های تالابی از سه بخش عمده به نام‌های هامون پوزک، هامون صابوری و هامون هیرمند تشکیل شده است. اکثر مساحت هامون پوزک و بخشی از هامون صابوری یا صابری در افغانستان و متباقی هامون‌های پوزک و صابوری و همچنین هامون هیرمند به‌طور کامل در خاک ایران واقع شده است. این تالاب‌ها در زمان پراچی با هم متصل گشته و به‌صورت یکپارچه درمی‌آیند و وسیع‌ترین دریاچه آب شیرین در ایران و افغانستان را زیر نام تالاب‌های هامون می‌سازند. البته گود زره که کاملاً در افغانستان موقعیت دارد نیز بخشی از همین چرخه



آب است و در زمان پربابی، آب سرریز هامون هیرمند از طریق رود شیله وارد گود زره در خاک افغانستان می‌شود. وسعت دریاچه هامون در زمان پربابی ۵۶۶۰ کیلومتر مربع است که از این مقدار ۳۸۲۰ کیلومتر مربع متعلق به ایران و بقیه متعلق به افغانستان است. سیستان تحت تسلط اقلیم قاره‌ای، با زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم و خشک است. میانگین دمای هوای حوضه سیستان ۲۷ درجه سانتیگراد است. رژیم بارندگی سیستان و حوضه آبرگیر آن کاملاً فصلی و مرتبط با مرکز کم‌فشار غربی است.

۳. روش تحقیق

در ابتدا موقعیت منطقه مورد مطالعه در کشور مشخص شد و گزارشات و مطالعات گذشته که در این محدوده صورت گرفته است جمع آوری گردید. همچنین داده‌های زمین‌شناسی نظیر نقشه‌ها، عکس‌های هوایی و ماهواره‌ای، موجود مورد بررسی قرار گرفت. پس از بازدید اولیه و مشخص شدن مرز منطقه مورد مطالعه، ۲۷۱ نمونه رسوبی در منطقه هامون صابری و بخشی از هامون هیرمند، از اعماق ۳۰ سانتیمتری و ۶۰ سانتیمتری برداشت شدند. موقعیت نمونه‌های برداشت شده در شکل ۱ نشان داده شده است. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها در آزمایشگاه رسوب‌شناسی، مطالعه‌ی بافت (اندازه، جورشدگی، گردشدگی) و کانی‌شناسی رسوبات بر روی نمونه‌ها انجام شد. روش‌های مختلفی برای اندازه‌گیری قطر دانه‌ها وجود دارد. در این پژوهش ذرات ریزتر از ۶۳ میکرون توسط الک و روش لیزری بوسیله دستگاه مدل (Laser Scattering Particle Size distribution Analyzer (Horiba -LA950) در موسسه ملی اقیانوس‌شناسی مورد دانه‌سنجی قرار گرفتند. سپس پهنه‌بندی‌ها توسط درون‌یابی در محیط نرم افزار Arc GIS 10.3 رسم شدند.

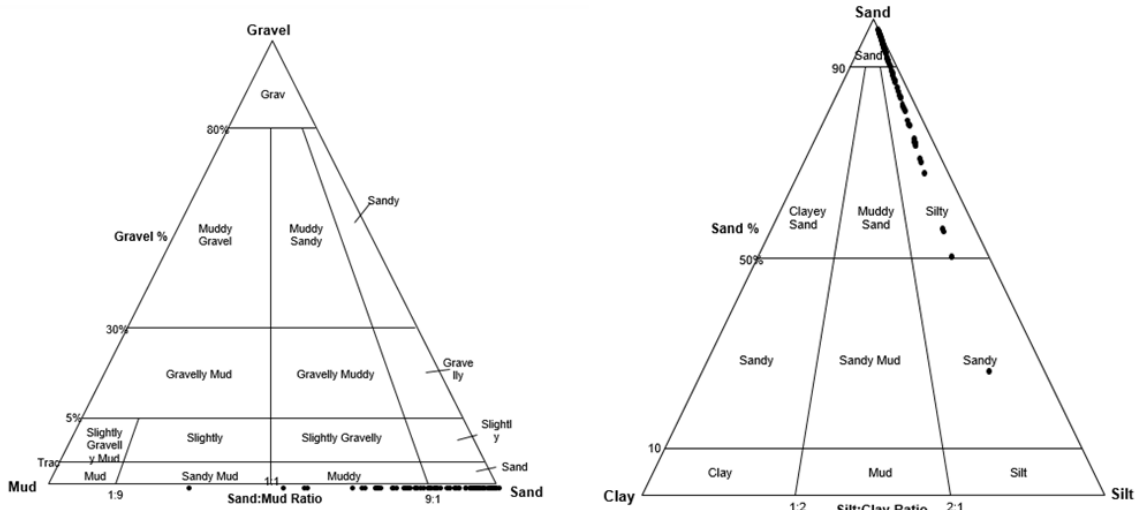


شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه برداری

۴. نتایج و بحث

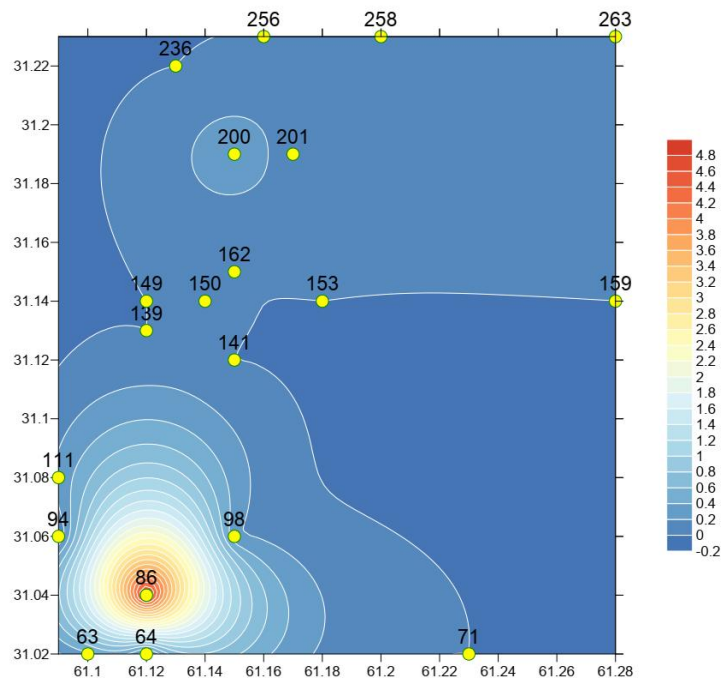
گام اول در بررسی رسوبات منطقه مورد مطالعه تعیین نقاط نمونه برداری می‌باشد به نحوی که کل ناحیه مورد مطالعه سیستان (هامون صابری) را پوشش دهد. در شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه و نقاط نمونه‌برداری شده در ناحیه سیستان نشان داده شده‌اند. همانطور که در شکل ملاحظه می‌گردد، پراکندگی نقاط نمونه برداری شده طبق زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه، به خوبی رعایت شده است.

جهت طبقه‌بندی اندازه ذرات موجود در نمونه‌ها، از طبقه‌بندی نمونه‌های فولک استفاده شد. بر اساس مثلث گراول-ماسه-گل نمونه‌های سیستان در محور ماسه-گل مثلث فولک قرار می‌گیرند و تمرکز نمونه‌ها اغلب در رأس ماسه و ماسه گلی نمودار فولک قرار می‌گیرد (شکل ۲). با توجه به این که تمرکز نمونه‌ها اغلب در محدوده ماسه و ماسه گلی و تا حدودی سیلت و گل قرار دارد، برای نامگذاری دقیق‌تر رسوبات، از مثلث فولک که در سه گوشه آن ماسه-سیلت و رس نوشته شده باشد، استفاده نمودیم (شکل ۲). اگر بیش از ۹۰ درصد دانه‌های موجود در نمونه در اندازه ماسه باشد، آن را ماسه (ماسه‌سنگ) می‌نامیم [13]. با این حال بیشتر نمونه‌های برداشت شده دارای ۹۰ درصد ماسه می‌باشد که طبق نمودار فولک آن را ماسه می‌نامیم.

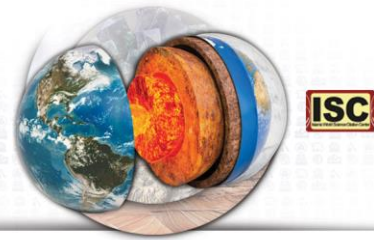


شکل ۲- توزیع نمونه‌های سیستان بر روی مثلث گراول- ماسه- گل و مثلث ماسه-سیلت-رس برگرفته از فولک.

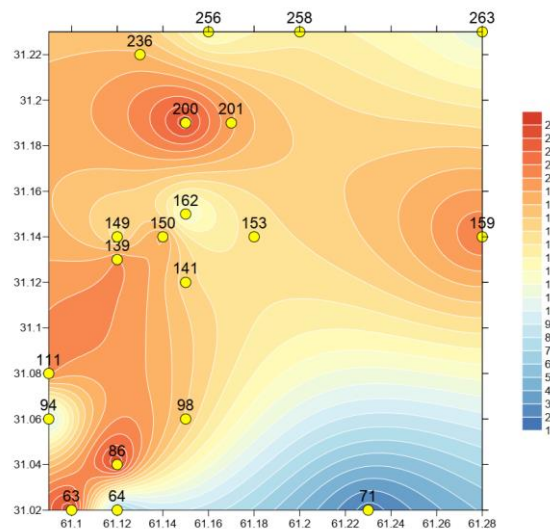
نقشه توزیع فراوانی ذرات کلوئیدی، رس‌ها و ذرات در اندازه سیلت بسیار ریز در شکل‌های ۳، ۴ و ۵ نمایش داده شده است. همچنین فراوانی درشت‌ترین ذرات موجود در هر نمونه، که طیف اندازه آن‌ها از سیلت متوسط تا ماسه متوسط بود، در شکل ۶ دیده می‌شود. آنالیز دانه‌سنجی نمونه‌های منتخب، ذرات کلوئیدی را در نمونه‌های ۸۶، ۹۸، ۱۱۱، ۱۵۰، ۲۰۰، ۲۰۱ و ۲۵۸ نشان داد. بیشترین فراوانی ذرات کلوئیدی در نمونه ۸۶ و کمترین فراوانی آن در نمونه ۲۰۱ مشاهده شد. اندازه ذرات کلوئیدی در این آنالیز ریزتر از ۰.۸۲ میکرون است. نقشه توزیع این ذرات در شکل ۳ ارائه شده است. همانطور که در نقشه مشاهده می‌شود، فراوانی ذرات کلوئیدی در جنوب محدوده مورد مطالعه در دشت سیستان بیشترین فراوانی را دارد.



شکل ۳- نقشه توزیع فراوانی ذرات کلوئیدی بر اساس آنالیز لیزر در منطقه مورد مطالعه.

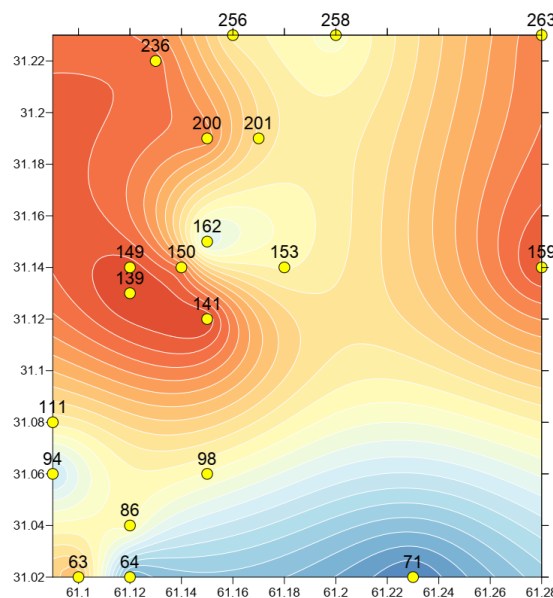


ذرات رسی ریزتر از ۳,۲۸ میکرون و درشت‌تر از ۰,۸۲ میکرون در این آنالیز حضور دارند. در تمام نمونه‌های منتخب ذرات رسی با فراوانی‌های متفاوت مشاهده می‌شوند. فراوانی ذرات رسی از ۱,۳۷ درصد تا ۲۴,۱۱ درصد متفاوت هست. مطابق نقشه توزیع فراوانی ذرات رسی، بیشترین فراوانی به صورت پلی‌مودال در شمال غرب، مرکز-غرب و جنوب شرق محدوده مورد مطالعه مشاهده می‌شود و کمترین فراوانی در جنوب غرب منطقه در محدوده نمونه‌های ۶۴ و ۷۱ دیده می‌شود (شکل ۴). شیوه توزیع ذرات رسی در محدوده مورد مطالعه مؤید سایر مطالعات توسط بینوکولار و نتایج ژئوشیمی نیز هست و نشان می‌دهد که برخاستگاه رسوبات از دو منطقه در افغانستان (توزیع در شرق و برخاستگاه داخلی (شمال غرب و جنوب غرب) می‌باشد.



شکل ۴- نقشه توزیع فراوانی ذرات رسی بر اساس آنالیز لیزر در منطقه مورد مطالعه.

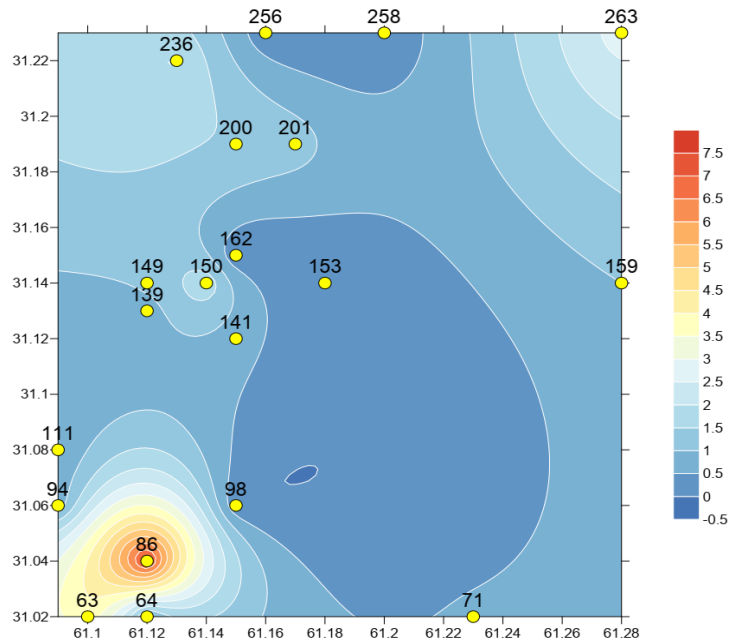
در این آنالیز سیلت خیلی ریز به ذرات درشت‌تر از ۳,۲۸ میکرون و ریزتر از ۶,۵۷ میکرون اطلاق می‌شود. توزیع فراوانی ذرات سیلت خیلی ریز مشابه ذرات رسی و در قسمت‌های شرق و شمال شرقی، مرکز-غرب و جنوب شرق محدوده مورد مطالعه است (شکل ۵).



شکل ۵- نقشه توزیع فراوانی ذرات سیلت خیلی ریز بر اساس آنالیز لیزر در منطقه مورد مطالعه.



همانطور که توزیع فراوانی ریزترین ذرات یعنی ذرات کلئیدی و رسی در محدوده مورد مطالعه متفاوت است، توزیع ذرات درشت نیز در نمونه‌های منتخب، فراوانی و اندازه‌های متفاوتی را نشان می‌دهد. طیف اندازه درشت‌ترین ذرات در بیست نمونه جدا شده در آنالیز لیزر به صورت ماسه درشت، ماسه ریز، ماسه خیلی ریز، سیلت درشت و سیلت متوسط می‌باشد. توزیع فراوانی این ذرات در شکل ۶ نشان داده شده است. فراوانی ذرات درشت در نمونه‌ها مطابق شکل در جنوب غربی محدوده مورد مطالعه است.



شکل ۶- نقشه توزیع فراوانی درشت‌ترین ذرات هر نمونه (از سیلت متوسط تا ماسه متوسط) بر اساس آنالیز لیزر در منطقه مورد مطالعه.

با توجه به نتایج آنالیزهای لیزری و نقشه‌های تهیه شده می‌توان اینطور تفسیر کرد که بدلیل بادی بودن سیستم تغذیه غرب و جنوب غربی حوضه ذرات ریز و کلئیدی بیشترین میزان را در این محدوده دارند. همچنین در مرکز حوضه و مخصوصاً دریاچه هامون به دلیل چند منشأ بودن سیستم آوردهای رسوبی، محدوده وسیع تری از ذرات از نظر اندازه را در بر می‌گیرد.

۵. نتیجه گیری

بر اساس مثلث گراول-ماسه-گل فولک نمونه‌های سیستان در محور ماسه-گل قرار می‌گیرند و تمرکز نمونه‌ها اغلب در رأس ماسه و ماسه گلی نمودار فولک می‌باشد. بیشتر نمونه‌های برداشت شده دارای ۹۰ درصد ماسه می‌باشند که طبق نمودار فولک آنها را ماسه می‌نامیم.

ذرات کلئیدی در جنوب محدوده مورد مطالعه در هامون هیرمند بیشترین فراوانی را در ذرات رسی این نمونه‌ها دارند. مطابق نقشه توزیع فراوانی ذرات رسی، بیشترین فراوانی به صورت پلی‌مودال در شمال غرب، مرکز-غرب و جنوب شرق محدوده مورد مطالعه مشاهده می‌شود و کمترین فراوانی در جنوب غرب منطقه مشاهده می‌گردد. شیوه توزیع ذرات رسی در محدوده مورد مطالعه نشان می‌دهد که برخاستگاه رسوبات از دو منطقه در افغانستان (توزیع در شرق) و یک برخاستگاه داخلی (شمال غرب و جنوب غرب) می‌باشد. نگارش و همکاران [14] نیز نشان دادند که رسوبات کلوئیک‌های دلتای قدیمی رودخانه‌ی هیرمند دارای منشأ داخلی و خارجی هستند.



با توجه به نتایج آنالیزهای لیزری و نقشه های تهیه شده می توان اینطور تفسیر کرد که بدلیل بادی بودن سیستم تغذیه در غرب و جنوب غربی منطقه مورد مطالعه، ذرات ریز و کلئیدی بیشترین میزان را در این محدوده دارند و در مرکز محدوده مطالعاتی و مخصوصا دریاچه هامون به دلیل چند منشا بودن سیستم آوردهای رسوبی، محدوده وسیع تری از ذرات از نظر اندازه را در بر میگیرد.

منابع

- [13] موسوی حرمی، سید رضا، ۱۳۸۹. رسوبشناسی. انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۷۴ ص.
- [14] نگارش، ح. فتوحی، ص. خمر، ا. (۱۴۰۱). 'منشأیابی رسوبات کلوتهکهای دلتای قدیمی رودخانهی هیرمند،' مطالعات جغرافیایی مناطق خشک (۹۳): ۸۳-۱۰۲.
- [1] Vekerdy Z. Dost R. Reinink G. and Partow H. 2006. History of Environmental Change in the Sistan Basin Based on Satellite Image Analysis: 1976–2005. UNEP Post-Conflict Branch Geneva. United Nations Environment Programme. Nairobi, Kenya. 56 p.
- [2] Rashki, A.; Kaskaoutis, D.; Rautenbach, C.J.D.; Eriksson, P. 2012. Changes of Permanent Lake Surface, and Their Consequences for Dust Aerosol and Air Quality: The Hamoun Lakes of the Sistan Area, Iran. *Journal of Atmospheric Aerosol-Regional Characteristics-Chemistry and Physics*, 6, 163-202, Website: <http://dx.doi.org/10.5772/48776>.
- [3] McMahon, H., 1906. Recent survey and exploration in Seistan. *The Geographical Journal* 28, 209-228.
- [4] Alizadeh-Choobari, O., Zawar-Reza, P., Sturman, A., 2014. The “wind of 120 days” and dust storm activity over the Sistan Basin. *Atmospheric Research* 143, 328-341.
- [5] Lancaster, N., Wolfe, S., Thomas, D., Bristow, C., Bubenzer, O., Burrough, S., et al. (2016). The INQUA dunes atlas chronologic database. *Quaternary International*, 410: 3–10. <https://doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.044>.
- [6] Jiang, Q., Yang, X. (2019). Sedimentological and Geochemical Composition of Aeolian Sediments in the Taklamakan Desert: Implications for Provenance and Sediment Supply Mechanisms. *Journal of Geophysical Research: Earth Surface*, 124, 1217–1237. doi:10.1029/2018JF004990.
- [7] Whitney, JW. (2006). *Geology, water, and wind in the Lower Helmand Basin, Southern Afghanistan*. U.S. Geological Survey. Reston Virginia; [Retrieved 2010-08-31].
- [8] Middleton, N. (2019) Variability and Trends in Dust Storm Frequency on Decadal Timescales: Climatic Drivers and Human Impacts. *Geosciences*, 9: 261.
- [9] Abbasi, H., Gohardoust, A., Khaksarian, F., ganjali, M. (2018a). Morphologic characteristics of aeolian deposits and erosive winds in Sistan plain. *Desert Management*, 5(10): 28-42. doi: 10.22034/jdmal.2018.30648.
- [10] Hamzeh, M.A.; Mahmudy-Gharaie, M.H.; Alizadeh-Lahijani, H.; Moussavi-Harami, R.; Djamali, M.; Naderi-Beni, A. (2016). Paleolimnology of Lake Hamoun (E Iran): Implications for past climate changes and possible impacts on human settlements. *Palaios*, 31: 616–629.
- [11] Rashki, AR., Kaskaoutis, DG. Goudie, AS., Kahn, RA. (2013). Dryness of ephemeral lakes and consequences for dust activity: the case of the Hamoun drainage basin, southeastern Iran. *Sci Total Environ*, 463–464:552–64
- [12] Abbasi, H.; Opp, C.; Groll, M.; Rohipour, H.; Khosroshahi, M.; Khaksarian, F.; Gohardoust, A. (2018b). Spatial and temporal variation of the aeolian sediment transport in the ephemeral Baringak Lake (Sistan Plain, Iran) using field measurements and geostatistical analyses. *Z. Geomorphol*, 61: 315–326.