پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال هفتم، شماره ۳، زمستان ۱۳۹۷
صص. ۱۷-۱

تأثیرات ناشی از ساختار رسوبی مخروط‌افکنه‌ها بر ویژگی‌های مکانیکی و مهندسی خاک (مطالعه موردی: مخروط‌افکنه‌های چیتگر و کن)

سید حسن صدوق- استاد دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
محمد مهدی حسین زاده*- دانشیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی
خلیل رضایی- استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی
ایرج رحمانی- استادیار بخش ژئوتکنیک و زیرساخت، مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی
سمیرا چزغه- دانشجوی دکترای ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۱۱ تائید نهایی: ۱۳۹۷/۰۹/۲۲

چکیده

مخروط‌افکنه‌ها یکی از مناسب‌ترین مناطق برای ایجاد سکونتگاه‌های شهری هستند بنابراین توسعه پروژه‌های عمرانی بر سطح آنها اجتناب ناپذیر است. مخروط‌افکنه‌های کن و چیتگر در جنوب بلندی‌های البرز و در شمال غرب تهران قرار گرفته‌اند و در این پژوهش سعی شده تا رسوبات این بخش از تهران با نگاه سیستمی و با توجه به نوع رسوبات و همچنین فرم و فرایندهایی که مختص این محیط است بررسی و ساختارهای رسوبی آن مانند: گردشدگی، نسبت پهنی، ضریب شکل و کرویت در هر دو مخروط مورد مقایسه و تحلیل قرار گیرند و در نهایت در جنبه کاربردی خود همبستگی بین فاکتورهای رسوبی مؤثر بر مقاومت خاک آنالیز و مهمترین فاکتور رسوبی تاثیرگذار بر مقاومت خاک تعیین گردد. برای مقایسه شکل و اندازه رسوبات، طی بازدیدهای میدانی تعداد ۲۴ نقطه نمونه‌برداری از قسمت‌های بالایی تا انتهایی هر دو مخروط‌افکنه انتخاب و مختصات آنها با دستگاه GPS ثبت و از هر یک از ترانشه‌ها بصورت لایه به لایه نمونه‌برداری انجام گردید. بر پایه بررسی‌ها و نتایج آزمایشگاهی همچنین تحلیل داده‌های فوق توسط نرم افزارهای اکسل، گردیستات و فری هند مشخص گردید که مخروط-افکنه چیتگر در اندازه دانه از الگوی نمایی کاهش به سمت پایین پیروری می‌کند درصورتی که در مخروط‌افکنه کن این الگو تا قسمت میانی روند کاهشی را نشان میدهد ولی در قسمت انتهایی به دلیل تداخل با رسوبات مخروط‌افکنه کرج این نظم بهم می‌خورد. مقایسه فرم رسوبات نشان داد که گردشدگی و کرویت دانه‌ها در هر دو مخروط به دلیل طی مسافت طولانی از بالا به پایین روند افزایشی را نشان می‌دهد. آنالیز همبستگی بین خصوصیات اندازه و شکل رسوبات با نتایج آزمون نفوذ استاندارد (SPT) ثابت کرد که فاکتور متوسط قطر ذرات و گردشدگی بیشترین همبستگی را در عمق‌های مختلف با مقاومت خاک دارند که اولی مثبت و مستقیم و دومی منفی و غیر مستقیم است.

واژگان کلیدی: کن، چیتگر، مخروط‌افکنه، آزمون نفوذ استاندارد.

* نویسنده مسئول: E-mail: m_hoseinzadeh@sbu.ac.ir

مقدمه

مخروط‌افکنه پهنه‌ای از رسوبات رودخانه‌ای است که از نظر شکل تقریبا شبیه به مخروط بوده و بطور شعاعی از نقطه‌ای که رودخانه از کوهستان خارج می‌شود به سمت پایین‌دست کشیده می‌شود (بول[۱]، ۱۹۷۷). مخروط‌افکنه‌ها جزء سیستم رودخانه‌ای به شمار می‌روند و هر سیستم رودخانه‌ای از سه بخش مجزا و کاملا مرتبط باهم تشکیل شده که شامل: حوضه‌های آبریز که فراهمی رسوب را بر عهده دارند، بخش انتقال رسوبات و در نهایت ناحیه تراکمی رسوبات می‌باشد. یکی از مباحث مورد بحث در خصوص مخروط‌افکنه‌ها، ویژگی‌های رسوبی آنهاست. در وهله اول نوع رسوبات مخروط‌افکنه به ویژگی‌های سنگ‌شناسی حوضه آبریز آن بستگی دارد و نوع سنگ‌های حوضه تعیین کننده نوع رسوبات مخروط‌افکنه خواهد بود. میزان جورشدگی[۲] و منظم و یا نامنظم بودن آنها به نوع فرایندهای رسوب‌گذاری بستگی دارد. رسوبات مخروط-افکنه‌ای که "فن گلومرا" خوانده می‌شوند را می‌توان در موارد زیر خلاصه کرد: ۱- رسوبات ته‌نشین شده توسط جریان آب (رودخانه یا سیلاب) با پوشش وسیعی از ماسه. ۲- رسوبات حاصل از جریان‌های توده‌ای با جورشدگی ضعیف و قطعات درشت که بطور آزاد در میان ذرات ریز با فراوانی زیاد جای گرفته‌اند. ۳- رسوبات الک شده غربالی(مقصودی و محمد نژاد آروق، ۱۳۹۰). به‌لحاظ مورفولوژی و رسوب‌شناسی مخروط‌افکنه‌ها از سه رخساره اصلی تشکیل شده‌اند که عبارتند از: رخساره پیروکسیمال[۳] یا قسمت بالایی مخروط‌افکنه که به‌لحاظ توپوگرافی دارای شیب زیاد با کانال‌های محدود ولی بزرگ و همچنین دارای کنگلومراهای بزرگ تا متوسط با جورشدگی کم می‌باشد. رخساره میدل[۴]یا قسمت میانی که دارای کنگلومراهای متوسط در حد پبل (ریگ) و جورشدگی و گردشدگی نسبتا ضعیف می‌باشد، در این قسمت، از مقدار شیب نیز اندکی کاسته می‌شود و در نهایت رخساره دیستال[۵]یا قسمت انتهایی با شیب کم و تراکم کانال‌های زیاد کم عمق و جورشدگی و گردشدگی نسبتا خوب می‌باشد. در رأس مخروط(اپکس)، یک کانال وجود دارد که رسوبات آواری را از مرتفعترین نقطه کوهستان به طرف دشت انتقال می‌دهد (موسوی حرمی،۱۳۶۷). دریو (دریو، ۱۸۷۳) برای اولین بار از واژه مخروط‌افکنه استفاده کرد و از آن تاریخ به بعد به صورت گسترده‌ای این واژه بکار برده شد. اولین بررسی‌ها در مورد مخروط‌افکنه‌ها، توسط سازمان زمین‌شناسی آمریکا در نیمه دوم قرن نوزدهم انجام گرفت. نتایج این بررسی‌ها در مقالات گیلبرت[۶] (۱۸۷۶) و مک گی[۷](۱۸۹۷) دیده می‌شود. در زمینه بررسی مخروط‌افکنه‌ها، مقالات زیادی در سراسر جهان به رشته تحریر درآمده‌اند که در این زمینه می‌توان به کارهای بلیسن باخ[۸] که نقطه عطفی برای مطالعات مخروط‌افکنه‌ها بود اشاره کرد. تحقیق وی درباره مخروط‌های موجود در کوهستان وایت کالیفرنیا بود (۱۹۶۳)، همچنین هوک[۹] تلاش کرد تا مخروط‌افکنه‌ها را به‌صورت آزمایشگاهی ایجاد کند (هوک، ۱۹۶۷)، در این زمینه، بطور خاص می‌توان از کتاب مخروط-افکنه‌ها اثر راچوکی[۱۰] نام برد (راچوکی، ۱۹۸۱). از دیگر تحقیقات با ارزشی که در زمینه مخروط‌افکنه‌ها در سراسر جهان انجام شد می‌توان به تحقیقات واسون[۱۱](۱۹۷۴)، ولز و هاروی[۱۲](۱۹۸۷) و در زمینه رسوبات مخروط‌افکنه‌ها به میال[۱۳](۱۹۹۶)

[1]- Bull
[2]- Sorting
[3]- Proximal
[4]- Midle
[5]- Distal
[6] - Gilbert
[7]- Macgy
[8]- Blissenbach
[9]- Hooke
[10]- Rachocki
[11]- Wasson
[12]- Harvey & Wells
[13]- Miall

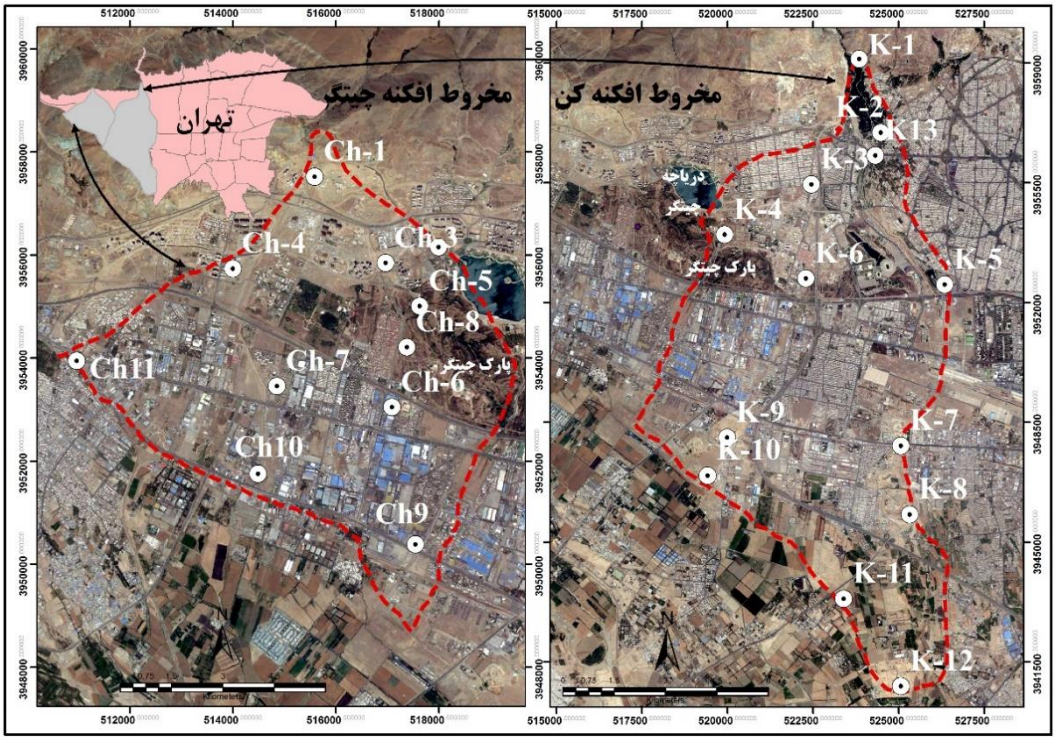
اشاره کرد. در ایران اولین تحقیقی که به طور جدی بر روی مخروط‌افکنه‌های ایران انجام گرفت، تحقیق بیومونت[۱](۱۹۷۲)، در خصوص مخروط‌افکنه‌های دامنه‌های جنوبی البرز بود. بعد از آن عباس نژاد(۱۳۷۶)، مختاری(۱۳۸۰)، شایان(۱۳۸۲)، یمانی و مقصودی(۱۳۸۲)، عابدینی و رجایی(۱۳۸۵) و اصغری مقدم(۱۳۸۶) هر یک به بررسی نقش اقلیم و تکتونیک بر تحول و تکامل مخروط‌افکنه‌ها پرداختند. در ضمن در این زمینه می توان به کتاب ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها تالیف مقصودی و محمد نژاد نیز اشاره کرد(مقصودی و محمد نژاد آروق، ۱۳۹۰). هر چند به‌لحاظ ژئومورفولوژی ساختار مخروط-افکنه‌های تهران بررسی نشده‌اند، ولیکن آبرفت‌های تهران از دیرباز مورد توجه پژوهشگران بوده و تاکنون مطالعات قابل توجهی برای شناخت آن صورت پذیرفته است. بر اساس تقسیم‌بندی ریبن[۲]، رسوبات جوان اطراف تهران از نظر سن نسبی به چهار واحد A,B,C,D تقسیم می‌شوند (A قدیمی‌ترین و D جوان‌ترین) وی آنها را به ترتیب سازند هزار دره، سازند کهریزک، آبرفت تهران و آبرفت جدید(آبرفت هولوسن) نامیده است(ریبن، ۱۹۶۶). از دیدگاه مبانی نظری و با توجه به ویژگی‌های کلی مخروط‌افکنه‌ها، هنوز ساختار طبیعی و محیط رسوبگذاری در مخروط‌های یاد شده تفسیر و تحلیل نشده‌اند. در این تحقیق سعی شده است تا با روش تحلیلی – مقایسه‌ای ساختار رسوبی مخروط‌افکنه‌های کن و چیتگر در جنوب بلندی‌های البرز در غرب تهران با استفاده از عملیات میدانی و کارهای آزمایشگاهی بررسی و همبستگی بین این خصوصیات با نتایج حاصل از آزمون نفوذ استاندارد تحلیل گردد.

محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در تحقیق حاضر مخروط‌افکنه‌های کن و چیتگر می‌باشد که در قسمت شمال غربی شهر تهران و در حوضه‌های آبریز رودخانه کن و وردیج (چیتگر) واقع شده‌اند. این محدوده از مختصات"۲۲ '۴۶ °۳۵ عرض شمالی و "۳۲ '۶ °۵۱ طول شرقی آغاز و به سمت غرب تا مختصات "۲۰ '۳۶ °۳۵ عرض شمالی و "۲۵ '۱۷ °۵۱ طول شرقی به مساحت ۱۳۸ کیلومتر مربع ادامه می‌یابد. همچنین این محدوده در شمال با کوهستان البرز مرکزی، در شرق با حریم رودخانه کن، در جنوب با آزاد راه تهران -کرج و در غرب با محدوده جنگل‌های در دست کاشت وردآورد محدود می‌گردد (شکل۱). میزان کلی بارندگی سالانه در این منطقه ۲۸۱ میلیمتر در سال بوده که بیشترین آن یعنی ۴۳ درصد در فصل زمستان و ۳۶ درصد آن در فصل بهار می‌باشد. این محدوده به لحاظ زمین‌شناسی از رسوبات غیر متراکمی به وجود آمده که از دامنه جنوبی کوه‌های البرز حمل و ته نشین شده‌اند و در ضخامت رسوبات آبرفتی این ناحیه یک سفره آب زیرزمینی گسترده وجود دارد، شیب عمومی منطقه از شمال به جنوب بوده و اراضی مورد بررسی در حریم پهنه دوم زلزله قرار دارد. از نظر ریخت‌شناسی، مخروط‌افکنه‌های کن و چیتگر در دامنه رشته ارتفاعات بلند البرز قرار گرفته است و از پنج واحد عمده ریخت‌شناسی شهر تهران که عبارتند از: کوه‌ها، تپه‌ها، مخروط‌افکنه‌های آبرفتی قدیمی، مخروط‌افکنه‌های آبرفتی جوان و دشت‌های آبرفتی ، محدوده مخروط‌افکنه‌های کن و چیتگر در برگیرنده دشت سیلابی و مخروط‌افکنه‌های اخیر و همچنین رسوب آبرفتی مخروط‌افکنه جوان و در قسمت‌های شمالی نیز رسوب آبرفتی مخروط‌افکنه قدیمی و همچنین شامل رسوبات ریزدانه دشت آبرفتی در قسمت‌های انتهایی حوضه می‌باشد (جایکا،۱۳۸۰).

۱- Beaumont

۲- Rieben



شکل ۱: نقشه محدوده و موقعیت برداشت نمونه در سطح مخروط افکنه‌های مورد مطالعه

روش کار

در ابتدا در محیط نرم افزار GIS با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی حوضه آبخیز مخروط‌افکنه‌ها شناسایی و برای هر یک از حوضه‌ها مشخصات فیزیوگرافی شامل مساحت، تراکم آبراهه، شیب متوسط، طول آبراهه‌ها و متوسط ارتفاع محاسبه گردید. سپس با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه براساس ارتفاع تقسیم‌بندی شدند. همچنین با استفاده از تصاویر گوگل ارث، راه‌های دسترسی در محدوده مورد بررسی تعیین و مکان‌هایی که امکان وجود ترانشه داشتند برروی نقشه مشخص گردید. در مرحله بعد، طی بازدیدهای میدانی، در مجموع تعداد ۲۴ نقطه نمونه‌برداری انتخاب و مختصات آنها با دستگاه GPS ثبت شد. در کار میدانی سعی گردید تا نمونه‌ها از دیواره‌های طبیعی مثل کنار رودخانه‌ها، ترانشه‌های مصنوعی راه سازی، ساختمان سازی و به صورت لایه لایه برداشت شوند تا بلحاظ عمقی نیز مورد بررسی و مقایسه قرار گیرند. همچنین سعی گردید پراکندگی نمونه‌ها به گونه‌ای باشد که از رأس تا قاعده مخروط‌افکنه‌ها را در برگیرد و تمامی طول و عرض مخروط‌افکنه‌ها را پوشش دهد. از هر لایه بطور متوسط ۴–۵ کیلوگرم رسوب برداشت گردید. بعد از جمع آوری نمونه‌ها (۱۱ترانشه از مخروط‌افکنه چیتگر و ۱۳ ترانشه از مخروط‌افکنه کن)، مطالعات رسوب‌شناسی از جمله طبقه‌بندی و تعیین اندازه ذرات و تعیین پارامترهای بافتی اندازه ذرات انجام گرفت و نمونه‌های جمع‌آوری شده با استفاده از غربال خشک الک شدند و درصد وزنی ذرات در اندازه‌های گراول، ماسه و سیلت و رس اندازه‌گیری شد. نامگذاری رسوبات به روش فولک[۱](۱۹۸۰) و با استفاده از نرم افزار گردیستات[۲] صورت گرفته است. برای انجام آنالیزهای شکل و اندازه دانه‌ها، از مخروط‌افکنه چیتگر ۱۳۱ و از مخروط‌افکنه کن ۲۳۲ قلوه سنگ بالای ۳ سانتی متر از رسوبات جدا و بوسیله کولیس سه قطر بزرگ، کوچک و متوسط هر نمونه برای محاسبات گردشدگی، پهن شدگی، کرویت و فرم دانه‌ها اندازه‌گیری شدند. پس از اندازه‌گیری سه قطر و با اندازه‌گیری شعاع کوچک‌ترین دایره گوشه‌های ذره و کاربرد رابطه (۱)،

۱- Folk

۲- Gradistate

ضریب گردشدگی(شفیعی و بجستانی[1]، ۱۹۵۵) بدست آمد:

رابطه۱) $$RC = \frac{r^2}{a \times b \times c}$$

که در آن r شعاع کوچک‌ترین دایره گوشه‌ها در نمای ذره، a قطر بزرگ، b قطر متوسط و c قطر کوچک است. برای اندازه‌گیری شعاع کوچکترین دایره گوشه‌ها ابتدا از تمامی نمونه‌ها عکس تهیه شد و سپس با کمک نرم افزار FreeHand شعاع کوچکترین دایره گوشه‌ها محاسبه گردید. همچنین با کاربرد رابطه (۲) عامل شکل(SF) تعیین شد:

رابطه۲) $$SF=\frac{C}{\sqrt{a \times b}}$$

برای محاسبه عامل کرویت، نخست با استفاده از عامل شکل (SF) و بهره‌گیری از جدول(۱) مقدار K (ثابت ماکویک) برآورد شد. سپس، با کاربرد رابطه ۳ مقدار قطر ظاهری(Nd) و در نهایت با کاربرد رابطه (۴) میزان کرویت ذرات برآورد گردید.

رابطه۳) $$Nd= \frac{b}{k}$$

رابطه۴) $$S= \frac{Nd}{a}$$

همچنین نسبت پهنی(W) رسوبات برداشت شده در هر مقطع از رابطه ۵ تعیین گردید.

رابطه۵) $$W= \frac{a+b}{2 \times c}$$

جدول۱: مقادیر ثابت ماکویک براساس عامل شکل

0.9	0.7	0.5	0.3	SF
1	1.05	1.13	1.27	K

برای اندازه‌گیری ذرات رس از روش پیپت استفاده گردید. جهت انجام این کار مقدار ۱۰ گرم نمونه زیر ۶۳ میکرون که بعد از کوبیدن و الک کردن نمونه با استفاده از شیکر بدست آمده بود، به داخل استوانه مدرج با گنجایش۱۰۰۰ سی سی ریخته شد و با توجه به قانون استوکس که مربوط به سرعت سقوط ذرات کروی شکل معلق در مایعات می‌باشد، وزن ذرات مختلف رس در ده طبقه از ۶۲/۵ میکرون تا ۰/۴۹ میکرون مشخص گردید. همچنین با استفاده از نرم افزارهای اکسل و گردیستات کلیه پارامترهای آماری و نمودارهای مختلف برای اندازه ذرات به روش فولک و آنالیز ریخت‌سنجی تهیه و دو مخروط‌افکنه به‌لحاظ بافت رسوبی از قسمت‌های بالایی تا انتهایی مورد مقایسه قرار گرفتند. برای بررسی و مقایسه خصوصیات ژئوتکنیکی رسوبات دو مخروط‌افکنه، از پارامتر مقاومت خاک یا آزمایش نفوذ استاندارد (SPT[2]) استفاده گردید. بدین منظور نتایج حاصل از گمانه‌های مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مورد استفاده قرار گرفت و با تلفیق اطلاعات، همبستگی بین مقامت خاک و پارامترهای رسوبی اندازه‌گیری و مهمترین فاکتور تأثیر گذار بر مقاومت خاک در محدوده مورد مطالعه محاسبه گردید.

بحث و یافته‌ها

ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه آبخیز بالادست و طبقه‌بندی ارتفاعی هر یک از مخروط‌افکنه‌ها در جدول (۲) و (۳) ارائه شده است.

[1]- Shafaei&Bajestani

[2] - Standard Penetration Test

جدول۲: ویژگی‌های فیزیوگرافی حوضه‌های آبخیز کن و چیتگر

ویژگی حوضه	مخروط‌افکنه کن	مخروط‌افکنه چیتگر
مساحت(کیلومتر مربع)	209/6	62
متوسط شیب	24.8	18.63
حداکثر ارتفاع	3820	2858
میانگین ارتفاع	2398	2068.6
تراکم شبکه زهکشی	1.34	1.45
تعداد آبراهه ها	593	171
جمع طول رودخانه ها (متر)	283507	91929

جدول۳: طبقه‌بندی ارتفاعی مخروط‌افکنه‌های کن و چیتگر

مخروط‌افکنه	میانگین ارتفاع قسمت بالایی	میانگین ارتفاع قسمت میانی	میانگین ارتفاع قسمت انتهایی
کن	۱۳۸۰ تا ۱۳۰۵	۱۳۰۵ تا ۱۱۶۰	۱۱۶۰ تا ۱۰۸۰
چیتگر	۱۳۷۰ تا ۱۲۶۰	۱۲۶۰ تا ۱۲۱۰	۱۲۱۰ تا ۱۱۴۰

مقایسه خصوصیات رسوبی دو مخروط‌افکنه

مجموعه ویژگی‌ها و متغیرهای دانه‌بندی و ریخت‌سنجی رسوبات مخروط‌افکنه‌های کن و چیتگر بعد از نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های مربوطه محاسبه و نتایج بصورت مقایسه دو مخروط‌افکنه در سه سطح بالایی، میانی و انتهایی با توجه به ویژگی‌های حوضه بالادست به شرح زیر مورد تحلیل قرار گرفت.

آنالیز اندازه ذرات

آنالیز اندازه دانه‌ها را می‌توان برای تعیین محیط رسوبی، شناسایی فرایندهای رسوب‌گذاری و نوع جریان به‌کار برد. توزیع اندازه ذرات در رسوب به ویژگی‌های سنگ منشاء، فرایندهای هوازدگی، سایش و جورشدگی انتخابی آن‌ها در هنگام حمل و نقل بستگی دارد (اسلندر و دیگران[۱]، ۲۰۱۱) در جداول (۴) و (۵) توزیع دانه‌بندی، جورشدگی، کج شدگی و کشیدگی در نمونه‌های برداشت شده از هر دو مخروط‌افکنه آورده شده است. این ویژگی‌ها، در قسمت‌های بالایی، میانی و انتهایی هر مخروط‌افکنه بصورت جداگانه بررسی و نتایج زیر حاصل گشت:

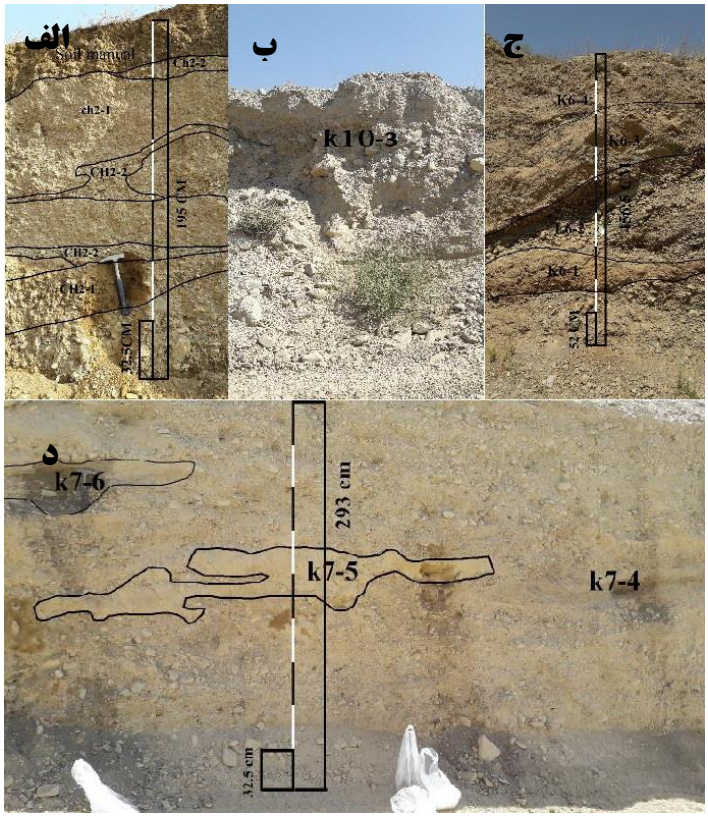
هر دو مخروط‌افکنه تقریبا از الگوی نمایی کاهش اندازه ذرات از بالا به پایین مخروط‌افکنه تبعیت می‌کنند، بطوری که در قسمت‌های بالایی بیشترین تمرکز در ذرات درشت دانه دیده می‌شود و ذرات ریزدانه از فراوانی کمی برخور دارند. البته در پاره‌ای از ترانشه‌ها در بین رسوبات ضخیم و توده‌ای، عدسی‌های رسی با ضخامت کم نیز دیده می‌شود که این امر ناشی از افزایش یا کاهش ناگهانی انرژی در این قسمت‌هاست. در قسمت انتهایی از ذرات بسیار درشت دانه خبری نیست و ذرات ریزدانه افزایش چشمگیری پیدا می‌کنند. هر چند این قاعده در مورد قسمت انتهایی مخروط‌افکنه کن صدق نمی‌کند چرا که در این قسمت شاهد حضور رسوبات درشت دانه حتی بیشتر از ۲۰۰۰ میکرون نیز هستیم که دلیل آن تداخل رسوبات مخروط‌افکنه کرج و تاثیر بر رسوبات قسمت انتهایی مخروط‌افکنه کن در سطح است. مقایسه جورشدگی دو مخروط نشان داد که میزان جورشدگی در قسمت بالایی و میانی مخروط‌افکنه کن متغیرتر از چیتگر است. در قسمت انتهایی نیز اگر چه

[۱]- Snelder et al

میزان جورشدگی مخروط‌افکنه کن اندکی کاهش دارد و باز هم متغیر است، ولی بسیار بهتر از جورشدگی مخروط‌افکنه چیتگر می‌باشد. دلیل بهتر بودن جورشدگی در قسمت انتهایی مخروط‌افکنه کن، تداخل رسوبات درشت دانه مخروط‌افکنه کرج با جورشدگی خوب می‌باشد ولی در مخروط‌افکنه چیتگر افزایش قابل ملاحظه ذرات ریزدانه نسبت به گراول‌های خوب جورشده، میزان جورشدگی در این قسمت را کاهش چشمگیری داده است. بطور کلی افزایش ذرات ریزدانه در پایین دست باعث افزایش کج شدگی به سمت ذرات درشت و جورشدگی ضعیف‌تر در قسمت انتهایی است(شکل۲).

شکل۲ : مقایسه پارامترهای آماری مربوط به ویژگی‌های دانه‌بندی رسوبات در قسمت بالایی مخروط‌افکنه‌ها

هر چند مطالعات دانه‌بندی ذرات نشان میدهد که روند تغییرات اندازه ذرات از الگوی نمایی کاهش به سمت پایین تبعیت می‌کند، ولی این الگو منظم و یکنواخت نیست بطوری که حتی در قسمت‌های بالایی نیز لایه‌های حاوی ماسه ریز و گل درشت نیز دیده می‌شود و این عامل ناشی از انرژی‌های متفاوت سیلاب‌های ایجاد کننده آنها می‌باشد که سبب می‌شود تا لایه‌هایی با ضخامت‌های مختلف که پوشاننده سطح مخروط‌افکنه هستند، دامنه وسیعی از دانه‌بندی را شامل شوند. عدسی‌های رسی که با ضخامت کم در قسمت‌های بالایی مخروط‌افکنه‌ها دیده می‌شود، نشان دهنده کاهش انرژی و تجمع ذرات ریز در داخل فرورفتگی‌هاست. ولی تجمع ذرات‌ریز در قسمت انتهایی مخروط‌افکنه‌ها نشان دهنده کاهش قدرت انرژی رودخانه در حمل مواد و نهشته‌گذاری توده‌ای ذرات ریز است. نتایج حاصل از بررسی لایه‌های رسوب‌گذاری شده در مخروط‌ها نشان داد که در هر دو مخروط‌افکنه، شواهدی از جریان‌های دیرینه مشاهده می‌شود ولی در مخروط‌افکنه کن شواهد جریانهای دیرینه بیشتر از چیتگر می‌باشد. بعلاوه در یک مورد، در رسوبات مخروط‌افکنه کن رسوبات پوینت بار که ناشی از پیچش رودخانه و رسوبگذاری در قسمت محدب است دیده شد. در هر دو مخروط‌افکنه رسوبگذاری در دشت سیلابی بیشتر توده‌ای و از رأس به طرف انتهای مخروط‌افکنه از قطر رسوبات کاسته می‌شود. جورشدگی نسبتا خوب مخصوصا در قسمت‌های بالایی و مقدار ناچیز رس نشان دهنده رسوبات برجای گذاشته شده توسط آب در دشت سیلابی می‌باشد. هر چند رسوبگذاری عمده در هر دو مخروط، رسوبگذاری توده‌ایست ولی در بین آنها رسوبگذاری با لایه‌بندی بصورت عدسی‌های رسی و ماسه‌ای نیز که نشان دهنده کاهش و افزایش انرژی می‌باشد نیز دیده می‌شود(شکل۳).



شکل۳:الف: عدسی‌های نازک رسی در بین رسوبات غالب. ب: رسوبات درشت دانه و سطحی مخروط‌افکنه کرج .ج و د: توالی رسوبات درشت دانه و ریزدانه برروی یکدیگر

بعنوان نتیجه‌گیری از مباحث بالا می‌توان گفت در تمامی بخش‌های هر دو مخروط‌افکنه امکان زون‌هایی از خاک‌های ماسه‌ای و سیلتی بصورت عدسی وجود دارد که در واقع حضور آنها ناشی از کم و زیاد شدن انرژی رودخانه در اثر تغییر اقلیم یا تکتونیک می‌باشد و باعث تغییر در رفتار رودخانه و تغییر مسیرهای پی در پی که ماهیت شبکه‌های گیسویی مخروط‌افکنه‌هاست می‌شود. نهایتا اگر سطح آب زیرزمینی در این گونه مناطق بالا باشد، استعداد وقوع روانگرایی وجود خواهد داشت. لذا آگاهی از وضعیت تراز آب زیرزمینی برای ارزیابی خطر روانگرایی لازم است. در اثر روانگرایی سازه‌ها نشست کرده و یا واژگون می‌شوند و در شیب‌ها گسیختگی اتفاق می‌افتد و چیزی که این مساله را بغرنج‌تر می‌کند عبور رشته قناتهای زیاد از منطقه و همچنین امکان وجود گسل‌های فرعی ناشناخته‌ایست که ممکن است در هر یک از قسمت-های مخروط‌افکنه وجود داشته باشد.

جدول۴: پارامترهای آماری مربوط به ویژگی‌های دانه‌بندی رسوبات مخروط‌افکنه چیتگر

نمونه	قطر متوسط	تفسیر	جورش دگی	تفسیر	کج شدگی	تفسیر	کشید گی	تفسیر	نمودار CM
CH1-1	1498	ماسه بسیار درشت	0.74	متوسط	2.57	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	7.38	بی نهایت کشیده	I
CH1-2	1849	ماسه بسیار درشت	0.50	خوب متوسط	3.9	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	3.6	بی نهایت کشیده	I
CH2-1	1466	ماسه بسیار درشت	0.83	متوسط	2.44	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	2.22	بسیار کشیده	I

CH2-2	2456	شن بسیار ریز	-0.09	بسیار خوب	1.01	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.7	بسیار پهن	I
CH2-3	400.6	ماسه متوسط	1.57	بد	-0.03	تقریبا متقارن	1.23	کشیده	I
CH2-4	45.45	گل بسیار درشت	1.84	بد	0.23	کج شدگی به سمت ذرات ریز	0.89	پهن	VI,VII
CH2-5	1903	ماسه بسیار درشت	0.17	بسیار خوب	-1.48	کج شدگی شدید به سمت ذرات درشت	-0.4	بسیار پهن	I
CH2-6	1731	ماسه بسیار درشت	0.40	خوب	4.59	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-2.2	بسیار پهن	I
CH3-1	650.2	ماسه درشت	1.82	بد	0.57	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.5	بسیار پهن	I
CH3-2	149.9	ماسه ریز	1.85	بد	-0.01	تقریبا متقارن	1.44	کشیده	II
CH3-3	1626	ماسه بسیار درشت	0.49	خوب متوسط	3.45	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-2.9	بسیار پهن	I
CH3-4	570.8	ماسه درشت	2.32	بسیار بد	0.78	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.59	بسیار پهن	I
CH3-5	1380	ماسه بسیار درشت	0.99	متوسط	2.24	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	1.52	بسیار کشیده	I
CH4-1	1361	ماسه بسیار درشت	0.93	متوسط	2.3	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	1.3	کشیده	I
CH4-2	1600	ماسه بسیار درشت	0.63	خوب متوسط	2.9	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	5.4	بی نهایت کشیده	I
CH5-1	1552	ماسه بسیار درشت	0.61	خوب متوسط	2.9	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-62	بسیار پهن	I
CH5-2	1115	ماسه بسیار درشت	1.68	بد	0.47	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.63	بسیار پهن	I
CH5-3	1762	ماسه بسیار درشت	0.41	خوب	62	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.75	بسیار پهن	I
CH6-1	1495	ماسه بسیار درشت	0.96	متوسط	2.4	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	1.09	متوسط	I
CH6-2	1747	ماسه بسیار درشت	0.67	خوب متوسط	3	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	1.27	کشیده	I
CH7-1	1221	ماسه بسیار درشت	1.1	بد	1.4	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.58	بسیار پهن	I
CH7-2	1613	ماسه بسیار درشت	0.53	خوب متوسط	3.3	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-3.1	بسیار پهن	I
CH8-1	2374	شن بسیار ریز	-0.4	بسیار خوب	7.2	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.05	بسیار پهن	I
CH8-2	1626	ماسه بسیار درشت	0.81	متوسط	2.6	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	1.6	بسیار کشیده	I
CH9-1	503.7	ماسه درشت	1.9	بد	0.23	کج شدگی به سمت ذرات ریز	0.35	بسیار پهن	I
CH9-2	558.2	ماسه درشت	2.1	بسیار بد	0.17	کج شدگی به سمت ذرات ریز	0.41	بسیار پهن	I
CH10-1	107.5	ماسه بسیار ریز	1.8	بد	0.14	کج شدگی به سمت ذرات ریز	2	بسیار کشیده	II

CH10-2	97.8	ماسه بسیار ریز	2	بسیار بد	0.18	کج شدگی به سمت ذرات ریز	1.9	بسیار کشیده	II
CH10-3	264.6	ماسه ریز	2.4	بسیار بد	-0.23	کج شدگی به سمت ذرات درشت	0.46	بسیار پهن	II
CH10-4	217.2	ماسه ریز	2.3	بسیار بد	-0.27	کج شدگی به سمت ذرات درشت	1.6	بسیار کشیده	II
CH11-1	30.79	گل درشت	1.5	بد	0.4	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.87	پهن	VI,VII
CH11-2	393.3	ماسه متوسط	2.2	بسیار بد	0.24	کج شدگی به سمت ذرات ریز	0.41	بسیار پهن	I
CH11-3	69.93	ماسه بسیار ریز	1.3	بد	-0.04	تقریبا متقارن	1.7	بسیار کشیده	III
CH11-4	732.2	ماسه درشت	1.7	بد	0.83	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.4	بسیار پهن	I
CH11-5	111.5	ماسه بسیار ریز	1.5	بد	-0.31	کج شدگی شدید به سمت ذرات درشت	1.47	کشیده	III

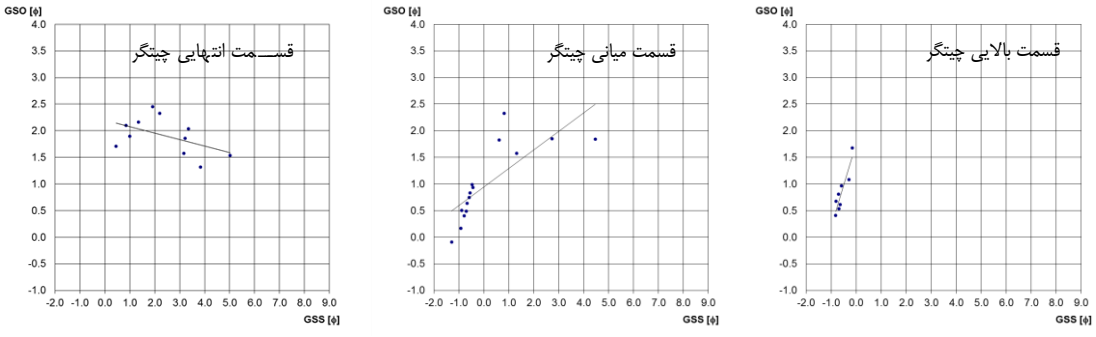
جدول۵: پارامترهای آماری مربوط به ویژگی‌های دانه‌بندی رسوبات مخروط‌افکنه کن

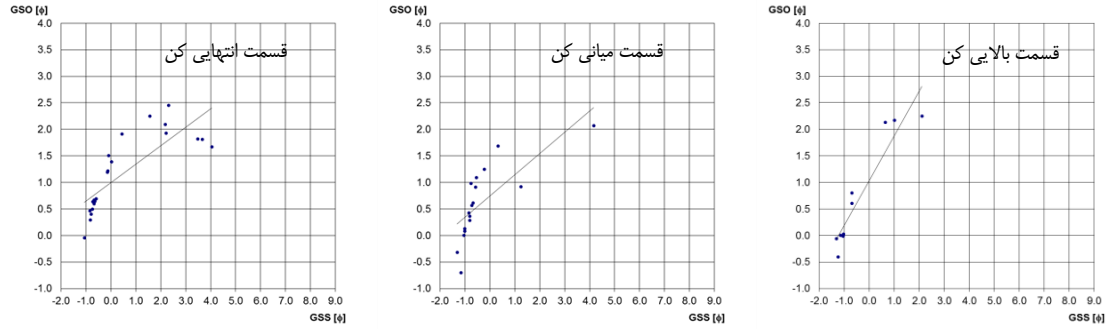
نمونه	قطر متوسط	تفسیر	جورش دگی	تفسیر	کج شدگی	تفسیر	کشیدگی	تفسیر	نمودار CM
K1-1	2363	شن بسیار ریز	-0.4	بسیار خوب	9.17	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.04	بسیار پهن	I
K1-2	1613	ماسه بسیار درشت	0.801	متوسط	2.68	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	4.05	بی نهایت کشیده	I
K2-1	2046	شن بسیار ریز	-0.02	بسیار خوب	0.835	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.28	بسیار پهن	I
K2-2	640.3	ماسه درشت	2.131	بسیار بد	1.027	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.65	بسیار پهن	I
K2-3	2190	شن بسیار ریز	0.001	بسیار خوب	0.828	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.54	بسیار پهن	I
K2-4	231.3	ماسه ریز	2.246	بسیار بد	-0.09	تقریبا متقارن	1.01	متوسط	II
K2-5	2465	شن بسیار ریز	-0.06	بسیار خوب	0.967	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.79	بسیار پهن	I
K3-1	2026	شن بسیار ریز	0.029	بسیار خوب	0.559	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.38	بسیار پهن	I
K3-2	1620	ماسه بسیار درشت	0.607	خوب متوسط	3.004	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	4.3	بی نهایت کشیده	I
K3-3	494.3	ماسه متوسط	2.174	بسیار بد	-0.20	کج شدگی به سمت ذرات درشت	0.65	بسیار پهن	I
K4-1	1999	ماسه بسیار درشت	0.084	بسیار خوب	0.22	کج شدگی به سمت ذرات ریز	-0.44	بسیار پهن	I
K4-2	2480	شن بسیار ریز	-0.31	بسیار خوب	1.9	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.26	بسیار پهن	I
K5-1	1757	ماسه بسیار درشت	0.287	خوب	14.11	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.62	بسیار پهن	I

K5-2	2057	شن بسیار ریز	0.003	بسیار خوب	0.734	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.37	بسیار پهن	I
K5-3	2017	ماسه بسیار درشت	0.125	بسیار خوب	0.032	تقریبا متقارن	-0.5	بسیار پهن	I
K6-1	794.3	ماسه درشت	1.684	بد	1.035	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.57	بسیار پهن	I
K6-2	2217	شن بسیار ریز	-0.7	بسیار خوب	0	تقریبا متقارن	0.73	پهن	I
K6-3	1164	ماسه بسیار درشت	1.249	بد	2.005	تقریبا متقارن	0.61	بسیار پهن	I
K6-4	1460	ماسه بسیار درشت	1.087	بد	0.931	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.49	بسیار پهن	I
K6-5	1587	ماسه بسیار درشت	0.614	خوب متوسط	2.925	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	2.91	بسیار کشیده	I
K6-6	1480	ماسه بسیار درشت	0.912	متوسط	1.302	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.54	بسیار پهن	I
K7-1	1744	ماسه بسیار درشت	0.36	خوب	4.882	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-2	بسیار پهن	I
K7-2	1654	ماسه بسیار درشت	0.562	خوب متوسط	3.166	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	2.92	بسیار کشیده	I
K7-3	1795	ماسه بسیار درشت	0.426	خوب	4.6	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-8	بسیار کشیده	I
K7-4	1686	ماسه بسیار درشت	0.979	متوسط	0.819	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.43	بسیار پهن	I
K7-5	56.02	گل بسیار درشت	2.072	بسیار بد	0.208	کج شدگی به سمت ذرات ریز	1.01	متوسط	III
K7-6	419.1	ماسه متوسط	0.92	متوسط	0.117	کج شدگی به سمت ذرات ریز	0.84	پهن	I
K8-1	1664	ماسه بسیار درشت	0.492	خوب	4.483	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-1.16	بسیار پهن	I
K8-2	60.58	گل بسیار درشت	1.67	بد	0.293	کج شدگی به سمت ذرات ریز	1.29	کشیده	VI, VII
K8-3	1587	ماسه بسیار درشت	0.671	خوب متوسط	2.85	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	1.35	کشیده	I
K8-4	1500	ماسه بسیار درشت	0.693	خوب متوسط	2.662	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	2.17	بسیار کشیده	I
K8-5	1774	ماسه بسیار درشت	0.286	بسیار خوب	9.078	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.86	بسیار پهن	I
K8-6	339.8	ماسه متوسط	2.251	بسیار بد	-0.11	کج شدگی به سمت ذرات دشت	0.87	پهن	I
K8-7	2081	شن بسیار ریز	-0.05	بسیار خوب	1.051	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-0.29	بسیار پهن	I
K8-8	1107	ماسه بسیار درشت	1.192	بد	1.626	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.57	بسیار پهن	I
K8-9	215.9	ماسه ریز	1.926	بد	-0.3	کج شدگی به سمت ذرات درشت	1.26	کشیده	II

K8-10	1792	ماسه بسیار درشت	0.464	خوب	3.807	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	2.63	بسیار کشیده	I
K8-11	1647	ماسه بسیار درشت	0.638	خوب متوسط	2.979	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	2.89	بسیار کشیده	I
K8-11.1	1057	ماسه بسیار درشت	1.508	بد	0.9	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.51	بسیار پهن	I
K8-12	220.5	ماسه ریز	2.09	بسیار بد	-0.26	کج شدگی به سمت ذرات درشت	1.15	بسیار پهن	II
K9-1	1591	ماسه بسیار درشت	0.599	خوب متوسط	2.9	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	3.8	بی نهایت کشیده	I
K9-2	1552	ماسه بسیار درشت	0.642	خوب متوسط	2.8	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	20.9	بی نهایت کشیده	I
K10-1	1726	ماسه بسیار درشت	0.402	خوب	5.9	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	-1.16	بسیار پهن	I
K10-2	980.7	ماسه درشت	1.4	بد	1.35	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.55	بسیار پهن	I
K10-3	2230	شن بسیار ریز	-0.2	بسیار خوب	2.1	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	4.4	بی نهایت کشیده	I
K11-1	79.14	ماسه بسیار ریز	1.8	بد	-0.01	تقریبا متقارن	1.77	بسیار کشیده	VI, VII
K11-2	1083	ماسه درشت	1.217	بد	1.817	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.52	بسیار پهن	I
K12	201	ماسه ریز	2.45	بسیار بد	-0.01	تقریبا متقارن	1.32	کشیده	II
K13-1	735.4	ماسه درشت	1.911	بد	0.125	کج شدگی به سمت ذرات ریز	0.59	بسیار پهن	I
K13-2	89.56	ماسه بسیار ریز	1.818	بد	0.299	کج شدگی به سمت ذرات ریز	1.50	بسیار کشیده	V

همانگونه که از نمودارهای زیر مشخص است در تمامی قسمت‌های مخروط‌افکنه کن و چیتگر با افزایش قطر ذرات میزان جورشدگی افزایش می‌یابد(شکل۴).





شکل۴: نمودارروابط بین شاخص‌های اندازه ذرات به فی طبق (Folk&Ward,1975) در قسمت‌های بالایی، میانی و انتهایی مخروط‌افکنه‌های کن و چیتگر که در آن GSO: جورشدگی.GSS : قطر متوسط می‌باشد

آنالیز ریخت سنجی دانه‌ها

برای بررسی ریخت رسوبات، ۱۳۱ نمونه از مخروط‌افکنه چیتگر و ۲۳۲ نمونه از مخروط‌افکنه کن و در مجموع ۳۶۳ قلوه سنگ مورد بررسی و اندازه‌گیری قرار گرفتند و نتایج ریز حاصل شد:

– دامنه تغییرات نسبت پهنی از بالا به پایین در هر دو مخروط روندی کاهشی را نشان میدهد.

– دامنه تغییرات کرویت در هر دو مخروط از بالا به پایین روندی افزایشی را نشان میدهد.

– دامنه تغییرات عامل شکل در هر دو مخروط از بالا به پایین روندی افزایشی را نشان میدهد.

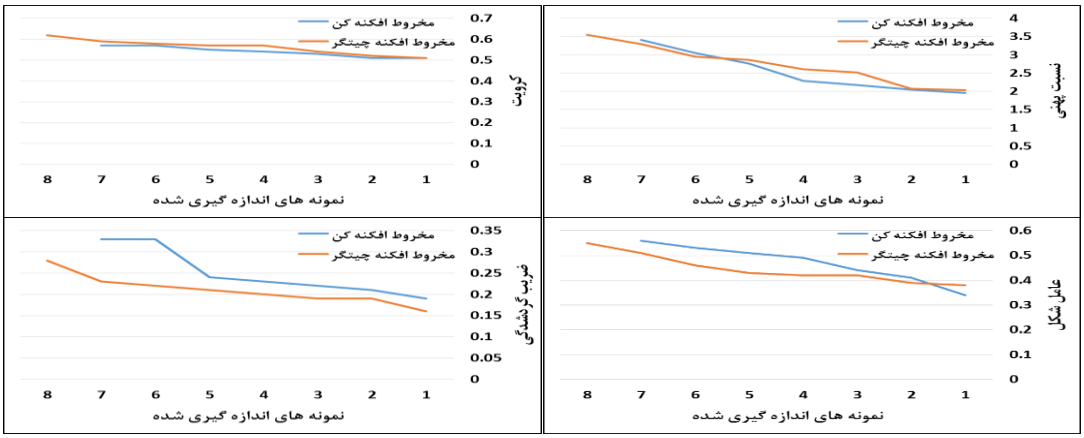
– دامنه تغییرات گردشدگی در هر دو مخروط از بالا به پایین روندی افزایشی را نشان میدهد.

– دامنه تغییرات اندازه سه محوری در هر دو مخروط از بالا به پایین روندی کاهشی را نشان میدهد.

تغییر در ویژگی‌های ریختی رسوبات در قسمت‌های مختلف مخروط‌افکنه حاصل فرایندهای زیادی است که در بیش از یک دوره زمانی اتفاق افتاده است و عوامل موثر بر این ویژگی‌ها فرایندهای ژئومورفیک، سنگ‌شناسی، هیدرولوژی، فیزیوگرافی، تکتونیک و ... می‌باشد و مجموع این عوامل بر اندازه و ریخت رسوبات برجای گذاشته بر سطح مخروط‌افکنه‌ها تاثیر گذاشته‌اند. تغییرات ابعاد سه گانه در هر دو مخروط نرمال و با افزایش فاصله از منشاء رودخانه روند کاهشی را نشان می‌دهد. همچنین در هر دو مخروط‌افکنه، فرم رسوبات از بالا به پایین از صفحه‌ای و میله‌ای شکل به کره‌ای و مکعبی تغییر حالت می‌دهند(جدول۶). بعبارتی همانگونه که قبلا نیز گفته شد نسبت پهنی از بالای مخروط‌افکنه‌ها به پایین کاهش پیدا می‌کند که دلیل آن غلتیدن بیشتر و گردشدگی بیشتر می‌باشد. گردشدگی و کرویت نیز در هر دو مخروط به دلیل طی مسافت طولانی‌تر و سائیدگی غلطیدن در طی مسیر، روند افزایشی را نشان می‌دهد. از آنجایی که مهمترین عامل بر گردشدگی ذرات سایش می‌باشد و ذرات در حوضه کن مسافت بیشتری را از منشاء تا نقطه خروج طی می‌کنند دارای گردشدگی بهتری می‌باشند از طرفی گرچه گردشدگی رسوبات کن بیشتر از چیتگر است ولی ذرات مخروط‌افکنه کن کرویت کمتری را نسبت به چیتگر نشان میدهند(شکل۵).

جدول۶: میانگین مربوط به ویژگی‌های ریخت سنجی نمونه‌های اندازه‌گیری شده در مخروط‌افکنه‌ها

		نسبت پهنی	کرویت	عامل شکل	گرد شدگی	قطر کوچک	قطر متوسط	قطر بزرگ
مخروط‌افکنه چیتگر	بالایی	2.7	0.56	0.43	0.22	24.17	48.87	73.92
	میانی	2.29	0.6	0.5	0.23	26.76	45.03	65.06
مخروط‌افکنه کن	بالایی	2.49	0.54	0.47	0.24	32.88	48.62	75.69
	میانی	2.2	0.58	0.5	0.28	28.02	47.74	68.44
	انتهایی	2.14	0.6	0.53	0.33	22.53	35.67	52.7



شکل۵ : مقایسه ویژگی‌های ریخت سنجی رسوبات در قسمت بالایی مخروط‌افکنه‌ها

آنالیز بررسی اندازه ذرات ریز

نتایج حاصل از بررسی ذرات ریز نشان دهنده این است که در لایه‌هایی که رسوبگذاری توده‌ای دارند و تشکیل دهنده رسوبات غالب در مخروط‌افکنه هستند، رس بسیار اندکی وجود دارد و وجود رس اندک در بین رسوبات در محیطی که انرژی زیادی دارد به نظر می‌رسد ناشی از به دام افتادن رس‌ها در لابه لای سنگ‌های درشت دانه هنگام رسوبگذاری آنها است و تقریبا می‌توان گفت که در هر دو مخروط‌افکنه رس‌ها از قسمت‌های بالایی شسته شده و به حوضه انتهایی منتقل شده‌اند. البته ذرات ریزدانه در قسمت انتهایی حاوی ذراتی در حد سیلت بسیار درشت هستند (جدول۷) و بطور کلی نحوه رسوبگذاری بر سطح هر دو مخروط بدین گونه است که ذرات درشت دانه در بالا، سیلت‌های بسیار درشت در قسمت‌های انتهایی و ذرات بسیار ریز رس در حوضه انتهایی رسوبگذاری شده‌اند.

جدول۷: متوسط وزن ذرات ریزدانه در قسمت‌های بالایی، میانی و انتهایی مخروط‌افکنه‌ها

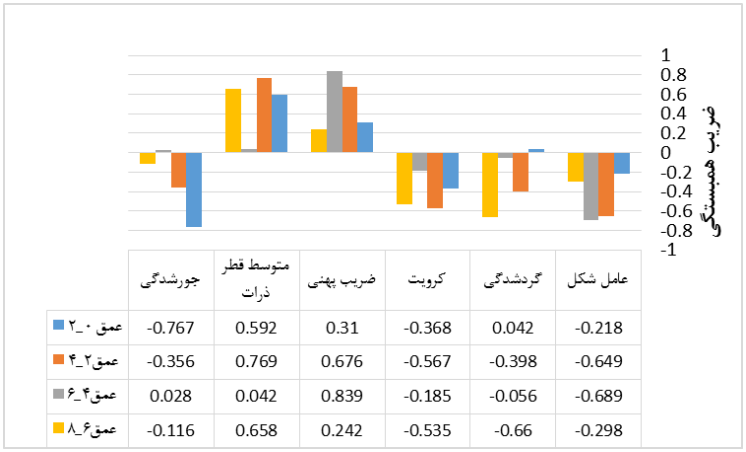
قطر ذرات به میکرون	62.5	44.19	31.25	22.1	16	7.81	2.91	1.95	0.98	0.49

نام ذرات		٪ سیلت خیلی درشت	٪سیلت درشت	٪سیلت متوسط	٪سیلت ریز	٪سیلت بسیار ریز	٪رس
بالایی	کن	51.61	20.97	7.53	5.91	4.30	9.68
	چیتگر	49.83	23.58	7.30	6.97	4.65	7.64
میانی	کن	54.1	20.55	7.53	6.85	5.48	5.48
	چیتگر	54.40	21.76	7.77	5.69	5.18	5.18
انتهایی	کن	85.5	6.95	1.81	2.11	1.51	2.11

شکل۶: هیستوگرام تقسیم‌بندی ذرات ریزدانه در قسمت‌های بالایی، میانی و انتهایی مخروط‌افکنه‌ها

بررسی ضریب همبستگی بافت رسوبی ذرات نسبت به فاکتور مقاومت خاک

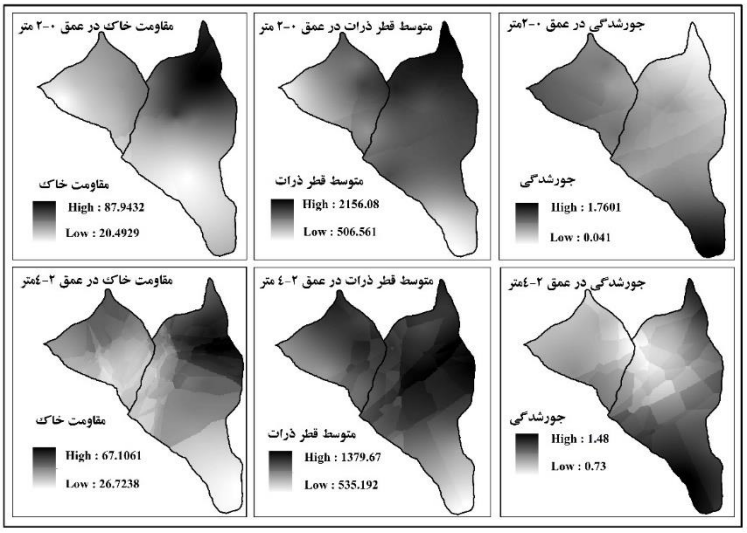
نتایج حاصل از بررسی همبستگی پارامترهای شکل و اندازه ذرات نسبت به مقاومت خاک در عمق‌های مختلف نتایج زیر را به همراه داشت(شکل۷).



	جورشدگی	متوسط قطر ذرات	ضریب پهنی	کرویت	گردشدگی	عامل شکل
عمق ۰_۲	-0.767	0.592	0.31	-0.368	0.042	-0.218
عمق۲_۴	-0.356	0.769	0.676	-0.567	-0.398	-0.649
عمق۴_۶	0.028	0.042	0.839	-0.185	-0.056	-0.689
عمق۶_۸	-0.116	0.658	0.242	-0.535	-0.66	-0.298

شکل ۷: ضریب همبستگی فاکتورهای بافت رسوبی نسبت به مقاومت خاک

فاکتور متوسط قطر ذرات و بعد گردشدگی بیشترین همبستگی را در عمق‌های مختلف با مقاومت خاک نشان میدهد. در کل باید خاطر نشان کرد که قسمت‌های بالایی و میانی مخروط‌افکنه‌ها بخاطر درشت دانه و زاویه دار بودن از مقاومت نسبتا بالایی برخوردار هستند (شکل۸) ولی این مقاومت به هیچ عنوان در همه جا یکسان و یکنواخت نیست و می‌تواند تحت تأثیر عدسی‌های رسی(که باعث زون‌های نامقاوم می‌شود)، گسل(مخصوصا گسل‌های فرعی و پوشیده که ناشناخته هستند)، سطح آبهای زیرزمینی، قنات‌هایی که از منطقه عبور می‌کنند و ضخامت آبرفت باشد.



شکل۸: رابطه مقاومت خاک با قطر متوسط ذرات و جورشدگی در عمق‌های ۰-۲ و ۲-۴ متر

نتیجه‌گیری

بر پایه بررسی‌ها و نتایج آزمایشگاهی همچنین تحلیل داده‌های فوق سه نتیجه کلی از تحقیق بدین شرح استنباط شده است: مخروط‌افکنه چیتگر در قطر متوسط ذرات از قسمت‌های بالایی به پایینی روند کاهش تدریجی را نشان میدهد درصورتی که هر چند در مخروط‌افکنه کن از قسمت بالایی تا میانی روند کاهشی را نشان می‌دهد ولی در قسمت انتهایی به دلیل تداخل با رسوبات میانی مخروط‌افکنه کرج این نظم بهم می‌خورد. تغییرات ابعاد سه گانه در هر دو مخروط نرمال و با افزایش فاصله از منشاء رودخانه روند کاهشی را نشان می‌دهد. همچنین در هر دو مخروط‌افکنه فرم رسوبات از بالا به پایین از صفحه‌ای و میله‌ای شکل به کره‌ای و مکعبی تغییر حالت می‌دهند. گردشدگی و کرویت نیز در هر دو مخروط به دلیل طی مسافت طولانی‌تر و سائیدگی و گردشدگی روند افزایشی را نشان می‌دهد. از میان طبقه‌بندی ذرات ریزدانه که شامل سیلت بسیار درشت تا رس است در انتهای مخروط‌افکنه‌ها درصد وزنی سیلت بسیار درشت، بیشتر از دیگر طبقات است. بطور کلی می‌توان گفت رسوبات برجای گذاشته شده در هر دو مخروط‌افکنه بخاطر درشت دانه بودن، رسوبگذاری توده ای(که کاهش ناگهانی انرژی آب را نشان میدهد) و ناچیز بودن مقدار رس از نوع سیلابی – رودخانه‌ای میباشد و در ریخت و اندازه دانه‌ها خصوصیات هیدرولیکی، فاصله از منشاء، شیب و لیتولوژی از مهمترین عوامل در چینش و ریخت رسوبات از بالا به پایین در هر دو مخروط‌افکنه می‌باشد.

بدلیل متفاوت بودن مقاومت زمین در قسمت‌های مختلف مخروط‌افکنه‌ها، بنابراین این تفاوت می‌تواند ناشی از متفاوت بودن بافت رسوبی آنها باشد، ولی تأثیر آنها یکسان و یکنواخت نیست. طبق نتایج بالا، عامل جورشدگی بیشترین تأثیر را بر خصوصیات ژئوتکنیکی دارد. علاوه بر عامل جورشدگی، فاکتور متوسط قطر ذرات و بعد گردشدگی نیز همبستگی بالایی را در عمق‌های مختلف با مقاومت خاک نشان میدهد که اولی مثبت و مستقیم و دومی منفی و غیر مستقیم است. در کل می‌توان اذعان داشت رسوباتی که دارای ذرات درشت دانه و زاویه دار هستند، فاکتور مقاومت خاک، رقوم بیشتری را نشان میدهد.

منابع

- آژانس همکاری بین المللی (*JICA*)، مرکز تحقیقات زیست محیطی تهران بزرگ؛۱۳۸۰، گزارش نهایی ریز پهنه‌بندی لرزه‌ای تهران بزرگ.
- اصغری مقدم، محمدرضا ؛۱۳۸۶، تاثیر فرازگیری ارتفاعات و فعالیت گسل‌ها بر روند تکاملی مخروط‌افکنه‌ها(مخروط‌افکنه رودخانه سردر طبس)، فصلنامه جغرافیا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران مرکز، ش ۲.

- بربریان، امانوئل، مجید قریشی، بهرام ارژنگ روش و ارسلان مهاجر اشجعی؛۱۳۶۴، بررسی نو زمین ساخت و لرزه زمین ساخت و خطر زمین لرزه در ناحیه تهران بزرگ و پیرامون، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره ۵۶.
- عابدینی، موسی، رجایی، عبدالحمید؛۱۳۸۵، بررسی نقش عوامل موثر در گسترش و تکامل مخروط‌افکنه‌های ارتفاعات دره دیز- دیوان داغی با استفاده از روش‌ها و تکنیک‌های جدید، پژوهش‌های جغرافیایی، ش۵۵.
- عباس‌نژاد، احمد؛۱۳۷۶، بررسی نو زمین ساختی مخروط‌افکنه‌های ناحیه کرمان، فصلنامه‌ی علوم زمین، تهران، سازمان زمین‌شناسی کشور، ش ۲۶-۲۵.
- شایان، سیاوش؛۱۳۸۰، ویژگی‌های ژئومورفولوژیک مخروط‌افکنه حوضه گاماسیاب، پژوهش‌های جغرافیایی، ۳۵(۱)، صص ۱۱۴-۹۹.
- مختاری، داوود؛ ۱۳۸۰، نقش فعالیت‌های زمین ساختی در تکامل مخروط‌افکنه‌های دامنه شمالی میشوداغ، شمال غرب ایران، مجله فضای جغرافیایی، دانشگاه آزاد اهر.
- مقصودی، مهران، محمد نژاد آروق، وحید؛ ۱۳۹۰، ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها، مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران، تهران.
- یمانی، مجتبی و مهران مقصودی؛۱۳۸۲، نقش تکتونیک و تغییرات اقلیم در تحول مخروط‌افکنه‌ها، مطالعه موردی مخروط‌افکنه‌های چاله سیرجان، مجله بیابان، ش ۴۵ تهران.
- *Attal, M. and Lave, J., 2006. Changes of bedload characteristics along the Marsyandi River central Nepal; implications for understanding hillslope sediment supply, sediment load evolution along fluvial networks, and denudation in active orogenic belts. Geological Society of America Special Papers, 398, 143-171.*
- *Beaumont, Peter.,1972. Alluvial fans along the foothills of the Elburz mountains, Iran; - Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 12, p: 251-273.*
- *Blissenbach, E., 1954. Geology of alluvial fans in semiarid regions. Geol. Soc. Am- Bull. 65, 175–190.*
- *Bull,W. B.,1977. The Alluvial-Fan Environment. Progress in Physical Geography, 1, 222-270.*
- *Demir T., 2003. Downstream changes in bed material size and shape characteristics in a small upland stream, Cwm Treweryn, in South Wales, Bulletin of Earth Sciences Application and Research Centre of Hacettepe University, 33-47.*
- *Drew, F., 1873. Alluvial and lacustrine deposits and glacial records of the Upper Indus basin. Q.J. Geol. Soc. London 29, 441–471.*
- *Folk R.L., 1980. Petrology of Sedimentary Rocks .Hemphill Publishing Company, Texas, 184p.*
- *Gomez, B., 2001. Downstream fining in a rapidly aggrading gravel bed river. Water Resources Research, 37(6), 1813-1823.*
- *Rachocki, Andezej., 1981, Alluviall fans, New york, John wiley & sons.*
- *Miall, A.D.,1996. The Geology of Fluvial Deposits: Sedimentary Facies, Basin Analysis and Petroleum Geology Springer, New York.*
- *Rieben: H., 1955. the Geology of the Tehran Plain., American Journal of Science, Vol. 253, Nov. 1955, P. 617-639.*
- *Shafaei Bajestani, M.,1995. Sediment Hydraulic. Shahid Chamran University Puplication: Ahvaz, 438 p.*
- *Snelder T.H. Lamouroux N. and Pella H., 2011. Empirical modelling of large scale patterns in river bed surface grain size. Geomorphology, 127: 189-197.*