

پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، سال هشتم، شماره ۲، پاییز ۱۳۹۸
صص. ۲۲-۱

مطالعه پراکندگی و منشأ یابی رسوبات لسی شمال شرق ایران

سیدرضا حسین زاده- دانشیار جغرافیای طبیعی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات، دانشگاه فردوسی مشهد.
علی قربانی شورستان* - دانشجوی دکتری جغرافیای طبیعی، گروه جغرافیا، دانشکده ادبیات، دانشگاه فردوسی مشهد.
علیرضا کریمی - استادیار علوم خاک، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
مهناز جهادی طرقي - دانشیار ژئومورفولوژی، دانشگاه پیام نور.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۱۴ تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۰۶/۱۷

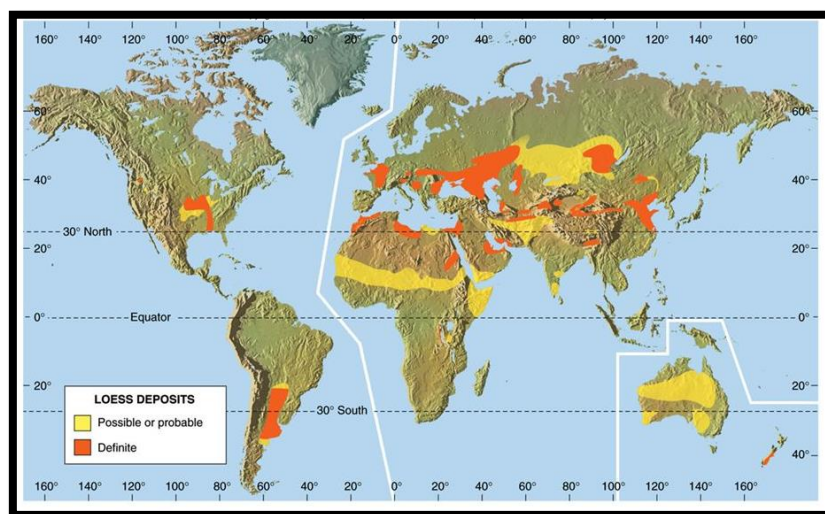
چکیده

رسوبات لسی در شمال شرقی ایران به شکل پراکنده و با ضخامت کم بر روی دامنه‌های رو به شمال، شمال شرقی و شرقی نهشته شده‌اند. مطالعه و بررسی این رسوبات می‌تواند در بازسازی فرایندهای ژئومورفولوژی گذشته کمک کند. هدف از این مطالعه شناسایی و تعیین پراکنش رسوبات لسی، بررسی ویژگی‌های بافت رسوب‌ها، ویژگی‌های مورفوسکی (SEM) و در نهایت منشأ یابی این رسوبات در شمال شرق ایران و در محدوده استانهای خراسان رضوی، خراسان شمالی و استان گلستان می‌باشد. در مجموع تعداد ۱۱۹ نمونه سطحی به صورت پراکنده در کل منطقه برداشت و میزان گچ و آهک آنها مشخص گردید. از این تعداد ۲۰ نمونه پراکنده از منطقه جهت آزمایش توزیع اندازه ذرات و تعداد ۴ نمونه جهت بررسی مورفوسکی (SEM) انتخاب شد. ماسه خیلی ریز، ذره غالب در نمونه‌ها بوده و مجموع سیلت درشت و سیلت خیلی درشت و ماسه خیلی ریز به بیش از ۶۰ درصد می‌رسند. نتایج بدست آمده از اسکن دانه‌های کوارتز که نشان می‌دهد اکثر دانه‌ها دارای گرد شدگی کم، شکستگی‌ها زاویه دار، ضریب سایش کم و همچنین هاله مانند بودن ذرات بیانگر برداشت از بسترهای رودخانه‌های قدیمی یا دشت‌های آبرفتی، مسافت حمل متوسط و قرار گرفتن در محیط‌های رسوبی بادی است به‌مراه دلایلی چون غالب بودن شن خیلی ریز در نمونه‌ها می‌توان بعنوان شاهدهی از محلی بودن و نزدیکی محل برداشت به محل نهشتگی در نظر گرفت. بین ارتفاع و میانگین اندازه ذرات نمونه‌های برداشت شده همبستگی منفی قوی وجود دارد و هر چه به ارتفاع محل برداشت نمونه افزوده می‌شود میانگین اندازه ذرات آن کوچکتر می‌شود و ضریب همبستگی آن ۰/۷- می‌باشد.

واژگان کلیدی: رسوبات لسی، شمال شرق ایران، توزیع اندازه ذرات، مورفوسکی، منشأ یابی.

مقدمه

رسوبات لسی یکی از شناخته شده ترین رسوبات بادرفتی در جهان می باشند (سودمند، ۱۳۹۲، ۲) که بیشتر در کمربند لسی یعنی عرض های جغرافیایی ۳۰ تا ۶۰ درجه نیمکره شمالی پراکنده هستند (شکل ۱). با توجه به قرارگیری ایران در عرض جغرافیایی ۲۵-۴۰ شمالی امکان وجود رسوبات لسی در ایران وجود دارد و شمال ایران هم از نظر موقعیت جغرافیایی که هم عرض آسیای میانه و چین است هم به لحاظ شرایط ژئومورفولوژی دارای رسوبات لسی شناخته شده تری نسبت به سایر نقاط ایران می باشد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۷، ۴۵). مطالعه رسوبات لسی می تواند اطلاعات ما را در زمینه تغییرات اقلیمی و محیطی گذشته افزایش دهد و از آنجایی که لسهای پلیستوسن به صورت گسترده در قاره های مختلف زمین پراکنده شده اند می تواند زمینه مناسبی را برای انجام مطالعه بر روی اقلیم گذشته کره زمین فراهم سازد (کریمی و همکاران، ۲۰۱۱، ۱۲۷). در انجام مطالعات رسوبات لسی اولین قدم شناسایی ویژگی های فیزیکی، شیمیایی و کانی شناسی آنها است. تعیین این ویژگی ها برای تعیین منشأ، مکانیزم انتقال، چگونگی تجمع و رژیم های باد برای حمل و نقل ذرات لازم است (سان، ۲۰۰۲، ۲). در این میان دو ویژگی توزیع اندازه ذرات و مورفوسکوپی ذرات کوارتز، به فراوانی برای تعیین مکانیزم منشأ و فرایند انتقال به فراوانی استفاده شده است، تغییر الگوی توزیع اندازه ذرات در رسوبات لسی را می توان ناشی از تغییرات اقلیمی و زیست محیطی، تغییر دینامیک باد، تغییر منابع تامین لس و شرایط متفاوت شکل گیری سیلت ها در دوران رسوب گذاری دانست (کروهلینگ، ۱۴۲، ۲۰۰۷).



شکل ۱: نقشه پراکندگی مناطق لسی جهان (کراوی^۳ و همکاران، ۲۰۱۰)

مطالعات گسترده ایی در مورد ویژگی ها، خصوصیات، پراکندگی و کاربرد رسوبات لسی در جهان و همچنین در ایران صورت گرفته است که در اینجا به صورت خلاصه به برخی از آنها اشاره خواهد شد؛ در زمینه تعریف سازندهای لسی می توان به مطالعات تاسور^۴ و پای^۵ (۱۹۸۷)، کراوی و همکاران (۲۰۱۰)، موس^۶ (۲۰۰۷)، کریمی و همکاران (۲۰۰۹)، جاکوب^۷ و همکاران (۲۰۱۱) و کریمی و همکاران (۲۰۱۱) اشاره کرد که تعریفی از لس ارائه داده اند با تاکید بر توزیع اندازه ذرات حمل شده توسط باد، که از رس، سیلت و شن خیلی ریز تشکیل شده است که بخش سیلت آن نسبت به دیگر ذرات از فراوانی

² Sun

⁸ Kröhling

³ Kehrwald

⁵ Tsoar

⁶ Pye

⁷ Muhs

⁸ Jacobs

بیشتری برخوردار است. همچنین پیچی^۹ (۱۹۹۰) تلاش گسترده ایی در جهت ارائه تعریف تبیین برای لس انجام داد که منتج به پیشنهاد ده خصوصیت مختلف برای سازندهای لسی شد، همچنین ایریندو^{۱۰} و کروهلینک^{۱۱} (۲۰۰۷) چندین ویژگی فرعی برای سازندهای لسی مانند شکنندگی، دامنه های شیبدار و شکافهای عمودی هر چند که در تعاریف لس کاربرد ندارند، اما به طور گسترده ای در مطالعات میدانی مورد استفاده قرار می گیرند ارایه دادند. مهمترین ویژگی رسوبات لسی توزیع ذرات آنها می باشد و مطالعات فراوانی در این زمینه توسط پای^{۱۲} (۱۹۸۷)، کراوی و همکاران^{۱۳} (۲۰۱۰)، موس^{۱۴} (۲۰۰۷)، کریمی و همکاران^{۱۵} (۲۰۰۹)، کراوی و همکاران^{۱۶} (۲۰۱۰)، جاکوب و همکاران^{۱۷} (۲۰۱۱) و کریمی و همکاران^{۱۸} (۲۰۱۱) انجام گرفته و تمامی آنها تاکید بر این مطلب دارند که لسه‌ها، رسوبات بادرفتی هستند که از رس، سیلت و شن خیلی ریز تشکیل شده است. در زمینه پراکندگی رسوبات لسی در جهان و ایران می توان به مطالعه سان^{۱۹} (۲۰۰۲) اشاره کرد که بیان می کند ۱۰ درصد سطح کره زمین (عرض ۳۰ تا ۶۰ نیمکره شمالی) توسط لس پوشانده شده است، یا می توان به مطالعات گودیه^{۲۰} و همکاران^{۲۱} (۱۹۸۴)، کریمی و همکاران^{۲۲} (۲۰۰۹) و کراوی و همکاران^{۲۳} (۲۰۱۰) اشاره کرد که به اثبات وجود رسوبات لسی در مناطق خشک پرداخته اند و در نهایت وجود لس در شمال ایران توسط خرمالی و کهل^{۲۴} (۲۰۱۱)، خرمالی و عجمی^{۲۵} (۲۰۱۱) و خرمالی و همکاران^{۲۶} (۲۰۱۲) و در شمال شرق ایران توسط اخروی و امینی^{۲۷} (۲۰۰۱) و کریمی و همکاران^{۲۸} (۲۰۰۹) و در جنوب غرب ایران توسط کهل و همکاران^{۲۹} (۲۰۰۵) به اثبات رسیده است. سازندهای لسی به دلیل تخلخل مناسب و سیلت فراوان، شرایط مناسبی برای نفوذ ریشه و حفظ رطوبت دارد که این ویژگی باعث شده حاصلخیزترین خاکهای جهان در این سازندها تشکیل شوند. مطالعات فراوانی برای اثبات این مطلب توسط منگل^{۳۰} و همکاران^{۳۱} (۱۹۹۸)، کات^{۳۲} (۲۰۰۱)، واسیلیویچ^{۳۳} و همکاران^{۳۴} (۲۰۱۳) و فیض نیا^{۳۵} (۱۳۸۴) صورت گرفته است. لسه‌ها به دلیل داشتن سیلت فراوان حساسیت بسیار زیادی در زمینه فرسایش دارند و در صورت مدیریت ضعیف می تواند فرسایش بالایی را ایجاد کند (۱۰۰ تن در هکتار)، که در زمینه جهت برآورد میزان فرسایش و نحوه مدیریت این نوع اراضی مطالعات گسترده ای انجام شده است که می توان به مطالعات چن^{۳۶} و همکاران^{۳۷} (۲۰۰۳)، واسیلیویچ و همکاران^{۳۸} (۲۰۱۳)، دربی شایر^{۳۹} (۱۹۸۳) و عجمی و همکاران^{۴۰} (۱۳۹۱) اشاره کرد. تناوب رسوبگذاری لس و تشکیل خاک در این رسوبات که در پاسخ به تغییرات اقلیمی است، سبب شده است که این رسوبات، مهمترین بایگانی های تغییرات اقلیمی در خشکی ها باشند، که این مطلب در مطالعات سان^{۴۱} (۲۰۰۲)، کریمی و همکاران^{۴۲} (۲۰۱۱)، واسیلیویچ و همکاران^{۴۳} (۲۰۱۳)، استنلی^{۴۴} و شاتزل^{۴۵} (۲۰۱۱)، دینگ^{۴۶} و همکاران^{۴۷} (۱۹۹۹)، پرسلی^{۴۸} و همکاران^{۴۹} (۲۰۱۰)، شاتزل و آندرسون^{۵۰} (۲۰۰۵)، کریمی و همکاران^{۵۱} (۲۰۱۳)، گلیوا^{۵۲} و آندریک^{۵۳} (۲۰۱۳) و کروالد^{۵۴} و همکاران^{۵۵} (۲۰۱۰) به اثبات رسیده است. عامل اصلی تعیین کننده توزیع اندازه ذرات در

⁹ Pécsi

¹⁰ Iriondo

¹¹ Goudie

¹² Kehl

¹³ Mengel

¹⁴ Catt

¹⁵ Vasiljevich

¹⁶ Chen

¹⁷ Derbyshire

¹⁸ Stanley

¹⁹ Schaetzl

²⁰ Ding

²¹ Presley

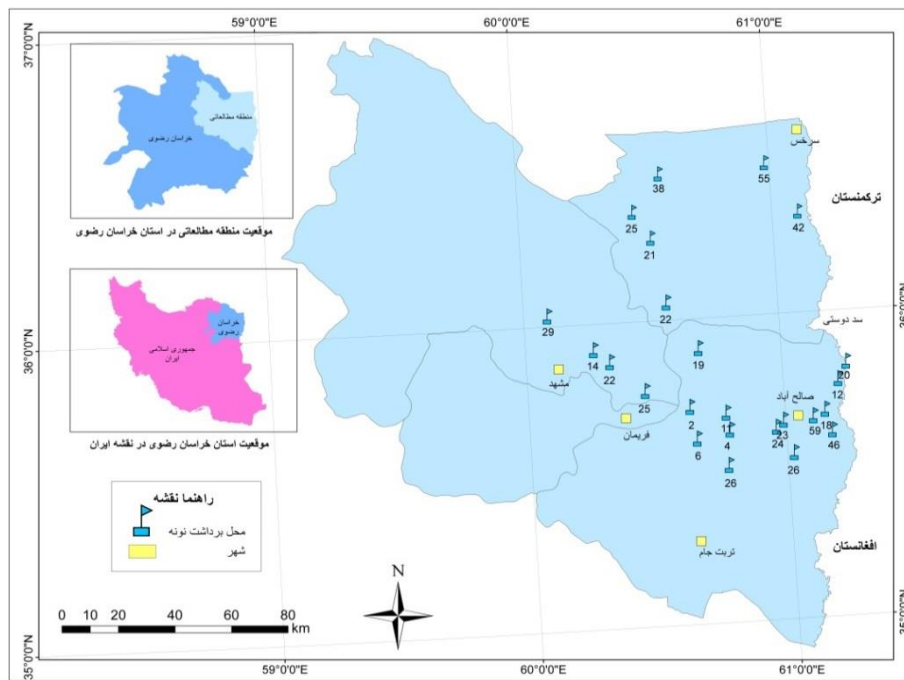
²² Anderson

²³ Golyeva

²⁴ Andric

²⁵ Kehrwald

رسوبات لسی، فاصله از منبع برداشت است. با توجه به مطالعات انجام شده، ذرات با نمای ۵۰ تا ۶۰ میکرون از فواصل کمتر از ۳۰۰ کیلومتر و ذرات با نمای ۳ تا ۸ میکرون از مسافت‌های دورتر ۵۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلومتر حمل می‌شوند و کسانی که در این زمینه مطالعات گسترده‌ای انجام داده‌اند و مطالب فوق را به اثبات رسانده‌اند، تاسور و پای (۱۹۸۷)، دایان^۱ و همکاران (۲۰۰۸)، کراوی و همکاران (۲۰۱۰) و فریچن^۲ و همکاران (۱۹۹۸) می‌باشند.



شکل ۲: نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

علاوه بر رسوبات لسی شمال ایران که اطلاعات خوبی از پراکنش و ویژگی‌های آنها وجود دارد، در ناحیه کپه داغ نیز رسوبات لسی وجود دارد که برخلاف رسوبات لسی شمال ایران، پراکنده و کم ضخامت هستند. این رسوبات در اطراف کلات نادری، سرخس، تربت جام، فریمان و اطراف مشهد قابل مشاهده هستند. برخی از این رسوبات بر روی نقشه‌های زمین‌شناسی (۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰) نشان داده شده‌اند. ویژگی‌های برخی از این رسوبات نیز توسط کریمی و همکاران (۲۰۰۹) و اخروی و امینی (۲۰۰۳) مطالعه شده است. رسوبات لسی در این محدوده از ایران در امتداد رسوبات لسی آسیای میانه و چین قرار دارند ولی اطلاعات کمی درباره ویژگی‌ها و پراکنش آنها وجود دارد. در این مطالعه سعی شده پراکنش رسوبات لسی، ویژگی‌های توزیع اندازه ذرات آنها، ویژگی‌های بافت سطحی و شکل ذرات کوارتز، منشا احتمالی آنها، تعیین فاصله از محل برداشت و تبیین فرایندهای تشکیل و تجمع رسوبات لسی در شمال شرق ایران تعیین گردد.

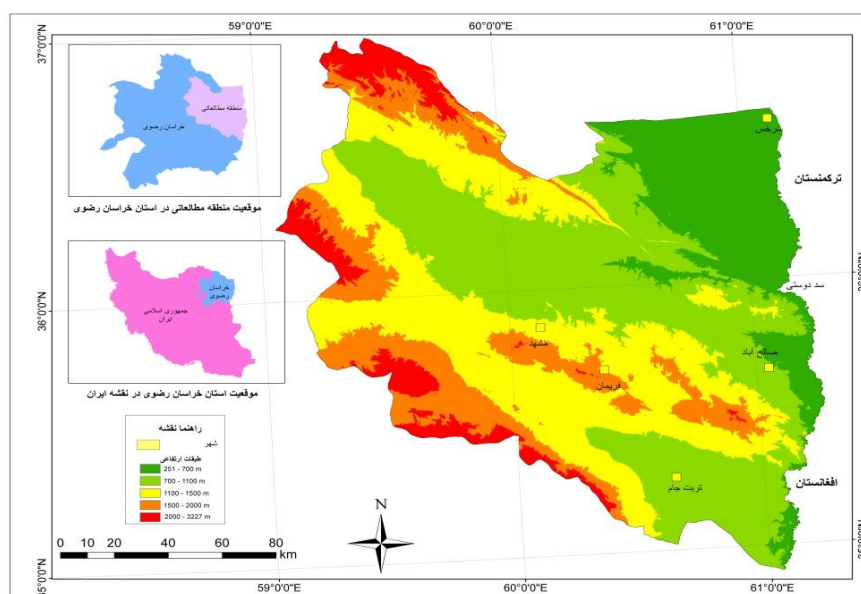
مواد و روش منطقه مطالعاتی

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش لسهای واقع در منتهی الیه شرقی و جنوب شرقی رشته کوه کپه داغ، محدوده سرخس و صالح آباد همچنین بخشی از بینالود (در ادامه البرز و ایران مرکزی) و ناحیه کپه داغ را شامل می شود. محدوده فریمان، تربت جام و جنوب مشهد در عرض های جغرافیایی و $۲۰' ۳۵^{\circ}$ تا $۵۹' ۳۶^{\circ}$ شمالی و طول های جغرافیایی $۵۰' ۵۹^{\circ}$ تا $۲۰' ۶۱^{\circ}$ شرقی را شامل می گردد (شکل ۲).

ویژگی های محیطی منطقه مورد مطالعه

از دیدگاه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه جزء از زون زمین ساختی هزار مسجد- کپه داغ می باشد. قدیمی ترین واحدهای سنگی این زون متعلق به دوران اول زمین شناسی می باشد که در منطقه مورد مطالعه ما رخنمون دارند و رسوبات دوران دوم و سوم نیز با ضخامت نسبتاً کمی قابل مشاهده می باشد. از نگاه پیکرشناسی، کپه داغ منطقه ای کوهستانی است که فاز پایانی آلی در تشکیل سیمای امروزی آن نقش اساسی داشته اند. ریخت شناسی منطقه جوان است و توپوگرافی آن، در رابطه مستقیم با ساختارهای زمین شناسی هستند. ویژگی های لیتولوژیکی توده سنگی واحدهای مختلف زمین شناسی در این محدوده بگونه ایست که رخنمون های محدودی از سنگ پی قابل مشاهده می باشد آنهم به دلیل آنکه ضخامتهای عظیمی از مواد سطحی آن را پوشانیده که در نقشه های زمین شناسی از آن اثری ملاحظه نمی شود، یعنی در این نقشه ها بیشتر سنگ زیرینا نشان داده شده و مواد سست سطحی که همان لس ها هستند فقط در بازدیدهای میدانی قابل مشاهده هستند. ولی انطباق نمونه های اخذ شده از گمانه های مختلف امکان تحدید حدود سازندهای مختلف زمین شناسی را فراهم کرده است. واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه عمدتاً از شیل، مارن، کنگلومرا، آهک، ماسه سنگ می باشد.

منطقه مورد مطالعه جزو سیستم ناهمواری کپه داغ است که شکل و سمت و سوی ناهمواری ها تحت تاثیر دو صفحه توران و ایران می باشد. ارتفاعات در این منطقه دارای روند شمال غرب - جنوب شرق می باشد و میانگین ارتفاع در این منطقه ۱۶۹۱ متر می باشد و بلندترین نقطه ۳۲۲۷ متر و کم ارتفاع ترین نقطه ۲۵۱ متر ارتفاع از سطح آبهای آزاد دارند، به لحاظ توزیع مکانی همانطور که در نقشه (شکل ۳) قابل مشاهده می باشد مرتفع ترین نقطه در جنوب غربی منطقه واقع شده و پست ترین نقطه در شمال شرقی منطقه و نزدیک به دشت سرخس واقع شده است و هرچه قدر از سمت شمال شرق به جنوب غرب حرکت می کنیم ارتفاع بیشتر می شود و اختلاف ارتفاع بین مرتفع ترین و پست ترین نقطه در این منطقه ۲۹۷۶ متر می باشد که این خود حکایت از کوهستانی بودن منطقه دارد.



شکل ۳: نقشه طبقه بندی ارتفاعی منطقه مورد مطالعه

جهت بررسی های اقلیمی منطقه مورد مطالعه از داده های اقلیمی ایستگاه های هواشناسی سینوپتیک که در محدوده مطالعاتی وجود دارند شامل ایستگاه های سرخس، تربت جام، فریمان و مشهد طی دوره آماری از ابتدای تاسیس تا سال ۲۰۱۷ میلادی استفاده شده است. پس از آنالیز داده ها نوع اقلیم منطقه بر اساس طبقه بندی اقلیمی کوپن در هر چهار ایستگاه اقلیم استپی تعیین گردید و بر اساس طبقه بندی دمارتن ایستگاه مشهد و فریمان دارای اقلیم نیمه خشک و ایستگاه تربت جام و سرخس دارای اقلیم خشک هستند و همچنین بر اساس طبقه بندی آمبرژه ایستگاه های مشهد و فریمان دارای اقلیم نیمه خشک سرد و ایستگاه های تربت جام و سرخس دارای اقلیم خشک و سرد می باشند و در نهایت بر اساس طبقه بندی ایوانف کلیه ایستگاه ها دارای اقلیم صحرایی می باشند (عیسی پور، ۱۳۹۳). میانگین بارندگی سالانه در ایستگاه های هواشناسی مشهد، تربت جام، فریمان و سرخس به ترتیب ۲۴۹،۴۵، ۱۶۳، ۲۵۵،۷ و ۱۸۷،۱ میلی متر می باشد و میانگین دمای سالانه در ایستگاه های هواشناسی مشهد، تربت جام، فریمان و سرخس به ترتیب ۱۴،۴۷، ۱۵،۸، ۱۳،۹۶ و ۱۸،۱۲ درجه سانتی گراد می باشد (جدول ۱) رژیم رطوبتی خاک، اریدیک در مرز زیرک^۱ و رژیم حرارتی منطقه مطالعاتی مزیک^۲ می باشد. جهت بررسی خصوصیات مختلف باد شامل جهت و سرعت وزش باد غالب، باد آرام، و سرعت متوسط باد، از آمار ایستگاه های سینوپتیک منطقه استفاده شده و نتایج محاسبات در جدول (۲) ارائه گردیده است. باتوجه به جدول مورد اشاره ملاحظه می شود که جهت وزش باد غالب در ایستگاه سینوپتیک سرخس، تربت جام، فریمان و مشهد عمدتاً از جهت شمال غرب می باشد و فقط در ماههای اوت و سپتامبر (مرداد و شهریور) جهت آن شمالی است. همچنین مشاهده می شود که در ماههای نوامبر و دسامبر (آبان و آذر) درصد باد غالب ماهانه کمترین مقدار بوده و پس از آن به تدریج افزایش یافته و در ماه ژوئیه (تیرماه) به حداکثر مقدار خود می رسد. سرعت وزش باد غالب نیز در ماه ژوئیه (تیر ماه) حداکثر و در ماه دسامبر (آذرماه) به حداقل می رسد. درصد باد آرام نیز در ماههای اکتبر و نوامبر (مهر و آبان ماه) بیشترین و در ماه ژوئیه (تیر ماه) کمترین مقدار را دارا می باشد. همچنین باتوجه به جدول فوق مشاهده می شود که در نوامبر (آبان

28 - Aridic border on Xeric

29- Mesic

ماه) با سرعت ۱,۹ متر بر ثانیه پایین ترین سرعت را داشته و در ژوئیه (تیر ماه) با سرعت متوسط ۵,۸ متر بر ثانیه به حداکثر سرعت خود می رسد.



شکل ۴: نمونه برداری رسوبات لسی

جدول ۱: خلاصه آمار اقلیمی ایستگاه های سینوپتیک منطقه مورد مطالعه (از ابتدای تاسیس تا سال ۲۰۱۷)

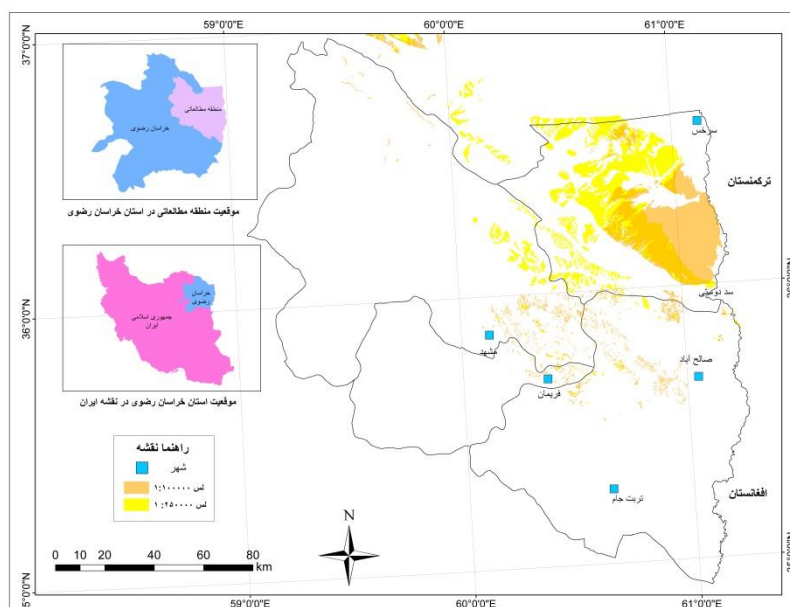
بارندگی (میلیمتر)	دما (C)			نام ایستگاه
	میانگین	حداکثر	حداقل	
۲۴۹,۴۵	۱۴,۴۷	۴۳,۸	-۲۸	مشهد
۱۶۳	۱۵,۸	۴۴,۲	-۲۴	تربت جام
۲۵۵,۷	۱۳,۹۶	۳۳,۶	-۲۳,۶	فریمان
۱۸۷,۱	۱۸,۱۲	۴۷,۴	-۲۲,۴	سرخس

جدول ۲: سرعت و جهت باد غالب درصد باد آرام و سرعت متوسط بادهای مختلف در منطقه مورد مطالعه در طی دوره آماری موجود

پارامتر	ماه												
	اکتبر	نوامبر	دسامبر	ژانویه	فوریه	مارس	آوریل	مه	ژوئن	ژوئیه	اوت	سپتامبر	سالانه
جهت	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی	شمال غربی	شمال	شمال
باد غالب	۱۶	۱۴	۱۴	۱۷	۱۹	۲۰	۲۰	۲۲	۲۷	۳۳	۳۲	۲۱	۲۱
سرعت متوسط (m/s)	۵,۲	۴,۵	۴,۱	۴,۳	۵,۱	۵,۳	۵,۵	۵,۳	۵,۵	۵,۸	۵	۴,۲	۵
باد آرام	۵۴	۵۴	۴۹	۴۷	۴۷	۵۱	۴۹	۴۹	۳۲	۲۲	۲۸	۴۶	۴۴
متوسط سرعت (m/s)	۲	۱,۹	۲,۳	۲,۳	۲,۴	۲,۴	۲,۳	۲,۴	۳,۳	۴,۳	۳,۳	۲,۵	۲,۶

مواد و روش‌ها

برای انجام این تحقیق ابتدا با استفاده از نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ نقشه پراکندگی لس‌ها در منطقه مورد مطالعه تهیه شد (شکل ۵)، سپس با بازدیدهای میدانی گسترده و پیمایش بیش از ۱۰۰۰ کیلومتر، بر اساس ویژگی‌های ژئومورفیک و توپوگرافی، محدوده رسوبات لسی شناسایی شد و در مجموع ۱۱۹ نمونه سطحی برداشت شد (شکل ۴) که با توجه به بالا بودن هزینه انجام آزمایش توزیع اندازه ذرات و آزمایش مورفوسکپی (SEM) از این تعداد ۲۰ نمونه جهت آزمایش توزیع اندازه ذرات و ۴ نمونه جهت بررسی مورفوسکپی (SEM) دانه‌های کوارتز به صورت پراکنده انتخاب گردید تا بتوان نتایج حاصل از آنالیزهای آزمایشگاهی را به کل منطقه مطالعاتی تعمیم داد. در هر نقطه، نمونه‌های مرکب برداشت شد، به این ترتیب که از چهار راس و مرکز یک مربع به ضلع حدود ۱۰۰ متر، پنج نمونه برداشت و پس از مخلوط کردن یک نمونه از آنها تهیه شد. نمونه‌ها از مناطقی برداشت شدند که باثبات و پایدار باشند و تحت تاثیر فرایندهای فرسایش، رسوب و خاکسازي قرار نگرفته باشند.



شکل ۵: نقشه پراکندگی رسوبات لسی بر مبنای نقشه های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰.

آنالیزهای فیزیکی و شیمیایی

در ۲۰ نمونه انتخابی ابتدا میزان گچ و آهک آنها مشخص شد، پس از خشک کردن نمونه ها با بکارگیری ۱۰ میلی لیتر آب اکسیژنه مواد آلی آنها مورد شستشو قرار گرفته و جدا شد. همچنین برای از بین بردن کربناتهای آن با ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۱۰ درصد مورد شستشوی مجدد قرار گرفت و در ادامه آماده سازی نمونه با ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر مخلوط شد و به مدت ۱۲ ساعت برای حذف یونهای اسیدی نگهداری شد. رسوبات باقی مانده بعد از جدا شدن و قبل از مشخص ساختن نوع بافت با مقدار ۱۰ میلی لیتر محلول (اسید نیتریک) در یک ویراتور اولتراسونیک قرار گرفت. در پایان اندازه دانه ها در دستگاه آنالیز اندازه ذرات لیزری مالور ماستر سایز ۲۰۰۰ در آزمایشگاه مهندسی شیمی دانشکده مهندسی دانشگاه فردوسی مشهد اندازه گیری شد و میانگین اندازه دانه، انحراف معیار، کشیدگی و چولگی آن محاسبه گردید.

محاسبه پارامترهای توزیع اندازه ذرات

میانگین اندازه دانه (Mz)، انحراف معیار یا جورشدگی (δI)، چولگی ($SK1$) و کشیدگی (K) توسط معادلات زیر محاسبه گردید (سیمون جی، ۲۰۰۱):

$$Mz = \frac{\phi_{16} + \phi_{50} + \phi_{84}}{3}$$

$$\delta I = \frac{\phi_{84} - \phi_{16}}{4} + \frac{\phi_{95} - \phi_{5}}{6.6}$$

$$SK1 = \frac{\phi_{16} + \phi_{84} - 2\phi_{50}}{2(\phi_{84} - \phi_{16})} + \frac{\phi_{5} + \phi_{95} + 2\phi_{50}}{2(\phi_{95} - \phi_{5})}$$

$$K = \frac{\phi_{95} - \phi_{5}}{2.44(\phi_{75} - \phi_{25})}$$

مقیاس فی (ϕ) اندازه دانه را بر حسب لگاریتم بیان می کند که مقیاس لگاریتمی بیان شده از برنامه (GRADISTAT) برای تجزیه و تحلیل توزیع اندازه

ذرات و محاسبه پارامترهای اندازه دانه مورد استفاده قرار گرفت. کلاس های اندازه ذرات (GRADISTAT) به این قرار می باشد ماسه خیلی درشت (۱ - ۲ میلی متر)، ماسه درشت (۰.۵ - ۱ میلی متر)، ماسه متوسط (۰.۲۵ - ۰.۵ میلی

متر)، ماسه ریز (۰،۵-۰،۱۲۵ میلی متر)، ماسه خیلی ریز (۶۳-۱۲۵ میکرون)، سیلت خیلی درشت (۳۱-۶۳ میکرون)، سیلت درشت (۱۶-۳۱ میکرون)، سیلت متوسط (۸-۱۶ میکرون)، سیلت ریز (۴-۸ میکرون)، سیلت خیلی ریز (۲-۴ میکرون) و رس (کوچکتر از ۲ میکرون).

آنالیز بافت سطحی ذرات کوارتز توسط میکروسکوپ الکترونی

شکل دانه در رسوبات لسی به ترکیب شیمیایی و ساختمان کریستالوگرافی، فرایندهای موثر در تشکیل آن و همچنین شدت تغییرات دیاژنزی و هوازدگی بستگی دارد. با استفاده از شکل سطح دانه ها، به خصوص دانه های کوارتز می توان تا حدودی به سنگ منشاء و محیط های رسوبی دانه ها پی برد و همچنین می توان فرایندهای موثر بر ذرات (آب، باد...) را معین نمود (امینی، ۱۳۷۴). کوارتز (SiO_2) در رسوبات به شکل کانی های کم و بیش فرسایش یافته مقاوم است دارای وزن مخصوص ۲/۶۵ و رنگ زرد، گلی، بنفش، آبی، و بی رنگ هستند، شکستگی آن بیشتر به صورت صدفی صورت می گیرد و دارای جلای صابونی یا شیری هستند و نوع شفاف آن از فراوانی بیشتری برخوردار است (نوع زرد آن فراوانتر است) و برخورد در اثر ضربات موجب خراشیدگی سطح آن در موقع حمل باد می گردد و به دلیل مقاومت نسبتا بالایی که دارد برای آنالیز بافت سطحی ذره توسط میکروسکوپ الکترونی مناسب می باشد، کوارتز موجود در لسهها غیر هوازده زاویه دار تا نیمه زاویه دار بوده، در حالیکه اگر هوازدگی و فعالیت شیمیایی محیط شدید باشد دانه های کوارتز بیشتر به حالت گرد شده مشاهده می شوند.

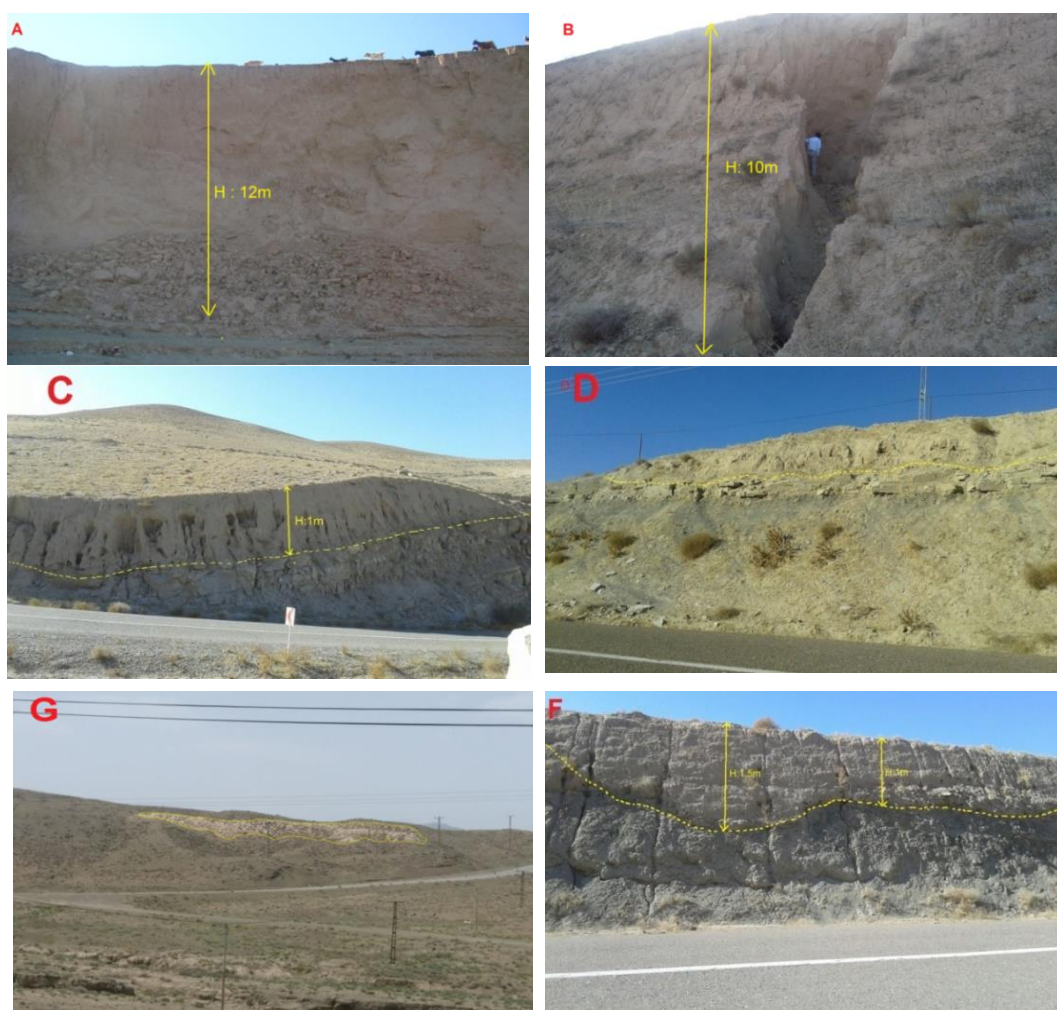
دانه های کوارتز از قسمت ماسه خیلی ریز مناسب آنالیزهای میکروسکوپ الکترونی می باشد؛ برای آماده سازی و جداسازی دانه های کوارتز قبل از اسکن دانه ها، ترکیب ژئوشیمیایی دانه ها با استفاده از طیف سنجی انرژی اشعه ایکس (EDAX) برای اطمینان از اینکه تنها ذرات کوارتز مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته بررسی گردید و در نهایت بعد از پایان مراحل آماده سازی دانه های کوارتز نمونه ها توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی (SEM) آزمایشگاه مرکزی دانشگاه فردوسی مشهد مورد سنجش قرار گرفت و تصاویر لازم از نمونه ها استخراج شد. بعد از اتمام آزمایشات توزیع اندازه ذرات و آنالیز بافت سطحی ذرات کوارتز، تجزیه و تحلیل های توصیفی و آماری صورت می گیرد، که نتایج این تجزیه تحلیل ها در کنار بررسی نحوه پراکنش لسهها در سطح زمین، جهت دامنه های پوشیده از لس و ویژگی های محیطی منطقه مطالعاتی می تواند ما را در مشخص کردن منشاء اصلی این رسوبات کمک کند.

نتایج و بحث

موقعیت پراکنش رسوبات لسی

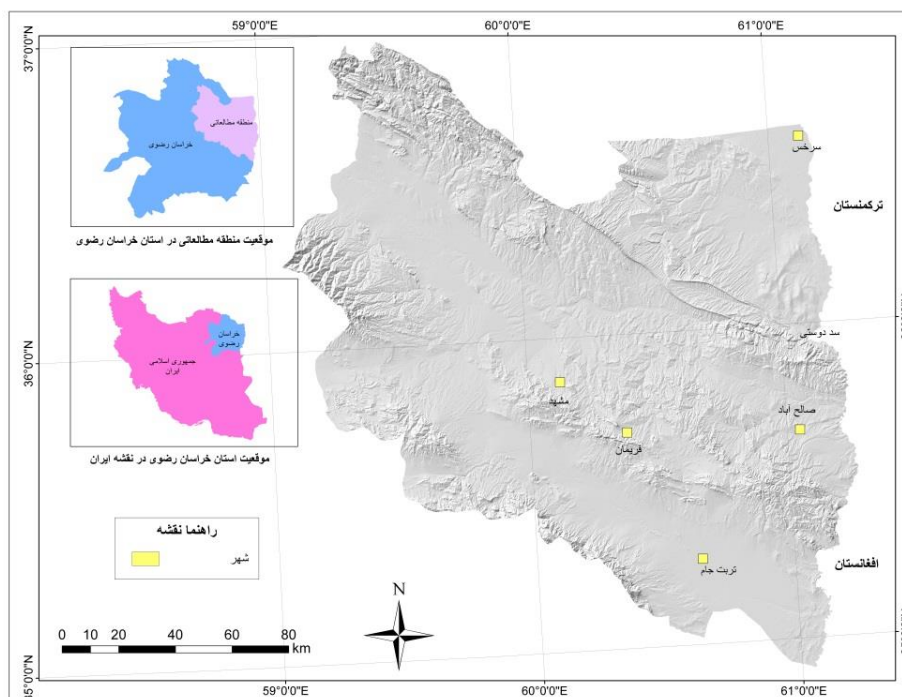
با توجه به توپوگرافی منطقه، رشته کوهها در غرب و جنوب منطقه همچون سدی در برابر ذرات عمل کرده و به همراه پوشش گیاهی پراکنده، رسوب و انباشت ذرات را تسهیل کرده است و تا حدودی شرایط را برای تشکیل رسوبات لسی در منطقه فراهم کرده است. در بازدیدهای میدانی گسترده ای که انجام شده مشخص شد که رسوبات لسی بیشتر بر روی دامنه های با جهت شرق شمال شرق و شمالی نهشته شده بطوری که در اطراف سد دوستی، دامنه ها تا نزدیک قله پوشیده از لس هستند و دامنه های دیگر فاقد این رسوبات می باشند و دامنه های جنوبی اغلب سنگ ریزه ای هستند. به عبارتی دیگر پراکنندگی رسوبات لسی که از خاک ترکمنستان آغاز شده دارای یک مسیر انتقال شمال شرقی- جنوب غربی می باشد که هرچه به سمت جنوب غرب حرکت کنیم بر پراکنندگی رسوبات لسی افزوده و از ضخامت آن لایه ها کاسته میشود (شکل ۵ - G - C - F - D). در این میان بیشترین ضخامت رسوبات لسی با حدود ۱۰ متر مربوط به منطقه سرخس بوده است (شکل ۵ A-B).

در جدول شماره ۳ میانگین اندازه ذرات نمونه رسوبات لسی برداشت شده از منطقه مورد مطالعه و ارتفاع محل برداشت هر نمونه بیان شده است و همانطور که در جدول ۳ قابل مشاهده می باشد پست ترین نقطه ایی که رسوبات لسی برداشت شده است ارتفاع ۵۰۷ متری از سطح دریا می باشد با میانگین ۸۲,۴۷ میکرون و مرتفع ترین نقطه ایی که رسوبات لسی برداشت شده ارتفاع ۱۵۵۵ متر از سطح دریا می باشد با میانگین ۵ میکرون می باشد.



شکل ۶: ضخامت لایه های لسی در مناطق مختلف منطقه مورد مطالعه

تصویر A: جاده مرزی سرخس (۳۵° ۵۷'۰۸" - ۶۱° ۰۷'۲۹")، B: محدوده سد دوستی (۳۵° ۵۰'۲۵" - ۶۱° ۱۵'۹")،
 C: جاده مرزی صالح آباد (۳۵° ۴۱'۱۳" - ۶۱° ۰۶'۲۶")، D: جاده مشهد- سرخس (چاهک) (۳۶° ۸'۲" -
 G: محدوده فرعی فریمان (کلاته منار) (۳۵° ۵۲'۱۷" - ۶۰° ۲۰'۰۸")، F: میامی (۳۶° ۱۵'۱۳" -
 ۶۰° ۲۷'۰۹")
 (۶۱° ۲۶'۰۶")



شکل ۷: نقشه سایه روشن (hillshade) منطقه مطالعاتی

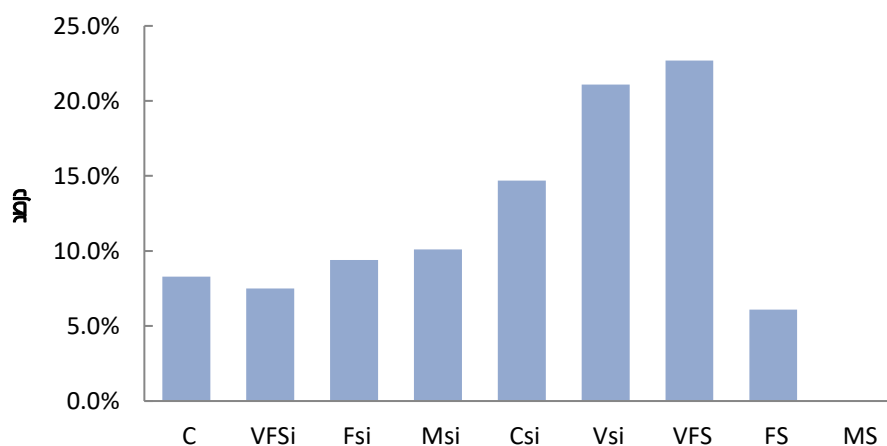
آنالیز توزیع اندازه ذرات

نتایج حاصل از آنالیز اندازه ذرات نمونه‌های محدود مورد مطالعه نشان داد (جدول ۳) که ذرات سیلت با میانگین ۶۲,۶۸ درصد و دامنه ۲۷ تا ۸۳ درصد) بیشترین فراوانی را نسبت به ذرات شن و رس داشته و ذرات شن بطور میانگین ۲۸,۹۶ درصد (دامنه صفر تا ۷۱,۷ درصد) و رس با میانگین ۸,۳ درصد (دامنه ۱,۱ تا ۲۷,۲ درصد) در رتبه‌های بعدی قرار می‌گیرند. آن چه از جدول سه مشخص است این است که در بین ذرات ماسه خیلی ریز (۲۲,۷ درصد) و با فاصله اندک سیلت خیلی درشت (۲۱,۱ درصد) دارای بیشترین مقدار هستند. فقط نمونه‌های ۸۹، ۹۰، ۹۴ و ۱۰۱ که مجموع سیلت خیلی درشت و ماسه خیلی ریز آن بسیار اندک و میزان رس و سیلت خیلی ریز آن بسیار بالا می‌باشد. نکته دیگری که از جدول شماره سه قابل دریافت است فراوانی بیشتر آهک (۱۱,۵ درصد) نسبت به گچ (۳,۱۸ درصد) می‌باشد.

جدول ۳. توزیع اندازه ذرات، میزان کج و آهک و پارامترهای آماری نمونه ها

شماره نمونه	ارتفاع از سطح دریا	میانگین اندازه ذرات	رس %	سیلت خیلی ریز %	سیلت ریز %	سیلت متوسط %	سیلت درشت %	سیلت درشت %	سیلت خیلی درشت %	سیلت	شن خیلی ریز %	شن ریز %	شن %	کثیدگی	چولگی	جورشدگی
۳۰	۵۵۹	۲۳,۹۲	۶,۹	۶,۱	۷,۹	۹,۷	۱۶,۹	۲۶,۶	۶۷,۲	۲۴,۴	۱,۵	۲۵,۹	-۰,۹۷	-۰,۴۲۲	۳,۷۶	
۳۴	۶۶۳	۱۵,۵۷	۸,۸	۸	۱۱	۱۵,۱	۲۲,۷	۳۳,۶	۸۰,۴	۹,۴	۱	۱۰,۴	-۰,۹۳	-۰,۲۹۷	۳,۶۲	
۳۸	۵۰۸	۲۵,۵۳	۶,۹	۶,۱	۷,۹	۹,۶	۱۵,۵	۲۳,۹	۶۳	۲۴,۹	۵,۳	۳۰,۲	-۰,۹۵	-۰,۴	۳,۹۹	
۴۵	۴۶۷	۶۵,۳۳	۲,۶	۲	۲,۸	۳,۴	۷,۳	۱۱,۳	۳۶,۸	۴۰,۴	۱۹,۲	۶۰,۶	-۰,۳۸۱	-۰,۴۶۶	۲,۶۶	
۴۹	۵۰۷	۸۲,۴۷	۱,۱	۰,۹	۱,۵	۲,۱	۵,۲	۱۷,۴	۱۷,۱	۴۷,۵	۲۳,۸	۷۱,۷	۱,۴۵	-۰,۳۱۱	۲,۰۱	
۵۵	۱۰۷۴	۲۴	۴,۵	۴,۳	۵,۹	۷,۱	۱۲,۶	۲۸	۵۷,۹	۳۱,۶	۶	۳۷,۶	۱,۲	-۰,۴۷۹	۳,۳۸	
۶۴	۸۱۴	۳۰,۰۶	۴,۶	۴,۳	۶,۹	۱۰,۴	۱۷,۸	۲۵,۶	۶۵	۲۴,۳	۶,۲	۳۰,۵	۱,۰۷	-۰,۲۳۷	۳,۳۴	
۶۹	۹۶۷	۳۱,۱	۴,۹	۴,۷	۶,۸	۹,۱	۱۵,۴	۲۴,۹	۶۰,۹	۲۷,۴	۶,۷	۳۴,۱	۱,۰۶	-۰,۴۰۳	۳,۵۸	
۷۴	۸۱۲	۳۷,۶۶	۲,۷	۳,۵	۵,۲	۷,۴	۱۵,۹	۳۰,۲	۶۲,۲	۲۸,۱	۶,۹	۳۵	۱,۲۳	-۰,۳۶۶	۲,۹۵	
۷۸	۹۰۱	۳۵	۴,۸	۴,۸	۵,۳	۷,۱	۱۳,۴	۲۶,۸	۵۶,۴	۳۱,۲	۷,۶	۳۸,۸	۱,۲۳	-۰,۴۵۳	۳,۳۹	
۷۹	۶۷۴	۳۶,۳۵	۵	۵,۶	۷,۹	۹,۳	۱۳,۴	۱۹,۱	۵۵,۳	۱۹,۲	۱۰,۳	۳۹,۶	-۰,۹۱۵	-۰,۴۱۶	۳,۹۳	
۸۱	۸۲۴	۲۴,۶۵	۷	۶,۲	۸,۶	۱۰,۵	۱۵,۶	۲۲,۷	۶۳,۶	۲۴,۳	۵,۱	۳۹,۴	-۰,۹۲	-۰,۳۷۱	۴,۰۲	
۸۹	۱۰۹۹	۱۴,۴۹	۱۱	۹,۳	۱۲	۱۳,۹	۱۹,۱	۲۱,۴	۷۵,۷	۱۳,۱	۰,۲	۱۳,۳	-۰,۸۱۳	-۰,۲۶	۴,۰۹	
۹۰	۱۱۵۶	۵,۰۳	۲۰,۸	۱۹	۲۳,۴	۲۱,۳	۱۳,۹	۱,۶	۷۹,۲	۰	۰	۰	-۰,۹۴۶	-۰,۱۱۷	۳,۰۷	
۹۴	۱۴۶۹	۲,۴۶	۳۷,۲	۳۰	۲۵	۵,۳	۱,۹	۰,۱	۶۲,۳	۰	۰	۰	-۰,۸۸۹	-۰,۱۳۲	۲,۴	
۱۰۱	۱۳۷۶	۷,۶۸	۱۵,۱	۱۳,۹	۱۸,۷	۲۰,۵	۲۰,۶	۹,۳	۸۳	۲,۱	۰	۲,۱	-۰,۹۰۳	-۰,۱۲۶	۳,۴۲	
۱۰۲	۱۵۵۵	۵	۵,۶	۵,۱	۶,۸	۷,۷	۱۱,۴	۲۰,۳	۵۱,۳	۳۱	۱۱,۹	۴۳,۱	۱,۰۲۳	-۰,۴۸	۴	
۱۰۴	۱۰۲۵	۱۷,۶۳	۸,۱	۷,۴	۱۰,۶	۱۳,۸	۲۱,۲	۲۳,۸	۷۶,۸	۱۴,۳	۰,۷	۱۵	-۰,۹۲۷	-۰,۱۹	۳,۷۲	
۱۰۶	۱۰۷۴	۱۹,۴۲	۴,۲	۴,۳	۶,۷	۹,۸	۱۸,۶	۲۹,۱	۶۸,۵	۲۳,۸	۳,۵	۳۷,۳	۱,۱۳	-۰,۳۶	۳,۲۱	
۱۰۹	۱۱۰۳	۳۳,۵۸	۴,۳	۴,۱	۶,۱	۸,۷	۱۵,۵	۲۶,۷	۶۱,۱	۱۷,۸	۶,۹	۳۴,۷	۱,۱۲۲	-۰,۴	۳,۳۶	

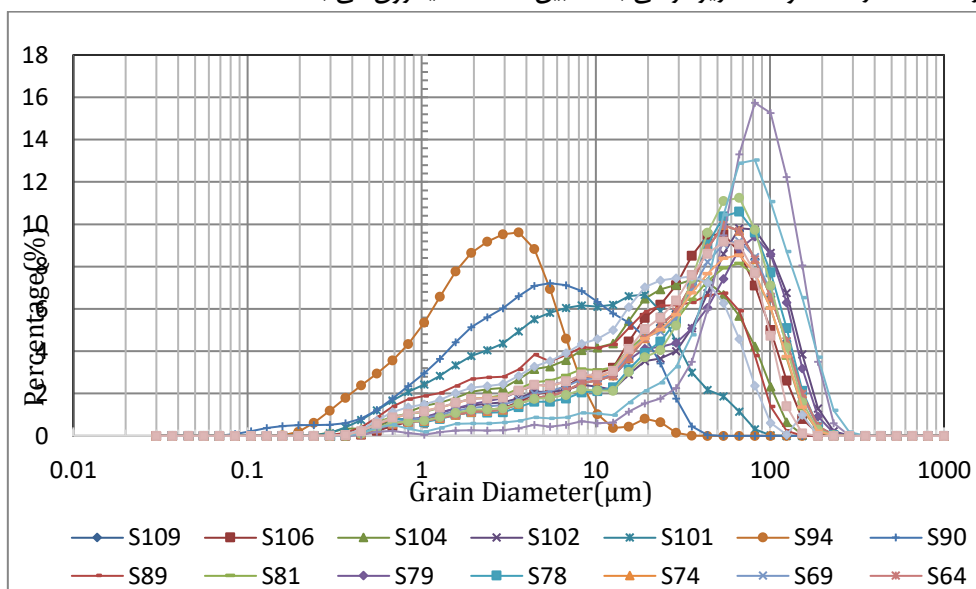
شکل ۸ میانگین توزیع اندازه ذرات محدوده های لسی منطقه مورد مطالعه را نشان می دهد. با توجه به فراوانی بیشتر ذرات ماسه در اغلب نمونه ها (بیش از ۲۰ درصد حجم نمونه) بر اساس تعریف پای می توان بافت رسوبات لسی محدوده مورد مطالعه را از نوع لس ماسه ای (شکل ۸) در نظر گرفت. ذرات سیلت ریز تا بسیار ریز بیشترین حجم را در نمونه های ۹۰ و ۹۴ و ۱۰۱ تشکیل داده در حالیکه مقادیر ذرات ماسه در نمونه های ۹۰ و ۹۴ و صفر و در نمونه ۱۰۱ عدد ۲/۱ درصد است. بیش از ۶۰ درصد ذرات نمونه های ۴۵ و ۴۹ را ماسه تشکیل می دهد (جدول ۳).



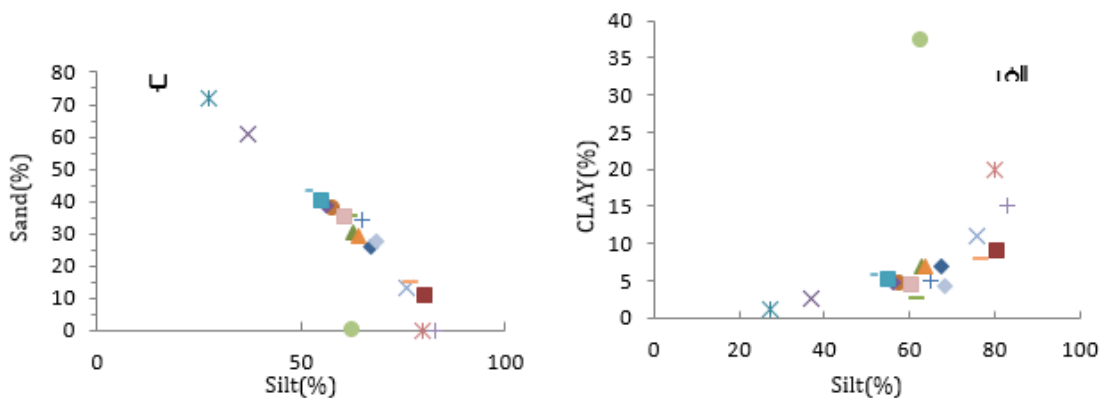
شکل ۸: نمودار میانگین توزیع اندازه ذرات رسوبات لسی (میکرون)

VCS: شن خیلی درشت، CS: شن درشت، MS: شن متوسط، FS: شن ریز، VFS: شن خیلی ریز، V: سیلت درشت، MSI: سیلت متوسط، FSI: سیلت ریز و C: رس

در شکل ۹ منحنی توزیع فراوانی اندازه ذرات آورده شده است که نشان می‌دهد منحنی فرکانس اندازه ذرات دارای یک الگوی یکنواخت و تک نمایی می‌باشد، نمای اندازه ذرات از ۵۰ میکرون تا نزدیک ۱۰۰ میکرون متفاوت می‌باشد و فرکانس توزیع اندازه دانه‌ها در سه نمونه که ریز تر می‌باشند بین ۵ تا ۱۱ میکرون می‌باشد.

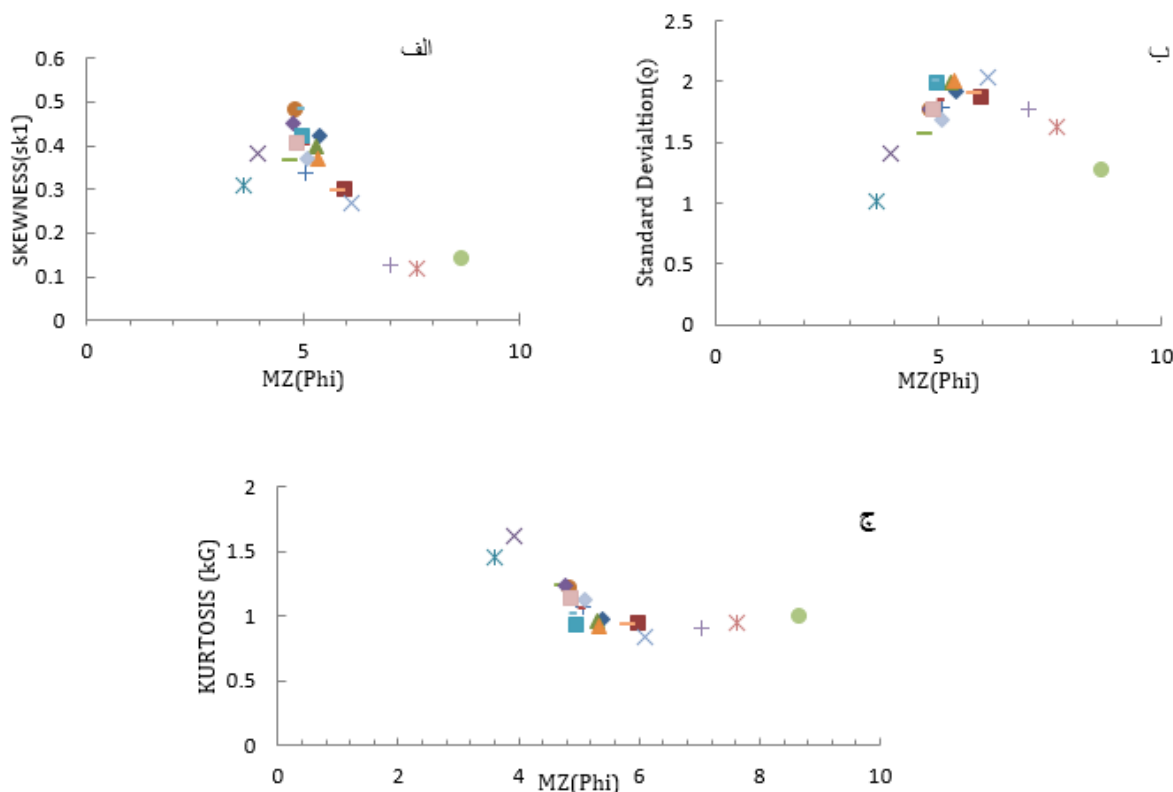


شکل ۹: منحنی توزیع اندازه ذرات



شکل ۱۰: الف: همبستگی بین سیلت و شن ب: همبستگی بین سیلت و رس نمونه‌های لس منطقه

سیلت به عنوان ذره غالب در رسوبات لسی می‌باشد و معمولاً فراوانی آن بیش از ۵۰ درصد اندازه ذرات است در حالی که مقادیر رس و ماسه در این رسوبات متفاوت است. همانطور که در (شکل ۱۰) مشاهده می‌گردد بین مقادیر ذرات سیلت و رس همبستگی مثبت و بین مقادیر سیلت و ماسه رسوبات لسی همبستگی منفی وجود دارد به عبارت دیگر با افزایش میزان سیلت در رسوبات مقادیر رس آنها هم افزایش می‌یابد و با کاهش مقادیر سیلت در نمونه‌ها مقادیر ماسه افزایش می‌یابد.



شکل ۱۱: الف: همبستگی بین اندازه ذرات و چولگی ب: همبستگی بین اندازه ذرات و انحراف معیار ج: همبستگی بین اندازه ذرات و کشیدگی نمونه های لس منطقه

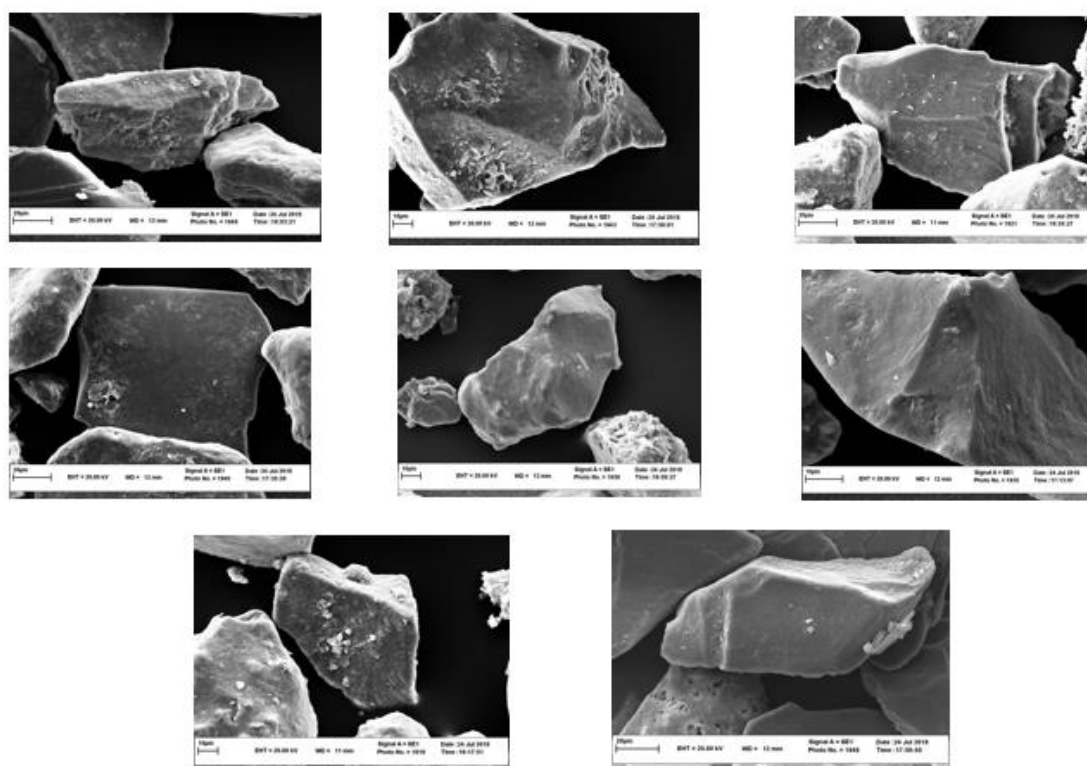
جهت بررسی چگونگی الگوی پراکندگی از چهار پارامتر میانگین اندازه دانه (MZ)، انحراف معیار یا جورشدگی (σ)، چولگی (SK1) و کشیدگی (KG) استفاده شده که می توان از این پارامترها در تفسیر ویژگی های رسوبی، تشخیص محیط های رسوب گذاری و همین طور منشأ و محل برداشت رسوب استفاده کرد که مقادیر آن در جدول ۳ ارائه شده است. دامنه تغییرات اندازه دانه ها در یک رسوب را جورشدگی گویند یا به عبارتی جورشدگی، یکنواختی اندازه ذرات یک رسوب را نشان می دهد (ارزانی، ۱۳۸۱، ص ۲۱). مقادیر (σ) برای هر رسوب بطور مجزا نشان دهنده این است که ذرات تشکیل دهنده رسوب تا چه اندازه قطر آنها به یکدیگر نزدیک است (کریم زاده، ۱۳۸۱، ص ۴۳۰) فولک بر اساس مقدار انحراف معیار (خلیلی زاده، ۱۳۸۲، ص ۱۷۷) در یک رسوب، طبقه بندی را برای نوع جورشدگی ذرات ارائه داده است که در آن ذرات به هفت طبقه از جورشدگی بسیار خوب (< 0.35)، خوب ($0.35 - 0.5$)، نسبتاً خوب ($0.5 - 0.71$)، متوسط ($0.71 - 1$)، بد ($1 - 2$)، خیلی بد ($2 - 4$) و بشدت بد (> 4) تقسیم می گردند. بر مبنای این طبقه بندی با توجه به مقدار انحراف معیار (جدول ۳) در نمونه ها (۲ تا ۴) رسوبات لسی منطقه در طبقه دارای یک جورشدگی خیلی بد قرار میگیرد. کج شدگی یا چولگی عبارتست از نامتقارن یا نامتناسج بودن نمودار توزیع ذرات که توسط دنباله نمودار مشخص می شود. در نمودارهای متقارن کج شدگی صفر است ولی در نمودارهایی که بیشترین انحراف در جهت ذرات درشت و یا عبارتی دنباله نمودار به طرف راست یا رسوبات دانه ریز (در صورتی که محور X بر حسب مقیاس فی باشد) متمایل باشد، کج شدگی را مثبت می گویند و نشان دهنده فراوانی مواد دانه ریز در صورتی که بیشترین انحراف در جهت ذرات ریز و یا عبارتی دنباله نمودار به طرف چپ یا رسوبات درشت دانه (در صورتی که محور X بر حسب مقیاس فی باشد) متمایل باشد

کج شدگی را منفی می‌گویند و نشان دهنده فراوانی مواد دانه درشت می‌باشد. نمودار توزیع اندازه ذرات نمونه های منطقه مطالعاتی دارای یک کج شدگی منفی می‌باشد که این خود نشان از فراوانی مواد دانه درشت در نمونه ها می‌باشد. فولک بر اساس مقدار عدد چولگی یا کج شدگی (ارزانی، ۱۳۸۱، ص ۳۶) در یک رسوب، طبقه بندی را برای نوع تو صیف کج شدگی ذرات ارائه داده است که در آن ذرات به پنج طبقه از کج شدگی به شدت ریزدانه ($+۱$ تا $+۰/۳$)، کج شدگی ریزدانه ($+۰/۳$ تا $+۰/۱$)، تقریباً متقارن ($+۰/۱$ تا $-۰/۱$)، کج شدگی درشت دانه ($-۰/۱$ تا $-۰/۳$) و کج شدگی به شدت درشت دانه ($-۰/۳$ تا -۱) تقسیم می‌گردند. که بر اساس این طبقه بندی با توجه به عدد چولگی ($-۰,۱۱۷$ تا $-۰,۴۸۳$) نمونه ها (جدول ۳) در طبقه کج شدگی به شدت درشت دانه قرار می‌گیرد.

کشیدگی یا نوک تیزی (kg) عبارت از نسبت جور شدگی دنباله نمودار (در طرفین آن) به جور شدگی قسمت وسط نمودار می‌باشد. این نسبت توسط فولک ارائه شده و مقدار بلندی نمودار بطریق تر سیمی بدست می‌آید. بطور کلی در نمودار های نرمال مقدار قطر بدست آمده در مقیاس فی از طریق نمودار احتمالی (نموداری است که مقیاس محور فراوانی نسبی به جای مقیاس حسابی به صورت مقیاس احتمالی می‌باشد) بین نقاط ۵ و ۹۵ درصد، باید دقیقاً $۲/۴۴$ برابر مقدار قطر بدست آمده بین نقاط ۲۵ و ۷۵ درصد باشد. بنابراین در نمودار تجمعی با مقیاس احتمالی، توزیع به صورت خط مستقیم و مقدار بلندی برابر ۱ است. لذا هر گونه انحراف از این خط مستقیم (یا انحراف از مقدار $۲/۴۴$) باعث تغییر مقدار نسبت فوق می‌شود (پروین، ۱۳۷۸، ص ۱۹۱). فولک بر اساس مقدار عدد کشیدگی در یک رسوب، طبقه بندی را برای نوع توصیف کشیدگی ذرات ارائه داده است که در آن ذرات به شش طبقه از کشیدگی بسیار پهن ($<۰/۶۷$)، کشیدگی پهن ($۰/۹ - ۰/۶۷$)، کشیدگی متوسط ($۱/۱۱ - ۰/۹$)، کشیدگی نوک تیز ($۱/۵ - ۱/۱۱$)، کشیدگی بسیار نوک تیز ($۳ - ۱/۵$) و کشیدگی بشدت نوک تیز (>۳) تقسیم می‌گردند (پروین، ۱۳۷۸، ص ۱۹۱). که بر اساس این طبقه بندی با توجه به عدد کشیدگی ($۰,۹ - ۱,۶$) نمونه ها (جدول ۳) در طبقه معمولی یا متوسط تا نوک تیز قرار می‌گیرد.

مورفوسکپی دانه های کوارتز

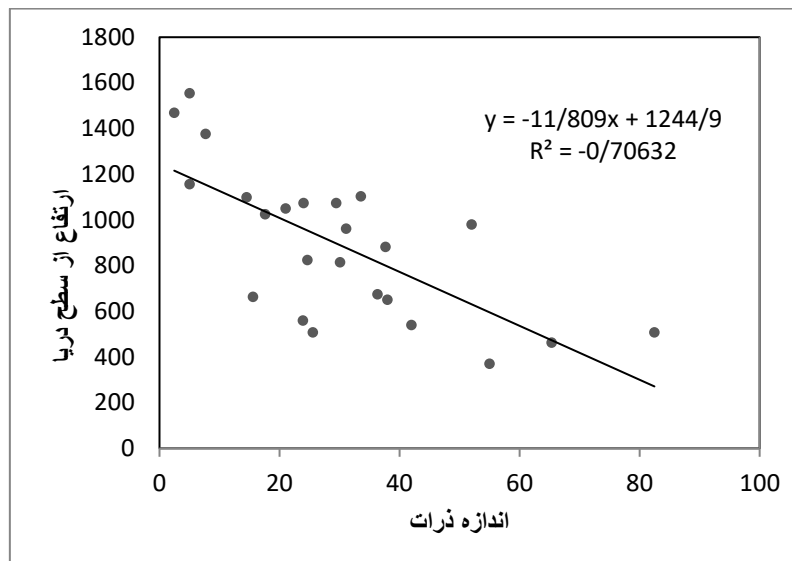
بر اساس نتایج آنالیز مورفوسکپی (SEM) (شکل ۱۲) دانه های کوارتز در ۴ نمونه انتخاب شده از منطقه که به صورت تصادفی انتخاب شده نشان می‌دهد کانیهای کوارتز در نمونه ها عمدتاً زاویه دار که میزان گرد شدگی آنها ناچیز و دارای شکستگی های متعدد می‌باشند، تفاوت های اندک در ویژگی های آنها خود دلیلی بر مشابهت در شرایط انتقال آنهاست. ضریب سایش نمونه ها بین ۱۰۰ تا ۲۱۰ (سایش کم) متغی می‌باشد. از نظر بافت سطحی، دانه های کوارتز عمدتاً هاله مانند (نیمه درخشان) و بعضاً مات می‌باشند، هاله مانند بودن اکثر ذرات کوارتز بیانگر این است که در مقطعی از زمان این ذرات در بسترهای رودخانه ایی توسط جریان آب حمل می‌شده و متاثر از این جریانات به صورت درخشان بوده اند سپس با برقراری شرایط خشکی و حاکمیت باد، حمل شده ولی مسافتی را که اینها پیموده اند در حد متوسط بوده و فرست کافی جهت مات شدن که ناشی از سایش در حین حمل می‌باشد پیدا نکرده و رسوب گذاری شده اند و ذراتی که مسافت بیشتری در معرض سایش بادی بوده اند مات هستند و همچنین یکی از دلایل مات بودن را می‌توان اینگونه بیان کرد وجود لایه هایی از آهک ثانویه و نیز بر اثر رنگ آمیزی اکسیدهای آهن می‌باشد. به عبارتی می‌توان ذرات هاله مانند را به منشا نزدیکتر و ذرات مات را منشا دور نسبت داد (امینی، ۱۳۷۴، ص ۵۴).



شکل ۱۲: تصاویر اسکن شده دانه های کوآرتز

نتیجه گیری

ارتفاعات در تشکیل رسوبات لسی در شمال ایران، منطقه قره تیکان در خراسان شمالی (اخروی، ۲۰۰۱، ۱۵)، همچنین در جنوب مشهد (کریمی، ۲۰۰۹، ۵۵۰) و منطقه مطالعاتی مورد نظر نقش کلیدی ایفا می کند. دامنه هایی که در منطقه مورد مطالعه رسوبات لسی بر روی آنها انباشت شده، دارای جهت شرق، شمال شرق و شمالی می باشد. به عبارتی دیگر پراکندگی رسوبات لسی که از خاک ترکمنستان آغاز شده دارای یک مسیر انتقال شمال شرقی- جنوب غربی می باشد که این مسیر انتقال با جهت باد غالب امروزی کاملاً متفاوت می باشد و همانطور که در مبحث اقلیم منطقه بیان شد باد غالب امروزی دارای یک جهت شمال غرب - جنوب شرق می باشد که می توان این نتیجه را دریافت کرد که باد غالب منطقه در زمان رسوبگذاری لسه‌ها دارای جهت شمال شرق - جنوب غرب بوده است. نتایج حاصل از آزمون همبستگی بین ارتفاع و میانگین اندازه ذرات نشان می دهد که بین ارتفاع و میانگین اندازه ذرات نمونه ها همبستگی منفی قوی وجود دارد و هرچه به ارتفاع برداشت نمونه افزوده می شود میانگین اندازه ذرات آن کوچکتر می شود و ضریب همبستگی آن -0.7 می باشد (شکل ۱۴) که دلیل آن را می توان اینگونه بیان کرد که ذرات درشت تر به صورت جهیدن منتقل می شوند و معمولاً در ارتفاعات پای دامنه به دام می افتند و ذرات ریزتر به صورت معلق در هوا در غالب گردوغبار منتقل می شوند که می توانند تا ارتفاعات نیز نفوذ کنند. همچنین انتقال رسوبها در مسیر بادهای غالب باعث جورشدگی بیشتر ذرات گردیده و با طی مسافت بیشتر از مبدأ قطر ذرات ریزتر شده و رسوبهای سیلتی نهشته می گردد (پای، ۱۹۹۵، ۶۴۰).



شکل ۱۴: همبستگی بین ارتفاع و میانگین اندازه ذرات

نتایج حاصل از بررسی های توزیع اندازه ذرات نشان می دهد که رسوبات لسی محدوده مورد مطالعه عمدتاً از نوع ماسه ای هستند که توسط فرایند بادی انتقال یافته اند، در تجزیه تحلیل نتایج آزمایش توزیع اندازه ذرات در نمونه های مورد مشاهده فراوانی مقادیر ذرات سیلت بیش از مقادیر ذرات ماسه و رس بوده، و این شرایط نسبتاً مشابه رسوبات لسی شمال غرب چین در بیابان کامتا (واندنبرق^۱) وجود دارد. در بررسی دقیقتر نتایج توزیع اندازه ذرات رسوبات لسی منطقه مشخص گردید، ماسه خیلی ریز دارای بیشترین درصد و سیلت خیلی درشت و سیلت درشت بخش غالب رسوبات را تشکیل می دهند. عدم وجود سنگریزه و ماسه خیلی درشت در این رسوبات و فراوانی بیشتر ماسه خیلی ریز و سیلت که به سادگی توسط باد منتقل می شوند خود دلیلی بر بادرفتی بودن آنهاست. همچنین فراوانی کلوخه های آهکی رسی و مقدار اندک کلوخه های گچی رسی در نمونه های لس منطقه بیانگر شرایط مرطوب با آبشویی بیشتر محل برداشت رسوبات لسی در مبدا می باشد که این خود دلیلی بر این مسئله است که این رسوبات از حاشیه پادگانه های آبرفتی یا دشت های آبرفتی رودخانه ها یا بستر رودخانه های قدیمی حمل شده است. در این رابطه شاید بتوان بستر رودخانه هریرود یا محدوده های خشک و بیابانی آنسوی این رودخانه واقع در کشور ترکمنستان و همینطور بسترهای خشکرودها در دوره های خشک و کم باران کواترنری را منشأ رسوبات لسی محدوده مورد مطالعه دانست. منحنی توزیع فراوانی یا همان هیستوگرام اندازه ذرات در نمونه های مورد آزمایش دارای یک الگوی یکنواخت و تک نمایی می باشد که این مطلب می تواند این مسئله را روشن سازد که رسوبات لسی در این منطقه دارای یک منشا مشابه می باشند. یکی از شاخص های مهمی که ما را در تفهیم نتایج توزیع اندازه ذرات می تواند کمک کند، شاخص مد می باشد با توجه به مطالعات انجام شده، ذرات با نمای ۵۰ تا ۶۰ میکرون از فواصل کمتر از ۳۰۰ کیلومتر و ذرات با نمای ۳ تا ۸ میکرون از مسافت دورتر (۵۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلومتر) حمل شده اند (سودمند، ۱۳۹۲، ۳۲). در این رابطه می توان به غالب بودن سیلت درشت در رسوبات لسی رودخانه راین در مرکز اروپا (فریچن^۲، ۱۹۹۸، ۵)، رسوبات لسی جنوب مشهد (کریمی، ۱۳۸۷، ۸۷) و یسکانسین آمریکا (مازولو^۳، ۱۹۸۶، ۴۹) که ویژگی های مشابهی اشاره نمود که در فواصل کمتری نسبت به منشأ نهشته شده اند. در حالی که رسوبات لسی که دارای سیلت متوسط و ریز مانند رسوبات تاجیکستان (فریچن^۲، ۱۹۹۸، ۱۸)، رسوبات شمال ایران منطقه مراوه تپه، گرگان و

31 Vandenberghe

32 Frechen

33 Mazzullo

دشلیبرون (اخروی و امینی، ۲۰۰۱، ۱۸) هستند را می توان به مسافت طولانی انتقال و غیر محلی نسبت داده شده است. نتایج آزمایش توزیع اندازه ذرات رسوبات لسی منطقه نشان می دهد که بیشترین مد یا نما متعلق به ذرات ۵۹ میکرون بوده که شامل ذراتی به قطر سیلت درشت و ماسه های خیلی ریز است که دارای پیوستگی با رسوبات بادرستی شنی نیز می یابند که این واقعیت نشان دهنده فاصله اندک از منبع برداشت است.

میزان جور شدگی در نمونه های مدنظر عددی بین ۲ تا ۴ می باشد که بر اساس طبقه بندی فولک دارای یک جورشدگی خیلی بد می باشند، دامنه تغییرات اندازه ذرات، ویژگی های جریان و جور شدگی انتخابی شکل جز عوامل اصلی این نوع جورشدگی در منطقه می باشند. نمودار توزیع اندازه ذرات نمونه های منطقه مطالعاتی دارای یک کج شدگی منفی می باشد که این خود نشان از فراوانی مواد دانه درشت در نمونه ها می باشد، همچنین عدد چولگی در نمونه های برداشت شده در منطقه مطالعاتی بین ۰،۱۱۷- تا ۰،۴۸۳- می باشد که بر مبنای طبقه بندی فولک در طبقه کج شدگی به شدت درشت دانه قرار می گیرد که این دو مورد ذکر شده خود نشان دهنده رسوبگذاری در محیط پراثری و متلاطم در منطقه در زمان رسوب گذاری می باشند. عدد کشیدگی در نمونه های برداشت شده در منطقه مطالعاتی بین ۰،۹- تا ۱،۶- می باشد که بر مبنای طبقه بندی فولک در طبقه معمولی یا متوسط تا کشیده یا نوک تیز قرار می گیرد. نتایج بدست آمده از اسکن دانه های کوارتز نشان می دهد که اکثر دانه ها دارای گرد شدگی کم و شکستگی های زاویه دار بوده، ضریب سایش کم نمونه های کوارتز بیانگر فاصله حمل خیلی زیاد نمی باشند همچنین هاله (کدر) مانند بودن ذرات بیانگر برداشت از بستر های رودخانه های قدیمی یا دشت های آبرفتی، مسافت حمل متوسط و قرار گرفتن در محیط های رسوبی بادی است و لذا شاهدهی بر محلی بودن منشأ رسوبات می باشد. مطالعات نشان می دهد میانگین گرد شدگی ذرات کانی کوارتز از بخش ماسه خیلی درشت تا ماسه درشت افزایش و از بخش ماسه درشت تا ماسه خیلی ریز کاهش می یابد (خلف، ۱۹۸۵، ۸۸) که این مطلب در نمونه های منطقه ما کاملاً صدق می کند و از آنجایی که ماسه خیلی ریز در زمره ذرات غالب در نمونه های منطقه می باشد این ویژگی ذکر شده در اسکن دانه های کوارتز کاملاً مشهود بود.

منابع

- سودمند، علی؛ کریمی، علیرضا؛ خرمالی، فرهاد؛ امامی، حجت، ۱۳۹۳، پراکنش و ویژگیهای رسوبات لسی منطقه سرخس، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد 28، ص ۱۰.
- سودمند، علی، ۱۳۹۲، پراکنش ویژگیهای رسوبشناسی و پدولوژیک لسهای منطقه سرخس، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، استاد راهنما دکتر علیرضا کریمی.
- کریمی، علی رضا کارویه، ۱۳۸۷، بررسی تکامل خاکها و تائین منشأ و سن یابی رسوبات سیلتی در لندفرمهای اطراف مشهد، رساله دکتری، دانشگاه صنعتی اصفهان.
- عیسی پور، مصطفی، ۱۳۹۳، تحلیل و پیش بینی سری های زمانی دما در استان خراسان رضوی با استفاده از مدل باکس - جنکینز (دوره آماری از ابتدای تاسیس ایستگاه ها تا سال ۲۰۱۱)، پایان نامه کارشناسی ارشد اقلیم شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، استاد راهنما دکتر محمود احمدی.
- کریم زاده، حمیدرضا. ۱۳۸۱. چگونگی تکوین و تکامل خاکها در لندفرمهای مختلف و منشأ یابی رسوبات فرسایش یافته بادی در منطقه شرق اصفهان. رساله دکتری. دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۴۱ص.
- پروین، حسین. ۱۳۷۸. رسوب شناسی (رشته زمین شناسی). انتشارات دانشگاه پیام نور. ۱۹۱ص
- ارزانی، ناصر. ۱۳۸۱. آزمایشگاه رسوب شناسی (رشته زمین شناسی). انتشارات دانشگاه پیام نور. ۱۲۹ص
- امینی، آرش، ۱۳۷۴، مطالعه بر خاستگاه و مکانیزم رسوب زائی لس ها در حوضه آبخیز قره تیکان، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران،

- فیض نیا، س.، غیومیان، ج. و خواجه، م. ۱۳۸۴. بررسی اثر عوامل فیزیکی، شیمیایی و آب و هوایی در تولید رسوب ناشی از فرسایش سطحی خاکهای لسی (مطالعه موردی استان گاستان)، فصلنامه پژوهش و سازندگی در منابع طبیعی، ۶۶: ۱۴-۲۴.
- عجمی، م.، خرماالی، ف. و ایوبی، ش. ۱۳۹۱. نقش تخریب جنگل‌ها و تغییر کاربری اراضی بر فرسایش پذیری خاک‌های لسی شرق استان گلستان. پژوهش‌های آبخیزداری (پژوهش و سازندگی). ۹۴: ۳۶-۴۴.
- Pye K. 1987. *Aeolian Dust and Dust deposits*. Academic Press, London .
- Ding, Z.L., Xiong, S.F., Sun, J.M., Yang, S.L., Gu, Z.Y. and Liu, T.S. 1999. *Pedostratigraphy and paleomagnetism of a ~7.0 Ma eolian loess-red clay sequence at Lingtai, Loess Plateau, north-central China and the implications for paleomonsoon evolution*. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 152: 49-66.
- Stanley, K.E. and Schaetzl, R.J. 2011. *Characteristics and paleoenvironmental significance of a thin, dual-sourced loess sheet, north-central Wisconsin*. *Aeolian Research*, 2: 241-25.
- Chen, L., Messing, I., Zhang, S., Fu, B. and Ledin, S. 2003. *Land use evaluation and scenario analysis towards sustainable planning on the loess plateau in China- case study in a small catchment*. *Catena*, 54: 303-316.
- Derbyshire, E. 1983. *Origin and characteristics of some chinese loess at two locations in China*. In: Brookfield, M. E. and T. S. Ahlbrandt (Eds.), *Eolian Sediment and Processes*. Elsevier, Amsterdam, PP. 69-90.
- Mengel, K., Rahmatullah, R. and Dou, H. 1998. *Release of potassium from the silt and sand fraction of loess-derived soil*. *Soil Science*, 163: 805-813.
- Catt, J.A. 2001. *The agricultural importance of loess*. *Earth Science Reviews*, 54: 213-229
- Vasiljevich, D.A., Markovich, S.B., Hose, T.A., Ding, Z., Guo, Z., Liu, X., Smalley, I., Lukich, T. and Vujicich, M.D. 2013. *Loess-palaeosol sequences in China and Europe: Common values and geoconservation issues*. *Catena*, 8: 148-160
- Presley, D.R., Hartley, P.E. and Ransom, M.D. 2010. *Mineralogy and morphological properties of buried polygenetic paleosols formed in late quaternary sediments on upland landscapes of the central plains, USA*. *Geoderma*, 154: 508-517.
- Schaetzl, R.J. and Anderson, S. 2005. *Soils: Genesis and Geomorphology*. Cambridge University Press, New York. 817 pp.
- Frechen, M. and Dodonov, A.E. 1998. *Loess chronology of the middle and upper pleistocene in Tadjikistan*. *Geology Rundsch*, 87: 2-20.
- Dayan, U., Ziv, B., Shoob, T. and Enzel, Y. 2008. *Suspended dust over SouthEastern Mediterranean and its relation to atmospheric circulations*. *International Journal of Climatology*, 28: 915-924
- Kehrwald, N.M., McCoy, W.D., Thibeault, J., Bunt, S.J. and Oches, E.A. 2010. *Paleoclimatic implications of the spatial patterns of modern and LGM European land-snail shell $\delta^{18}O$* . *Quaternary Research*, 74: 166-176.
- Golyeva, A. and Andric, M. 2013. *Palaeoecological reconstruction of wetlands and Eneolithic land use in Ljubljansko barje (Slovenia) based on biomorphic and pollen analysis*. *Catena*, 64: 243-254
- Tsoar, H. and Pye, K. 1987. *Dust transport and the question of desert loess formation*. *Sedimentology*, 34: 139-153.
- Kehrwald, N.M., McCoy, W.D., Thibeault, J., Bunt, S.J. and Oches, E.A. 2010. *Paleoclimatic implications of the spatial patterns of modern and LGM European land-snail shell $\delta^{18}O$* . *Quaternary Research*, 74: 166-176.
- Muhs, D.R. 2007. *Loess deposits, origins and properties*. In: Elias, S.A. (Ed.), *Encyclopedia of Quaternary Science*, pp. 1405-1418

- Jacobs, P.M., Mason, J.A. and Hanson, P.R. 2011. Mississippi valley regional source of loess on the southern green bay lobe land surface, Wisconsin. *Quaternary Research*, 75: 574-583.
- Karimi, A., Frechen, M., Khademi, H., Kehl, M., and Jalaian, A. 2011. Chronostratigraphy of loess deposits in northeast Iran. *Quaternary International*, 234: 124-132.
- Pécsi, M. 1990. Loess is not just the accumulation of dust. *Quaternary International*, 7/8: 1-12
- Iriondo, M.H. and Kröhling, D.M. 2007. Non-classical types of loess. *Sedimentary Geology*, 202: 352-368.
- Sun, J. 2002. Provenance of loess material and formation of loess deposits on the Chinese loess plateau. *Earth and Planetary Science Letters*, 203:845-854.
- Goudie, A.S., Parker, A.G., Bull, P.A., White, K. and Farraj, A.A. 2000. Desert loess in Ras Al Khaimah, United Arab Emirates. *Journal of Arid Environments*, 46: 123- 135.
- Khormali, F. and Kehl, M. 2011. Micromorphology and development of loess-derived surface and buried soils along a precipitation gradient in northern Iran. *Quaternary International*, 234: 109-123.
- Khormali, F. and M. Ajami . 2011. Pedogenetic investigation of soil degradation on a deforested loess hillslope of Golestan Province, Northern Iran. *Geoderma*, 167-168: 274-283.
- Khormali, F., Ghergherechi, S., Kehl, M. and Ayoubi, S. 2012. Soil formation in loess-derived soils along a subhumid to humid climate gradient, Northeastern Iran. *Geoderma*, 179/180: 113-122.
- Okhravi, R. and Amini, A. 2001. Characteristics and provenance of the loess deposits of the Gharatikan watershed in northeast Iran. *Global Planetary Science*, 28: 11-22.
- Kehl, M., Frechen M. and Skowronek, A. 2005. Paleosols derived from loess and loesslike sediments in the basin of persepilis, southern Iran. *Quaternary International*, 140/141: 135-149
- Sun. Jimin, 2002, Provenance of loess material and formation of loess deposits on the Chinese Loess Plateau. *Earth and Planetary Science Letters*. *Earth and Planetary Science Letters* No. 203, pp. 845-859
- Vandenberghe, J. , A. Zhisheng, G. Nugteren, L. Huayu, and K. V. Huissteden. 1997. New absolute time scale for the Quaternary climate in the chinese loess region by grain-size analysis. *Geology*. 25(1):35-38.
- Rasool Okhravi, Arash Amini, 2001, Characteristics and provenance of the loess deposits of the Gharatikan watershed in Northeast Iran. *Global and Planetary Change*, No. 28, 1, pp. 11-22
- Karimi, A., Jalaian, A., Kademi, H., 2009, Genesis and Distribution of Palygorskite and Associated Clay Minerals in Soils and Sediments of Southern Mashhad, Iranian *Journal of Crystallography and Mineralogy*, No. 16, pp. 545-558.
- Karimi, A., Khademi, H., Kehl, M., Jalaian, A., 2009, Distribution, Lithology and Provenance of Peridesert Loess Deposits in Northeast Iran, *Geoderm*, No.148, pp. 241-250
- Karimi, A., Frechen. M., Khademi, H., Kehl, M., Jalaian, A., 2011, Chronostratigraphy of Loess Deposits in Northeast Iran, *Quaternary International*, No. 234, pp.124-132.
- Catt, J.A., 2001, The Agricultural Importance of Loess. *Earth-Science Reviews*, No.54, pp.213-229.
- Frechen, M., Dodonov, A.E., 1998, Loess Chronology of the Middle and Upper Pleistocene in Tadjikistan, *Geologische Rundschau*, No.87, pp.2-20.

- Goudie, A.S., Rendall, H.A., Bull, P.A., 1984, *The loess of Tajik SSR*, P399-412 In: Miller, K., (ed.), *Proceedings of the International Karakoram Project, Vol. 1*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Okhravi R. and Amini A. 2001. *Characteristics and provenance of the loess deposits of the Gharatikan watershed innortheast Iran*. *Global Planet*, 28: 11-22
- Simonj Blott And kennethpye. 2001, *Gradistat: A Grain Size Distribution And Statistics Pakage For The Analysis Of Unconsolidated Sediments, Ea rth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237 – 1248.
- Khalaf. F. I. .and I.M. Gharib. 1985.*Roundness parameters of quartz grains of recent Aeolian sand deposits in Kuwati*. *Sediment. Geol.*45:147-158.
- Mazzullo, J. , D. Sims, and D. Cunningham. 1986. *The effects of eolian sorting and abrasion upon the shapes of fine quartz sand grains*. *Sedimentary Petrology*. 56(1):45-56.