شناسایی خاک‌های لسی و تفکیک آنها از سایر خاک‌ها در جنوب شهر مشهد

علیرضا کریمی، حسین خادمی* و احمد جلالیان[۱]

(تاریخ دریافت: ۸۶/۲/۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۸۶/۵/۹)

چکیده

علی‌رغم وجود خاک‌های سرشار از سیلت در جنوب مشهد، هیچ‌گونه اطلاعاتی در باره منشا بادرفتی یا تشکیل در جای آنها وجود ندارد. هدف از این پژوهش تعیین منشأ تولید سیلت در این منطقه بود. تپه ماهورهای گرانیتی جنوب مشهد به‌صورت ناپیوسته توسط رسوبات سیلتی پوشیده شده‌اند. بر اساس منشأ تشکیل خاک‌ها، چهار نیمرخ، شامل خاک درجا با پوشش رسوبات سرشار از سیلت و خاک درجا با سیلت کم روی تپه‌ماهورهای گرانیتی، خاک سرشار از سیلت در طول نیمرخ خاک در دامنه‌های گرانیتی و خاک آبرفتی واقع در دشت دامنه‌ای، هم‌چنین یک مقطع طبیعی دارای تناوبی از لایه‌های سیلتی و آبرفتی مطالعه شد. منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات (CPSDC)، نمودارهای توزیع عمقی نسبت سیلت به شن (Si/S)، انحراف معیار ترسیمی جامع فولک (σI)، چولگی ترسیمی جامع فولک (SKI) و مورفولوژی ذرات شن با استفاده از میکروسکوپ الکترونی روبشی(SEM) برای تفکیک افق‌های مختلف خاک‌ها از نظر منشأ استفاده شد. بر اساس نتایج به‌دست آمده، افق‌های سرشار از سیلت (L)، درجا- سیلتی (R-L)، درجا (R)، آبرفتی (A)، و آبرفتی- سیلتی (A-L) در خاک‌های مورد مطالعه شناسایی شد. CPSDC افق‌های سرشار از سیلت، S شکل و به سادگی از افق‌های دیگر قابل شناسایی است. در مقابل، CPSDS افق‌های درجا و آبرفتی از مدل کروی پیروی می‌کند. CPSDS افق‌های درجا- سیلتی و آبرفتی- سیلتی، S شکل و کروی نمی‌باشد بلکه حد واسط آنهاست. افق‌های سرشار از سیلت حداکثر SKI (بسیار چوله به سمت ذرات ریز) و حداقل σI (جور شدگی بسیار بد) را داشته و افق‌های آبرفتی و درجا از این نظرحدواسط هستند. افق‌های آبرفتی- سیلتی و درجا- سیلتی به‌دلیل اضافه شدن سیلت به آنها، دارای SKI نزدیک به صفر (متقارن) و بیشترین σI (جورشدگی بسیار بد) هستند. نمودار توزیع فراوانی اندازه ذرات افق‌های مذکور دارای دو نما، یکی در شن و دیگری در سیلت بوده که دلیلی بر منشاء دو گانه آنهاست. تغییرات عمقی Si/S، SKI و σI بین افق‌های سرشار از سیلت و دیگر افق‌ها، ناگهانی بوده و نشان از وجود انقطاع سنگی بین آنها و در نتیجه تفاوت در منشأ آنها می‌باشد. در نتیجه علی‌رغم امکان تولید سیلت از مواد مادری گرانیتی در این منطقه، می‌توان گفت که رسوبات سیلتی شناسایی شده در این منطقه توسط باد انتقال پیدا کرده‌اند.

واژه‌های کلیدی: خاک‌های لسی، خاک‌های درجا، خاک‌های سیلتی، انقطاع سنگی، منحنی تجمعی اندازه ذرات

مقدمه

لس‌ها رسوبات بادی، به رنگ کرمی- قهوه‌ای دارای ترکیبات آهک و مقادیر زیاد میکا، فلدسپار و کوارتز هستند. این رسوبات بادی از ذراتی با ابعاد میانگین ۲۰ تا ۶۰ میکرون تشکیل شده‌اند (۳۰) و حدود ۱۰ درصد از کره زمین را پوشانده‌اند (۲۵). آمریکای شمالی، مرکز و شمال اروپا، آسیای مرکزی و چین از مناطق عمده پراکنش لس در جهان است (۹ و ۲۵). مطالعه و شناسایی لس‌ها، دیرینه‌ای بیش از ۱۸۰ سال دارد (۲۲).

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: hkhademi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

در طول این مدت دیدگاه‌های مختلفی در مورد لس و چگونگی تشکیل آن ارائه شده است. این دیدگاه‌ها از نظریه تاتکوفسکی اکراینی که سایش یخچالی را عامل منحصر به فرد ایجاد سیلت برای تشکیل لس می‌دانست تا ابروشف که نظریه لس‌های داغ یا بیابانی ارائه داد، در حال تغییر و تحول بوده است (۲۲ و ۲۳).

لس‌ها عمدتاً در دوره کواترنر تشکیل و تجمع پیدا کرده‌اند. اقلیم و تغییرات آن نقش مهمی را در این میان ایفا کرده‌اند و کواترنر یک دوره تولید سیلت محسوب می‌شود (۹) . لس‌ها همانند یک بایگانی مطمئن، تغییرات اقلیمی را در خود ذخیره کرده‌اند؛ بنابراین مطالعه لس‌ها و خاک‌های قدیمی تشکیل شده بین لایه‌های لسی اطلاعات خوبی در مورد تغییرات دوره کواترنر در اختیار ما قرار خواهد داد (۱۲ و ۱۵).

در ایران نیز بخش‌هایی از شمال کشور، به‌ویژه استان گلستان و با وسعت کمتر در دامنه‌های شمال شرقی حوضه کپه داغ (به سمت آسیای میانه)، از رسوبات لسی پوشیده شده‌اند (۱، ۷ و ۱۹). بخش‌های مرکزی و جنوبی ایران نیز حاوی رسوبات لسی است، ولی به‌دلیل گسترش پراکنده و ضخامت کمتر، تا کنون مورد توجه کافی قرار نگرفته‌اند. با وجود گسترش مناسب لس در شمال و شمال شرق کشور، تا کنون مطالعات معدودی روی آنها انجام شده است و در قسمت‌های دیگر ایران نیز فقط یک تحقیق درباره ویژگی‌های لس و شبه لس‌های حوزه آبخیز تخت جمشید صورت گرفته است (۱۵).

بر خلاف لس‌های شمال و شمال شرق ایران که گسترده و ضخیم هستند، لس‌های مرکز و جنوب ایران ناپیوسته، با ضخامت کم و در بسیاری موارد فرایندهای پس از رسوب لس، باعث تغییر ماهیت آنها شده است. بنابراین در این گونه موارد، قدم اول شناسایی و تشخیص لس از رسوبات دیگر است تا بتوان در پژوهش‌های بعدی از آن به‌عنوان رسوبات لسی یا شبه لس استفاده نمود.

درجنوب مشهد، در انتهای زون بینالود، پوشش نسبتاً ضخیم از رسوبات سرشار از سیلت در دامنه‌ها و به‌صورت ناپیوسته و ضخامت کمتر روی تپه ماهورهای گرانیتی وجود دارد. در بعضی از قسمت‌های تپه ماهورهای گرانیتی، خاک‌های با منشا هوادیدگی در جا با پوششی نازک تا ضخیم از رسوبات سرشار از سیلت پوشیده شده‌اند. تحقیقات نشان می‌دهد که مواد مادری گرانیتی، خاک‌های درشت بافت با شن زیاد تولید می‌کنند و این‌گونه خاک‌ها از مناطق گرم و مرطوب نیجریه تا مناطق گرم و خشک بیابان ماهاوی ، به‌طور میانگین دارای ۴۵ درصد تا بیش از ۸۰ درصد شن بوده و شن در اجزای مختلف آن (از شن خیلی درشت تا خیلی ریز) کم و بیش توزیع شده است (۱۰و ۲۰). بنابراین، وجود خاک‌های با شن کم و سیلت زیاد در خاک‌های تشکیل شده روی مواد مادری گرانیتی در جنوب مشهد را نمی‌توان به فرایندهای خاک‌سازی و هوادیدگی نسبت داد و ماهیت رسوبات سیلتی در این منطقه قابل بررسی است.

از آنجا که یکی از تفاوت‌های اساسی بین لس و دیگر رسوبات، در بافت آنها است؛ بنابراین بررسی ویژگی‌های بافت خاک، مانند چگونگی توزیع اندازه ذرات و پارامترهای حاصل از آن، می‌تواند ما را به تفاوت منشأ رسوبات مختلف رهنمون کند (۸). هدف از این مطالعه، بررسی ماهیت رسوبات سرشار از سیلت و امکان بادرفتی بودن این رسوبات یا تشکیل در جای آنها از گرانیت است. بدین منظور از تجزیه وتحلیل-های توزیع اندازه ذرات در بخش کمتر از ۲ میلی‌متر استفاده شده است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه در بخش جنوب شرقی و انتهایی کوه‌های بینالود و جنوب مشهد، به مرکزیت طول جغرافیائی ′۴۲ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیائی ′۵۰ °۳۶ شمالی قرار دارد. پهنه بینالود، در ادامه البرز وایران مرکزی قرار داشته و به‌دلیل شباهت با دو بخش مذکور، به آن پهنه انتقالی می‌گویند. پهنه کپه داغ به موازات پهنه بینالود قرار داشته و دشت مشهد بین این دو قرار می‌گیرد(۲). میانگین بارندگی در ایستگاه هواشناسی مشهد، ۲۶۰ میلی‌متر و میانگین دما ۱۳/۷ درجه سانتی‌گراد است (۵).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

سه نوع گرانیت مختلف در این منطقه وجود دارد که با علامت‌های g^{r1}، g^{r2} و g^{r3} روی نقشه زمین شناسی به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰ (۶)، نشان داده شده است. گسترش گرانیت‌های پورفیروئیدی (g^{r1}) بیش از انواع دیگر است و در آن فلدسپات‌های پتاسیم دار سه سانتی‌متری نیز دیده می‌شود. توده لوکوگرانیت (g^{r2}) به ابعاد ۱۰ در ۱۵ کیلومتر، در درون g^{r1} تزریق شده و جوان‌تر از آن است. g^{r1} نسبت به g^{r2} به‌علت فراوانی بیوتیت و آنکلاوهای مختلف، تیره و پورفیروئید است. در حالی‌که g^{r2}، کانی‌های هم اندازه، دانه متوسط و روشن داشته و سیلیس بیشتری نیز دارد. g^{r3} نسبت به دو نوع دیگر گسترش کمتری دارد (۲ و ۴).

این منطقه شامل واحدهای ژئومورفیک کوهستان، تپه ماهورهای گرانیتی، دامنه شیب فرسایشی (پدیمنت بریده شده) و دشت دامنه‌ای است. روی تپه ماهورهای گرانیتی دو سطح متفاوت وجود دارد، یکی خاک‌های تشکیل شده در جا روی گرانیت‌ها و دیگری خاک‌های در جا که با رسوبات سرشار از سیلت پوشش داده شده‌اند. در دامنه گرانیت‌ها، رسوبات سرشار از سیلت با ضخامت زیاد وجود دارد که نشانه‌های خاک‌سازی در آنها قابل مشاهده است. دشت دامنه‌ای بر اساس این‌که از رسوبات سرشار از سیلت دامنه‌های گرانیتی یا دیگر رسوبات رسوبات تغذیه شود، از خاک‌های متنوع‌تر و البته با تکامل کم تشکیل شده است.

برشی از تپه ماهورهای گرانیتی تا دامنه و دشت دامنه‌ای (شکل ۱)، شامل خاک در جا با پوشش رسوبات سرشار از سیلت و خاک درجا تشکیل شده روی گرانیت، خاک تشکیل شده از رسوبات سرشار از سیلت در طول پروفیل خاک و خاک آبرفتی واقع در دشت دامنه‌ای، هم‌چنین یک مقطع طبیعی تشکیل شده از لایه‌های متناوب رسوبات سرشار از سیلت و آبرفتی انتخاب شد. خاک‌ها بر اساس طبقه‌بندی آمریکایی (۲۴) تشریح و از افق‌های ژنتیکی آنها نمونه‌برداری شد. خاک‌ها پس از هوا خشک شدن، از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شد. ۲۰ گرم از هر نمونه پس از بین بردن املاح محلول نمونه‌های شور توسط آبشویی با آب مقطر و از بین بردن مواد آلی توسط آب اکسژنه ۳۰ درصد مجددا خشک و توزین شده و بدون آهک‌زدائی برای تعیین توزیع اندازه ذرات استفاده شد. زیربخش‌های شن خیلی درشت (۲-۱ میلی‌متر)، شن درشت (۱-۰/۵ میلی‌متر)، شن متوسط (۰/۵-۰/۲۵ میلی‌متر)، شن ریز (۰/۲۵-۰/۱ میلی‌متر) و شن خیلی ریز (۰/۱-۰/۰۵ میلی‌متر) به وسیله سری الک جدا شدند. با استفاده از روش پیپت (۲۹)، سیلت به سه بخش سیلت درشت (۵۰-۲۰ میکرون)، سیلت متوسط (۲۰-۵ میکرون) و سیلت ریز (۵-۲ میکرون) تقسیم شد. بخش رس (کمتر از ۲ میکرون) نیز تفکیک گردید.

منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات افق‌های مختلف ترسیم گردید. برای نشان دادن اندازه ذرات در محور X از مقیاس فی (ϕ) استفاده شد. فی یک مقیاس لگاریتمی است که توسط کرومباین در سال ۱۹۳۴ ارائه شد و عبارت است از لگاریتم منفی قطر ذره بر حسب میلی‌متر در پایه ۲. بنابراین، با افزایش فی، اندازه ذره کاهش می‌یابد (۸).

برای محاسبه پارامترهای توزیع اندازه ذرات از دو روش ترسیمی و لحظه‌ای استفاده شد. در روش ترسیمی (۱۳) از پارامترهای انحراف معیار ترسیمی جامع فولک (Folk inclusive graphic standard deviation) (σI)، کج‌شدگی ترسیمی جامع فولک (Folk inclusive graphic skewness) (SKI) و میانگین اندازه ذرات (MZ)، برای مقایسه بهتر و نشان دادن تفاوت‌های توزیع اندازه ذرات استفاده شد. هم‌چنین میانگین، انحراف معیار و کج‌شدگی لحظه‌ای توزیع اندازه ذرات نیز محاسبه شد (۱۸). این پارامترها با استفاده از معادلات زیر محاسبه گردید.

روش ترسیمی:

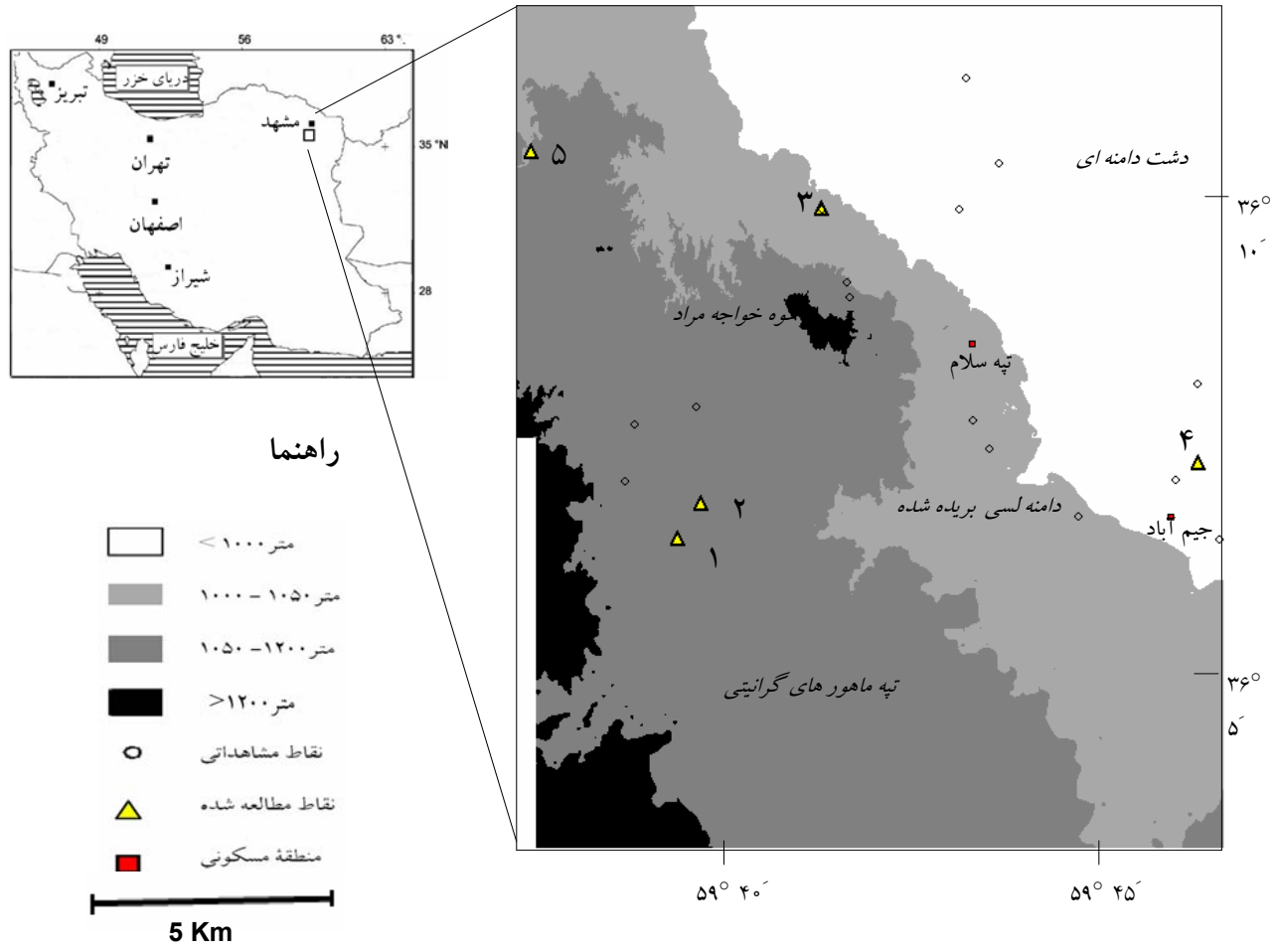
$$MZ = \frac{\varphi 16 + \varphi 50 + \varphi 84}{3} \qquad [1]$$

$$\sigma I = \frac{\varphi 84 - \varphi 16}{4} + \frac{\varphi 95 - \varphi 5}{6/6} \qquad [2]$$

$$SKI = \frac{\varphi 16 + \varphi 84 - 2\varphi 50}{2(\varphi 84 - \varphi 16)} + \frac{\varphi 5 + \varphi 95 - 2\varphi 50}{2(\varphi 95 - \varphi 5)} \qquad [3]$$

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]



شکل ۱. موقعیت منطقه مورد مطالعه، واحدهای ژئومورفیک و نقاط نمونه برداری ۱) نیمرخ خاک در جا با پوشش سرشار از سیلت ۲) خاک درجا تشکیل شده بر روی گرانیت ۳) خاک سرشار از سیلت واقع در دامنه ۴) خاک آبرفتی و ۵) مقطع طبیعی تشکیل شده از لایه‌های سرشار از سیلت و آبرفتی.

روش لحظه‌ای:

$$\bar{X}\varphi = \frac{\sum fm}{n} \qquad [۴]$$

$$\sigma\varphi = \sqrt{\frac{\sum f(m-\bar{X}\varphi)^{۲}}{۱۰۰}} \qquad [۵]$$

$$SK\varphi = \frac{\sum f(m-\bar{X}\varphi)^{۳}}{۱۰۰\sigma\varphi^{۳}} \qquad [۶]$$

در معادلات روش ترسیمی، به‌عنوان مثال φ۸۴، نشان دهنده قطری از ذرات است که ۸۴ درصد ذرات از آن کوچک‌تر هستند.

در روش لحظه‌ای، m نقطه وسط هر کلاس اندازه ذرات بافتی بر حسب فی، f درصد وزنی هر کلاس و n درصد وزنی مجموع کلاس‌ها است. انحراف معیار ترسیمی جامع فولک (σI) و انحراف معیار لحظه‌ای، نشان دهنده جورشدگی (یک‌نواختی) ذرات بوده و هر چه مقدار آن کوچک‌تر باشد نشان دهنده نزدیک بودن قطر ذرات به همدیگر است. کج‌شدگی ترسیمی جامع فولک (SKI) و کج‌شدگی لحظه‌ای، کج شدگی منحنی تجمعی را نشان می‌دهد. این شاخص، وضعیت تقارن منحنی‌های توزیع نرمال به سمت ذرات دانه ریز (چولگی مثبت)، دانه درشت (چولگی منفی) یا متقارن (صفر) را نشان می‌دهد. پارامترهای فوق

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

در روش ترسیمی و لحظه‌ای به ترتیب در ۹۰ و ۹۹ درصد منحنی تجمعی اندازه ذرات محاسبه می‌شوند (۸).

انقطاع سنگی (Lithologic discontinuity) نشان دهنده تغییر ناگهانی در مواد مادری خاک است. این تغییر ناگهانی به‌دلیل فرایندهای زمین‌شناسی به‌ویژه در طی فرایندهای رسوب‌گذاری است (۱۱). عدم وجود انقطاع سنگی نشان دهنده تشکیل خاک از یک نوع ماده مادری است (۲۱). تشخیص وجود یا عدم وجود انقطاع سنگی لازمه مطالعات چگونگی تحول خاک‌ها و تمایز بین توالی‌های خاک‌سازی و رسوب‌گذاری است. اگر خاک از مواد مادری یکسان تشکیل شده باشد، چگونگی تغییرات بعضی از ویژگی‌های مقاوم در برابر فرایندهای خاک‌سازی با عمق روند کم و بیش ثابتی را خواهد داشت. در بسیاری از موارد از بخش عاری از رس خاک، یعنی شن و سیلت استفاده شده و تغییرات نسبت‌های این دو جزء با عمق، شاخص مناسبی برای تشخیص انقطاع سنگی است (۲۱ و ۲۷). برای تعیین انقطاع سنگی از تغییرات عمقی نسبت سیلت به شن، جورشدگی (σI) و چولگی (SKI) استفاده شد.

گردشدگی و بافت سطحی بخش شن می‌تواند تأثیر فرایندهای حمل و نقل را نشان دهد (۱۷)، برای این منظور، پس از تیمار بخش شن با اسید کلریدریک و از بین بردن ناخالصی‌های سطح ذرات، شکل و بافت سطحی ذرات شن توسط میکروسکوپ الکترونی روبشی مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج

نتایج تجزیه و تحلیل اندازه ذرات نیمرخ‌های شاهد در جدول ۱ نشان داده شده است. بر اساس مشاهدات صحرایی، مورفولوژی نیمرخ‌ها و نتایج آزمایشگاهی نیمرخ‌های مورد مطالعه تفکیک شدند. روی تپه ماهورهای گرانیتی دو نوع خاک وجود دارد. خاک‌های درجا (نیمرخ شماره ۲) که از هوازدگی گرانیت حاصل شده و دارای شن زیاد در بخش کمتر از ۲ میلی‌متر هستند. در بعضی از قسمت‌های تپه‌ماهورهای گرانیتی، خاک‌های درجا توسط یک لایه نازک تا ضخیم سرشار از سیلت (نیمرخ شماره ۱) پوشیده شده و نوع دوم خاک‌های تپه ماهورهای گرانیتی را تشکیل می‌دهند. در دامنه گرانیت‌ها خاک‌های عمیق سرشار از سیلت و بدون سنگریزه (نیمرخ شماره ۳) وجود دارد که به‌دلیل ابهام در مورد آبرفتی بودن آنها در این مقاله به آنها خاک‌های سرشار از سیلت اطلاق می‌شود. خاک‌های سرشار از سیلت دارای رنگ نخودی و بدون لایه‌بندی بوده و افق‌های بدون شواهد خاک‌سازی، ساختمان توده‌ای دارند. در بخشی از دشت دامنه‌ای با توجه به لایه‌بندی حاصل از انتقال آب، خاک‌های آبرفتی با بافت درشت (نیمرخ شماره ۴) تشخیص داده شد. بریدگی‌های عمیق در دامنه گرانیت‌ها در نزدیکی آبراهه‌ها وجود دارد که در این بریدگی‌ها، بین لایه‌های سرشار از سیلت، لایه‌های آبرفتی درشت بافت سنگریزه‌دار وجود دارد که نشان دهنده تغییر شرایط رسوب‌گذاری است. افق‌های خاک‌های مورد مطالعه به افق‌های سرشار از سیلت با علامت L، کاملا آبرفتی با A، کاملاً درجا با R، با منشا رسوبات آبرفتی و رسوبات سرشار از سیلت با AL و با منشا درجا و رسوبات سرشار از سیلت با RL در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده‌اند.

توزیع اندازه ذرات

افق‌های سرشار از سیلت دارای بیش از ۷۰ درصد سیلت بوده و نقطه اوج آن در سیلت درشت است (شکل ۲-الف). این افق‌ها در مقایسه با افق‌های دیگر شن خیلی کمتری داشته و شن خیلی ریز بخش عمده‌ای از جزء شن را تشکیل می‌دهد. در مقابل، افق‌های در جا در بعضی موارد بیش از ۸۰ درصد شن دارند (شکل۲- ب) که نشان دهنده به ارث رسیدن از مواد مادری و هوادیدگی کم آنهاست. شن ریز تا سیلت درشت، بخش اعظم افق‌های آبرفتی را تشکیل می‌دهد (شکل۲-ج). نکته جالب توجه در مورد افق‌های درجا- سیلتی و آبرفتی- سیلتی، دو نمایی بودن توزیع اندازه ذرات آنها می‌باشد (شکل ۲ - د و ۲ - ه) که شاهدی بر منشا دو گانه آنهاست (۸). در این افق‌ها دو نقطه اوج یکی در بخش شن و

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

جدول۱. توزیع اندازه ذرات در بخش کمتر از ۲ میلی‌متر در نیمرخ‌های مورد مطالعه

منشأ افق	افق	عمق (cm)	شن ٪	سیلت ٪	رس ٪	اجزای شن ٪					اجزای سیلت ٪		
						خیلی درشت (۲-۱ میلی متر)	درشت (۱-۰/۵ میلی‌متر)	متوسط (۰/۵-۰/۲۵ میلی متر)	ریز (۰/۲۵-۰/۱ میلی متر)	خیلی ریز (۰/۱-۰/۰۵ میلی متر)	درشت (۵۰-۲۰ میکرون)	متوسط (۲۰-۵ میکرون)	ریز (۵-۲ میکرون)
۱- خاک درجا با پوشش سرشار از سیلت روی تپه ماهورهای گرانیتی													
L	Ap	۰-۱۵	۱۵/۳	۷۳/۱	۱۱/۶	۰/۸	۱	۰/۸	۱/۸	۱۰/۷	۴۰/۸	۱۹/۳	۱۳
L	Bk	۱۵-۴۰	۱۷/۱	۶۶/۸	۱۶/۱	۱/۸	۲	۰/۹	۱/۸	۱۰/۶	۳۷/۴	۱۸/۲	۱۱/۲
RL	2Btk	۴۰-۸۵	۴۰/۶	۴۲/۵	۱۶/۹	۸/۶	۱۱/۹	۵	۸/۵	۶/۶	۲۱/۶	۱۳/۳	۷/۶
R	2Cry1	۸۵-۱۲۰	۷۹/۴	۱۷/۷	۲/۹	۱۱/۵	۲۰	۱۴/۶	۲۴/۵	۸/۸	۱۲/۱	۴/۲	۱/۴
R	2Cry2	۱۲۰-۱۵۰	۸۹/۸	۸/۳	۱/۹	۱۳/۸	۲۶	۱۷/۵	۲۵/۹	۶/۶	۶/۷	۱/۵	۰/۱
۲- خاک در جا تشکیل شده روی تپه ماهورهای گرانیتی													
RL	AP	۰-۲۰	۳۳/۶	۵۴/۹	۱۱/۵	۶	۷/۹	۳/۶	۶/۵	۹/۶	۳۱/۶	۱۷	۶/۳
RL	Bk1	۲۰-۶۰	۳۱/۳	۵۳/۴	۱۵/۳	۷	۷/۶	۲/۹	۵/۵	۸/۳	۲۷/۱	۱۷/۸	۸/۵
R	Cry1	۶۰-۸۰	۶۹/۸	۲۷/۷	۲/۵	۹/۸	۱۶/۹	۱۰/۷	۲۲/۷	۹/۷	۱۴/۱	۶/۸	۶/۸
R	Cry2	۸۰-۱۲۰	۷۲/۵	۲۴/۲	۳/۳	۹/۷	۱۸	۱۲/۳	۲۳/۷	۸/۸	۱۳/۲	۱۰/۶	۰/۴
۳- خاک سرشار از سیلت واقع در دامنه گرانیت‌ها													
L	Ap	۰-۴۰	۸/۶	۷۳/۷	۱۷/۷	۰/۱	۰/۱	./۱	۰/۵	۷/۸	۴۱/۵	۲۰/۱	۱۲/۱
L	Cy1	۴۰-۷۰	۵/۸	۷۲/۱	۲۲/۱	۰/۳	۰/۵	۰/۲	۰/۵	۴/۳	۳۷/۶	۱۹/۲	۱۳/۳
L	Cy2	۷۰-۱۰۰	۳/۷	۷۹/۸	۱۶/۵	۰/۲	۰/۶	۰/۲	۰/۴	۲/۳	۳۷/۸	۲۵/۴	۱۶/۵
L	Cy3	۱۰۰-۱۳۰	۴/۲	۷۷/۸	۱۸	۰/۲	۰/۴	۰/۱	۰/۴	۳/۱	۳۷/۵	۳۰/۳	۱۰
۴- خاک آبرفتی واقع در دشت دامنه‌ای													
A	Ap	۰-۳۰	۶۰/۴	۳۲/۳	۷/۳	۱/۱	۶/۴	۷/۵	۲۳/۶	۲۱/۸	۲۲	۸	۲/۳
A	BCk1	۳۰-۶۵	۴۳/۷	۴۵/۳	۱۱	۱/۴	۵/۶	۵/۳	۱۴/۴	۱۷	۳۳/۳	۷	۵
A	2BCk2	۶۵-۱۰۰	۶۶/۲	۲۷/۳	۶/۵	۳/۱	۱۵/۸	۹/۶	۱۵	۲۲/۷	۲۲/۳	۰/۳	۴/۷
A	2C	۱۰۰-۱۳۰	۷۰	۲۵	۵	۱/۷	۱۵	۹/۴	۲۲/۹	۲۱	۲۴	۰/۴	۰/۶
۵- بخشی از یک مقطع تشکیل شده از لایه های سرشار از سیلت و آبرفتی													
L	5C	۳۱۰-۳۵۰	۱۶/۳	۷۱	۱۲/۷	۰/۷	۱/۳	۰/۸	۱/۳	۱۲/۲	۶۰	۱۰/۶	۰/۴
AL	6C	۳۵۰-۳۷۰	۵۳	۳۷/۷	۹/۳	۲۱	۱۲/۵	۴/۴	۵/۲	۹/۹	۳۲/۶	۴/۵	۰/۶
L	7C	۳۷۰-۳۹۵	۹	۷۶/۸	۱۴/۲	۰/۵	۰/۵	۰/۴	۱	۶/۶	۵۱/۸	۱۹	۶
AL	8C	۳۹۵-۴۱۰	۴۷/۵	۴۳/۲	۹/۳	۱۷/۵	۱۱/۸	۴/۱	۶/۹	۷/۲	۳۲/۹	۸/۲	۲/۱

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

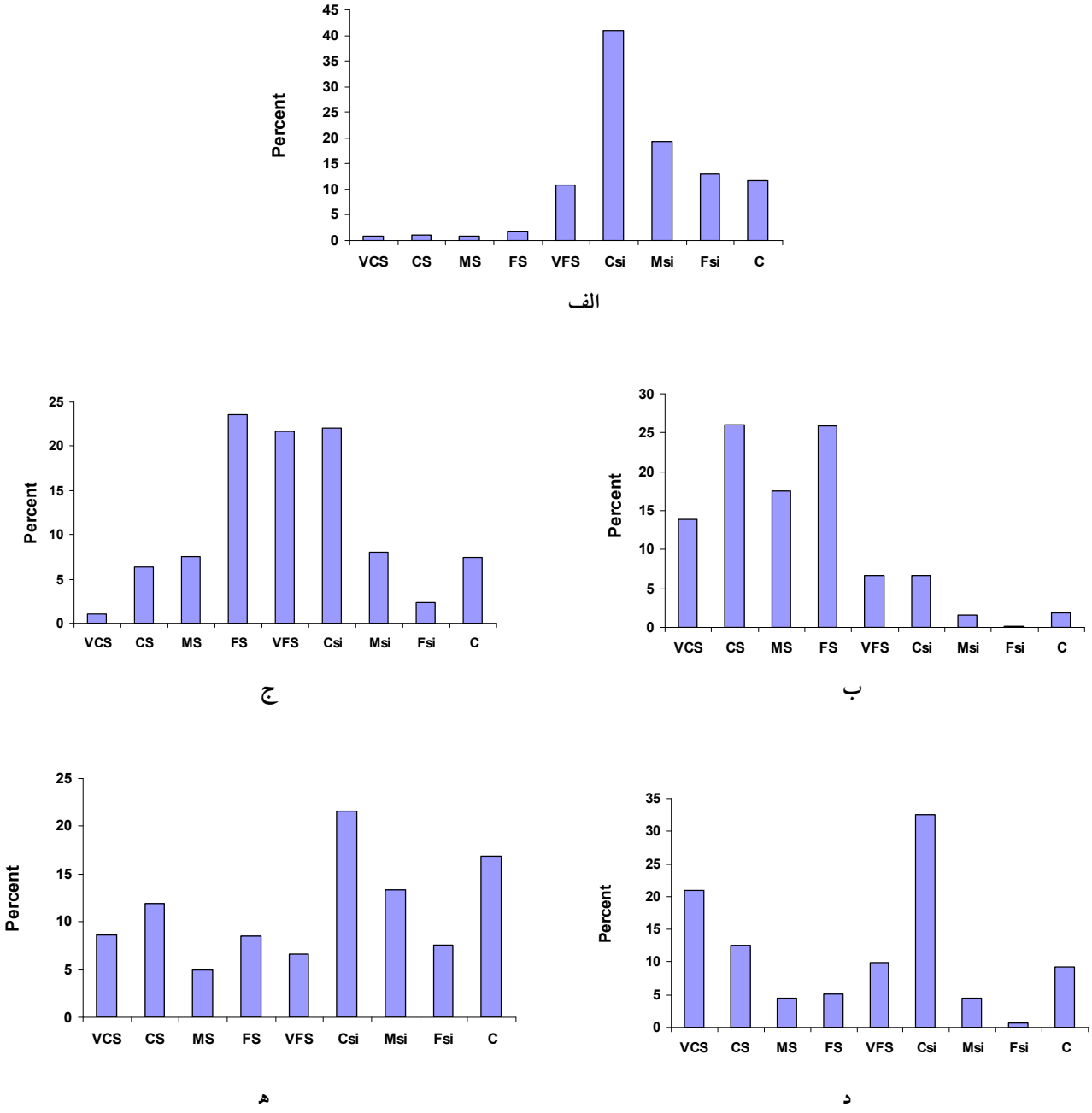
[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

جدول ۲. پارامترهای آماری محاسبه شده از منحنی توزیع اندازهٔ ذرات نیمرخ‌های مورد مطالعه

منشا افق‌ها	افق	عمق (cm)	روش ترسیمی			روش لحظه‌ای			میانه
			δI (ϕ)	SKI	MZ (ϕ)	δϕ (ϕ)	SKϕ (ϕ)	$\bar{X}\phi$ (ϕ)	(ϕ)
۱- خاک درجا با پوشش سرشار از سیلت بر روی تپه ماهورهای گرانیتی									
L	Ap	۰-۱۵	۱/۹۲	۰/۴۳	۵/۳	۲/۱۴	۰/۲۸	۵/۸۷	۵/۳
L	Bk	۱۵-۴۰	۲/۳۳	۰/۵۴	۵/۳	۲/۴۳	۰/۰۲۴	۵/۹۲	۵/۴
RL	2Btk	۴۰-۸۵	۳/۵۷	۰/۰۰۵	۴/۱	۳/۳۹	۰/۰۷۴	۴/۷۱	۴/۸
R	2Cry1	۸۵-۱۲۰	۲/۰۸	۰/۲۶	۱/۹	۲/۳۴	۱/۱۱	۲/۴۵	۲/۲
R	2Cry2	۱۲۰-۱۵۰	۱/۵۸	۰/۱۷	۱	۱/۹۸	۱/۵۴	۱/۷۸	۱/۳
۲- خاک در جا تشکیل شده بر روی تپه ماهورهای گرانیتی									
RL	Ap	۰-۲۰	۲/۹۵	۰/۰۷	۴	۲/۸۷	-۰/۰۱۳	۴/۸۳	۵
RL	Bk1	۲۰-۶۰	۳/۳۰	-۰/۰۲	۴	۳/۰۹	-۰./۱۳	۵/۱۳	۵
R	Cry1	۶۰-۸۰	۲/۵۰	۰/۲۲	۲/۲	۲/۶۴	./۷۰	۳/۰۱	۲/۶
R	Cry2	۸۰-۱۲۰	۲/۲۵	۰/۱۸	۲/۱	۲/۴۷	۰/۸۰	۲/۷۸	۲
۳- خاک سرشار از سیلت واقع در دامنه گرانیت‌ها									
L	Ap	۰-۴۰	۲/۰۳	۰/۵۳	۵/۶	۲/۰۹	۰/۶۰	۶/۳۳	۴/۸
L	Cy1	۴۰-۷۰	۲/۰۵	۰/۴۱	۵/۹	۲/۲	۰/۲۴	۶/۶۲	۶/۱
L	Cy2	۷۰-۱۰۰	۲/۰۵	۰/۴۱	۵/۹	۲/۰۳	۰/۲۶	۶/۵۲	۶
L	Cy3	۱۰۰-۱۳۰	۲/۰۳	۰/۵۳	۵/۶	۲/۰۳	۰/۴۳	۶/۴۵	۶
۴- خاک آبرفتی واقع در دشت دامنه‌ای									
A	Ap	۰-۳۰	۲/۲۴	۰/۱۷	۳/۳	۲/۳۸	۰/۸۸	۴/۰۲	۳/۸
A	BCk1	۳۰-۶۵	۲/۵۱	۰/۰۹	۳/۹	۲/۵۸	۰/۵۵	۴/۶۴	۴/۲
A	2BCk2	۶۵-۱۰۰	۲/۴۰	۰/۰۶۹	۲/۶	۲/۴۸	۰/۹۴	۳/۶۴	۲/۵
A	2C	۱۰۰-۱۳۰	۲/۳۰	۰/۱۰	۲/۴	۲/۲۳	۱/۰۳	۳/۲۷	۳/۳
۵- بخشی از یک مقطع تشکیل شده از لایه های سرشار از سیلت و آبرفتی									
L	5C	۳۱۰-۳۵۰	۱/۵۵	۰/۴۰	۴/۶	۲/۰۲	۰/۹۶	۵/۳۶	۵/۲
AL	6C	۳۵۰-۳۷۰	۲/۸۷	-۰/۱۸	۲/۵	۳/۱۴	۰/۴۶	۳/۳۲	۳/۹
L	7C	۳۷۰-۳۹۵	۱/۸۷	۰/۵۵	۵/۳	۲/۰۳	۰/۷۳	۵/۸۸	۵/۳
AL	8C	۳۹۵-۴۱۰	۳/۰۲۵	۰/۱۹	۲/۹	۳/۱۴	۰/۳۰	۳/۶۴	۴/۴

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]



شکل۲. نمودار توزیع فراوانی اندازه ذرات اجزای مختلف خاک بعضی از افق‌ها با منشا متفاوت

الف) افق Ap خاک سرشار از سیلت (افق سرشار از سیلت)، ب) افق 2Cry1 خاک در جا با پوشش سیلتی (افق درجا) ج) افق BkC1 خاک آبرفتی (افق آبرفتی) د) افق 2Btk خاک در جا با پوشش سرشار از سیلت (افق درجا– سیلتی) و ه) افق 6C مقطع طبیعی (افق آبرفتی– سیلتی) (رس : C، سیلت ریز : FSi ، سیلت متوسط : MSi، سیلت درشت : CSi، شن خیلی ریز : VFS، شن ریز : FS، شن متوسط : MS، شن درشت : CS و شن خیلی درشت : VCS)

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

دیگری در بخش سیلت مشاهده می‌شود؛ این ویژگی در افق‌های آبرفتی - سیلتی آشکارتر است. درحالی‌که افق‌های سرشار از سیلت، درجا و آبرفتی، تک نمایی می‌باشند.

منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات افق‌های نیمرخ‌های شاهد، سه نوع کلی توزیع را نشان می‌دهد. منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات افق‌های سرشار از سیلت، S شکل با خیز ناگهانی در بخش سیلت، افق‌های درجا و آبرفتی، کروی شکل با خیز ناگهانی در بخش شن و افق‌های درجا- سیلتی و آبرفتی- سیلتی حدواسط دو توزیع گفته شده قرار می‌گیرند. در نیمرخ خاک درجا با پوشش سرشار از سیلت (شکل ۳-الف)، افق‌های سرشار از سیلت Ap و Bk، با توزیع S شکل با توزیع افق‌های زیرین (Cry1 و Cry2) که خیز منحنی توزیع تجمعی اندازه ذرات آن در بخش شن بوده و از هوادیدگی در جای گرانیت حاصل شده‌اند تفاوت آشکاری دارند. بین این دو بخش متفاوت، منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات افق 2Btk، ویژگی‌های حد واسط آنها را نشان می‌دهد که این ویژگی‌ها را از هر دو بخش به ارث برده است. در نیمرخ خاک درجا، پوشش سطحی سرشار از سیلت وجود ندارد. منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات دو افق روئی (Ap وBk) آنها مشابه افق 2Btk نیمرخ شماره ۱ است (شکل ۳-ب).در خاک سرشار از سیلت، منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات همه افق‌ها مشابه همدیگر و S شکل بوده و مانند توزیع افق‌های سرشار از سیلت بالایی نیمرخ اول است (شکل ۳-ج). منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات افق‌های خاک آبرفتی، مشابه یکدیگر بوده ولی با افق‌های سرشار از سیلت تفاوت آشکاری دارد. تفاوت جزئی توزیع اندازه ذرات بین افق‌های این نیمرخ به‌دلیل تغییر در قدرت حمل مواد، طی دوره‌های متفاوت رسوب‌گذاری است (شکل ۳-د). در نهایت در شکل ۳-هـ چگونگی توزیع اندازه ذرات در بخشی از یک مقطع طبیعی نشان داده شده است. منحنی تجمعی اندازه ذرات افق‌های سرشار از سیلت این مقطع طبیعی، مشابه افق‌های سرشار از سیلت نیمرخ‌های دیگر است. لایه‌های آبرفتی در بین لایه‌های سرشار از سیلت، به‌دلیل این‌که پس از فرایند رسوب‌گذاری توسط آب، به آنها سیلت اضافه شده است، سبب شده که منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات آنها، حد واسط افق‌های سرشار از سیلت و آبرفتی بوده و نمودار فراوانی توزیع اندازه ذرات آنها دو نمایی باشد (شکل ۲-هـ).

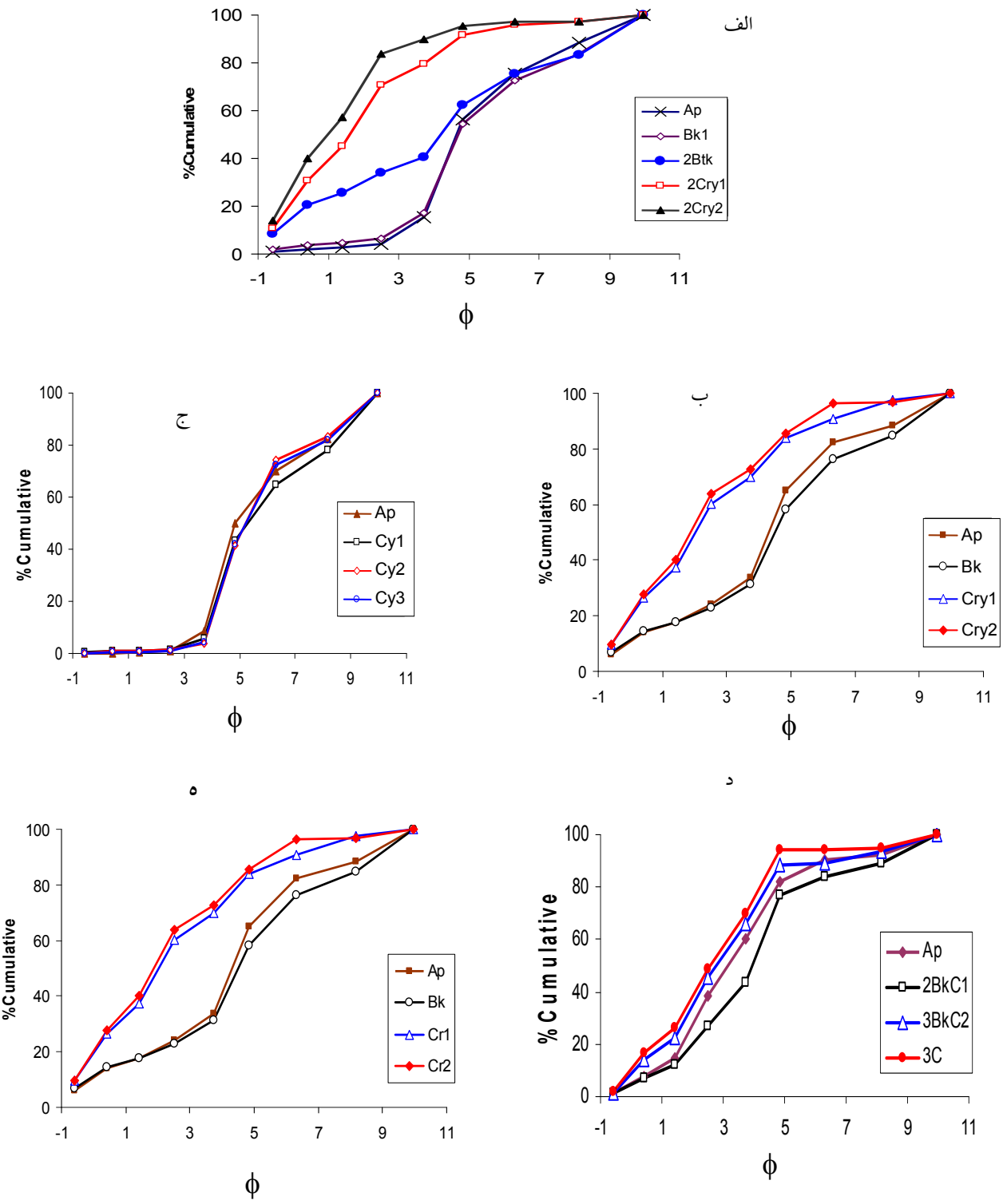
مطالعات نشان داده است که ذرات به اندازه ۵۰-۱۰ میکرون به‌راحتی توسط باد به‌صورت معلق منتقل شده و بخش قابل توجه لس‌ها را تشکیل می‌دهند، به همین دلیل منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات لس‌ها در بخش سیلت، خیز ناگهانی داشته و S شکل خواهد شد (۲۶). افق‌های سرشار از سیلت در این منطقه نیز به‌طور متوسط بیش از ۷۰ درصد سیلت داشته و منحنی تجمعی توزیع ذرات آنها نیز S شکل است. بنابراین می‌توان احتمال بادی بودن برای آنها را متصور شد. در محدوده تماس افق‌های سرشار از سیلت و افق‌های درجا و آبرفتی، سیلت با این افق‌ها مخلوط می‌شود. همانند وارد شدن ذرات ریز توسط آب و رسوب آنها بین رسوبات درشت غربالی در آلویال‌فن‌ها (۲۸)، مقداری از سیلت پس از اضافه شدن توسط باد به سطح افق‌های درجا و آبرفتی، بین ذرات درشت‌تر آنها وارد شده و باعث می‌شود که منحنی تجمعی توزیع ذرات آنها حدواسط S شکل وکروی باشد.

توزیع عمقی پارامترهای محاسبه شده از توزیع اندازه ذرات

نسبت سیلت به شن در دو افق بالایی خاک درجا با پوشش سرشار از سیلت، به هم نزدیک است ولی در افق سوم به‌صورت ناگهانی کاهش می‌یابد. شدت کاهش در دو افق زیرین کمتر بوده ولی قابل تشخیص است (شکل ۴-الف). تغییرات عمقی σI و SKI (شکل ۵-الف) نیز نتایج نسبت سیلت به شن را تأیید می‌کند. بنابراین با توجه به تغییرات مذکور می‌توان دو افق بالایی را از نظر منشأ با افق‌های زیرین کاملاً متمایز دانست و مرز بین آنها را به‌عنوان انقطاع سنگی در نظر گرفت. شاخص‌های مورد استفاده از افق سوم به افق بعدی به‌صورت ناگهانی تغییر می‌کند ولی به‌دلیل این‌که ویژگی‌های افق در جا در آن غالب است، به‌صورت پیوسته با افق‌های

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

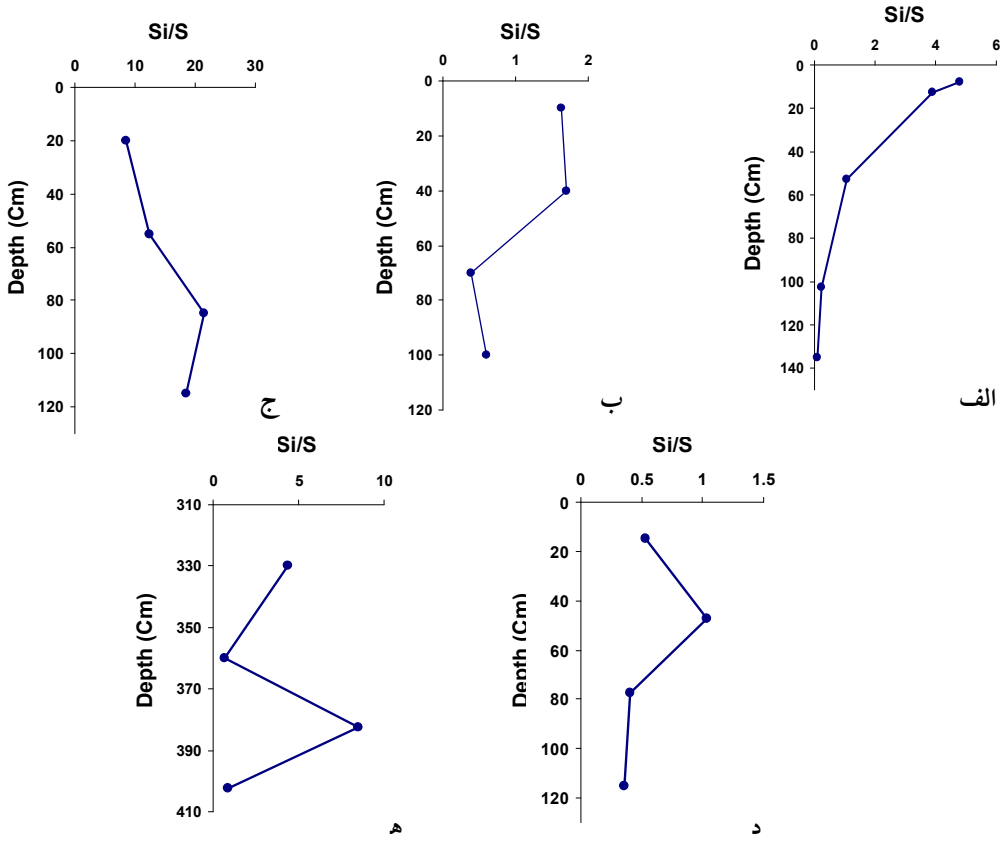


شکل۳. منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات در خاک‌های مورد مطالعه

الف) خاک در جا با پوشش سرشار از سیلت ب) خاک درجا ج) خاک سرشار از سیلت د) خاک آبرفتی و ه) بخشی از یک مقطع طبیعی.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]



شکل۴. تغییرات عمقی نسبت سیلت به شن در خاک‌های مورد مطالعه

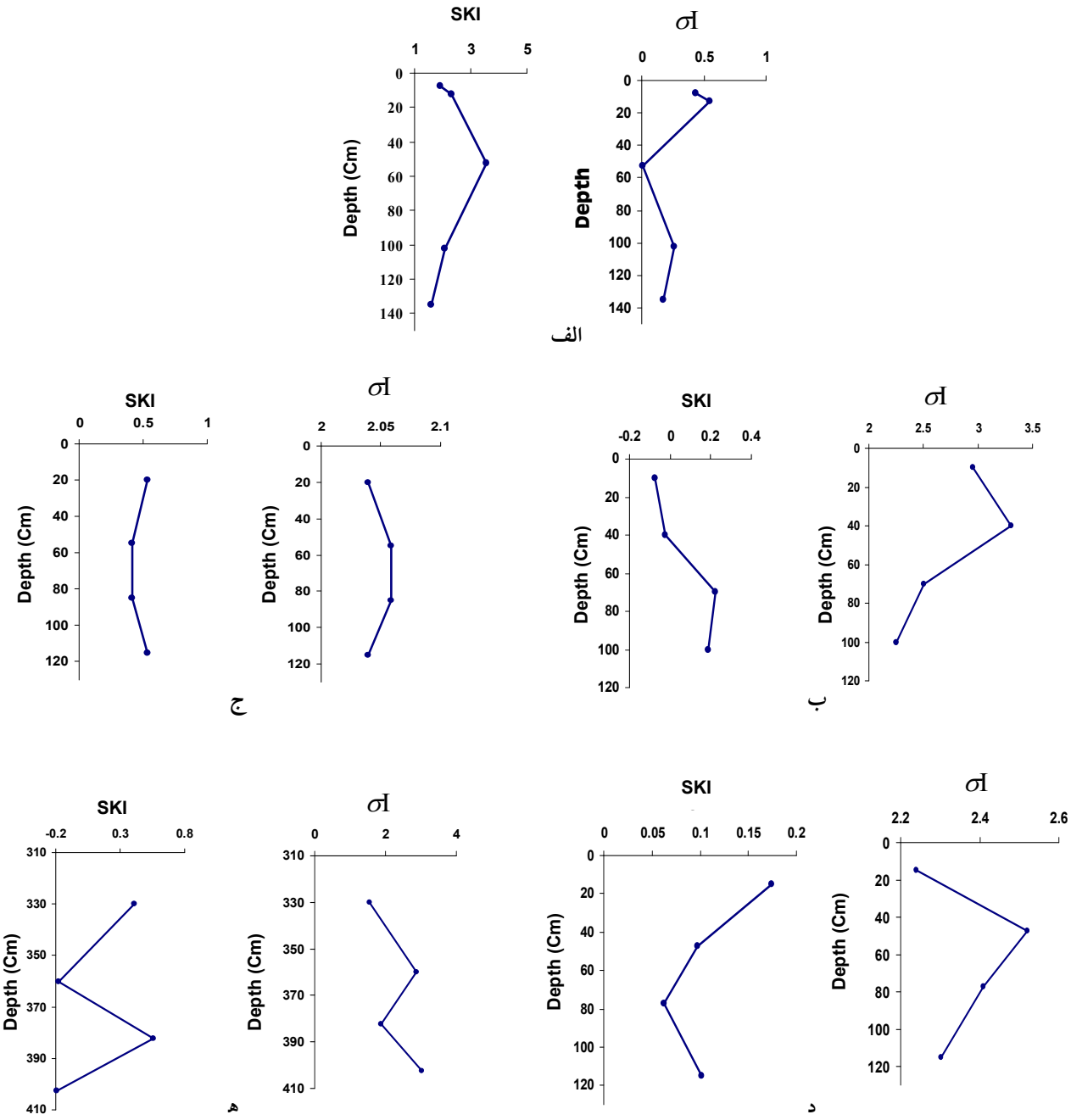
الف) خاک در جا با پوشش سرشار از سیلت ب) خاک در جا ج) خاک سرشار از سیلت د) خاک آبرفتی و ه) بخشی از یک مقطع طبیعی

زیرین در نظر گرفته می‌شود. با توجه به این‌که محدوده‌ای که این خاک در آن قرار دارد از اطراف بالاتر قرار گرفته است، منشا آبرفتی برای آن غیر محتمل بوده و می‌توان برای مقدار زیاد سیلت در افق‌های رویی، منشا بادی متصور شد. به علاوه افق‌های سرشار از سیلت دارای گچ در مقادیر متفاوت نیز هستند که با توجه به موقعیت ژئومورفیک محل نیمرخ مذکور می‌توان گفت که گچ به همراه سیلت وارد تپه‌ماهورهای گرانیتی شده است.

در نیمرخ خاک درجا، دو افق روئی با سیلت بادآورده مخلوط شده‌اند؛ در نتیجه شاخص‌های مورد استفاده برای تعیین انقطاع سنگی به‌صورت ناگهانی تغییر می‌یابند (شکل ۴- ب و ۵-ب) ولی به‌دلیل توضیح داده شده در مورد افق مشابه نیمرخ خاک قبلی، در این نیمرخ، انقطاع سنگی تشخیص داده نشد. در نیمرخ خاک سرشار از سیلت، تغییرات عمقی نسبت سیلت به شن تغییرات کمی را نشان می‌دهد (شکل ۴-ج). تغییرات σI وSKI نیز تقریبا یک‌نواخت است (شکل ۵-ج) که بر اساس منحنی تجمعی توزیع اندازه ذرات (شکل ۳-ج) قابل توجیه است. این یک‌نواختی نشان دهنده منشأ یکسان آنها است. مقدار اندک تفاوت در شاخص‌های مذکور، احتمالا به‌دلیل تغییرات قدرت باد در حین انتقال مواد است. در نیمرخ خاک آبرفتی، بر اساس تغییرات عمقی شاخص‌ها، یک انقطاع سنگی بین افق دوم و سوم تشخیص داده شد. اگرچه این شاخص‌ها از افق اول به دوم نیز تغییرات ناگهانی نشان می‌دهند (شکل ۴-د و ۵-د) ولی به‌دلیل عملیات کشاورزی و درشت بافت بودن افق‌ها،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]



شکل ۵. تغییرات عمقی SKI و σI در خاک‌های مورد مطالعه

الف) خاک در جا با پوشش سرشار از سیلت ب) خاک در جا ج) خاک سرشار از سیلت د) خاک آبرفتی ه) و بخشی از یک مقطع طبیعی

مقداری از اجزای سیلت افق سطحی، از طریق فرسایش جانبی و عمودی از این افق خارج شده و باعث کاهش ناگهانی نسبت سیلت به شن شده است. در مقطع طبیعی متشکل از افق‌های آبرفتی و سرشار از سیلت، تغییرات عمقی شاخص‌ها بین افق‌های سرشار ازسیلت، و آبرفتی- سیلتی کاملاً آشکار است (شکل ۴-ه و ۵-ه) به نحوی که انقطاع سنگی در مطالعات صحرایی به راحتی قابل تشخیص بود.

وجود انقطاع سنگی اطلاعاتی در مورد تاریخچه تکوین

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

لندفرم‌ها و مواد مادری خاک‌ها فراهم می‌کند (۱۶). وجود انقطاع سنگی بین افق‌های سرشار از سیلت و دیگر افق‌ها و توزیع یکنواخت پارامترهای توزیع اندازه ذرات در خاک سرشار ازسیلت، و از طرف دیگر موقعیت توپوگرافی افق‌های سرشار از سیلت که قبلاً به آن اشاره شد می‌توان به این نتیجه رسید که رسوبات سرشار از سیلت می‌توانند منشأ بادی داشته باشند.

مورفولوژی ذرات شن

مقایسه میکروگراف‌های میکروسکوپ الکترونی روبشی بخش شن افق‌های سرشار از سیلت و دیگر افق‌ها نشان می‌دهد که در افق‌های سرشار از سیلت، ذرات شن گرد شده‌اند در حالی‌که در افق‌های دیگر ذرات کشیده و گو شه‌دار هستند (شکل ۶). نظر عمومی بر این است که حرکت ذرات توسط باد باعث گردشدگی می‌شود. سان و همکاران (۲۶) و اسمیت و همکاران (۲۳) نیز به گرد شدن ذرات کوارتز در لس‌ها اشاره کرده‌اند. هم‌چنین باد ترجیحاً ذرات گرد را جهت حمل انتخاب می‌کند (۱۷).

پارامترهای آماری توزیع اندازه ذرات

جدول ۲ پارامترهای آماری توزیع اندازه ذرات انواع افق‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. میانگین و انحراف معیار محاسبه شده توسط روش ترکیبی و ترسیمی دارای هم‌بستگی بالا (R^2 =۰/۹۵) بوده و از نظر آماری تفاوت آنها معنی‌دار نیست. کج‌شدگی محاسبه شده با دو روش مذکور هم‌بستگی کم (R^2 =۰-/۰۰۵) داشته و از نظر آماری تفاوت آنها معنی‌دار است. نتایج به‌دست آمده با نتایج هشیمی و همکاران (۱۴) هم‌آهنگی دارد. میانگین محاسبه شده توسط روش لحظه‌ای بزرگ‌تر از میانگین محاسبه شده توسط روش ترسیمی است. در روش لحظه‌ای به‌دلیل استفاده از ۹۹ درصد داده‌ها، سهم ذرات ریزتر در میانگین بیشتر می‌شود. بر اساس طبقه‌بندی ارائه شده توسط فولک (۱۳) جورشدگی در بیشتر افق‌ها بسیار بد است (جدول ۲) و بیشترین مقدار σI مربوط به افق‌های درجا - سیلتی و آبرفتی- سیلتی است. در این افق‌ها اضافه شدن سیلت باعث می‌شود که توزیع اندازه ذرات گسترده‌تر و جورشدگی ضعیف باشد. انحراف معیار جامع ترسیمی فولک (SKI)، نشان می‌دهد که افق‌های سرشار از سیلت، آبرفتی- سیلتی و در جا به سمت ذرات دانه ریز چوله هستند. ولی افق‌های آبرفتی و درجا- سیلتی به‌دلیل اضافه شدن سیلت و موزون شدن توزیع اندازه ذرات، متقارن هستند. نمودارهای فراوانی توزیع اندازه ذرات شکل ۲ وضعیت چولگی و تقارن افق‌های مختلف را به خوبی نشان می‌دهد. بین σI و SKI هم‌بستگی معنی‌داری وجود دارد. با افزایش σI، SKI کاهش می‌یابد. منحنی پراکنش σI وSKI گروه‌های مختلف افق‌ها را به خوبی از هم تفکیک می‌کند (شکل ۷). جورشدگی در افق‌های سرشار از سیلت به‌دلیل تجمع حداقل ۷۰ درصد ذرات در بخش سیلت، نسبت به سایر افق‌ها بهتر بوده ولی در سایر افق‌ها به‌دلیل پراکنده شدن ذرات در اجزاء مختلف جورشدگی ضعیف‌تر است.

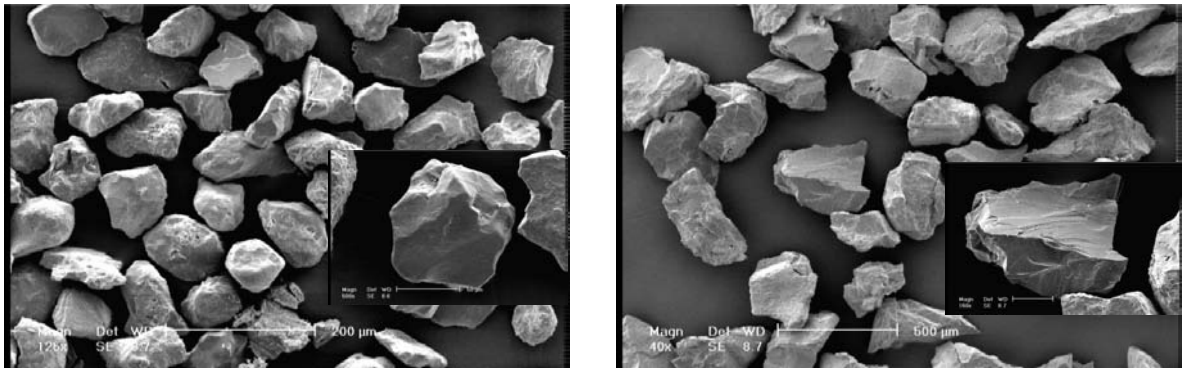
میانگین اندازه ذرات افق‌های مختلف در جدول ۲، بر حسب فی نشان داده شده است. بیشترین و کمترین مقدار، بر اساس روش لحظه‌ای ۶/۵ فی و ۱/۸ فی، به‌ترتیب مربوط به افق‌های سرشار از سیلت و درجا است. اندازه ذرات افق‌های درجا- سیلتی، حد واسط افق‌های درجا و سرشار از سیلت و افق‌های آبرفتی- سیلتی نیز حد واسط آبرفتی و سرشار از سیلت است. میانه رسوبات سرشار از سیلت نیز ۶-۴/۸ فی بوده و نسبت به لس‌های استان گلستان اندازه آن درشت‌تر است (۳).

نتیجه‌گیری

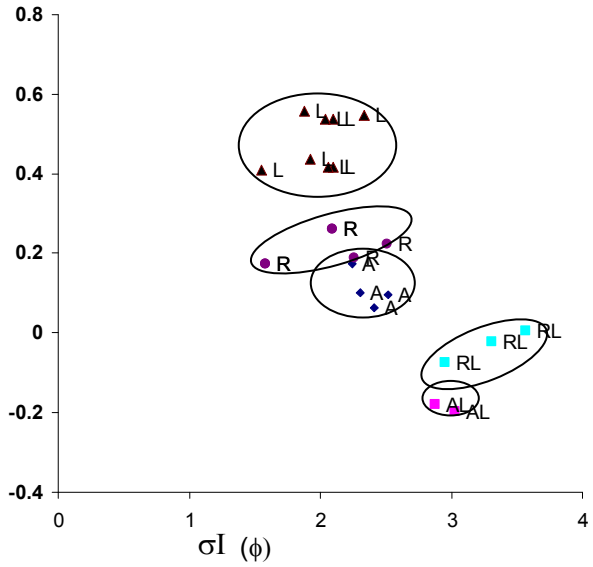
در جنوب مشهد رسوبات سرشار از سیلت به‌صورت ناپیوسته تپه ماهورهای گرانیتی را پوشانده است. در دامنه گرانیت‌ها ضخامت این رسوبات به چندین متر می‌رسد. توزیع اندازه ذرات مبین وجود بیش ا ز ۷۰ درصد ذرات بین ۵۰-۱۰ میکرون در افق‌های سرشار از سیلت است که این محدوده از ذرات به راحتی توسط باد منتقل می‌شوند (۲۶).

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]



شکل۶. میکروگراف SEM شکل ذرات شن افق درجای 2Cry2 (سمت راست) و افق سرشار از سیلت Bk1 (سمت چپ) نیمرخ خاک درجا با پوشش سرشار از سیلت. به تفاوت گردشدگی ذرات شن با منشا مختلف در دو میکروگراف دقت شود.



شکل۷. نمودار پراکنش SKI و σI افق‌های مختلف

تغییرات عمقی نسبت سیلت به شن، جورشدگی و چولگی توزیع اندازه ذرات، به خوبی نشان از وجود انقطاع سنگی بین رسوبات سرشار از سیلت و خاک‌های درجا و آبرفتی است (۱۱، ۲۱ و ۲۷). مطالعه شکل و بافت سطحی شن رسوبات سیلتی نیز نشان داد که شن آنها نسبت به بخش شن رسوبات دیگر، گردشدگی بیشتر داشته و نشانه‌های انتقال توسط باد بر سطح آنها مشخص است (۲۳ و ۲۶). به علاوه موقعیت توپوگرافی قرار گرفتن رسوبات سرشار از سیلت در دامنه گرانیت‌ها یا روی تپه ماهور-های گرانیتی و وجود گچ در آنها امکان آبرفتی بودن یا تشکیل شدن از هوادیدگی گرانیت را رد می‌کند (۱۰ و ۲۰). مقایسه شواهد فوق با موارد مشابه ما را به این نتیجه رهنمون می‌کند که این رسوبات منشأ بادی داشته و لس هستند اگرچه در بعضی قسمت‌های منطقه ممکن است توسط آب به قسمت‌های پایین‌تر منتقل شده باشند. نتایج این پژوهش نشان داد که رسوبات سرشار از سیلت در این منطقه منشأ بادی دارند ولی منشأ آنها از نظر محل برداشت نیز مورد سؤال است که پیشنهاد می‌شود در تحقیقات بعدی به آن پاسخ داده شود.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

منابع مورد استفاده

۱. پاشائی، ع. ۱۳۷۶. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیائی و چگونگی خاستگاه رسوب‌های لسی در منطقه گرگان و دشت. علوم زمین ۲۳/۲۴ : ۶۷-۷۸.

۲. درویش زاده، ع. ۱۳۸۰. *زمین شناسی ایران*. چاپ دوم، انتشارات امیرکبیر، تهران.

۳. سنائی اردکانی، س. ۱۳۸۳. بررسی رسوب‌شناسی و چینه‌شناسی بخشی از لس‌های شمال شرق ایران، مطالعه موردی : مقاطع قپان و دره ناهارخوران استان گلستان. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده علوم زراعی.

۴. شهرابی، م. ۱۳۸۳. شرح نقشه زمین‌شناسی چهار گوش مشهد، مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۱۰۶ صفحه.

۵. صاحب جمع، ع. ا. ۱۳۸۱. گزارش نهایی مطالعات تفصیلی دقیق خاک‌شناسی و طبقه‌بندی اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی طرق- استان خراسان. نشریه فنی ۱۱۴۶، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، کرج.

۶. طاهری، ج. ۱۳۷۳. نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ مشهد. وزارت معادن و فلزات، سازمان زمین‌شناسی کشور.

۷. عندلیبی، م. ۱۳۷۳. پیرامون موقعیت چینه‌شناسی، رسوب‌شناسی، محیط رسوبی و رسوبگذاری لس‌ها در حوضه خزر. مجموعه مقالات نخستین سمپوزیوم بین‌المللی کواترنر.

۸. موسوی حرمی، ر. ۱۳۸۳. *رسوب شناسی*. چاپ دهم، به نشر (انتشارات آستان قدس رضوی)، مشهد.

9. Assallay, A. M., C. D. F. Rogers, I. J. Smalley and I. F. Jefferson. 1998. Silt: 2–62 μm, 9-4 ϕ. Earth-Sci. Rev. 45:61-88.
10. Boettinger, J. L. and R. J. Southard. 1991. Silica and sources for Aridisols on a granitic pediment, western Mojave Desert. Soil. Sci. Soc. Am. J. 55:1057-1067.
11. Buol, S. W., R. J. Southard, R. C. Graham and P. A. McDaniel. 2003. Soil genesis and classification. 5th Ed. Iowa State Univ. Press.,
12. Ding, Z. L., S. F. Xiong, J. M. Sun, S. L. Yang, Z. Y. Gu and T. S Liu. 1997. 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. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 152:49-66.
13. Folk, R. 1974. Petrologyof Sedimentary Rocks. Hemphill Pub. Co., Austin, Texas.
14. Hashimi, N. H. 1980. Comparative study of the moment and graphic size parameters of the sediments of the western continental shelf of India. Math. Geol. 13: 291-301.
15. Kehl, M., M. Frechen and A. Skowronek. 2005. Paleosols derived from loess and loess-like sediments in the basin of Persepolis, Southern Iran. Quat. Int. 140-141:135-149.
16. Kuzila, M. S. 1995. Identification of multiple loess units within modern soils of Clay County, Nebraska. Geoderma 65: 45-57.
17. Mazzullo, J., A. Alexander, T. Tien and D. Menglin. 1992. The effects of wind transport on the shapes of the quartz silt grains. J. Sediment. Petrol. 62:961-971.
18. McBride, E. F. 1971. Mathematical treatment of size distribution data. *In:* R.E. Carver (Ed.), Procedure in Sedimentary Petrology. John Wiley and Sons, New York.
19. Okhravi, R. and A. Amini. 2001. Characteristics and provenance of the loess deposits of the Gharatikan watershed in northeast Iran. Global Planet. Change 28:11-22.
20. Olowolafe, E .A. 2002. Soil parent materials and soil properties in two separate catchments on the Jos plateau, Nigeria. Geojournal 56:201-212.
21. Schaetzl, R. J. 1998. Lithologic discontinuities in some soils on drumlins: theory, detection and application. Soil Sci. 163(7):570-590.
22. Smalley, I. J., I. F. Jefferson, T. A. Dijkstra and E. Derbyshire. 2001. Some major events in the development of scientific study of loess. Earth-Sci. Rev. 54:5-18.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]

23. Smith, B. J., J. S. Wright and W. B. Whalle. 2002. Sources of non-glacial, loess-size quartz silt and the origins of "desert loess". Earth-Sci. Rev. 59:1-26
24. Soil Survey Staff. 1999. Soil Taxonomy-A Basic System of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. Ed., Agric. Handb. No. 436. USDA-NRCS.
25. Sun, J. 2002. Provenance of loess material and fomation of loess deposits on the Chinease loess plateau. Earth Planet. Sci. Let. 203:845-854.
26. Sun, J., Z. Ding, T. Liu, D. Rokosh and N. Rutter. 1999. 580,000-years environmental reconstruction from Aeolian deposits at the Mu Us desert margin. China. Quat. Sci. Rev. 18: 1351-1364.
27. Tasi, C. C. and Z. S. Chen. 2000. Lithologic discontinuities in Ultisols along a toposequence in Taiwan. Soil Sci. 165(7):587-596.
28. Thomas, D. S. G. 1997. Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Dry Lands. 2nd ed., University of Sheffield, John Wiley Sons Pub., USA.
29. USDA-NRCS. 1996. Soil Survey Laboratory Methods Manual. Soil Survey Investigations Report, No. 42., Version 3.0. p. 693.
30. Wright. J. S. 2001. Desert versus glacial loess: quartz silt formation, Source area and sediment pathways in the formation of loess deposits. Geomorph. 36:231-256.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1387.12.44.14.4]