

بررسی ارتباط بین ویژگی‌های گوشه‌داری، بافت سطحی و وجود ریزترک در سنگدانه‌های طبیعی با مساحت، شیب و طول آبراهه اصلی در حوزه بالادست مخروط افکنه‌های واقع در شمال دشت دیره

کاظم بهرامی^۱، سید محمود فاطمی عقدا*^۲، علی نورزاد^۳، مهدی تلخابلو^۴

۱- دانشجوی دکتری مهندسی زمین‌شناسی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی

۲- استاد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی

۳- دانشیار، دانشکده مهندسی آب و محیط زیست، دانشگاه شهید بهشتی

۴- استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۵/۳

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۱۲/۱۱

چکیده

ویژگی‌های ریخت‌شناسی حوزه‌ها مانند مساحت، شیب و طول رودخانه اصلی می‌توانند بعضی از خصوصیات سنگدانه‌ها مانند گردش‌دگی، بافت سطحی و میزان ریزترک‌ها را تحت‌تاثیر قرار دهند. ابتدا از طریق تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های زمین‌شناسی و بازدیدهای میدانی، ۱۲ مخروط‌افکنه انتخاب شد که دارای حوزه بالادستی مشابهی از نظر سنگ‌شناسی هستند. از قسمت وسط ۱۲ مخروط‌افکنه، ۱۵۰ نمونه برای سه اندازه متفاوت شن (۵۰ نمونه برای هر اندازه) برداشت گردید و ویژگی‌های فوق‌الذکر مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با کاهش شیب، افزایش مساحت و طول مسیر جریان حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها، گردش‌دگی افزایش، بافت سطحی صاف‌تر و میزان ریزترک‌ها کاهش می‌یابد. کمترین میزان گردش‌دگی در مخروط‌افکنه دارای مساحت حوزه بالادستی ۲۷ و ۳۳ هکتار و در محدوده سنگدانه‌های با اندازه (۱۶-۱۲/۵ mm) در حالی که بیشترین میزان گردش‌دگی در مخروط‌افکنه دارای بزرگ‌ترین مساحت حوزه بالادستی (۲۰۶ و ۳۰۹ هکتار) و بزرگ‌ترین سنگدانه‌ها (۳۷/۵-۲۵ mm) به دست آمده است. از نظر بافت سطحی نیز بیشترین زبری و کمترین زبری به ترتیب در مخروط‌افکنه‌ای با مساحت حوزه بالادستی ۲۵ هکتار و ذرات (۱۶-۱۲/۵ mm) و مخروط‌افکنه با مساحت حوزه بالادستی ۳۰۹ هکتار و سنگدانه‌های ۲۵-۳۷.۵ mm مشاهده شده است. از نظر ریزترک نیز کمترین درصد ترک در ریزترین سنگدانه‌های برداشت شده از مخروط‌افکنه با مساحت حوزه بالادستی ۳۰۹ هکتار به میزان ۱۰ درصد و بیشترین میزان ترک در درشت‌ترین سنگدانه‌های برداشت شده از مخروط‌افکنه با مساحت حوزه بالادستی ۲۹ و ۳۳ هکتار به میزان ۳۲ درصد، به دست آمده است. همچنین وضعیتی مشابه با مساحت حوزه بالادست برای طول مسیر جریان دیده شد. **واژه‌های کلیدی:** بافت سطحی، سنگدانه، ریزترک، گردش‌دگی، مخروط‌افکنه.

مقدمه

شناخت ویژگی‌های سنگدانه‌ها در مسائل اقتصادی و فنی بتن و آسفالت بسیار تأثیرگذار است. ویژگی‌های مهندسی سنگدانه‌های موجود در معادن مختلف با هم متفاوت است و مهم‌ترین عامل تأثیرگذار در کیفیت آن‌ها ویژگی‌های سنگ‌شناسی آن‌هاست (الکساندر و میندز، ۲۰۰۵). با این وجود علاوه بر ویژگی‌های سنگ-شناختی، محیط زمین‌شناسی که سنگدانه‌ها در آن تجمع پیدا کرده‌اند و فرایندهای زمین‌شناسی که در هر محیط‌ها حاکم است می‌تواند تأثیر بسیار زیادی بر روی ویژگی‌های سنگدانه‌ها داشته باشد (اسمیت و کولیس، ۲۰۰۱؛ بهرامی و همکاران، ۲۰۱۵). ویژگی‌های گردشگری، بافت سطحی و میزان ریزترک موجود در سنگدانه‌ها نیز می‌تواند متاثر از فرایندهای زمین‌شناسی باشد که در محیط‌های مختلف حاکم است (لوپس و مک کونچی، ۱۹۹۴). بیشتر مطالعات صورت گرفته در این زمینه در رابطه با ذرات رسوبی بوده و با توجه به اینکه سنگدانه‌ها جزئی از رسوبات هستند و محدوده وسیعی از رسوبات را شامل می‌شود می‌توان این نتایج را به سنگدانه‌ها نیز تعمیم داد. مطالعات انجام شده توسط محققین مختلف نشان می‌دهد که گردشگری ذرات در محیط‌های رودخانه‌ای و ساحلی نسبت به محیط‌های واریزه-ای و یخچالی بسیار زیادتر است. در این محیط‌ها به علت فرایند حمل طولانی، ذرات دچار سایش شده و گوشه‌های تیز آنها از بین می‌رود (نویدی و همکاران، ۱۳۹۴؛ کاویان و همکاران، ۱۳۹۲؛ لوپس و مک کونچی، ۱۹۹۴؛ جامکار و راثو، ۲۰۰۴؛ بریدج و دیمیکو، ۲۰۰۸). گردشگری ذرات رابطه مستقیمی با مسافت حمل ذرات ندارد. در مسافت‌های کم، میزان تغییرات بسیار زیاد است و

با افزایش میزان حمل میزان تغییرات بسیار کمتر می‌شود. تحقیقات انجام شده بر روی سنگ چرت نشان می‌دهد که تغییرات گردشگری ایجاد شده برای ۲۰ کیلومتر حمل اولیه بیش از تغییراتی است که از ۲۰ تا ۲۰۰ کیلومتر ایجاد می‌گردد. برای این نوع سنگ تغییرات گردشگری عمدتاً در فاصله کمتر از ۱۰ کیلومتر حمل ایجاد می‌گردد. روند تغییرات گردشگری در ذرات با ترکیب سنگ‌شناسی مختلف متفاوت است. در سنگ‌های آهکی و نرم، بخش زیادی از فرایند گردشگری ذرات در چند کیلومتر اول حمل و نقل اتفاق می‌افتد (بلت و همکاران، ۱۹۸۰). بافت سطحی سنگدانه‌ها نیز علاوه بر خصوصیات سنگ‌شناسی متاثر از محیط تجمع رسوبات و سنگدانه‌ها است. در محیط‌های ساحلی و رودخانه‌ای بافت سطحی سنگدانه‌ها عمدتاً صاف‌تر است و در محیط‌های یخچالی، واریزه‌ای و مخروط‌افکنه‌ای، سنگدانه‌ها بافت سطحی مضرس‌تری دارند. بعضی از محیط‌های زمین‌شناسی بافت سطحی مخصوص به خود دارند که از آنها در بررسی تعیین نوع محیط‌های زمین‌شناسی قدیمی که رسوبات در آن تشکیل شده‌اند استفاده می‌شود. از جمله می‌توان به بافت سطحی مخطط در رسوبات یخچالی اشاره کرد (لوپس و مک کونچی، ۱۹۹۴؛ بریدج و دیمیکو، ۲۰۰۸). ارتباط میزان ریزترک‌ها با محیط‌های زمین‌شناسی محل تجمع رسوبات نیز تاکنون مورد بررسی قرار نگرفته است. همانطور که در قسمت‌های بالاتر اشاره شد بخش زیادی از مطالعاتی که تاکنون در زمینه ارتباط گردشگری و بافت سطحی ذرات با محیط زمین‌شناسی مختلف انجام شده بر روی محیط‌های رودخانه‌ای، ساحلی، یخچالی و بادی بوده است و مطالعات بسیار محدودی در زمینه مخروط‌افکنه انجام شده است. از جمله می-

سطحی زبر و مضرس باعث افزایش سطح جانبی سنگدانه‌ها می‌گردد که این امر می‌تواند باعث افزایش نیاز سیمان برای پوشش سطح سنگدانه‌ها شود. همچنین نیاز سنگدانه‌ها به آب افزایش می‌یابد (ویلسون و کوسماتکا، ۲۰۱۷). از طرفی بافت سطحی مضرس باعث درگیری بیشتر سیمان با سنگدانه و افزایش مقاومت بتن می‌گردد (پری و گیلت، ۱۹۷۷؛ پروکویسی و هالبنیاک، ۲۰۰۰؛ الکساندر و میندز، ۲۰۰۵؛ بل، ۲۰۰۷؛ ویلسون و کوسماتکا، ۲۰۱۷؛ رحیمی، ۱۳۹۲). با افزایش درصد سنگدانه‌های پولکی در بتن، مقاومت بتن کاهش، مصرف سیمان افزایش و کارایی بتن کاهش می‌یابد (فرزاو و سبیری نتو، ۱۹۸۴؛ هادسون، ۲۰۰۳؛ گولدسورثی، ۲۰۰۵؛ ویلسون و کوسماتکا، ۲۰۱۷). شکل، گوشه‌داری و بافت سطحی بر روی حجم فضاهای خالی بین سنگدانه‌ها و زاویه اصطکاک داخلی بین آن‌ها تأثیرگذار است (هادسون، ۲۰۰۲؛ نویل، ۲۰۱۰). هر قدر سنگدانه‌ها تیز گوشه‌تر، ناهم بعدتر و سطح مضرس‌تری داشته باشند. حجم فضاهای خالی و زاویه اصطکاک داخلی در آن‌ها افزایش می‌یابد (الکساندر و میندز، ۲۰۰۵؛ ویلسون و کوسماتکا، ۲۰۱۷). همچنین باعث کاهش مقاومت بتن به دلیل افزایش تخلخل در آن‌ها می‌گردد. برای رهایی از این مشکل باید ویبره و متراکم کردن بتن بیشتر انجام شود که به تبع آن انرژی و هزینه بیشتری باید صرف شود (هادسون، ۲۰۰۲؛ نویل، ۲۰۱۰). ریزترک‌های موجود در سنگدانه‌ها از جمله ویژگی‌هایی هستند که در مقاومت و ویژگی‌های بتن تأثیرگذار است. وجود ریزترک در سنگ‌ها بر روی ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی آن‌ها تأثیرگذار است (المیدا و همکاران، ۱۹۹۸). وجود ریزترک در سنگدانه‌ها باعث کاهش مقاومت

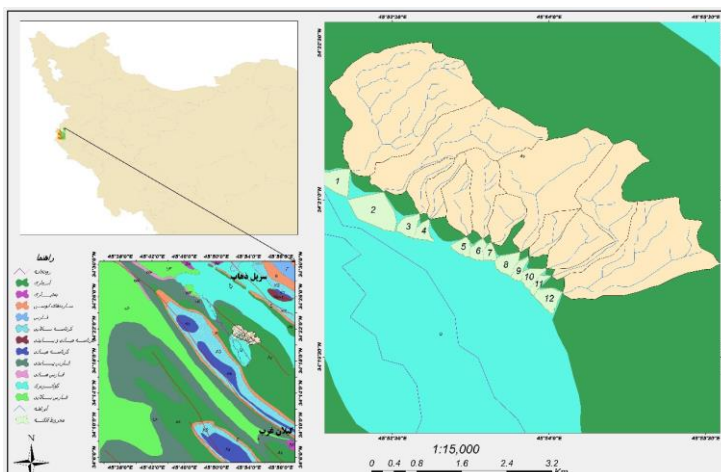
توان به مطالعات اسکالی و اونز (۲۰۰۵) اشاره کرد. اسکالی و اونز (۲۰۰۵) فرایندهای رسوبی و ویژگی‌های ذرات رسوبی در سطح مخروط‌افکنه‌های واقع در جنوب نیوزیلند را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که شاخص‌هایی همچون اندازه ذرات و گردشگی آن‌ها، با توجه به فرایندهای رسوبی‌شان، به‌طور چشمگیری متفاوت‌اند. سقوط بهمن باعث ایجاد ذرات بسیار بزرگ و زاویه‌دار شده و جریان‌های آبرفتی، ذرات ریز و گردشده را ایجاد می‌کنند که در بین آن‌ها جریان‌ات پر رسوب ناهمگن نیز دیده می‌شود. با این وجود در زمینه ارتباط ویژگی‌های شکل، بافت سطحی و ریزترک با ویژگی‌های ریخت‌شناسی حوزه بالادست مخروط‌افکنه تاکنون مطالعاتی انجام نشده است. بافت سطحی و شکل هندسی سنگدانه‌ها از جمله ویژگی‌های مهمی است که در کاربری‌های مختلف سنگدانه‌ها مورد توجه قرار می‌گیرد (بویکیتی و همکاران، ۲۰۰۷). بافت سطحی سنگدانه‌ها می‌تواند تأثیرات مثبت و یا منفی در کاربری‌های مختلف داشته باشد. به نظر هادسون (۲۰۰۳) شکل و بافت سطحی سنگدانه‌ها تأثیر بسیار زیادی بر روی ویژگی‌های بتن دارد. بافت سطحی، شکل هندسی و گردشگی سنگدانه بر روی ویژگی‌هایی همچون مقاومت، کارایی، روانی و انرژی لازم برای تراکم بتن تأثیرگذار است. همچنین این ویژگی‌ها بر روی پارامترهای همچون چسبندگی سنگدانه به قیر یا به سیمان تأثیرگذار خواهد بود (آهو و همکاران، ۲۰۰۱؛ آبا رانو و راقو پراساد، ۲۰۰۲؛ فلتچر و همکاران، ۲۰۰۳؛ جامکار و رانو، ۲۰۰۴؛ پان و همکاران، ۲۰۰۶؛ هوانگ، ۲۰۱۰). ویژگی‌های بافت سطحی و گوشه‌داری سنگدانه‌ها می‌تواند تأثیر زیادی در زبری سطح جاده داشته باشد (کانی و همکاران، ۲۰۱۳). بافت

و سرپل ذهاب است. این منطقه از نظر چینه‌شناسی و زمین‌شناسی با سازند آسماری و رسوبات آبرفتی کواترنر پوشیده شده است. مناطق کوهستانی عمدتاً متشکل از سازند آسماری است و مناطق پست و ناودیزی عمدتاً توسط رسوبات کواترنری که حاصل هوازدگی و فرسایش سازند آسماری در ارتفاعات است، پوشیده شده است. در بعضی از مناطق به صورت بسیار محدود و جزئی برونزدهای از سازندهای گروه فارس دیده می‌شود که عمدتاً به علت ضخامت کم، انحلال‌پذیری و فرسایش‌پذیری بسیار بالا، رخنمون‌ها بسیار ناچیز است. این منطقه از نظر آب و هوایی دارای زمستان‌هایی ملایم و تابستان‌های گرم است. شکل ۱ موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه را نشان می‌دهد.

بتن و آسفالت می‌گردد. وجود ترک در سنگدانه‌ها باعث عدم پیوستگی در مصالح بتن و آسفالت می‌گردد و می‌تواند نقطه شروع شکست در بتن و آسفالت باشد (الکساندر و میندز، ۲۰۰۵). سنگدانه‌های طبیعی بخش زیادی از نیاز سنگدانه‌ها را در دنیا و ایران تأمین می‌کنند. با توجه به اینکه مخروط‌افکنه‌ها یکی از مهم‌ترین محیط‌های برداشت سنگدانه‌ها طبیعی در ایران می‌باشد. در این تحقیق ارتباط کیفیت سنگدانه‌ها با ویژگی‌های ریخت‌شناسی مخروط‌افکنه‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه قسمت شمال غربی حوزه دیره واقع در حد فاصل بین شهرستان گیلان‌غرب



شکل ۱: موقعیت منطقه و مخروط افکنه‌های مورد مطالعه در این پژوهش

از فرایندهای تکتونیکی در منطقه هستند (بهرامی، ۲۰۱۳). واحد کوهستان تقریباً به‌طور کامل متشکل از سازند آسماری است و منشأ رسوبات موجود در واریزه‌ها، مخروط افکنه‌ها، دشت‌های سیلابی و رودخانه‌ای است. در حد فاصل کوهستان و دشت، مخروط‌افکنه‌ها پوشش اصلی منطقه را تشکیل می‌دهند. منشأ رسوبات در تمام مخروط افکنه‌ها تا حدودی مشابه هم بوده و

این منطقه از نظر تقسیم‌بندی‌های زمین‌ساختی جزو زاگرس چین خورده است. مجموعه بسیار زیاد و منظمی از سیستم‌های شکستگی و گسل در این منطقه خصوصاً در ارتفاعات دیده می‌شود. منطقه مورد مطالعه از نظر ژئومورفولوژیکی متشکل از واحدهای کوهستان، واریزه‌ها، مخروط‌افکنه‌ها، دشت‌های سیلابی و رودخانه است. واحدهای مذکور از نظر ریخت‌شناسی سطحی زمین، متأثر

تشکیل شده‌اند اما چون چنین وضعیتی در همه مخروط‌افکنه وجود دارد، همه مخروط‌افکنه‌ها تا حد نسبتاً زیادی از نظر سنگ‌شناسی مشابه هم هستند. نمونه‌برداری از سطح مخروط‌افکنه‌ها و در قسمت‌های وسط نیم‌رخ طولی آن‌ها صورت گرفته است. نمونه‌های برداشت شده در آزمایشگاه دانه-بندی شده و از سنگدانه‌های مانده در بین الک‌های ۲۵-۳۷/۵، ۱۹-۲۵ و ۱۶-۱۲/۵ میلی‌متر تعداد ۵۰ سنگدانه به روش چهار قسمت کردن و به صورت تصادفی برداشت شد. برای همه نمونه‌های انتخاب شده ویژگی‌های بافت سطحی، گردش‌دگی و وجود ریزترک از طریق مشاهده چشمی مشخص شد. سنگدانه‌ها از نظر گردش‌دگی مطابق با تقسیم‌بندی پورز^۱ (۱۹۵۳) به ۶ گروه شدیداً گوشه‌دار، گوشه‌دار، نسبتاً گوشه‌دار، نسبتاً گرد، گرد و کاملاً گرد شده طبقه‌بندی شده‌اند. در طبقه‌بندی مهندسی، بافت سطحی سنگدانه‌ها را می‌توان به گروه‌های صاف و زبر و درجاتی از آن طبقه‌بندی کرد است (گالوای، ۱۹۹۴). با این وجود این طبقه‌بندی دقیق نبوده و به صورت نسبی است. در واقع می‌توان گفت بافت سطحی سنگدانه‌ها از حالت خیلی زبر تا خیلی صاف در تغییر است. در این تحقیق همچون گرد شدگی و برای تفکیک دقیق‌تر زبری، سنگدانه‌ها به ۶ گروه خیلی مژرس، مژرس، نسبتاً مژرس، نسبتاً صاف، صاف و کاملاً صاف طبقه‌بندی شده‌اند. بررسی ریزترک‌های موجود در سنگ‌ها از روش‌های چشمی یا میکروسکوپ الکترونی امکان‌پذیر است (اسچدل و همکاران، ۱۹۸۶؛ مونتوتو و همکاران، ۱۹۹۴). در اینجا ارزیابی درصد سنگدانه‌های حاوی ریزترک به صورت چشمی بوده و درصد سنگدانه‌های دارای درزه از کل نمونه مشخص گردیده است. در نهایت از طریق تجزیه و

از سازند آسماری است. برای بررسی ارتباط بین مساحت حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها با ویژگی‌های مخروط‌افکنه‌ها باید شرایط سنگ-شناسی را مشابه هم در نظر گرفت و اثرات سنگ-شناسی در تفاوت ویژگی‌های سنگدانه‌ها را حذف کرد. در این راستا انتخاب مخروط‌افکنه‌ها به گونه‌ای صورت گرفته که حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها از نظر ویژگی‌های سنگ‌شناسی مشابه هم باشند.

مواد و روش‌ها

در این تحقیق به منظور بررسی ارتباط مساحت، شیب و طول مسیر جریان حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها - که تأثیر زیادی بر انرژی و شدت جریان‌های سیلاب دارد - با ویژگی‌های شکل، بافت سطحی و وجود ریزترک در سنگدانه‌ها، ۱۲ مخروط‌افکنه در حوزه دیره در شهرستان گیلان - غرب انتخاب گردید. انتخاب مخروط‌افکنه‌ها به گونه‌ای بوده است که حوزه بالادست آن‌ها از نظر سنگ‌شناسی و شرایط زمین‌شناسی تا حد زیادی مشابه هم باشند. بدین منظور ابتدا با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی، محدوده شهرستان سرپل‌ذهاب و گیلان غرب مورد بررسی قرار گرفت و بهترین شرایط در حاشیه شمال و شمال غربی دشت دیره مشاهده شد. پوشش اصلی این منطقه متشکل از ستون ضخیمی از سازند آسماری است که در محدوده حوزه بالادست تمامی مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه گسترش دارد. مخروط‌افکنه‌های انتخاب شده نزدیک و کنار هم بوده و از نظر سنگ‌شناسی حوزه بالادست تا حد بسیار زیادی مشابه هم هستند. در واقع با وجود اینکه حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها از چند لایه مختلف

(۱۹۵۳) استفاده شده است که در آن ذرات به ۶ گروه کاملاً گردشده، گرد، نسبتاً گرد، نسبتاً گوشه‌دار، گوشه‌دار و خیلی گوشه‌دار تقسیم‌بندی شده‌اند. این تقسیم‌بندی تا حد زیادی بر مبنای تقسیم‌بندی پتی جان^۲ (۱۹۴۹) است. برای به دست آوردن میزان گردشدگی ذرات رسوبی می‌توان از فرمول رابطه ۱ استفاده کرد:

$$\text{رابطه ۱)} \quad \text{گردشدگی} = \frac{\sum_{i=1}^N r_i}{N} \cdot R$$

که در آن r_i شعاع گوشه‌های دانه، N مجموع تعداد گوشه‌های اندازه‌گیری شده و R شعاع بزرگ‌ترین دایره محاطی است. با توجه به اینکه اندازه‌گیری گردشدگی ذرات به صورت کمی برای تعداد زیادی از سنگدانه‌ها مشکل است در طبقه‌بندی پورز (۱۹۵۳)، براساس معیار چشمی و مطابق با طرح شماتیک شکل ۲ گردشدگی ذرات مشخص می‌گردد. در این طبقه‌بندی برای هر طبقه از سنگدانه‌ها یک عدد گردشدگی به دست آمده است. عدد گردشدگی به ترتیب برای طبقات کاملاً گردشده، گردشده، نسبتاً گرد شده، نسبتاً زاویه‌دار، زاویه‌دار و خیلی زاویه‌دار برابر ۰/۱۴، ۰/۲۱، ۰/۳۰، ۰/۴۱، ۰/۵۹ و ۰/۸۴ به دست آمده است. با توجه به اینکه محیط‌های زمین‌شناسی مختلف تحت‌تأثیر فرایندهای زمین‌شناسی متفاوتی قرار می‌گیرند بنابراین میزان گردشدگی ذرات در محیط‌های مختلف نیز متفاوت است. در سنگدانه‌هایی که تازه از سنگ مادر خود جدا شده‌اند ویژگی‌های شکل، گردشدگی، بافت سطحی و وجود ریزترک تابع ویژگی‌های سنگ‌شناسی، سیستم درزه و شکاف‌های اولیه و وضعیت تکتونیکی منطقه است (بل، ۲۰۰۷؛ اسمیت و کولیس، ۲۰۰۱).

تحلیل‌های آماری و به صورت قیاسی، ارتباط بین مساحت، شیب و طول مسیر جریان حوزه بالادست مخروط افکنه با ویژگی فوق‌الذکر مورد بررسی قرار گرفت.

نتایج

ویژگی‌های بافت سطحی و شکل ذرات می‌تواند متأثر از فرایند حمل ذرات باشد. همچنین برخورد ذرات به یکدیگر باعث شکستن ذرات از محل ترک‌های موجود در سنگدانه و سست‌ترین قسمت آن‌ها می‌گردد. بنابراین میزان حمل ذرات و انرژی جریان تأثیر زیادی بر روی ویژگی‌های شکل، بافت سطحی و میزان ترک موجود در آن‌ها دارد. طول مسیر جریان در حوزه بالادست مخروط افکنه معرف میزان انتقال سنگدانه از محل سنگ مادر است. شیب حوزه نیز از جمله پارامترهایی است که کنترل کننده سرعت جریان و همچنین میزان نقش عوامل انتقال دهنده ذرات از جمله نیروی ثقل و نیروی جریان آب است. از طرفی هر چقدر مساحت حوزه بالادست جریان بیشتر باشد، مساحت تغذیه کننده جریان‌های سیلاب نیز بیشتر می‌گردد بنابراین حجم و انرژی جریان نیز بیشتر است. هدف این پژوهش نیز یافتن ارتباط بین مساحت، شیب و طول مسیر جریان در حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها با ویژگی‌های شکل، بافت سطحی و وجود ریزترک در آن‌ها می‌باشد.

ارتباط بین گردشدگی با مساحت، شیب و طول مسیر جریان حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها

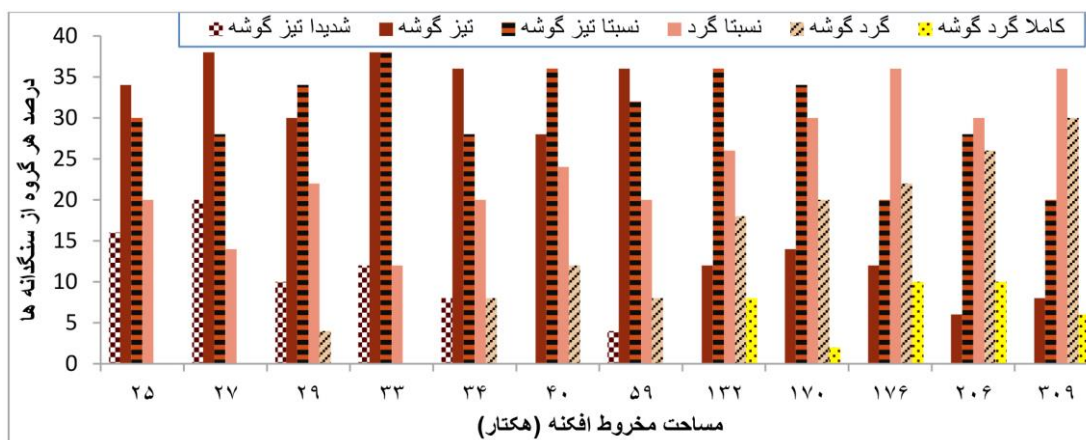
گردشدگی، میزان گردی لبه‌ها و گوشه‌های یک سنگدانه را نشان می‌دهد. گردشدگی ذرات توسط محققین مختلفی مورد ارزیابی قرار گرفته و تقسیم‌بندی‌های مختلفی نیز در این زمینه ارائه شده است. در این تحقیق از تقسیم‌بندی پورز

	کاملاً گرد شده	گرد شده	نسبتاً گرد شده	نسبتاً گوشه دار	گوشه دار	شدیدا گوشه دار
بیشی						
کروی						

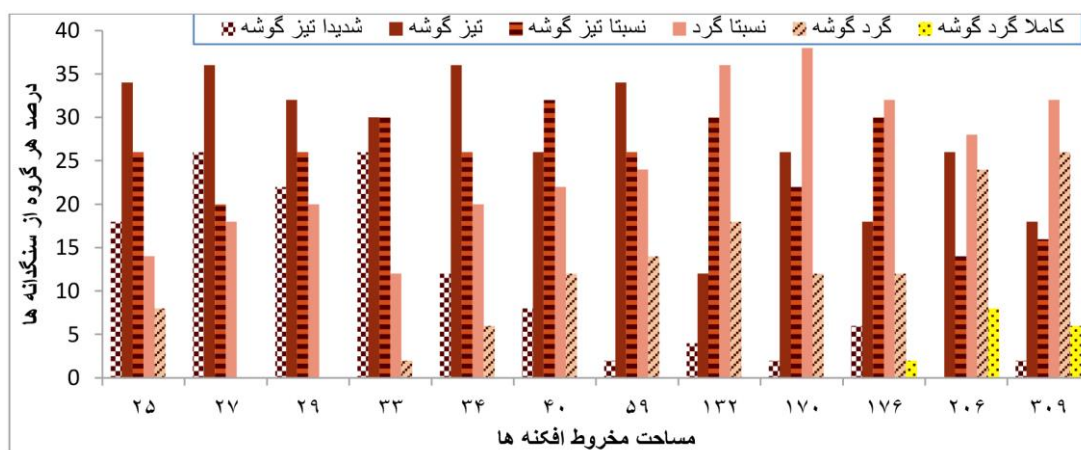
شکل ۲: طبقه‌بندی گردشگری ذرات رسوبی (پورز، ۱۹۵۳)

شکسته شدن سنگدانه‌ها از سطوح ضعیف درزه و ترک می‌گردد. در طول فرایند حمل ذرات گوشه‌های تیز سنگدانه شکسته شده و سطح آن‌ها صاف‌تر می‌گردد. بنابراین حمل ذرات می‌تواند باعث گردشگری، همواری و از بین رفتن درزه‌های اولیه موجود در سنگدانه‌ها گردد. شدت این تغییرات می‌تواند وابسته به شدت و مدت جریان‌های انتقال دهنده ذرات باشد که خود وابسته به نوع اقلیم، مساحت، شیب و طول مسیر جریان حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها است. نتایج تحقیقات انجام شده بر روی نمونه‌های برداشت شده از ۱۲ مخروط‌افکنه متفاوت از نظر وسعت حوزه بالادست در شکل‌های ۳ تا ۵ نشان داده شده است.

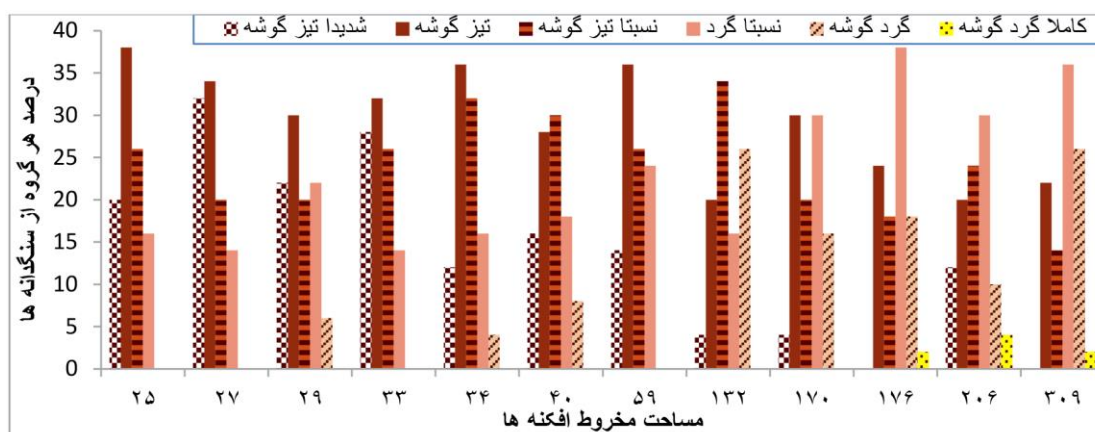
لاپه‌های نازک و سنگ‌های گنیسی باعث ایجاد سنگدانه‌های پولکی می‌گردند. همچنین نوع شکستگی سنگ‌ها و شدت و تعداد دسته درزه‌ها می‌تواند در شکل و تیز گوشه بودن سنگدانه‌ها تأثیرگذار باشد. بافت سطحی سنگدانه‌ها نیز عمدتاً متأثر از تخلخل و بافت سنگ‌ها است. شدت درزه‌داری سنگدانه‌ها عمدتاً متأثر از وضعیت تکتونیکی منطقه و شکنندگی سنگ‌ها می‌باشد. با جدا شدن سنگدانه‌ها از سنگ مادر اولیه خود و قرار گرفتن در مسیر حمل، ویژگی‌های فوق‌الذکر تغییر می‌کند. فرایندهای سایش و برخورد ذرات به همدیگر باعث ایجاد تغییراتی در آن‌ها می‌شوند. سایش باعث حذف قسمت‌های ضعیف و نرم در سنگدانه‌ها شده و برخورد ذرات به همدیگر باعث



شکل ۳: ارتباط مساحت حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها با گردشگری سنگدانه‌هایی با اندازه ۲۵ تا ۳۷/۵ میلی‌متر



شکل ۴: ارتباط مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها با گردشگی سنگدانه‌هایی با اندازه ۱۹ تا ۲۵ میلی‌متر

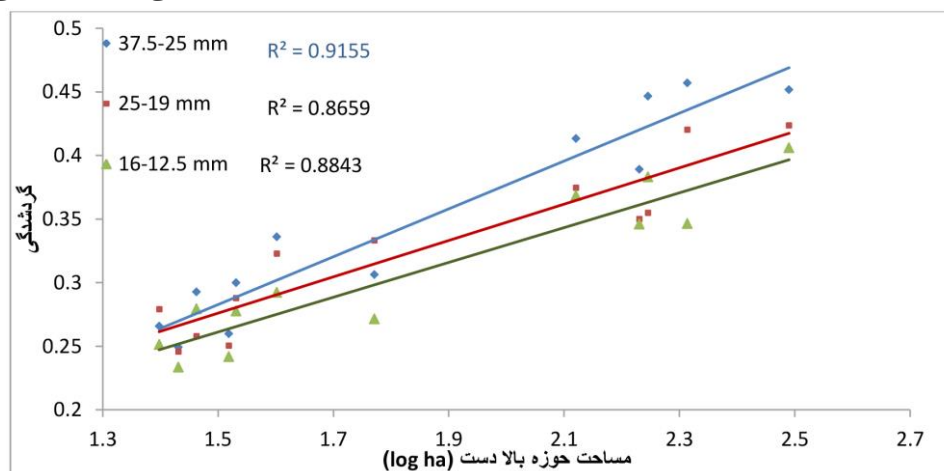


شکل ۵: ارتباط مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها با گردشگی سنگدانه‌هایی با اندازه ۱۶ تا ۱۲/۵ میلی‌متر

ذرات ارائه داد. در این تحقیق نیز بر این مبناء، گردشگی ذرات برای نمونه‌های برداشت شده از هر مخروط افکنه به دست آمده است. شکل ۶ نتایج به دست آمده در این زمینه را نشان می‌دهد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که با افزایش مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها میزان گردشگی سنگدانه‌ها افزایش می‌یابد. این روند در همه اندازه‌های مختلف از سنگدانه‌های مورد بررسی صادق است. در بررسی علت این موضوع باید گفت که افزایش مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها باعث افزایش جریان‌های سیلاب در مخروط افکنه‌ها می‌گردد و افزایش میزان

همان‌طور که قبلاً نیز گفته شد میزان گردشگی هر سنگدانه را می‌توان به صورت عددی محاسبه و به دست آورد. اما چنین کاری از نظر آماری بسیار مشکل و زمان‌بر است. در طبقه‌بندی پورز (۱۹۵۳) گردشگی هر ذره به صورت چشمی مشخص می‌گردد و برای هر سطحی از گردشگی عدد متوسطی تعریف شده است. بنابراین اندازه‌گیری گردشگی ذرات به صورت چشمی بوده و بر مبنای قرارگیری در هر رده با عدد میانگین آن رده ارائه می‌گردد. می‌توان میزان گردشگی یک نمونه آماری را محاسبه و میانگین آن‌ها را به دست آورد و به صورت یک عددی از میزان گردشگی

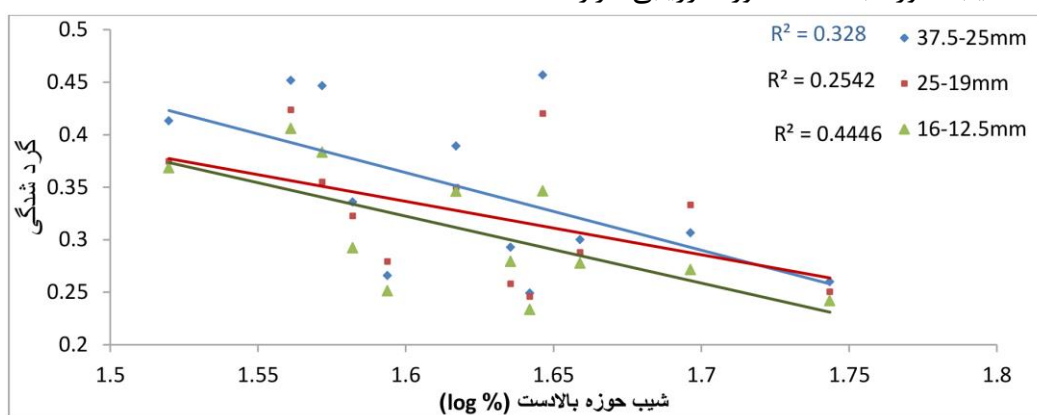
سیلاب باعث افزایش میزان سایش سنگدانه‌ها و در نتیجه افزایش گردشگری سنگدانه‌ها می‌گردد.



شکل ۶: ارتباط بین میزان گردشگری با مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه

گرفت. شکل ۷ نتایج به دست آمده در این زمینه را نشان می‌دهد. همان‌طور که از این نتایج مشخص است با افزایش شیب مخروط افکنه‌ها میزان گردشگری آن‌ها کاهش می‌یابد با این وجود ضریب همبستگی در آن‌ها بسیار پایین‌تر است و در صورت استفاده از روابط یک متغیره استفاده از متغیر مستقل شیب پیشنهاد نمی‌گردد.

در واقع هر چقدر شدت سیلاب بیشتر باشد میزان سایش سنگدانه‌ها و حذف گوشه‌های تیز آنها نیز بیشتر می‌شود. به منظور ارزیابی ارتباطی شیب حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها با ویژگی‌های شکل سنگدانه‌ها ابتدا از طریق نقشه توپوگرافی منطقه، متوسط شیب حوزه بالادست مخروط‌ها محاسبه شد و ارتباط گردشگری سنگدانه‌ها با متوسط شیب حوزه بالادست مورد ارزیابی قرار

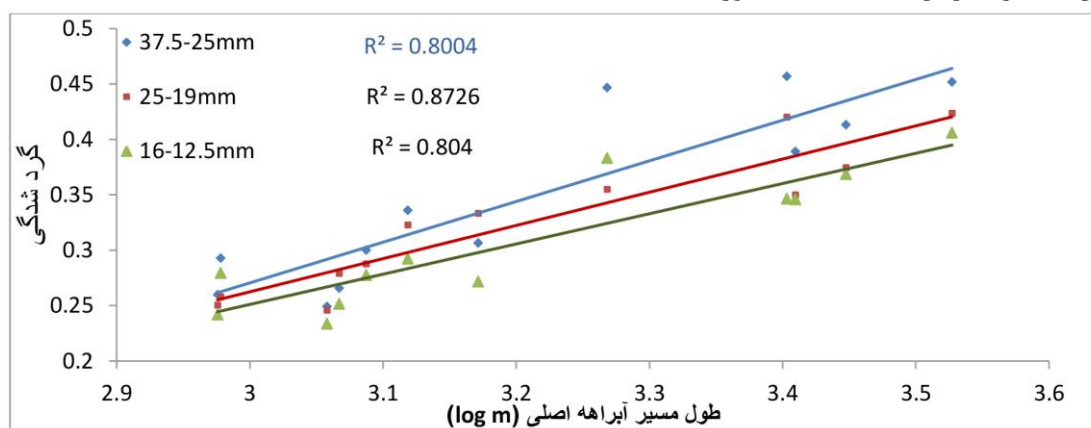


شکل ۷: ارتباط بین میزان گردشگری با مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه

این زمینه را نشان می‌دهند. همان‌طور که از این نتایج مشخص است با افزایش طول مسیر جریان میزان گردشگری سنگدانه‌ها نیز بیشتر است. با

طول مسیر جریان نیز با اندازه‌گیری طول آبراهه اصلی در حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها اندازه‌گیری شده است. شکل ۸ نتایج به دست آمده در

این وجود به نظر می‌رسد همبستگی بالایی بین طول مسیر جریان با مساحت حوزه بالادست



شکل ۸: ارتباط بین طول آبراهه اصلی حوزه بالادست با گردشگری سنگدانه‌ها

اثر حمل ذرات بسیار بیشتر از سنگ‌های سخت و سیلیسی است. به گونه‌ای که ذرات تنها در اثر چند کیلومتر حمل و نقل به شدت گرد می‌شوند. نمودارهای ارائه شده روابط بین گردشگری با ویژگی‌های مورفومتری حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها به صورت مجزا نشان می‌دهد. به منظور بررسی‌های دقیق‌تر روابط چندگانه و رگرسیون‌های چندجزیی بین ویژگی‌های مورفومتری حوزه بالادست مخروط افکنه با گرد شدگی نیز به دست آمد. جدول ۱ معادلات، R2 و میزان خطای معادلات به دست آمده را نشان می‌دهد.

در بررسی علت نتایج به دست آمده باید به بحث سایش سنگدانه‌ها توجه کرد. هر چقدر مسافت حمل ذرات بیشتر باشد میزان سایش سنگدانه‌ها و در نتیجه حذف گوشه‌های تیز سنگدانه‌ها نیز بیشتر است. خصوصیات برای سنگ‌های آهکی که از نظر سختی جزو سنگ‌های با سختی متوسط یا پایین محسوب می‌گردند و به شدت تحت تاثیر مسافت حمل ذرات قرار می‌گیرند. موضوع افزایش گرد شدگی ذرات در اثر حمل ذرات توسط محققین دیگری نیز مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج تحقیقات بلات و همکاران (۱۹۸۰) نیز نشان می‌دهد که شدت گرد شدگی سنگ‌های آهکی در

جدول ۱: نتایج تحلیل‌های چند متغیره ویژگی‌های مورفومتری حوزه بالادست مخروط افکنه با گرد شدگی سنگدانه‌ها

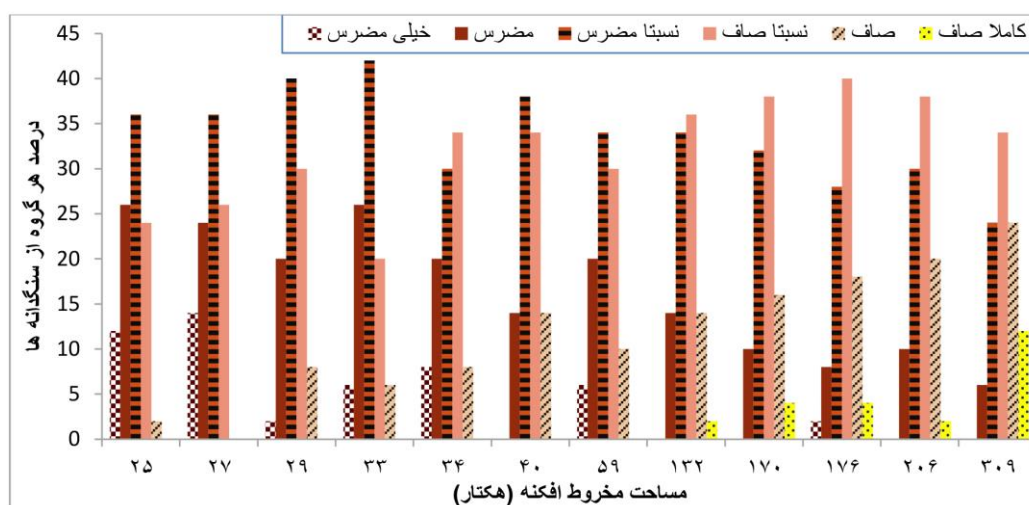
نوع پارامتر	37.5-25 mm			25-19 mm			16-12.5		
	معادله	R square	MAE	معادله	R square	MAE	معادله	R square	MAE
رابطه مساحت با گرد شدگی	$y = 0.1881 * \log(a) + 0.0007$	0.915	0.040	$y = 0.1429 * \log(a) + 0.0616$	0.866	0.020	$y = 0.1369 * \log(a) + 0.0559$	0.884	0.040
رابطه طول مسیر جریان با گرد شدگی	$y = 0.3672 * \log(L) - 0.8312$	0.800	0.044	$y = 0.2996 * \log(L) - 0.6365$	0.873	0.017	$y = 0.2725 * \log(L) - 0.5663$	0.804	0.043
رابطه شیب حوزه بالا دست با گرد شدگی	$y = -0.7393 * \log(s) + 1.5466$	0.328	0.044	$y = -0.5085 * \log(s) + 1.1501$	0.254	0.041	$y = -0.6372 * \log(s) + 1.342$	0.445	0.058
رابطه مساحت و طول مسیر جریان با گرد شدگی	$Y = .201 * \log(a) - .028 * \log(L) + .068$	0.916	0.041	$y = .069 * \log(a) + .164 * \log(L) - .328$	0.895	0.016	$y = .125 * \log(a) + .027 * \log(L) - .008$	0.885	0.039
رابطه مساحت حوزه بالا دست، طول آبراهه اصلی و شیب حوزه بالا دست با گرد شدگی	$y = .243 * \log(a) - .172 * \log(L) - .325 * \log(s) + .978$	0.953	0.038	$y = .069 * \log(a) + .164 * \log(L) - .328$	0.895	0.016	$y = .172 * \log(a) - .136 * \log(L) - .369 * \log(s) + 1.024$	0.971	0.041

مصالح ساخته شده با سنگدانه‌ها دارد. بافت سطحی ذرات توسط محققین مختلفی از دید مهندسی و رسوب‌شناختی طبقه‌بندی شده است. این پارامتر عمدتاً تحت تأثیر ویژگی‌های سنگ‌شناسی و فرایندهای زمین‌شناسی حاکم بر سنگدانه‌های طبیعی، قرار می‌گیرد. همچنین بافت سطحی می‌تواند متأثر از طول مسیر جریان و حمل ذرات باشد. بدین‌منظور زبری سنگدانه‌های برداشت شده از سطح مخروط افکنه‌های مورد مطالعه، مورد ارزیابی قرار گرفت. ارزیابی زبری سطح سنگدانه‌ها به صورت چشمی است و در این تحقیق بافت سطحی سنگدانه به ۶ رده خیلی مضرس، مضرس، نسبتاً مضرس، نسبتاً صاف، صاف و خیلی صاف تقسیم‌بندی شده است که به ترتیب در گروه‌های ۱ تا ۶ قرار می‌گیرند. برخلاف گردشگری روش کمی قابل استفاده‌ای برای ارزیابی بافت سطحی سنگدانه ارائه نشده است و صرفاً سنگدانه‌ها به گروه‌های فوق‌الذکر تقسیم‌بندی شده‌اند. نتایج به دست آمده از این تحقیق در شکل‌های ۹ تا ۱۱ نشان داده شده است.

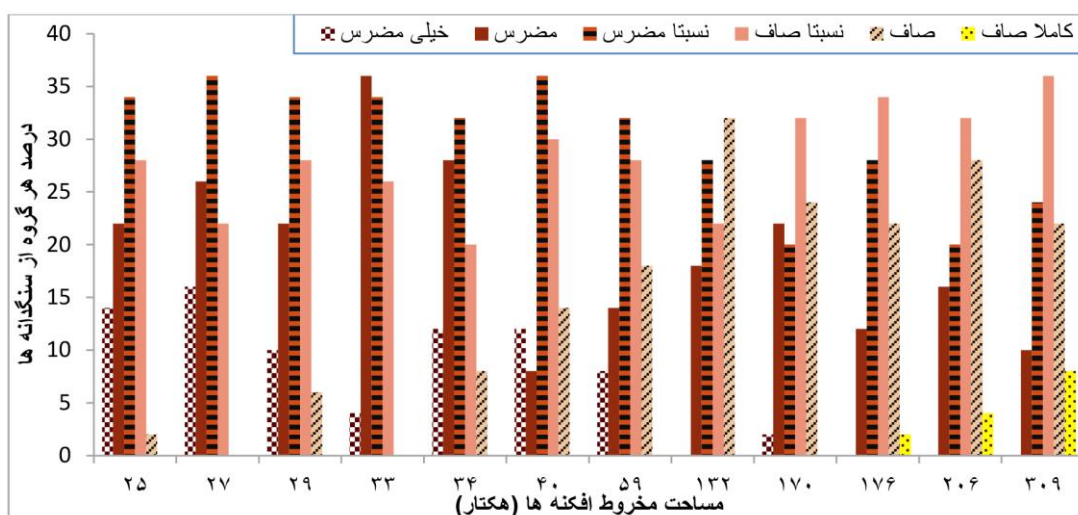
تحلیل‌های یک متغیره انجام شده نشان می‌دهد که در صورت استفاده از معادلات یک جزئی بهترین ضریب همبستگی مربوط به حالتی است که از طول مسیر جریان به‌عنوان متغیر مستقل استفاده کرد. برای معادلات دو جزئی بهترین حالت استفاده از معادلاتی است که از طول مسیر جریان و مساحت حوزه بالادست استفاده کرد. استفاده از معادلات سه جزئی با سه متغیر مستقل مساحت، طول مسیر جریان و شیب حوزه بالادست می‌تواند ضریب همبستگی بهتری را نتیجه دهد. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که هرچند روابط یک متغیره با متغیر مستقل شیب، ضریب همبستگی بسیار پایینی را نشان می‌دهد اما استفاده از این پارامتر همراه با پارامترهای مساحت و طول آبراهه اصلی می‌تواند باعث افزایش ضریب همبستگی و کاهش میزان خطا در معادلات به دست آمده می‌گردد.

ارتباط بین بافت سطحی با مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها

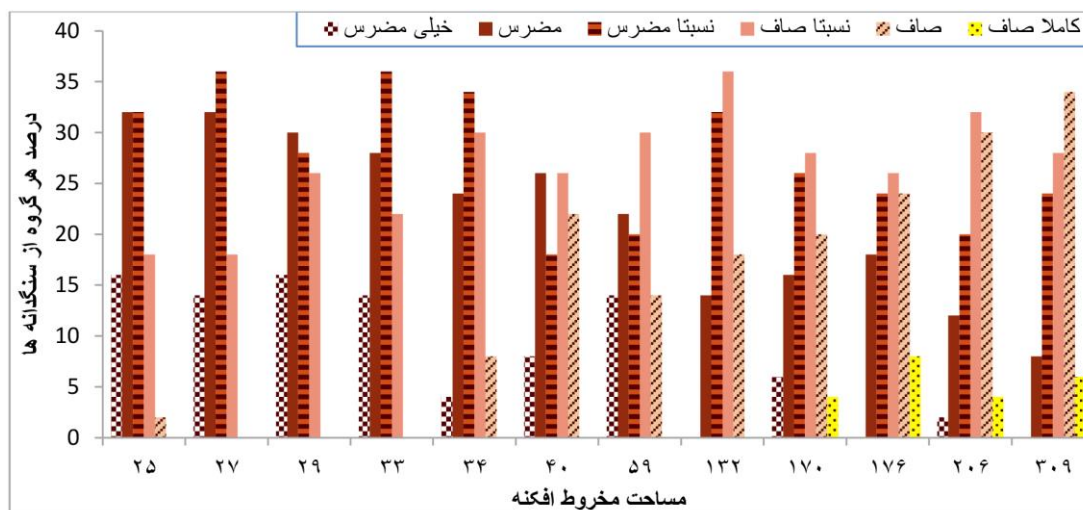
بافت سطحی سنگدانه‌ها نشان‌دهنده میزان صافی یا مضرس بودن سطح ذره است. بافت سطحی سنگدانه‌ها تأثیر زیادی در ویژگی‌های سازه‌ها و یا



شکل ۹: ارتباط مساحت حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها با بافت سطحی سنگدانه‌ها با اندازه ۲۵ تا ۳۷/۵ میلی‌متر



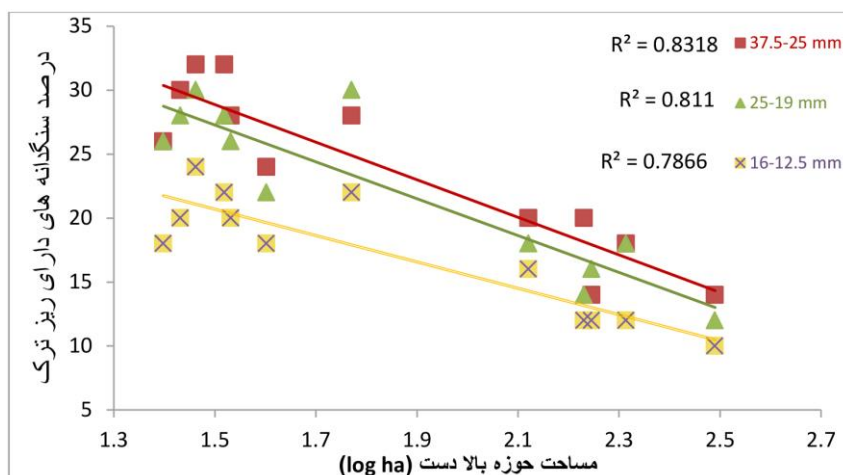
شکل ۱۰: ارتباط مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها با بافت سطحی سنگدانه‌ها با اندازه ۲۵ تا ۱۹ میلی‌متر



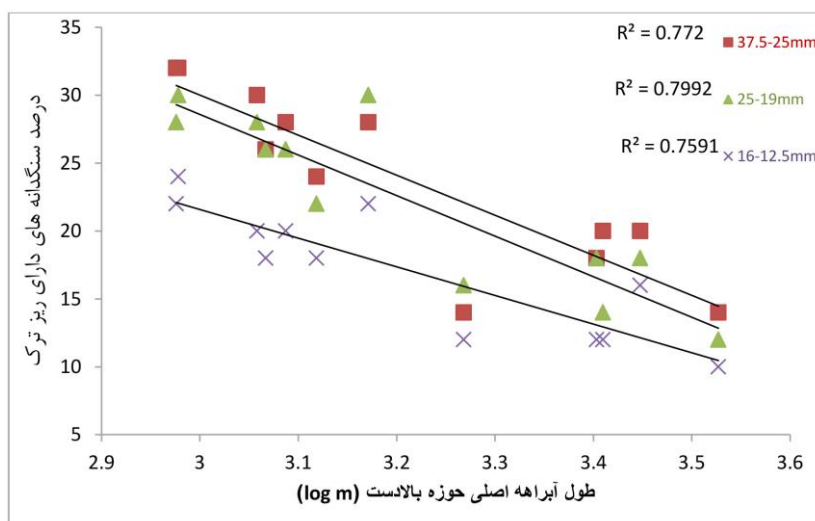
شکل ۱۱: ارتباط مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها با بافت سطحی سنگدانه‌ها با اندازه ۱۶ تا ۱۲/۵ میلی‌متر

نتیجه بافت سطحی سنگدانه‌ها تحت تاثیر مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها قرار می‌گیرد. ارتباط ریزترک‌های موجود در سنگدانه‌ها با مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها بررسی میزان سنگدانه‌های دارای ریزترک بر روی نمونه‌های برداشت شده از مخروط افکنه‌های مختلف از روش مشاهده چشمی انجام شد و نتایج این بررسی‌ها در شکل‌های ۱۲ تا ۱۴ ارائه شده است.

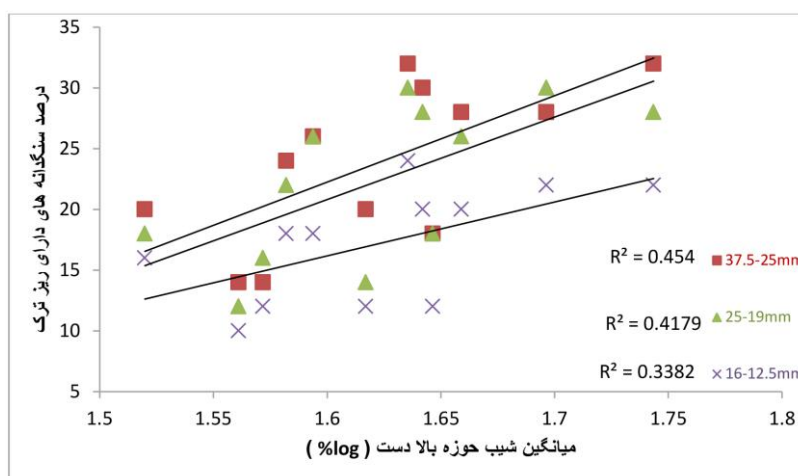
در بررسی علت نتایج به دست آمده می‌توان گفت همان‌طور که شرح داده شد سنگدانه‌ها در محیط‌های زمین‌شناسی مختلف تحت‌تأثیر فرایندهای زمین‌شناسی متفاوتی از قبیل هوازگی، عامل انتقال، میزان انتقال سنگدانه‌ها و ... هستند. با توجه به اینکه مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها در شدت جریان‌های ناشی از سیلاب‌های ورودی به مخروط افکنه‌ها تأثیرگذار است، میزان سایش و انتقال ذرات و در



شکل ۱۲: ارتباط بین میزان ریزترک موجود در سنگدانه‌ها با مساحت حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها



شکل ۱۳: ارتباط بین میزان ریزترک موجود در سنگدانه‌ها با طول مسیر جریان در حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها



شکل ۱۴: ارتباط بین میزان ریزترک موجود در سنگدانه‌ها با شیب کلی حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها

استفاده از تحلیل‌های چند متغیره می‌تواند درک بهتری از تاثیر همزمان ویژگی‌های مورفومتریک حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها بر میزان ریزترک موجود در سنگدانه‌ها را ارائه دهد. به این منظور تحلیل چند متغیره نیز انجام شده است و نتایج آن در جدول ۲ ارائه شده است.

جدول ۲: نتایج به دست آمده از تحلیل‌های چند متغیره برای بررسی ارتباط ویژگی‌های مورفومتریک حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها با میزان ریزترک موجود در سنگدانه‌ها را نشان می‌دهد.

نوع پارامتر	37.5-25			25-19			16-12.5					
	معادله	R square	RMSE	MAE	معادله	R square	RMSE	MAE	معادله	R square	RMSE	MAE
رابطه مساحت با ریزترک	$y = -14.67 \cdot \log(a) + 50.869$	0.83	2.56	2.07	$y = -14.409 \cdot \log(a) + 48.887$	0.81	2.70	2.04	$y = -10.298 \cdot \log(a) + 36.145$	0.79	2.08	1.70
رابطه طول مسیر جریان با ریزترک	$y = -29.508 \cdot \log(L) + 118.54$	0.77	2.98	2.20	$y = -29.863 \cdot \log(L) + 118.18$	0.80	2.78	2.12	$y = -21.121 \cdot \log(L) + 84.952$	0.76	2.21	1.68
رابطه شیب حوزه بالا دست با ریزترک	$y = 71.166 \cdot \log(s) - 91.623$	0.45	4.61	4.04	$y = 67.913 \cdot \log(s) - 87.845$	0.42	4.74	4.26	$y = 44.333 \cdot \log(s) - 54.756$	0.34	3.67	3.18
رابطه مساحت و طول مسیر جریان با ریزترک	$y = -12.128 \cdot \log(a) - 5.629 \cdot \log(L) + 64.25$	0.84	2.54	2.07	$y = -8.314 \cdot \log(a) - 13.493 \cdot \log(L) + 80.96$	0.83	2.57	1.92	$y = -6.852 \cdot \log(a) - 7.631 \cdot \log(L) + 54.284$	0.79	2.03	1.65
رابطه مساحت حوزه بالا دست، طول آبراهه اصلی و شیب حوزه بالا دست با ریزترک	$y = -17.593 \cdot \log(a) + 12.981 \cdot \log(L) + 42.194 \cdot \log(s) - 53.861$	0.93	1.69	1.26	$y = -12.375 \cdot \log(a) + 35 \cdot \log(L) + 31.35 \cdot \log(s) - 6.795$	0.88	2.15	1.71	$y = -9.029 \cdot \log(a) - 2.17 \cdot \log(L) + 16.808 \cdot \log(s) + 7.235$	0.83	1.88	1.53

افزایش شیب حوزه نقش نیروی ثقل در انتقال ذرات افزایش می‌یابد و اثر جریان آب کمتر می‌گردد. استفاده از تحلیل‌های چند جزئی باعث بهبود ضریب همبستگی و کاهش میزان خطا در معادلات به دست آمده می‌گردد. بهترین رابطه دو جزئی برای حالتی است که از مساحت و طول مسیر به عنوان متغیر مستقل استفاده شود. برای معادلات سه جزئی نیز استفاده همزمان مساحت، طول مسیر جریان و شیب حوزه بالادست باعث افزایش ضریب همبستگی و کاهش خطا می‌گردد. نتایج به دست آمده برای ریزترک‌ها نیز همچون گردشگری نشان می‌دهد که هرچند روابط یک متغیره با متغیر مستقل شیب، ضریب همبستگی بسیار پایینی را نشان می‌دهد اما استفاده از این پارامتر همراه با پارامترهای مساحت و طول آبراهه اصلی می‌تواند باعث افزایش ضریب همبستگی و

نتایج ارائه شده نشان می‌دهند که وجود ریزترک در سنگدانه‌های طبیعی با ویژگی‌های مورفومتری حوزه بالادست مخروط افکنه‌ها مرتبط می‌باشد. رابطه درصد ریزترک با مساحت و طول مسیر جریان به صورت معکوس بوده و با افزایش مساحت و طول مسیر جریان درصد سنگدانه‌های دارای ریزترک کاهش می‌یابد. این نتیجه می‌تواند ناشی از بالاتر بودن انرژی جریان و میزان انتقال بیشتر سنگدانه‌ها باشد. با افزایش شدت جریان سرعت برخورد سنگدانه‌ها بیشتر شده و جدایش سنگدانه‌ها از سطوح ضعیف راحت‌تر است. با افزایش شیب کلی حوزه، درصد ریزترک در سنگدانه‌ها افزایش می‌یابد. البته ضریب همبستگی این پارامتر نسبت به مساحت حوزه بالادست و طول مسیر جریان بسیار کمتر است. به نظر می‌رسد چنین تغییری ناشی از عملکرد بیشتر نیروی ثقل در انتقال ذرات باشد. در واقع با

(۲۷ و ۳۳ هکتار) به دست آمده است و بیشترین گردشگری و کمترین زبری در سنگدانه‌های برداشت شده از مخروط‌افکنه‌های با بیشترین مساحت حوزه بالادست (۳۰۹ و ۲۰۶ هکتار) مشاهده گردید. ویژگی‌های شکل و بافت سطحی سنگدانه‌ها تحت تأثیر اندازه ذرات نیز می‌باشد و در مخروط‌افکنه‌ها مختلف با کاهش اندازه ذرات بافت سطحی زبرتر و تیز گوشه‌تر هستند. از نظر وجود ریزترک نیز سنگدانه‌های برداشت شده از مخروط‌افکنه‌های مختلف شرایطی مشابه بافت سطحی و گردشگری دارند. هرچقدر مساحت حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها و طول مسیر جریان افزایش و شیب حوزه و اندازه ذرات کاهش می‌یابد درصد سنگدانه‌های حاوی ریزترک نیز کاهش می‌یابد. به‌گونه‌ای که برای سنگدانه‌های با اندازه (mm) ۱۲/۵ - ۱۶ برداشت شده از مخروط‌افکنه با مساحت ۳۰۹ هکتار کمترین درصد ریزترک و حدود ۱۰ درصد دیده می‌شود در حالی که برای سنگدانه‌های با اندازه (mm) ۲۵ - ۳۷/۵ که از مخروط‌افکنه‌هایی با مساحت حوزه بالادستی ۲۹ و ۳۳ هکتار برداشت شده‌اند ۳۲ درصد سنگدانه‌ها دارای ریزترک هستند.

کاهش میزان خطا در معادلات به دست آمده - گردد.

نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این پژوهش نشان می‌دهد که ویژگی‌های شکل، بافت سطحی و وجود ریزترک در سنگدانه‌ها ارتباط مشخص و معناداری با مساحت، شیب و طول مسیر جریان در حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها دارد. هر ضریب همبستگی به دست آمده برای روابطی که شیب به متغیر مستقل در نظر گرفته شده ضریب همبستگی بسیار پایینی را دارد اما تجزیه و تحلیل‌های چند جزئی نشان می‌دهد استفاده از متغیر مستقل شیب همراه با مساحت و طول مسیر جریان حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها باعث افزایش ضریب همبستگی و کاهش میزان خطا در روابط به دست آمده می‌گردد. هرچقدر مساحت و طول مسیر جریان اصلی در حوزه بالادست مخروط‌افکنه‌ها افزایش می‌یابد بافت سطحی سنگدانه‌ها صافتر و گردشگری سنگدانه‌ها نیز بیشتر می‌شود به نحوی که کمترین گردشگری و بیشترین زبری سطح سنگدانه‌ها در مخروط‌افکنه‌های با مساحت حوزه بالادست بسیار کم

پانوش

2-pettijohn

منابع

پایاب رودخانه (مطالعه موردی: حوزه آبخیز قلعه-سر ساری، منابع طبیعی ایران، مرتع و آبخیز داری)، ۶۶، ۱، ص ۱۳۱-۱۴۴.

-نویدی، ش.، قریب، ف. و میرزایی، ا.، ۱۳۹۴. رسوب‌شناسی و تعیین جهت جریان‌های کهن در

-رحیمی، ح.، ۱۳۹۲. مصالح ساختمانی، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۰۸ ص.

-کاویان، ع.، آدینه، ف.، وهاب زاده، ق. و خالدی درویشان، ع.، ۱۳۹۲. بررسی تغییرات مکانی ویژگی‌های مورفومتری رسوبات بستر در جهت

۲، ص ۱۵۷-۱۶۸.

رسوب‌های مخروط‌افکنه (کواترنری) منطقه هشتگرد، فصلنامه کواترنری ایران، دوره ۱، شماره

- Aho, B.D., Vavrik, W.R. and Carpenter, S.H., 2001. Effect of flat and elongated coarse aggregate on field compaction of hot-mix asphalt, *Transportation Research Record*, v. 1761, p. 26-31.
- Alexander, M. and Mindess, S., 2005. *Aggregate in concrete*, Taylor & Francis, 448 p.
- Almeida, L.C.R., Marques, E.A.G., Vargas Jr, E.A. and Barros, W.T., 1998. Characterization and utilization of tensile strength and toughness of granitic and gneissic rocks of Rio de Janeiro City—a proposal for optimizing rock blasting processes, In: Moore, D.P, Hungr, O. (Eds.), *Proc. 8th Int. Cong. of IAEG*, vol. 1. Balkema, Vancouver, p. 351-357.
- Appa Rao, G. and Raghu Prasad, B.K., 2002. Influence of the roughness of aggregate surface on the interface bond strength, *Cement and Concrete Research*, v. 32, p. 253-257.
- Bahrami, S., 2013. Tectonic controls on the morphometry of alluvial fans around Danekhosk anticline, Zagros, Iran, *Geomorphology*, v. 180, p. 217-230.
- Bahrami, S., Fatemi Aghda, S.M., Bahrami, K., Motamedi Rad, M. and Poorhashemi, S., 2015. Effects of weathering and lithology on the quality of aggregate in the alluvial fans of northeast Rivand, Sabzevar, Iran, *Geomorphology*, v. 241, p. 19-30.
- Bell, F.G., 2007. *Basic environmental and engineering geology*, CRC press, Taylor and Francis Group, 384 p.
- Blatt, H., Middleton, G.V. and Murray, R., 1980. *Origin of sedimentary rocks*, (Second Edition) Prentice-Hall, New Jersey, 782 p.
- Bouquety, M.N., Descantes, Y., Barcelo, L., De Larrard, F. and Clavaud, B., 2007. Experimental study of crushed aggregate shape, *Construction and Building Materials*, v. 21, p. 865-872.
- Bridge, J. and Demicco, R., 2008. *Earth surface processes, landform and sediment deposits*, Cambridge University Press, 815 p.
- Fletcher, T., Chandan, C., Masad, E. and Sivakumar, K., 2003. Aggregate imaging system for characterizing the shape of fine and coarse aggregates, *Transportation Research Record*, v. 1832, 67-77.
- Frazao, E.B. and Sbrighi Neto, C., 1984. The influence of the shape of the coarse aggregate on some hydraulic concrete properties, *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, v. 30, p. 221-4.
- Galloway, J.E., 1994. Grading, shape, and surface properties, significance of tests and properties of concrete and concrete making materials, *ASTM STP 169C*, Philadelphia: American Society for Testing and Materials, *ASTM STP 169C*, p. 401-410.
- Goldsworthy, S., 2005. *Manufactured sands in portland cement concrete—The New Zealand experience*, *Proceedings of the 13th Annual ICAR Symposium*, International Center for Aggregates Research.
- Huang, H., 2010. *Discrete element modeling of railroad ballast using imaging based aggregate morphology characterization*, Ph.D. Dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign.
- Hudson, B., 2002. Discovering the lost aggregate opportunity: part 1, pit and quarry, v. 95(6), p. 42-46.

- Hudson, B., 2003. Discovering the lost aggregate opportunity: part 7, pit and quarry, v. 95(12), p. 42-43.
- Jamkar, S.S. and Rao, C.B.R., 2004. Index of aggregate particle shape and texture of coarse aggregate as a parameter for concrete mix proportioning, *Cement and Concrete Research*, v. 34, p. 2021-2027.
- Kane, M., Artamendi, I. and Scarpas, T., 2013. Long term skid resistance of asphalt surfacings: Correlation between Wehner-Schulze friction values and the mineralogical composition of the aggregates, *Wear*, v. 303, p. 235-243.
- Lewis, D.W. and Mc Conchie, D., 1994. *Practical Sedimentology*, second edition, Springer- Science and Business Media, 213 p.
- Montoto, M., Rodríguez-Rey, A., Mene'ndez, B., Mart'inez-Nistal, A., Ruiz de Argandona, V.G., Sua'rez del Ri'o, L.M. and Calleja, L., 1994. Microfractography of "El Berrocal granite", In: Maravic, H., Smellie, J. (Eds.), *Proceedings of an international workshop "Nuclear science and technology"*, p. 353-358.
- Neville, A.M. and Brooks, J.J., 2010. *Concrete technology*, Second Edition, Prentice Hall, Pearson, 442 p.
- Pan, T., Tutumluer, E. and Carpenter, S.H., 2006. Effect of coarse aggregate morphology on permanent deformation behavior of hot mix asphalt, *Journal of Transportation Engineering*, v. 132(7), p. 580-9.
- Perry, C. and Gillot, J.E., 1977. The influence of mortar- aggregate bond strength on the behavior of concrete in uniaxial compression, *Cement and Concrete Research*, v. 7, p. 553- 564.
- Pettijohn, f.J., 1949. *Sedimentary rocks*, harper and brothers, New York, 718 p.
- Powers, M.C., 1953. A New roundness scale for sedimentary particles, *Journal of Sedimentary Petrology*, v., 23(2), p. 117-119.
- Prokopsi, G. and Halbiniak, J., 2000. Interfacial transition zone in cementitious materials, *Cement and Concrete Research*, v. 30, p. 579-583.
- Scaly, F.A. and Owens, I.F., 2005. Depositional processes and particle characteristics on fans in the Southern Alps, New Zealand: *Geomorphology*, v. 69, p. 46-56
- Schedl, A., Kronenberg, A.K. and Tullis, J., 1986. Deformation microstructures of Barre granite: an optical SEM and TEM study, *Tectonophysics*, v. 122, p. 149- 164.
- Smith, M.R. and Collis, L., 2001. *Aggregate: sand and gravel and crushed rock aggregate for construction purposes*, Geological Society, London, Engineering Geology Special Publications, v. 17, 331 p.