

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 دکتری ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۰۲/۱۱ تأیید 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: گردشگری، 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 تأثیرگذار بر مقاومت خاک تعیین گردد. برای مقایسه شکل و اندازه رسوبات، طی بازدیدهای میدانی تعداد ۲۴ نقطه نمونه برداری 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 نمونه برداری انجام گردید. بر پایه بررسی‌ها و نتایج آزمایشگاهی همچنین تحلیل داده‌های فوق توسط نرم افزارهای اکسل، گردیسات و فری هند مشخص گردید که مخروط‌افکنه چیتگر در اندازه دانه از الگوی نمایی کاهش به سمت پایین پیروری می‌کند در صورتی 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 گردشگری 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 گردشگری 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.

مقدمه

مخروط‌افکنه پهنه‌ای از رسوبات رودخانه‌ای است که از نظر شکل تقریباً شبیه به مخروط بوده و بطور شعاعی از نقطه‌ای که رودخانه از کوهستان خارج می‌شود به سمت پایین دست کشیده می‌شود (بول^۱، ۱۹۷۷). مخروط‌افکنه‌ها جزء سیستم رودخانه‌ای به شمار می‌روند و هر سیستم رودخانه‌ای از سه بخش مجزا و کاملاً 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 گلومر"^۳ 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^۴ 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^۵ یا قسمت میانی که دارای کنگلومراهای متوسط در حد پیل (ریگ) و جورشدگی و گردشدگی نسبتاً ضعیف می‌باشد، در این قسمت، از مقدار شیب نیز اندکی کاسته می‌شود و در نهایت رخساره دیستال^۶ یا قسمت انتهایی با شیب کم و تراکم کانال‌های زیاد کم عمق و جورشدگی و گردشدگی نسبتاً 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^۷ (۱۸۷۶) و مک‌گی^۸ (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^۹ که نقطه عطفی برای مطالعات مخروط‌افکنه‌ها بود اشاره کرد. تحقیق وی درباره مخروط‌های موجود در کوهستان وایت کالیفرنیا بود (۱۹۶۳)، همچنین هوک^{۱۰} تلاش کرد تا مخروط‌افکنه‌ها را به‌صورت آزمایشگاهی ایجاد کند (هوک، ۱۹۶۷)، در این زمینه، بطور خاص می‌توان از کتاب مخروط-افکنه‌ها اثر راجوکی^{۱۱} نام برد (راجوکی، ۱۹۸۱). از دیگر تحقیقات با ارزشی که در زمینه مخروط‌افکنه‌ها در سراسر جهان انجام شد می‌توان به تحقیقات واسون^{۱۲} (۱۹۷۴)، ولز و هاروی^{۱۳} (۱۹۸۷) و در زمینه رسوبات مخروط‌افکنه‌ها به میال^{۱۴} (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

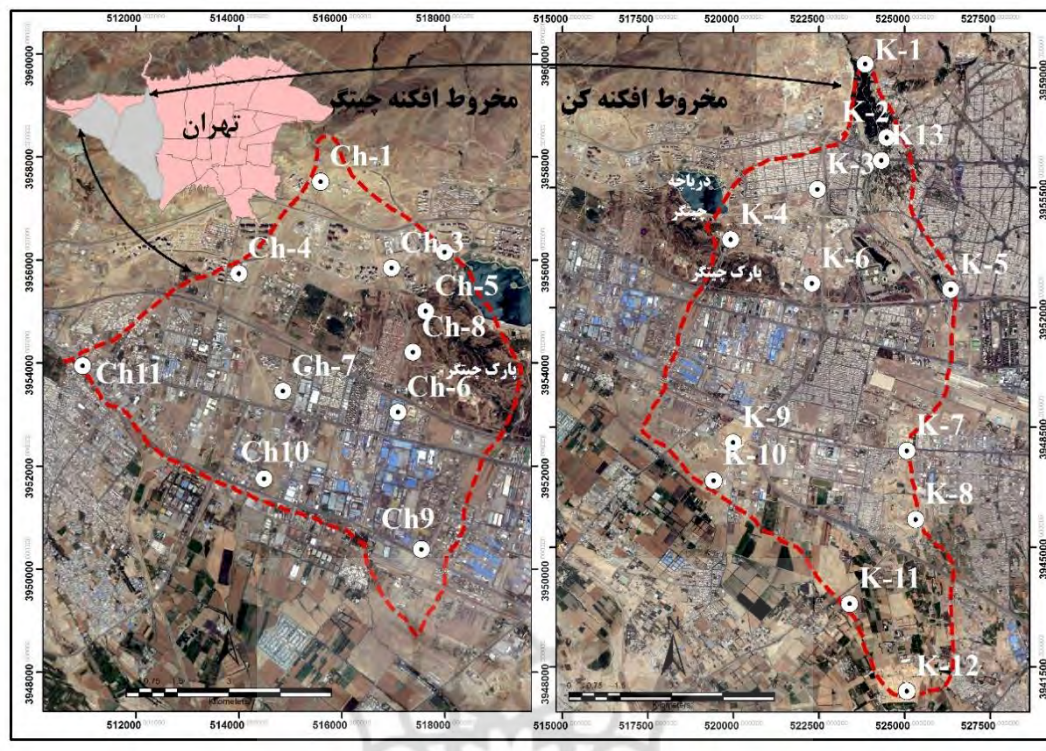
اشاره کرد. در ایران اولین تحقیقی که به طور جدی بر روی مخروط‌افکنه‌های ایران انجام گرفت، تحقیق بیومونت^۱ (۱۹۷۲)، در خصوص مخروط‌افکنه‌های دامنه‌های جنوبی البرز بود. بعد از آن عباس نژاد (۱۳۷۶)، مختاری (۱۳۸۰)، شایان (۱۳۸۲)، یمانی و مقصودی (۱۳۸۲)، عابدینی و رجایی (۱۳۸۵) و اصغری مقدم (۱۳۸۶) هر یک به بررسی نقش اقلیم و تکتونیک بر تحول و تکامل مخروط‌افکنه‌ها پرداختند. در ضمن در این زمینه می‌توان به کتاب ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها تالیف مقصودی و محمد نژاد نیز اشاره کرد (مقصودی و محمد نژاد آروق، ۱۳۹۰). هر چند به لحاظ 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 ریبین^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 (ریبین، 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^۳ 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 $35^{\circ} 46' 22''$ عرض شمالی و $51^{\circ} 06'$ طول شرقی آغاز و به سمت غرب تا مختصات $35^{\circ} 36' 20''$ عرض شمالی و $51^{\circ} 17' 25''$ 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 و ردآورد محدود می‌گردد (شکل ۱). 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- Riebin



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 مخروط افکنه‌ها 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، مخروط افکنه‌های 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 بر روی 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 راه‌سازی، ساختمان‌سازی 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 مخروط افکنه‌ها را در برگیرد و تمامی طول و عرض مخروط افکنه‌ها را پوشش دهد. از هر لایه بطور متوسط ۴-۵ کیلوگرم رسوب برداشت گردید. بعد از جمع‌آوری نمونه‌ها (۱۱ ترانشه از مخروط افکنه چیتگر و ۱۳ ترانشه از مخروط افکنه 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^(۱۹۸۰) و با استفاده از نرم افزار گردیستات^۲ صورت گرفته است. برای انجام آنالیزهای شکل و اندازه دانه‌ها، از مخروط افکنه چیتگر ۱۳۱ و از مخروط افکنه کن ۲۳۲ قلوه سنگ بالای ۳ سانتی متر از رسوبات جدا و بوسیله کولیس سه قطر بزرگ، کوچک و متوسط هر نمونه برای محاسبات گردشگری، 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 گردشگی (شفیعی و بجزستانی^۱، ۱۹۵۵) بدست آمد:

$$RC = \frac{r^2}{a \times b \times c} \quad \text{رابطه (۱)}$$

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:

$$SF = \frac{c}{\sqrt{a \times b}} \quad \text{رابطه (۲)}$$

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.

$$Nd = \frac{b}{k} \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$S = \frac{Nd}{a} \quad \text{رابطه (۴)}$$

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

$$W = \frac{a+b}{2 \times c} \quad \text{رابطه (۵)}$$

جدول ۱: مقادیر ثابت ماکویک براساس عامل شکل

SF	0.3	0.5	0.7	0.9
K	1.27	1.13	1.05	1

برای اندازه‌گیری ذرات رس از روش پیت 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 گنجایش ۱۰۰۰ سی سی ریخته شد و با توجه به قانون استوکس که مربوط به سرعت سقوط ذرات گروی 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 گریستات 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) استفاده گردید. بدین منظور نتایج حاصل از گمانه‌های مرکز تحقیقات راه، مسکن و شهرسازی مورد استفاده قرار گرفت و با تلفیق اطلاعات، همبستگی بین مقاومت 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.

^۱- Shafaei&Bajestani

^۲- Standard Penetration Test

جدول ۲: 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 آبراهه‌ها	593	171
جمع طول رودخانه‌ها (متر)	283507	91929

جدول ۳: 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

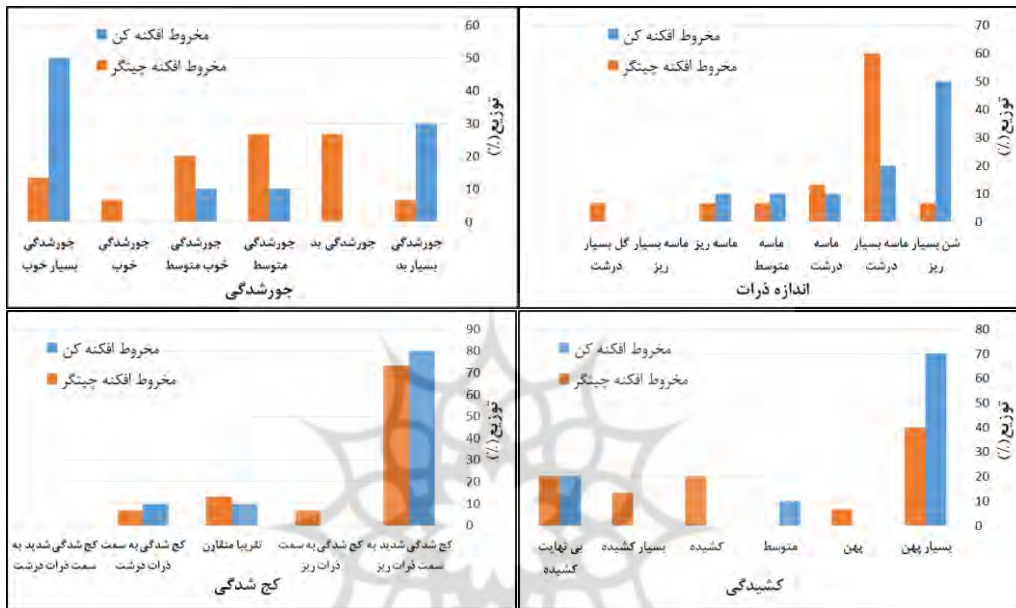
مجموعه ویژگی‌ها و متغیرهای دانه‌بندی و ریخت‌سنجی رسوبات مخروط‌افکنه‌های کن و چیتگر بعد از نمونه‌برداری و انجام آزمایش‌های مربوطه محاسبه و نتایج بصورت مقایسه دو مخروط‌افکنه در سه سطح بالایی، میانی و انتهایی با توجه به ویژگی‌های حوضه بالادست به شرح زیر مورد تحلیل قرار گرفت.

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 هوازگی، سایش و جورشدگی انتخابی آن‌ها در هنگام حمل و نقل بستگی دارد (اسلندر و دیگران، ۲۰۱۱) در جداول (۴) و (۵) توزیع دانه‌بندی، جورشدگی، کج‌شدگی 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:

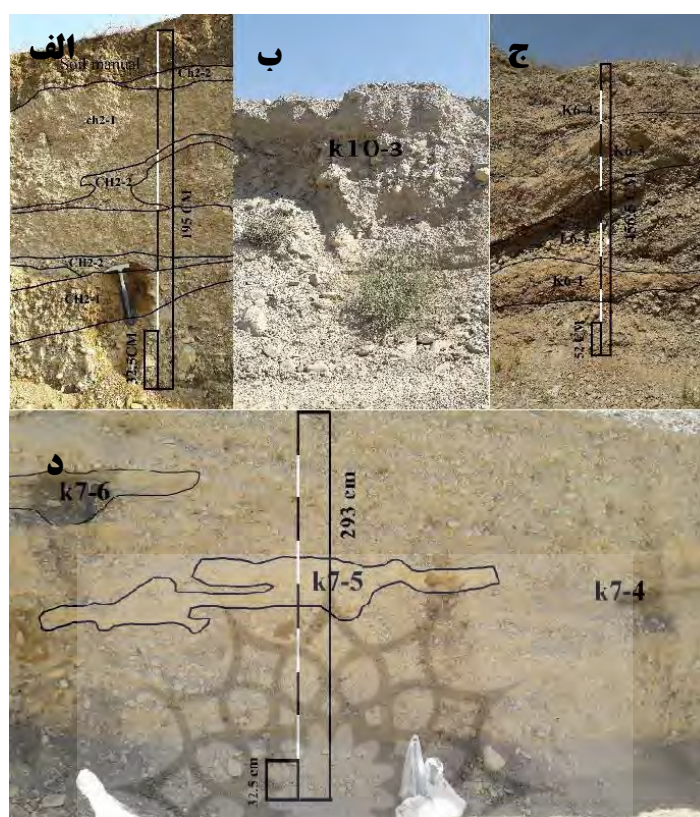
هر دو مخروط‌افکنه تقریباً از الگوی نمایی کاهش اندازه ذرات از بالا به پایین مخروط‌افکنه تبعیت می‌کنند، بطوری که در قسمت‌های بالایی بیشترین تمرکز در ذرات درشت دانه دیده می‌شود و ذرات ریزدانه از فراوانی کمی برخوردارند. البته در پاره‌ای از ترانشه‌ها در بین رسوبات ضخیم و توده‌ای، عدسی‌های رسی با ضخامت کم 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 مخروط‌افکنه نشان داد که میزان جورشدگی در قسمت بالایی و میانی مخروط‌افکنه کن متغیرتر از چیتگر است. در قسمت انتهایی نیز اگر چه

میزان جورشدگی مخروط افکنه کن اندکی کاهش دارد و باز هم متغیر است، ولی بسیار بهتر از جورشدگی مخروط افکنه چیتگر می‌باشد. دلیل بهتر بودن جورشدگی در قسمت انتهایی مخروط افکنه کن، تداخل رسوبات درشت دانه مخروط افکنه کرج با جورشدگی خوب می‌باشد ولی در مخروط افکنه 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 (شکل ۲).



شکل ۲: مقایسه پارامترهای آماری مربوط به ویژگی‌های دانه‌بندی رسوبات در قسمت بالایی مخروط افکنه‌ها

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 مخروط افکنه هستند، دامنه وسیعی از دانه‌بندی را شامل شوند. عدسی‌های رسی که با ضخامت کم در قسمت‌های بالایی مخروط افکنه‌ها دیده می‌شود، نشان دهنده کاهش انرژی و تجمع ذرات ریز در داخل فرورفتگی‌هاست. ولی تجمع ذرات ریز در قسمت انتهایی مخروط افکنه‌ها 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 مخروط افکنه، شواهدی از جریان‌های دیرینه مشاهده می‌شود ولی در مخروط افکنه کن شواهد جریان‌های دیرینه بیشتر از چیتگر می‌باشد. علاوه بر یک مورد، در رسوبات مخروط افکنه کن رسوبات پوینت بار که ناشی از پیچش رودخانه و رسوبگذاری در قسمت محدب است دیده شد. در هر دو مخروط افکنه رسوبگذاری در دشت سیلابی بیشتر توده‌ای و از رأس به طرف انتهایی مخروط افکنه از قطر رسوبات کاسته می‌شود. جورشدگی نسبتاً خوب مخصوصاً 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 (شکل ۳).



شکل ۳: 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 بر روی 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. نهایتاً 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 قسمت‌های مخروط‌افکنه وجود داشته باشد.

جدول ۴: پارامترهای آماری مربوط به ویژگی‌های دانه‌بندی رسوبات مخروط‌افکنه چیتگر

نمونه	قطر متوسط	تفسیر	جورش دگی	تفسیر	کج شدگی	تفسیر	کشیدگی	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

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

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

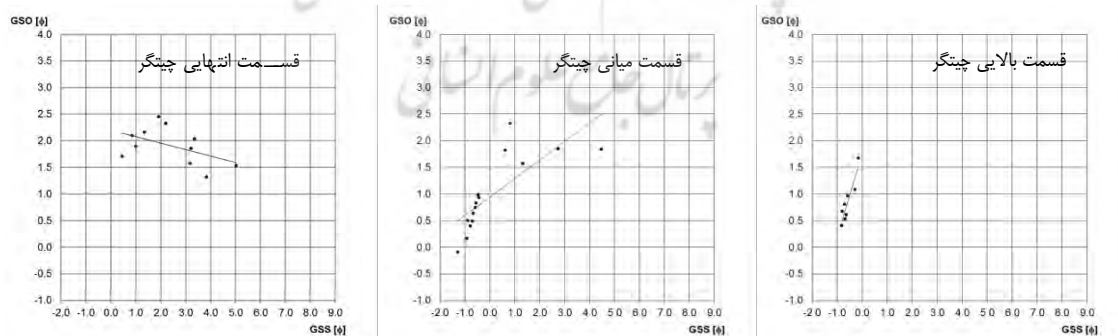
جدول ۵: پارامترهای آماری مربوط به ویژگی‌های دانه‌بندی رسوبات مخروط‌افکنه کن

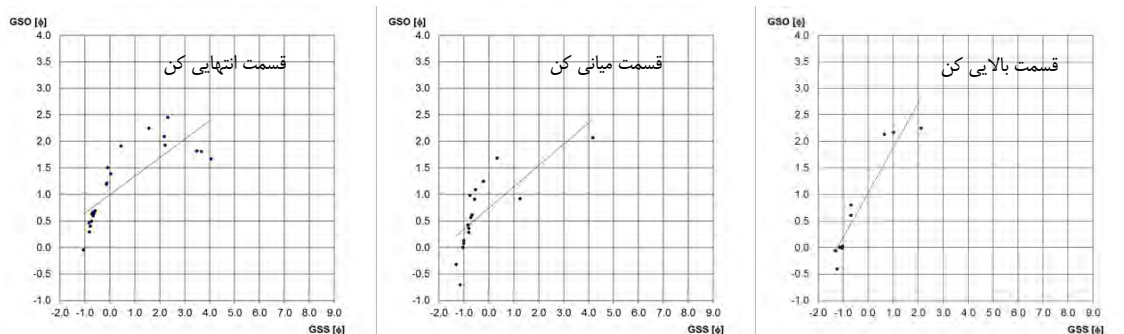
نمونه	قطر متوسط	تفسیر	چورش دگی	تفسیر	کج شدگی	تفسیر	کشیدگی	تفسیر	نمودار C M
K1-1	2363	شن بسیار ریز	-0.4	بسیار خوب	9.17	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	0.04	بسیار پهن	I
K1-2	1613	ماسه بسیار درشت	0.801	متوسط	2.68	کج شدگی شدید به سمت ذرات ریز	4.05	بی نهایت کشیده	I
K2-1	2046	شن بسیار ریز	-0.02	بسیار خوب	0.835	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	تقریباً 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

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

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

همانگونه که از نمودارهای زیر مشخص است در تمامی قسمت‌های مخروط‌افکنه کن و چیتگر با افزایش قطر ذرات میزان جورشدگی افزایش می‌یابد (شکل ۴).





شکل ۴: نمودار روابط بین شاخص‌های اندازه ذرات به فی طبق (Folk&Ward,1975) در قسمت‌های بالایی، میانی و انتهایی مخروط افکنه‌های کن و چیتگر که در آن GSO: جوردشگی، GSS: قطر متوسط می باشد

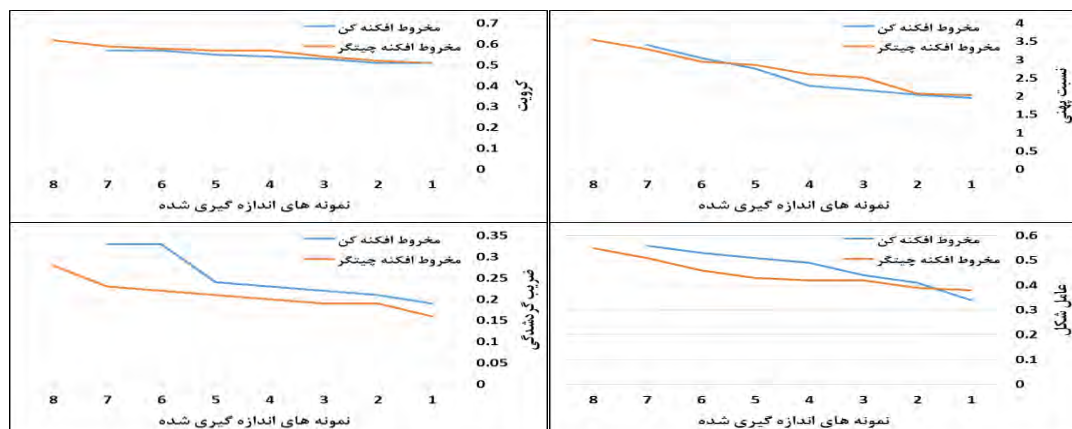
آنالیز ریخت سنجی دانه‌ها

برای بررسی ریخت رسوبات، ۱۳۱ نمونه از مخروط افکنه چیتگر و ۲۳۲ نمونه از مخروط افکنه 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 گردشگری 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 مخروط افکنه 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 مخروط افکنه‌ها تاثیر گذاشته‌اند. تغییرات ابعاد سه گانه در هر دو مخروط نرمال و با افزایش فاصله از منشأ رودخانه روند کاهشی را نشان می‌دهد. همچنین در هر دو مخروط افکنه، فرم رسوبات از بالا به پایین از صفحه‌ای و میله‌ای شکل به کره‌ای و مکعبی تغییر حالت می‌دهند (جدول ۶). عبارتی همانگونه که قبلاً نیز گفته شد نسبت پهنی از بالایی مخروط افکنه‌ها به پایین کاهش پیدا می‌کند که دلیل آن غلتیدن بیشتر و گردشگری بیشتر می‌باشد. گردشگری 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 گردشگری ذرات سایش می‌باشد و ذرات در حوضه کن مسافت بیشتری را از منشأ تا نقطه خروج طی می‌کنند دارای گردشگری بهتری می‌باشند از طرفی گرچه گردشگری رسوبات کن بیشتر از چیتگر است ولی ذرات مخروط افکنه کن کرویت کمتری را نسبت به چیتگر نشان می‌دهند (شکل ۵).

جدول ۶: میانگین مربوط به ویژگی‌های ریخت سنجی نمونه‌های اندازه‌گیری شده در مخروط افکنه‌ها

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



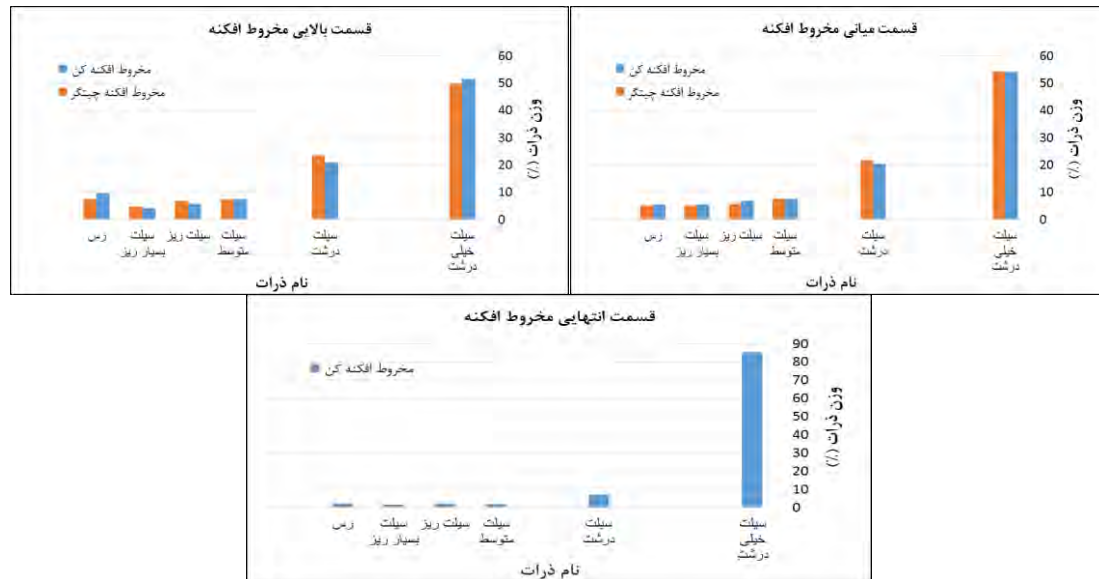
شکل ۵: مقایسه ویژگی‌های ریخت‌سنجی رسوبات در قسمت بالایی مخروط‌افکنه‌ها

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 لایه لای سنگ‌های درشت دانه هنگام رسوبگذاری آنها است و تقریباً 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 (جدول ۷) 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.

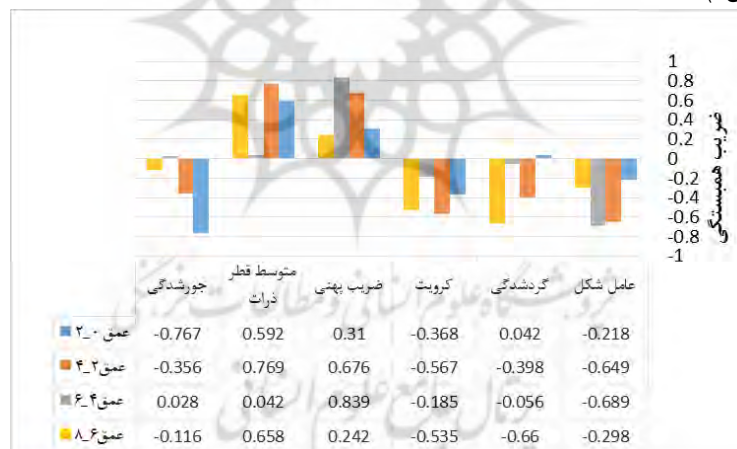
جدول ۷: متوسط وزن ذرات ریزدانه در قسمت‌های بالایی، میانی و انتهایی مخروط‌افکنه‌ها

0.4 9	0. 9	1.95 8	2.91	7.81	1 6	2 2. 1	31.25	44. 19	6 2. 5	قطر ذرات به میکرون
نام ذرات										
%سیلت خیلی درشت										
%سیلت درشت										
%سیلت متوسط										
%سیلت ریز										
%سیلت بسیار ریز										
%رس										
9.68	4.30	5.91	7.53	20.97	51.61	کن	بالایی			
7.64	4.65	6.97	7.30	23.58	49.83	چینگر	بالایی			
5.48	5.48	6.85	7.53	20.55	54.1	کن	میانی			
5.18	5.18	5.69	7.77	21.76	54.40	چینگر	میانی			
2.11	1.51	2.11	1.81	6.95	85.5	کن	انتهایی			



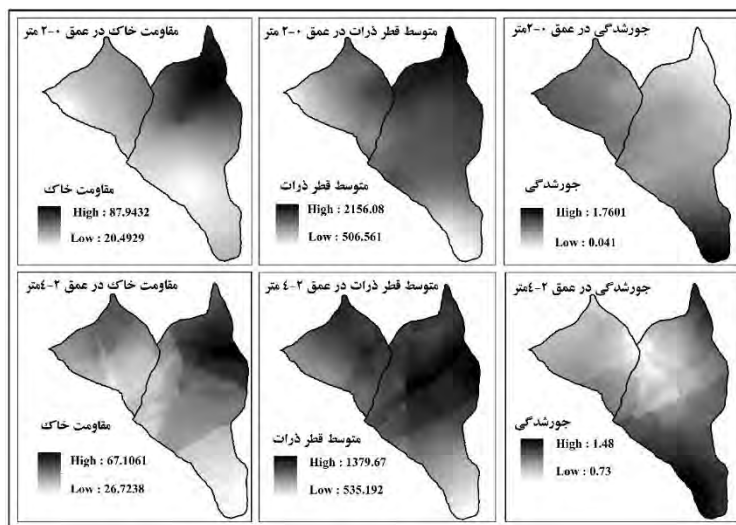
شکل ۶: هیستوگرام تقسیم‌بندی ذرات ریزدانه در قسمت‌های بالایی، میانی و انتهایی مخروط افکنه‌ها

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 (شکل ۷).



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

فاکتور متوسط قطر ذرات و بعد گردشده‌گی بیشترین همبستگی را در عمق‌های مختلف با مقاومت خاک نشان می‌دهد. در کل باید خاطر نشان کرد که قسمت‌های بالایی و میانی مخروط افکنه‌ها بخاطر درشت دانه و زاویه دار بودن از مقاومت نسبتاً بالایی برخوردار هستند (شکل ۸) 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 (مخصوصاً گسل‌های فرعی و پوشیده که ناشناخته هستند)، سطح آبهای زیرزمینی، قنات‌هایی که از منطقه عبور می‌کنند و ضخامت آبرفت باشد.



شکل ۸: رابطه مقاومت خاک با قطر متوسط ذرات و جورشدگی در عمق‌های ۲-۰ 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 در صورتی 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. گردشگی و کرویت نیز در هر دو مخروط به دلیل طی مسافت طولانی‌تر و سائیدگی و گردشگی 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 توده‌ای (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 گردشگی 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 ادعان 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، تأثیر 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، ش ۵۵.
- 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 ۹۹-۱۱۴.
- مختاری، داوود؛ ۱۳۸۰، نقش فعالیت‌های زمین ساختی در تکامل مخروط‌افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ، 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. Quarterly Journal of Geology Society 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, Alluvial 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.*
- *Riebel, H., 1955. The Geology of the Tehran Plain., American Journal of Science, Vol. 253, Nov. 1955. 617-639.*
- *Shafaei Bajestani, M., 1995. Sediment Hydraulic. Shahid Chamran University Publication: 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: 189-197i*