

تحلیل روابط کمی بین ویژگی‌های مورفومتری مخروط افکنه‌های ساحلی با حوضه‌های آبخیز (مطالعه

موردی، واحد ژئومورفولوژیکی تالش)

علیرضا صالحی پور میلانی* - استادیار دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی.
زهرا بشکنی - دانشجوی کارشناسی ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه شهید بهشتی.

پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۳/۱۸ تأیید نهایی: ۱۳۹۸/۱۱/۱۲

چکیده

مخروط افکنه‌های جلگه ساحلی واحد تالش از جمله مهم‌ترین واحد‌های ژئومورفولوژیکی این منطقه می‌باشد که از دیدگاه شکل و ابعاد کمی و عوامل موثر در تکامل آن‌ها تفاوت‌های آشکاری دارند. تحلیل کمی مورفولوژی و مورفومتری و همچنین برقراری روابط آماری و تعیین نقش مهم‌ترین عوامل موثر بر شکل‌گیری و تغییرات هندسی این مخروط افکنه‌ها، می‌تواند رهیافتی جدیدی را در زمینه مطالعات این اشکال در منطقه مورد مطالعه به همراه داشته باشد. محدوده حوضه‌های آبریز و مخروط افکنه‌ها با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی Alos-Palsat، نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ و همچنین تصاویر ماهواره‌ای Quickbird در نرم افزارهای Arcgis و Hec-GeoHMS استخراج گردید. در بررسی مورفولوژی حوضه‌ها پارامترهای مساحت حوضه، محیط حوضه، طول شبکه آبراهه، تراکم شبکه آبراهه، شیب حوضه‌ها، نسبت اختلاف ارتفاع حوضه، ضریب ناهمواری ملتن، فرسایش پذیری واحد‌های سنگی حوضه و در تحلیل مخروط افکنه‌ها، پارامترهای مساحت، اختلاف ارتفاع، حجم، شیب، تقعر و طول مخروط و طول قاعده مخروط در ۲۴ مخروط افکنه و حوضه اصلی زون ساحلی تالش محاسبه گردید. همچنین طبقه بندی فرسایش پذیری واحد‌های سنگی بر اساس روش پیروان (۱۳۹۱) انجام گرفت. به منظور تحلیل هندسی حوضه‌های آبریز و مخروط افکنه‌ها و روابط بین آن‌ها از ماتریس همبستگی، تحلیل خوشه‌ای و همچنین برازش منحنی‌های رگرسیونی استفاده گردید. بر اساس شکل هندسی مخروط افکنه‌ها در ۵ گروه طبقه بندی گردیدند. بیشترین اشتراک در واریانس عامل‌ها از میان متغیرهای اندازه‌گیری شده در حوضه آبریز مربوط به متغیرهای: مساحت حوضه زهکشی، محیط حوضه آبریز، اختلاف ارتفاع حوضه، طول کل شبکه آبراهه‌های، ارتفاع بالاترین نقطه حوضه و ضریب ملتون و در مخروط افکنه‌ها، مساحت، حجم مخروط، ارتفاع رأس مخروط، طول مخروط، و شیب مخروط است. نتایج حاصل از ماتریس همبستگی نشان دهنده تأثیر متغیرهای ضریب ملتون، مساحت، محیط و ناهمواری و فرسایش پذیری حوضه در شکل دهی هندسی مخروط افکنه‌ها است و مساحت حوضه آبریز و ضریب ملتون بیشترین همبستگی را با ویژگی‌های مورفومتری مخروط افکنه‌ها دارد. از بین روش‌های آماری مورد استفاده برای برقراری ارتباط و همبستگی بین پارامترهای هندسی حوضه آبریز و مخروط افکنه‌ها، روابط ریاضی مبتنی بر آلوتمتری همبستگی نشان دهنده همبستگی بسیار قوی بین مساحت حوضه آبریز با مساحت مخروط افکنه و همچنین ضریب ملتون با شیب مخروط افکنه دارد.

واژگان کلیدی: مخروط افکنه، مورفومتری، واحد تالش، آلوتمتری.

مقدمه

مخروط افکنه‌ها در همه شرایط جغرافیایی از جمله حاره‌ای مرطوب (ایروندو، ۱۹۹۴، ۴۷۱ و توماس، ۲۰۰۳، ۶۳)، عرض‌های مرطوب میانی (بتی^۱، ۲۰۰۳، ۷۷۹ و میلز^۲، ۲۰۰۵، ۶۷)، مدیترانه‌ای (رابینسون^۳ و همکاران، ۲۰۰۵، ۱۵۳ و تراندری کرافت و بنیتو^۴، ۲۰۰۶) و شرایط مجاور یخچالی (بالانتین^۵، ۲۰۰۲، ۱۳۹۵) مشاهده می‌شوند. بلیر و مک پیرسون^۶ (۱۹۹۴، ۳۵۶) معتقد است سیستم مخروط افکنه‌ها عموماً شامل اشکال مورفولوژیکی اصلی متعددی همانند حوضه زهکشی، کانال تغذیه کننده، قله مخروط، کانال بریده شده، کانال‌های انشعابی، بخش رسوبی فعال و گالی‌های در حال فرسایش رأس مخروط است. تشکیل و توسعه مخروط افکنه‌ها به میزان زیادی وابسته به تغییر سطح اساس، میزان تغییرات در آورد رسوب در اثر تغییرات اقلیمی، بالآمدگی و فرونشست تکتونیکی منطقه و مورفولوژی حوضه است (وایزمن^۷ و همکاران، ۲۰۰۲، ۲۷۴). روابط بین مخروط افکنه‌ها و حوضه‌های آبریز به عنوان مفهوم پایه‌ای در مطالعات ژئومورفولوژی مطرح است و مدل‌های تجربی بسیاری به منظور بررسی تغییرات بین خصوصیات یک مخروط افکنه و حوضه زهکشی آن بکار رفته است. علاوه بر رگرسیون خطی، از روابط و توابع نمایی دیگری نیز به منظور تحلیل ارتباط بین متغیرهای حوضه آبریز و شکل هندسی مخروط افکنه مورد استفاده قرار گرفته است که بر پایه آلومتری است. آلومتری اندازه‌گیری نسبت تغییرات در بخش از یک ارگانسیم به واسطه تغییر در اندازه یک ارگانیزم است (گولد^۸، ۱۹۶۶، ۵۸۷). بول (۱۹۶۲، ۵۲) و چرچ و مارک (۱۹۸۰، ۳۴۲)، جامع‌ترین بحث را در زمینه کاربرد آلومتری مطرح نمودند. مطالعات زیادی به منظور بررسی ارتباط بین اندازه مخروط افکنه‌ها و حوضه‌های آبریز تغذیه کننده آن‌ها به منظور درک مکانسیم شکل‌گیری مخروط افکنه‌ها انجام گرفته است (بول^۹، ۱۹۶۴، ۹۱، ۱۹۷۲، ۶۸، ۱۹۷۷، ۲۳۸، دنی^{۱۰}، ۱۹۶۵، ۴۶۶، هوک^{۱۱}، ۱۹۶۸، ۶۴۵، چرچ و مارک^{۱۲}، ۱۹۸۰، ۳۴۵). گیلز^{۱۳} و همکاران (۲۰۱۰، ۲۳۴) با موفقیت توانست در بررسی‌های مورفومتریکی، اندازه مخروط را با استفاده از حجم مخروط به دست آورد. کستاچوک^{۱۴} و همکاران (۱۹۸۶، ۴۸۰) در بررسی‌هایشان به این نتیجه رسیدند که با افزایش میزان شیب مخروط افکنه، ناهمواری حوضه^{۱۵} نیز به سرعت افزایش می‌یابد. محققین متعددی همبستگی مثبتی خوبی را بین اندازه مخروط و مساحت حوضه آبریز به دست آوردند و این در حالی بود که رابطه بین مساحت حوضه آبریز و شیب منفی بود (سیف و مکرم^{۱۶}، ۲۰۱۳، ۹۲ و والکانو^{۱۷} و همکاران، ۲۰۱۳). گیلز (۲۰۱۰، ۳۲۶) با بررسی مخروط افکنه‌های کوه راکی در منطقه آلبرتا کانادا به این نتیجه رسید که رابطه‌ای بین مورفولوژی مخروط افکنه‌های مجاور یخچالی و فعالیت‌های

1- Bettis

2- Mills

3- Robinson

4- Thorndrycraft and Benito

5- Ballantyne

6- Blair and McPherson

7- Weissman

8- Gould

9- Bull

10- Denny

11- Hooke

12- Curchand Mark

13- Gilles

14- Kostaschuk

15- basin ruggedness

16- Seif and Mokarram

17- Valkanou

تکتونیک وجود ندارد. مکرّم و همکاران (۴۵،۲۰۱۴) با استفاده از شبکه های عصبی رقابتی و نگاشت خود سازمان ده یا SOM به خوشه بندی حوضه‌ها و مخروط افکنه های اشترانکوه با توجه به میزان شباهت آن‌ها پرداخته و به این نتیجه رسید که بین مساحت حوضه و شیب حوضه همبستگی منفی وجود دارد. در بررسی‌هایی که در روسیه انجام گرفت محققین به این نتیجه رسیدند زاویه شیب و اختلاف ارتفاع حوضه آبریز بر حجم مخروط تأثیر زیادی ندارد (۲۰۱۸). بول (۵۲،۱۹۶۲) از تحلیل آومتري در توجیه تغییرات در ویژگی‌های هندسی مخروط افکنه‌ها استفاده نمود. علاوه بر عوامل مورفومتری حوضه، سنگ شناسی حوضه و مقاومت سنگ در مقابل هوازديگی در فراهم آوردن رسوب برای تشکیل و تحول مخروط افکنه های نقشی اساسی را ایفا می‌نماید (بلیر^۱، ۱۹۹۹، ۴۰۰). همچنین هاروی^۲ و همکاران (۱۹،۱۹۹۹) شرایط اقلیمی و تأثیر آن بر جریان رودخانه و تولید رسوب و پوشش گیاهی را عاملی موثر بر مورفولوژی مخروط افکنه‌ها می‌دانند.

در ایران نیز پژوهش‌های متعددی در تحلیل مخروط افکنه‌ها انجام شده است که از آن جمله می‌توان به مطالعات یمانی و مقصودی (۱۰۳،۱۳۸۲) در چاله سیرجان، عابدینی و رجایی (۸۷،۱۳۸۵) در دره دیز دیوان داغی، مقصودی (۷۳،۱۳۸۷) در دره جاجرود، روستایی و همکاران (۱۳۸۸،۱۳۷) در دامنه های جنوبی آلاداغ و بهرامی و همکاران (۸۹، ۱۳۹۰) در زاگرس چین خورده اشاره نمود. جوکار و فخرالدین (۶۸، ۱۳۹۴) در بررسی مخروط افکنه های دامنه جنوبی البرز در استان سمنان مشاهده کردند که به ترتیب عوامل مساحت، طول کل آبراهه‌ها، محیط، طول آبراهه اصلی، طول حوضه، ارتفاع و شیب آبراهه اصلی دارای تأثیر معنی داری بر مخروط افکنه‌ها بوده‌اند. مختاری و همکاران (۴۴، ۱۳۸۶) در بررسی مخروط افکنه های کوهستان میشو داغ بر معنی داری رابطه بین وسعت حوضه و وسعت مخروط افکنه و معنا دار نبودن شیب مخروط افکنه با ضریب ناهمواری حکایت دارد. مددی (۲۰۳،۱۳۹۵) در بررسی مخروط افکنه های دامنه جنوبی خرقان عامل تکتونیک را به عنوان یکی از عوامل موثر در شکل گیری و تکامل مخروط افکنه های این منطقه دانسته است. بهرامی (۱۰۴،۱۳۹۰) در بررسی مخروط افکنه های تاقدیس دنه خشک در زاگرس نتیجه گیری کرد که عوامل تکتونیک و شیب دامنه تاقدیس بر حجم مخروط افکنه تأثیر گذار است. امیر احمدی و همکاران (۸۷،۱۳۹۰) با استفاده از آنالیز چند متغیره و تحلیل‌های حوضه ای ضمن طبقه بندی مخروط افکنه‌ها در پنج طبقه با توجه به ویژگی‌های مورفومتری آن‌ها، به همبستگی زیاد مساحت حوضه آبریز و مساحت مخروط افکنه‌ها پی بردند.

واحد ژئومورفولوژیکی تالش در شمال ایران، از جمله واحد های مهم در کشور است و تا کنون مطالعه ای از لحاظ مورفولوژی و مورفومتری بر روی مخروط افکنه های جلگه ساحلی آن انجام نگرفته است و این تحقیق می‌تواند رهیافت جدیدی در مطالعه ژئومورفولوژیکی این منطقه از کشور باشد. هدف از این مطالعه بررسی مورفولوژی مخروط افکنه‌ها، و تحلیل نقش مورفولوژی و سنگ شناسی، حوضه های آبریز در ژئومورفولوژی مخروط افکنه های این منطقه با استفاده از روابط آماری است.

منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه واحد ژئومورفولوژیکی تالش در منطقه ساحلی است که از دره سفید رود تا آستارا و از طول جغرافیایی "۲۱°۲۳'۴۹" شرقی و عرض جغرافیایی "۲۷°۵۲'۳۶" شمالی شروع و تا طول جغرافیایی "۴۶°۲۲'۴۸" شرقی و عرض جغرافیایی "۲۵°۵۱'۳۸" شمالی امتداد یافته است (شکل، ۱). یک خط شکستگی بزرگ به نام گسل آستارا (گسل تالش) آن را از چاله خزر جدا کرده است. گسل آستارا در واقع فلات آذربایجان را در مقابل فرورفتگی خزر قرار داده است. گسل آستارا روند جنوبی- شمالی دارد و امتداد آن وارد خاک جمهوری آذربایجان می‌شود. به تبعیت از این خط شکستگی، روند تالش

1- Blair

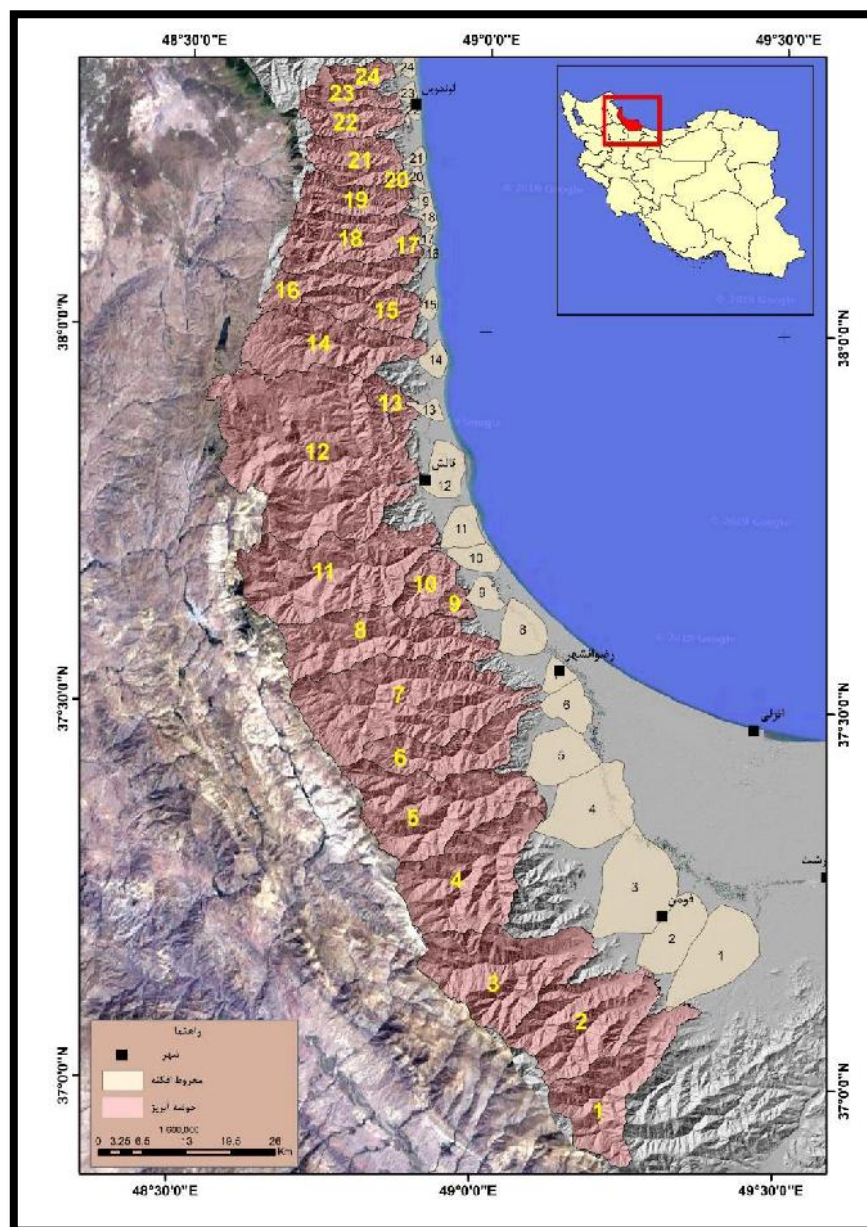
2- Harvey

صرف نظر از پیچ و خم‌های محلی در مجموع شمالی- جنوبی است. جابجایی زمین در امتداد گسل آستارا، عاملی بوده تا کوه‌های تالش نامتقارن شوند با شیب بسیار تند به سمت دریای خزر و شیب ملایم به طرف فلات آذربایجان. نیمه شمالی تالش از گردنه حیران به بعد خاک جمهوری آذربایجان واقع شده و در آنجا یک سری چین‌هایی را می‌سازند که در آن فرم زمین در تبعیت از ساختمان آن می‌باشد. اما نیمه جنوبی در خاک ایران، ساختمان چین خورده و به شدت شکسته دارد. چین خوردگی تالش خیلی فشرده است. گسل‌های زیادی در امتداد طولی، چین‌ها را شکافته و دیواره‌های باریک در آن ایجاد کرده است. همین ویژگی همراه با محور شمالی- جنوبی، تالش را به طور بارزی از البرز متمایز ساخته است (طالقانی، ۱۳۸۱، ۱۲۷) درازای این گسله از انتهای خاوری آن در باختر تالاب انزلی (شمال ضیابر) تا مرز ایران و آذربایجان نزدیک به ۱۲۰ کیلومتر است اما به سوی شمال، این گسل تا کیلومترها با راستای شمال- شمال باختری ادامه دارد و درازای کل آن تا حدود ۴۰۰ کیلومتر برآورد شده است. در نزدیکی‌های جنوب شهر آستارا این سامانه گسلی به دوشاخه گسل آستارا با راستای شمالی جنوبی به همراه سازوکار چیره راستبر و گسل تالش با راستای شمال، شمال باختری و سازوکار چیره فشاری راستبر تبدیل می‌گردد (پژوهشکده علوم زمین، ۱۳۸۹). گسله تالش در پایانه شمالی خود به گسل ارس پیوند می‌خورد. شیب این گسل با توجه به فیزیوگرافی عمومی ناحیه و سازوکار کانونی زمین‌لرزه‌ها (بربریان^۱، ۱۹۸۳، ۱۷۱) به سوی باختر و به زیر بلندی‌های البرز است این گسل با زمین‌لرزه‌هایی در ژرفای بین ۱۵-۲۱ کیلومتر همراه بوده است (جکسون^۲ و همکاران، ۲۰۰۲، ۲۴۰) که ساز و کار کانونی آن‌ها نشانگر شیب بسیار کمی به سوی باختر می‌باشد. خطواره مغناطیسی F-270، (یوسفی و فرایبرگ، ۱۹۷۸)، با محل گسل آستارا مطابقت دارد (یوسفی و فرایبرگ، ۱۹۷۸). زمین‌لرزه‌های سال‌های ۱۷۰۹ و ۱۷۱۳ میلادی رشت احتمالاً با عملکرد بخش جنوبی گسل آستارا پیوند داشته است. افزون بر عوامل زمین ساختی، عوامل دیگری مانند تغییرات آب و هوایی به ویژه دوره‌های یخچالی و بین یخچالی، تغییرات سطح آب دریای خزر و فرایندهای رودخانه‌ای و سیلابی فراوان، نقش مهمی در شکل گیری ریخت شناسی کنونی سواحل دریای خزر باختری ایفا کرده است (کلارک و همکاران، ۱۹۷۵، پالوسکا و دگنس، ۱۹۸۰). در مطالعات ژئومورفولوژی انجام شده در سواحل باختری دریای خزر، عوارض ژئومورفولوژی متعددی شناسایی شده‌اند که در تمام طول ساحل گسترش دارند. اشکال سطحی محدوده مورد مطالعه، از دریا به سمت کوه‌های تالش عبارتند از واحدهای ژئومورفولوژی سواحل ماسه‌ای، جلگه‌های ساحلی، دشت‌های سیلابی، مخروط افکنه و در آخر بستر رودخانه که در بیشتر موارد تمامی عوارض دیگر را قطع می‌نماید. جلگه‌های ساحلی و دشت‌های سیلابی از بیشترین پراکنش در محدوده مورد مطالعه برخوردارند (سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۸۴). ۲۴ مخروط افکنه و حوضه آبریز تغذیه کننده آن‌ها برای این مطالعه انتخاب گردید (شکل، ۱). محدوده مورد مطالعه که به صورت پهنه باریکی بین دریای خزر و ارتفاعات تالش واقع شده، مشاهده می‌شود. از ویژگی‌های بارز این ناحیه، وجود رودخانه‌های فراوانی است که از ارتفاعات تالش سرچشمه گرفته و پس از عبور از پهنه باریک کرانه‌ای در جهت باختری- خاوری و تا حد زیادی به موازات یکدیگر به دریای خزر می‌ریزند. فعالیت این رودخانه‌ها نقش بسزایی در شکل گیری ژئومورفولوژی کنونی محدوده مورد مطالعه داشته است. گواه این امر، وجود مخروط افکنه‌ها و دشت‌های سیلابی فراوان در امتداد این رودخانه‌ها است. مخروط افکنه‌ها در نزدیکی ارتفاعات و در محل ورود رودخانه‌ها به دشت تشکیل شده‌اند و در برخی موارد تا بخش‌های میانی دشت گسترده شده‌اند. دشت‌های سیلابی تا فواصل زیادی از رودخانه‌ها گسترده شده‌اند و حتی در موارد زیادی با دشت‌های سیلابی رودخانه مجاور خود، همپوشانی دارند. در بخش‌هایی از محدوده مورد مطالعه که به دور از فعالیت‌های رودخانه‌ای و سیلابی قرار داشته‌اند، جلگه‌های ساحلی مشاهده می‌شوند. شکل گیری ژئومورفولوژی کنونی این جلگه‌ها بیشتر در اثر تغییرات سطح آب دریای خزر بوده است (نوگل

1- Berberian

2- Jackson

سادات، ۱۳۷۰، ۸۷) و به دلیل دوری از فعالیت رودخانه‌ها، فرایندهای خشکی تأثیر کمتری در تغییرات ژئومورفولوژی آن‌ها داشته است



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی، مخروط افکنه‌ها و حوضه‌های آبریز منطقه مورد مطالعه

روش تحقیق

هدف این مطالعه بررسی مورفولوژی مخروط افکنه‌های ساحلی واحد تالش و بررسی عوامل موثر در شکل‌گیری با استفاده از تحلیل‌های آماری است. مرز ۲۴ مخروط افکنه با استفاده از تصاویر ماهواره ای Quickbird، نقشه‌های ۱:۵۰۰۰۰ توپوگرافی در نرم افزار 10.5 Arc/GIS ترسیم گردید. محدوده حوضه‌های آبریز تغذیه‌کننده مخروط افکنه‌ها و برخی از پارامترهای مبتنی بر توپوگرافی حوضه و مخروط افکنه‌ها با استفاده از مدل ارتفاعی رقومی Alos-Palsar ۱۲/۵ متر و نرم افزار Hec_GeoHMS استخراج گردید.

پارامترهای مورد استفاده و نحوه محاسبه آن‌ها در این مطالعه برای مخروط افکنه‌ها و حوضه‌های آبریز عبارتند از: مساحت حوضه آبریز به کیلومتر، C_B : ارتفاع بالاترین نقطه حوضه به متر، P_B : محیط حوضه به کیلومتر، L_C : طول رودخانه به کیلومتر، R_B : ناهمواری حوضه به متر (اختلاف حد اقل و حداکثر ارتفاع حوضه)، S_B : شیب حوضه به درجه، D_B تراکم شبکه زهکشی و همچنین: M : ضریب ناهمواری ملتون از تقسیم ناهمواری حوضه به کیلومتر (R_B) بر جذر مساحت حوضه به کیلومتر مربع (A_B) به دست می‌آید این ضریب همزمان دو عامل ناهمواری حوضه و مجذور مساحت حوضه را در معادله خود لحاظ می‌نماید و در نظر گرفتن تأثیر همزمان این دو عامل امکان تحلیل بهتر شکل هندسی مخروط افکنه‌ها را فراهم می‌آورد، زیرا افزایش اختلاف ارتفاع در یک حوضه منجر به بیشتر شدن شیب رودخانه و به تبع آن افزایش در سرعت جریان رودخانه و میزان فرسایش و حمل رسوب در حوضه آبریز می‌شود. (فرمول ۱) و Cir_B : نسبت گردی حوضه (فرمول ۲)

$$M = R_B / \sqrt{A_B} \quad \text{فرمول (۱)}$$

$$Cir_B = 4\pi A_B / P_B^2 \quad \text{فرمول (۲)}$$

پارامترهای مورفومتری مخروط افکنه‌ها عبارتند از: A_f : مساحت مخروط افکنه به کیلومتر، A_{pf} : ارتفاع رأس مخروط به متر، L_f : طول مخروط به متر، S_f : شیب مخروط به درجه، C_f : تقعر مخروط افکنه، L_{tf} : طول قاعده مخروط به متر. به منظور استخراج حجم مخروط افکنه (V) از فرمول ۳ استفاده شد که پارامترهای آن عبارتند از: R^2 : شعاع مخروط به متر، h : اختلاف ارتفاع رأس و قاعده مخروط به متر، S : زاویه جاروب مخروط افکنه، π معادل ۳/۱۴.

$$V = \left[\frac{\pi * R^2 * h}{3} \right] * \left[\frac{S}{360} \right] \quad \text{فرمول (۳)}$$

به منظور بررسی نقش محاسبه فرسایش پذیری واحدها سنگی و رسوبی حوضه (Lt_B) و تأثیر بر مخروط افکنه با استفاده از نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ بندر انزلی و اردبیل و به‌کارگیری از طبقه بندی پیروان و شریعت جعفری (۱۳۹۱، ۲۱۸) واحدهای سنگی منطقه مورد مطالعه امتیاز دهی گردید. سپس با در نظر گرفتن مساحت هر واحد سنگ شناسی در حوضه و امتیاز دریافتی فرسایش پذیری حوضه‌ها دیدگاه سنگ شناسی تعیین گردید.

به منظور تحلیل بهتر عوامل موثر بر شکل‌گیری مخروط افکنه‌ها، با بهره‌گیری از پارامترهای مورفومتری اندازه‌گیری شده با استفاده از تحلیل خوشه‌ای سلسله‌مراتبی و در نرم افزار SPSS، مخروط‌هایی که از لحاظ هندسی بیشترین شباهت را با هم داشتند در ۵ کلاس طبقه بندی گردیدند. بررسی نحوه ارتباط بین مورفولوژی مخروط افکنه‌ها و خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز تشکیل دهنده آن‌ها و مقایسه این لندفرم‌ها با یکدیگر برای بررسی روند تحولات ژئومورفولوژیک آن‌ها، با استفاده از ماتریس همبستگی، رگرسیون خطی و تحلیل آلودگی صورت گرفت. در تحلیل آلودگی از رابطه بول (۱۹۶۲) به شرح ذیل استفاده شد:

$$A_f = C A_d^k \quad \text{فرمول (۴)}$$

در این رابطه A_f مساحت مخروط افکنه، C نسبت مساحت مخروط افکنه به مساحت حوضه آبریز، A_d مساحت حوضه آبریز و توان k میزان شیب رگرسیون خطی مساحت حوضه آبریز و مساحت مخروط افکنه است که برای همه حوضه‌های آبریز و مخروط افکنه‌ها محاسبه گردید. علاوه بر آن با استفاده از برازش منحنی‌ها نقش عوامل اصلی در شکل‌گیری و تغییرات مورفومتری مخروط افکنه‌ها مورد بررسی قرار گرفت.

تحلیل یافته ها

مورفومتری مخروط افکنه ها و حوضه های آبریز

در این بررسی پارامترهای مورفومتری ۲۴ مخروط افکنه و حوضه آبریز و همچنین میزان فرسایش پذیری واحد های سنگ شناسی مطالعه گردید و نتایج آن در جدول ۱ مشاهده می شود. . بزرگترین حوضه آبریز منطقه مورد مطالعه حوضه آبریز کرگانرود (حوضه شماره ۱۲) با ۵۸۲/۲ کیلومتر مربع و بعد از آن حوضه های آبریز ماسوله با ۲۵۴ کیلومتر مربع و کرکش با ۲۵۰ کیلومتر مربع است. مساحت مخروط افکنه ها از ۱۴۲ کیلومتر مربع در مخروط افکنه ماسوله تا ۲/۱ کیلومتر مربع در مخروط افکنه شیر آباد متفاوت است. همچنین بیشترین حجم مخروط افکنه ها مربوط به مخروط افکنه کرکش می باشد.

جدول ۱: پارامترهای کمی مخروط افکنه ها و حوضه های آبریز منطقه مورد مطالعه

نام و شماره حوضه و مخروط افکنه ها		پارامترهای اندازه گیری شده در حوضه های آبریز										پارامترهای اندازه گیری شده در مخروط افکنه ها								
شماره	نام رودخانه	A_b	P_b	C_b	L_c	R_b	S_b	D_b	M	Cir_b	Lit_b	A_{pf}	A_f	L_f	S_f	C_f	L_{ef}	h	S	$V_{ma m^3}$
۱	پاسی خان	194.3	111.0	3836	50.2	3720	25.2	0.26	0.28	0.198	4.07	116	83.0	18665	1.9	1.56	11200	92	27	1160.7
۲	قلعه رود خان	223.2	92.2	3836	65.6	3745	26.6	0.29	0.26	0.330	4.09	91	55.1	13268	2.39	2.20	6600	64	26	353.2
۳	ماسوله	254.6	100.6	3047	84.1	2918	26.6	0.33	0.19	0.316	4.50	129	104.8	16173	2.06	1.25	12900	108	46	1822.8
۴	چلسی	240.1	97.6	3047	79.2	2931	26.9	0.33	0.2	0.317	3.82	116	82.2	16477	2.39	2.19	12000	115	49	1677.2
۵	کرکش	250.4	115.7	2849	75.3	2735	26.9	0.30	0.18	0.235	3.28	114	47.7	10194	2.4	1.16	9800	106	68	743.3
۶	چاف رود	128.0	90.7	2614	35.0	2506	24.7	0.27	0.23	0.196	3.90	108	40.9	6704	2.58	1.89	10100	110	83	1030.8
۷	شفا رود	345.8	117.5	2889	93.8	2825	24.7	0.27	0.16	0.315	4.16	64	26.0	4696	3.19	0.88	6800	79	60	439.0
۸	لومیر	210.4	117.8	2889	57.5	2789	24.9	0.27	0.2	0.190	3.57	100	51.6	7788	2.87	2.28	10800	118	61	1106.8
۹		19.3	21.5	1155	6.5	1093	22.3	0.34	0.26	0.522	3.64	62	27.1	4532	3.22	1.38	3000	76	59	251.9
۱۰	خال سرا	60.8	38.8	1620	15.3	1549	25.0	0.25	0.21	0.508	3.45	71	13.5	8179	2.79	1.61	10200	86	79	956.3
۱۱	سنسر	287.4	126.5	2790	87.8	2713	24.5	0.31	0.16	0.226	3.38	77	35.5	7773	2.78	1.54	7200	99	77	773.7
۱۲	کرگانرود	582.2	173.3	3174	264.6	3096	23.3	0.45	0.13	0.244	3.17	78	61.1	9015	3.28	1.97	11000	92	76	1299.7
۱۳		35.5	34.2	1652	8.6	1546	24.3	0.24	0.28	0.382	3.08	106	9.8	6161	2.98	2.26	3800	124	69	507.1
۱۴	لیسپهار	185.9	105.3	3174	66.5	3116	22.3	0.36	0.23	0.211	2.80	58	15.4	4395	2.7	1.47	6700	79	88	205.3
۱۵	خطبه سرا	85.8	64.8	2385	22.7	2316	25.7	0.27	0.26	0.257	3.41	69	8.8	3326	2.03	3.68	5500	89	83	96.9
۱۶	شیر آباد	92.7	86.5	3066	34.2	3053	24.4	0.37	0.32	0.156	2.47	13	2.1	2221	1.82	1.57	2600	36	83	30.0
۱۷		12.1	19.8	1092	5.0	1076	22.9	0.41	0.31	0.389	3.18	16	3.4	2205	1.85	1.74	2300	37	-85	35.8
۱۸	حویق	132.3	85.2	3066	65.3	3064	26.8	0.49	0.27	0.229	2.49	2	6.6	2169	2.25	2.57	3700	25	90	48.7
۱۹	چوبر	73.8	65.3	2356	36.5	2303	28.2	0.49	0.27	0.217	2.83	53	6.0	3945	2.2	2.04	2500	76	73	225.1
۲۰		6.7	15.1	780	7.2	736	25.2	1.08	0.3	0.369	3.63	44	5.1	2251	2.65	2.44	3400	62	76	76.9
۲۱	پالاسی	85.1	54.0	2063	33.8	2014	25.7	0.40	0.22	0.367	2.78	49	6.3	3776	2.4	1.96	3800	71	88	169.7
۲۲	لوندویل	63.8	49.0	1825	35.5	1805	25.5	0.56	0.23	0.334	3.10	20	4.8	2894	2.82	1.05	3400	41	89	75.9
۲۳	قاری چای	41.1	47.9	1827	18.2	1811	23.8	0.44	0.28	0.225	4.01	16	6.7	1972	2.18	3.50	2700	36	80	86.1
۲۴	کاترود	28.3	35.4	1303	11.7	1301	26.7	0.41	0.24	0.284	2.30	2	7.5	3374	2.16	4.00	4300	25	81	62.0

در منطقه جلگه ساحلی واحد تالش، مخروط افکنه‌ها از لحاظ گسترش و وسعت مهم‌ترین اشکال این منطقه به شمار می‌آیند. بیشترین وسعت مخروط افکنه‌ها در بخش شرقی واحد تالش مشاهده می‌شود که مخروط افکنه ماسوله با ۱۰۴ کیلومتر مربع بزرگ‌ترین مخروط منطقه مورد مطالعه است و از وسعت این مخروط‌ها به تدریج به سمت غرب شمال این واحد کاهش می‌یابد و کوچک‌ترین مخروط نیز در این بخش با ۲/۱ کیلومتر مربع (مخروط رودخانه شیر آباد) مشاهده می‌شود. بیشترین حجم مخروط افکنه‌ها (V) نیز به ترتیب متعلق به رودخانه‌های ماسوله، چلسی و کرگانرود می‌باشد. شیب عمومی مخروط افکنه‌ها در حدود ۲/۵ درجه و بیشترین طول قاعده مخروط مربوط به رودخانه ماسوله، چلسی، پاسی خانی و کرگانرود است. رسوبات مخروط افکنه‌ها در زمان ورود رودخانه به جلگه ساحلی از لحاظ دانه بندی در اندازه تخته سنگ و قلوه سنگ است و با فاصله گرفتن رودخانه از کوهستان به تدریج قدرت جریان رودخانه برای حمل رسوبات کاهش می‌یابد و در بخش‌های میانی و انتهایی مخروط‌ها اندازه ذرات رسوبی به شن و ماسه تغییر می‌یابد (شکل، ۲). در بخش غربی و شمالی واحد تالش محدوده گسترش مخروط‌های ساحلی تا نزدیکی خط ساحلی نیز امتداد می‌یابد (مخروط‌های ۱۰ تا ۲۴) یا توسط یک سد ساحلی^۱ از خط ساحلی جدا می‌شوند.



شکل ۲: تغییر دانه بندی رسوبات مخروط افکنه رودخانه شفا رود A و B: در محل ورود رودخانه به جلگه ساحلی در پونل (دانه بندی قلوه سنگ و شن)، C: در بخش‌های میانی مخروط (دانه بندی ماسه و شن)، D: در قاعده مخروط (ماسه تا رس)

توسعه جانبی مخروط افکنه‌ها و زاویه جاروب آن‌ها با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی و توپوگرافی منطقه رسوب گذاری رودخانه‌ها از ۲۵ درجه تا ۹۰ درجه متفاوت است و در برخی بخش‌های جلگه ساحلی (مخروط‌های ۱ تا ۷) این مخروط‌ها به یکدیگر چسبیده و تشکیل باجادا می‌دهند.

^۱- Coastal Barrier

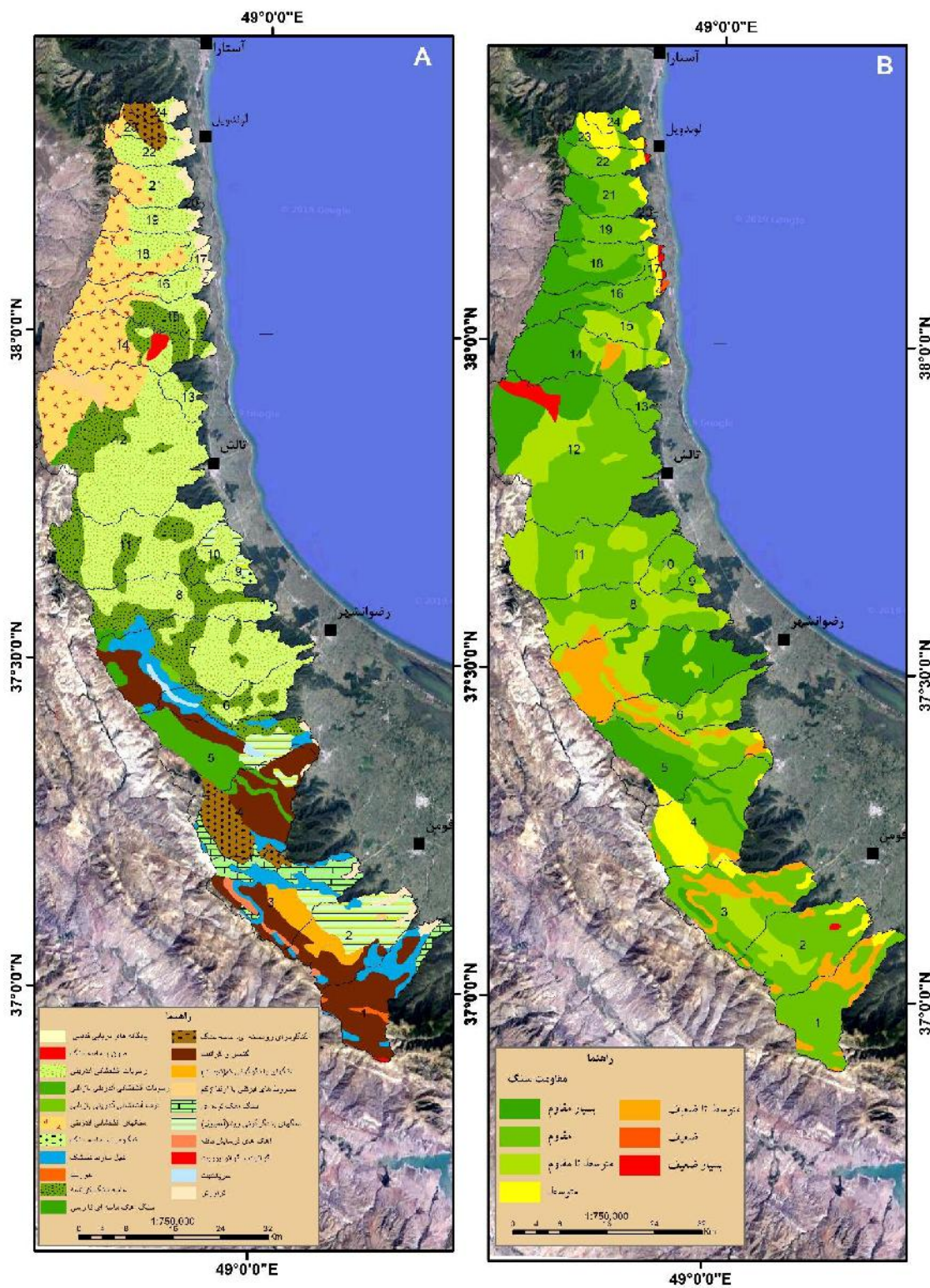
زهکشی رودخانه‌های حوضه‌های آبریز عامل تغذیه رسوب و شکل‌گیری مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه است. وسعت، شیب، محیط، ضریب ناهمواری، سنگ‌شناسی، اختلاف ارتفاع و طول شبکه زهکشی از عوامل موثر بر شکل‌زایی مخروط افکنه‌ها می‌باشد. از آنجایی که در منطقه مورد مطالعه بعضی از مخروط افکنه‌ها حاصل بهم پیوستن و عملکرد مشترک دو حوضه آبریز است، این حوضه‌ها با هم تلفیق گردیده و مجموع ویژگی‌های مورفومتری حاصل از آن‌ها در تحلیل مورفولوژی مخروط افکنه‌ها مورد بررسی قرار گرفت. با در نظر گرفتن این امر بزرگ‌ترین حوضه‌های آبریز در منطقه مورد مطالعه به ترتیب، حوضه آبریز رودخانه کرگانرود با ۵۸۲ کیلومتر مربع، سفارود با ۳۴۵ کیلومتر مربع و کرکش با ۲۵۰ کیلومتر مربع می‌باشد و طولانی‌ترین شبکه زهکشی را رودخانه کرگانرود با ۲۶۴ کیلومتر و بعد از آن سفارود با ۹۳ کیلومتر و ماسوله با ۸۴ کیلومتر به خود اختصاص داده است. شیب متوسط حوضه‌های آبریز در حدود ۲۴/۵ می‌باشد و بیشترین شیب مربوط به حوضه‌های آبریز چلسی و کرکش با ۲۶/۹ درجه در شرق منطقه مور مطالعه است و به تدریج به سمت غرب و شمال شیب کاهش یافته و به ۲۲/۳ درجه می‌رسد.

با توجه به فرسایش پذیری واحد‌های سنگی و رسوبات منفصل حوضه‌های آبریز منطقه مورد مطالعه با توجه به طبقه بندی پیروان و شریعت جعفری (۱۳۹۱) امتیاز دهی شدند. سنگ‌ها و رسوبات موجود در حوضه‌های آبریز منطقه مورد مطالعه از لحاظ مقاومت در برابر فرسایش به ۷ طبقه از بسیار از مقاوم تا مقاومت بسیار ضعیف طبقه بندی گردیدند (شکل B و ۳ و جدول ۲). هر یک از واحد‌های سنگ‌شناسی حوضه‌های آبریز منطقه مورد مطالعه با در نظر گرفتن نسبت مساحت هر واحد در داخل حوضه وزن دهی شده و حوضه‌ها از لحاظ فرسایش پذیری طبقه بندی گردیدند. بیشترین فرسایش پذیری واحدها سنگی و رسوبی (*Lit_b*) در منطقه مورد مطالعه متعلق به حوضه‌های سفارود (۴/۱۶)، ماسوله (۴/۵) و قلعه رودخان (۴/۰۷) است (جدول ۲).

جدول ۲. واحد‌های سنگ‌شناسی منطقه مورد مطالعه و طبقه بندی مقاومت آن‌ها در برابر فرسایش با روش پیروان و شریعت

جعفری (۱۳۹۱)

نوع سنگ و رسوب سطحی	طبقه بندی مقاومت سنگ	نوع سنگ و رسوب سطحی	طبقه بندی مقاومت سنگ
گرانیت و گرانودیوریت، شیل (سازند شمشک)، مارن و سنگ آهک، گنایس	متوسط تا ضعیف	آهک‌های ماسه سنگ، سنگ‌های آتشفشانی آندزیتی و سنگ‌های آتشفشانی آندزیت بازالتی	بسیار مقاوم
رسوبات پادگانه‌های دریایی	ضعیف	سنگ آهک توده ای، سنگ‌ها با دگرگونی متوسط (امفیبولیت)، دیوریت، رسوبات آتشفشانی آندزیتی	مقاوم
رسوبات تراس‌های رودخانه ای و دشت سر آبرفتی	بسیار ضعیف	سنگ‌ها با دگرگونی کم (شیست)، ماسه سنگ کرتاسه، کنگلومرا و ماسه سنگ، سپارتنیت، سنگ آهک ماسه ای تا رسی، توف‌های آتشفشانی آندزیتی تا بازالتی	متوسط تا مقاوم
		تراورتن، کنگلومرای رودخانه ای، کنگلومرا و ماسه سنگ پدیمت	متوسط



شکل ۳. A: واحدهای سنگ شناسی، B: طبقه بندی واحدهای سنگ شناسی با توجه به مقاومت در برابر فرسایش

طبقه بندی مخروط افکنه های منطقه مورد مطالعه

تحلیل خوشه ای ابزار میانبر تحلیل داده‌ها است که هدف آن نظم دادن به اشیاء مختلف به گروه های با مشخصات مشابه و ارتباط بین دو شیء اگر آن‌ها به یک گروه تعلق داشته باشند حداکثر، و در غیر این صورت حداقل است. به عبارت دیگر تحلیل خوشه ای ساختار داده‌ها را بدون توضیح اینکه چه وجود دارد، نشان می‌دهد. هدف از خوشه بندی داده‌ها آن است که مشاهدات را به گروه های متجانس تقسیم کنیم، به طوری که مشاهدات هر گروه بیشترین شباهت و مشاهدات گروه های مختلف کمترین شباهت را باهم داشته باشند. از این رو به منظور طبقه بندی مخروط افکنه ها در منطقه مورد مطالعه از خوشه بندی سلسله مراتبی استفاده گردید. همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود، در خوشه اول ۱۲ مخروط، در خوشه دوم، ۲ مخروط، خوشه سوم، ۳ مخروط، خوشه چهارم، ۲ مخروط و در خوشه پنجم پنج مخروط حضور دارد.

جدول ۳. خوشه بندی مخروط افکنه های منطقه مورد مطالعه

شماره خوشه	مخروط افکنه	تعداد مخروط افکنه	شماره مخروط‌ها
۱	۱۲		۹،۱۴،۱۵،۱۶،۱۷،۱۸،۱۹،۲۰،۲۱،۲۲،۲۳،۲۴
۲	۲		۱۱ و ۵
۳	۳		۷،۱۳،۲
۴	۲		۳،۴
۵	۵		۱،۸،۶،۱۰،۱۲

بررسی نتایج حاصل از طبقه بندی مخروط افکنه های منطقه به شیوه تحلیل خوشه ای و مقایسه آن با خصوصیات مورفولوژیکی و ژئومورفولوژیکی نشان دهنده خوشه بندی مناسب این مخروط افکنه ها است. در خوشه ۱ تقریباً تمامی مخروط افکنه ها (مخروط ۹ و ۱۴ تا ۲۴) در بخش شمالی واحد تالش قرار دارند. لحاظ ویژگی‌های مورفومتری همان‌طور که جدول (۱) مشاهده می‌شود مساحت و حجم مخروط افکنه ها در خوشه ۱ نسبت به سایر مخروط افکنه ها کمتر است و میانگین آن‌ها در حدود ۵،۸ کیلومتر مربع و میانگین طول مخروط ۳۳۲۴ متر است که علت آن را میتوان وسعت و همچنین فرسایش پذیری کمتر حوضه های آبریز تغذیه کننده آنها دانست. میانگین مساحت حوضه های آبریز خوشه (۹،۷۲ کیلومتر مربع) و نسبت به سایر خوشه های به خصوص خوشه ۵ (۲۸۰،۵ کیلومتر مربع) از مساحت بسیار کمتری برخوردار است. در بخش شمالی کوههای تالش ساحلی و محل قرار گیری خوشه ۱، به ندریج فضای لازم برای رشد و گسترش مخروط افکنه چه از نظر گسترش جانبی و چه از نظر امتداد طولی نسبت به مخروط افکنه های سایر خوشه ها محدودتر می‌گردد. این امر منجر شده است تا تمامی مخروط افکنه ها بطور جانبی به همدیگر متصل شده اند به طوری که تشخیص دقیق حدود و تفکیک آنها به طور جانبی از یکدیگر کاملاً امکانپذیر نیست و تشکیل باجادا داده اند. علاوه بر آن به دلیل اینکه قاعده مخروط این خوشه به غیر از مخروط ۹ در خط ساحلی و در تماس با امواج دریا قرار دارند، فرسایش ساحلی، قاعده مخروط افکنه ها را تحت تاثیر خود قرار داده و منجر به آنها در این منطقه می‌شود.

مخروط افکنه های شماره ۳ و ۴ که در خوشه ۴ قرار گرفته اند، به دلیل در اختیار داشتن بیشترین وسعت در بین سایر مخروط افکنه ها (میانگین ۹۳،۵ کیلومتر مربع) در گروه جداگانه ای قرار گرفته اند. مخروط افکنه های این خوشه در بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه قرار گرفته اند که در مقایسه بخش شمالی محدوده مورد مطالعه، فضای مناسب تری را از جنبه توپوگرافی برای رشد و توسعه مخروط افکنه ها فراهم آورده است.

مخروط افکنه های شماره ۱۲، ۱۰، ۱، ۸، ۶ که در خوشه پنجم طبقه بندی قرار می‌گیرند، از لحاظ ویژگی‌های مورفومتری و به خصوص مساحت و حجم بیشتری نسبت به مخروط افکنه های واقع در خوشه ۱ دارند. میانگین مساحت حوضه‌ها در

این خوشه در حدود ۵۰ کیلومتر مربع و میانگین طول مخروط در حدود ۱۰ کیلومتر است از این رو تفاوت زیادی در این پارامترها نسبت به خوشه شماره ۱ دارند و به خوبی این مخروطها در یک طبقه قرار گرفته‌اند. خوشه های شماره ۳ (مخروطهای ۲، ۱۳، ۷) و شماره ۲ (مخروطهای ۱۱ و ۵) با ارزش‌های مورفومتری متفاوت‌تر از سایر مخروط افکنه ها در طبقات متفاوت قرار گرفته‌اند و این امر نشان دهنده دقت بالای طبقه بندی خوشه ای در طبقه بندی مخروط افکنه ها از دیدگاه مورفومتری است.

انتخاب مهم‌ترین عوامل موثر بر شکل مخروط افکنه ها

یکی از روش های انتخاب متغیرهای مناسب برای تحلیل عاملی استفاده از ماتریس همبستگی است. از آنجا که روش تحلیل عاملی بر همبستگی بین متغیرها اما از نوع غیرعالی استوار است، بنابراین در استفاده از این روش باید ماتریس همبستگی بین متغیرها نیز محاسبه شود. به طور معمول این گونه ماتریس های همبستگی وجود رابطه بین برخی متغیرها و عدم ارتباط آن با برخی دیگر را نشان می دهند. این الگو در تحلیل عاملی موجب شکل گیری خوشه هایی می شود که متغیرهای درون خوشه با یکدیگر همبستگی و با متغیرهای خوشه های دیگر همبستگی نداشته باشند. توصیه می شود متغیرهایی که با هیچ متغیری همبستگی معنی دار نداشته باشند، از تحلیل حذف شوند. روش های آماری دیگری نیز وجود دارند که پژوهشگر از طریق آنها نیز قادر به تعیین و تشخیص مناسب بودن داده ها برای تحلیل عاملی است. از جمله این روشها استفاده از ضریب KMO است که مقدار آن همواره بین صفر و یک در نوسان است. در صورتیکه مقدار KMO کمتر از 0.5 باشد برای تحلیل عاملی مناسب نخواهند بود، اما در صورتی که بین 0.5 تا 0.7 باشد می توان با احتیاط بیشتر به تحلیل عاملی پرداخت و بیشتر از 0.7 باشد می توان با احتیاط بیشتر به تحلیل عاملی پرداخت. مقدار KMO محاسبه شده برای متغیرهای مورد استفاده در این تحقیق (0/741) است و با توجه به حداقل و حداکثر آن نشان دهنده سطح خوب برای متغیرهای انتخابی برای تحلیل عاملی است (جدول ۴).

جدول ۳. نتایج آزمون KMO و بارتلت

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.714
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	492.263
	df	120
	Sig.	.000

برای تعیین میزان اهمیت و نقش هر یک از متغیرهای مورفومتری در شکل مخروط افکنه ها از روش تحلیل عاملی استفاده شده است. تحلیل عاملی روشی است برای تقلیل تعداد زیاد متغیرها به تعداد کمی از متغیرهای مفروض زیربنایی که عامل خوانده می شوند. عاملها معمولاً از همبستگی‌های متقابل موجود میان متغیرها استخراج می شوند. ماتریس همبستگی متغیرهای عوامل موثر بر شکل مخروط افکنه ها نشان می دهد که در غالب موارد ضرایب همبستگی به دست آمده در سطح معنی داری قرار گرفته‌اند و در برخی موارد نیز مقادیر همبستگی در سطح معنی داری تعیین شده قرار ندارند. بر این اساس بیشترین اشتراک در واریانس عاملها از میان متغیرهای اندازه گیری شده در حوضه آبریز مربوط به متغیرهای: مساحت حوضه زهکشی (0/۹۵۸)، محیط حوضه آبریز (0/۹۸۸)، اختلاف ارتفاع حوضه (0/۹۹۴)، طول کل شبکه آبراهه های (0/۹۱۴)، ارتفاع بالاترین نقطه حوضه (0/۹۴۴) و ضریب ملتون (0/۸۴۴) است. در صورتی که در پارامترهای اندازه گیری شده در مخروط افکنه ها حجم مخروط (0/۸۹)، ارتفاع رأس مخروط (0/۸۹۴)، طول مخروط (0/۸۹۲) و شیب مخروط (0/۸۳۳) بیشترین میزان اشتراک در واریانس عاملها را به خود اختصاص داده است (جدول ۵).

جدول ۴. میزان اشتراک متغیره ای اندازه گیری شده

متغیرهای مورفو متری حوضه آبریز		متغیرهای مورفومتری مخروط افکنه ها	
متغیرهای تحقیق	اشتراک متغیرها در مؤلفه‌ها	متغیرهای تحقیق	اشتراک متغیرها در مؤلفه‌ها
مساحت حوضه	۰/۹۷۱	حجم مخروط	۰/۸۸
محیط حوضه	۰/۹۸۳	ارتفاع رأس مخروط افکنه	۰/۹۱۷
بالاترین ارتفاع حوضه	۰/۹۴۴	مساحت مخروط افکنه	۰/۹۵۵
طول رودخانه	۰/۹۲۸	طول قاعده مخروط	۰/۹۱۱
ناهمواری حوضه	۰/۹۳۸	طول مخروط	۰/۸۹۲
شیب حوضه	۰/۶۱۱	شیب مخروط	۰/۸۸۶
تراکم شبکه زهکشی	۰/۵۸۰	تقعر مخروط	۰/۵۶
ضریب ملتون	۰/۸۶۳	اختلاف ارتفاع رأس و قاعده مخروط	۰/۸۶
نسبت گردی حوضه	۰/۷۶۶	زاویه جاروب	۰/۸۶
فرسایش پذیری حوضه	۰/۷۲۱		

تأثیر متغیرهای حوضه آبریز بر پارامترهای هندسی مخروط افکنه ها

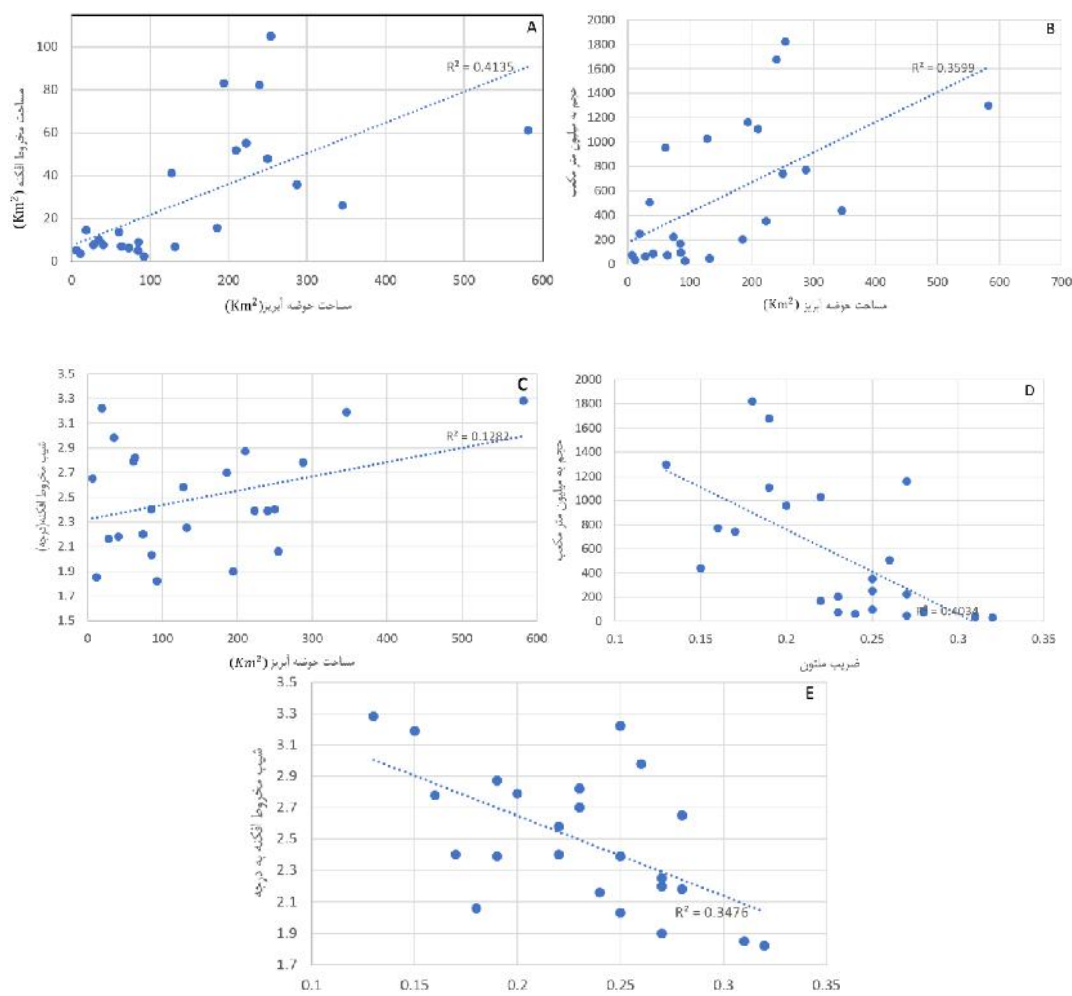
با استفاده از روش تحلیل عاملی، بیشترین اشتراک در واریانس عامل‌ها از میان متغیرهای اندازه گیری شده انتخاب گردید و با تهیه ماتریس همبستگی بین متغیرهای تحقیق مهم‌ترین متغیرهای موثر بر شکل مخروط افکنه های واحد تالش مورد ارزیابی قرار گرفت. همان‌طور که در جدول (۶) مشاهده می‌شود، مساحت مخروط افکنه بیشترین همبستگی را با مساحت حوضه آبریز ۰/۶۲۹ و محیط حوضه ۰/۶۱۶ و فرسایش پذیری واحد های سنگی و رسوبی با ۰/۵۳۶ به خود اختصاص داده است. همبستگی بین مساحت حوضه آبریز با مساحت مخروط افکنه در ماتریس همبستگی، قوی نیست و همبستگی آن متوسط است و علت آن را می‌توان در ارتباط بین مساحت حوضه‌ها و مخروط افکنه ها در بعضی از حوضه‌ها دانست. مهم‌ترین آن حوضه کرگانرود است که با وجود حوضه آبریز با مساحت بسیار زیاد (۵۸۴ کیلومتر مربع) مخروط افکنه آن در حدود ۶۱ کیلومتر مربع است و این در حالی است که حوضه آبریز ماسوله با ۲۵۴ کیلومتر مربع مساحت، بزرگ‌ترین مخروط افکنه منطقه مورد مطالعه را با ۱۰۴ کیلومتر مربع تشکیل داده است. یکی از مهم‌ترین عوامل در تفاوت وسعت مخروط افکنه ها را می‌توان تفاوت در فرسایش پذیری واحد های زمین شناسی در این محدوده‌ها دانست. در حوضه آبریز کرگانرود وسیع‌ترین واحد های سنگ شناسی، رسوبات و سنگ‌های آندزیتی و همچنین ماسه سنگ‌های توده ای کرتاسه است که با توجه به طبقه بندی پیروان و شریعت رضوی (۱۳۹۱) در رده بسیار مقاوم تا با مقاومت متوسط قرار می‌گیرند و این در حالی است که بخش زیادی از مساحت واحد های سنگی حوضه آبریز ماسوله از واحد های سنگی با مقاومت متوسط تا ضعیف تا با مقاومت متوسط تا مقاوم طبقه بندی شده‌اند. این تغییر را می‌توان در مقایسه وزن نهایی این دو حوضه در رابطه با فرسایش پذیری واحد های سنگی مشاهده نمود که حوضه کرگانرود با ۳/۱۷ فرسایش پذیری کمتری را نسبت به رودخانه ماسوله (۴/۵۰) دارد. فرسایش پذیری زیاد واحد های سنگی می‌تواند امکان فراهمی رسوبات بیشتری را برای حمل توسط رودخانه فراهم آورده و مخروط افکنه های با مساحت زیاد تری را می‌دهند. در حجم مخروط افکنه های منطقه مورد مطالعه بیشترین همبستگی را با ضریب ملتون با ۰/۶۳۵- دارد. همچنین با افزایش وسعت حوضه آبریز امکان شکل گیری رواناب بیشتر و انتقال حجم زیاد تری از رسوب نیز فراهم می‌شود و در صورتی که در حوضه ای هر دو این شرایط فراهم باشد (ناهمواری و وسعت بیشتر)، امکان تشکیل مخروط افکنه ای وسیع‌تر و با حجم بیشتر را در زمان خروج رودخانه از کوهستان فراهم می‌آورد. این ضریب با افزایش وسعت حوضه و همچنین افزایش اختلاف ارتفاع کاهش می‌یابد (چرچ و مارک، ۱۹۸۰) و همبستگی معکوس با پارامترهای هندسی مخروط افکنه دارد. تأثیر ضریب ملتون بر سایر پارامترهای

هندسی حوضه نیز کاملاً مشخص است. از بین متغیرهای حوضه آبریز، شیب مخروط با ضریب ملتون (۰/۵۹-)، طول مخروط (۰/۶۹۲-)، ارتفاع رأس مخروط (۰/۵۲۵-)، و اختلاف ارتفاع رأس و قاعده مخروط (۰/۵۸۱-) بیشترین همبستگی را با ضریب ملتون و طول قاعده مخروط بیشترین همبستگی را با ناهمواری حوضه (۰/۵۸۱) دارد. جدول ۵، ماتریس همبستگی متغیرهای حوضه آبریز و پارامترهای هندسی حوضه

		متغیرهای حوضه‌های آبریز					فرسایش پذیری واحدها سنگی و رسوبی
		مساحت حوضه آبریز	محیط حوضه	ناهمواری حوضه	ضریب ملتون	طول رودخانه	
پارامترهای هندسی مخروط افکنه‌ها	مساحت مخروط افکنه	.629	.616	.591	-.520	.505	.536
	حجم مخروط افکنه	.600	.572	.432	-.635	.503	.417
	شیب مخروط	.358	.182	-.138	-.590	.366	-.003
	طول قاعده مخروط	.499	.500	.581	-.409	.359	.487
	طول مخروط	.655	.666	.542	-.692	.524	.432
	ارتفاع رأس مخروط	.458	.469	.425	-.526	.291	.374
	اختلاف ارتفاع رأس و قاعده مخروط	.418	.429	.273	-.581	.276	.194

استفاده از رگرسیون خطی در تحلیل توسعه مخروط افکنه‌ها

همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، مساحت حوضه آبریز و ضریب ملتون بیشترین همبستگی را با پارامترهای هندسی مخروط افکنه‌ها نشان می‌دهد و نشان دهنده نقش و اهمیت مساحت و ناهمواری حوضه در شکل‌گیری و تکامل مخروط افکنه‌ها دارد. ولی میزان همبستگی آن‌ها در حد متوسط است (بین ۰/۵۲۶ تا ۰/۶۹۲). استفاده از مدل‌های نمایی از جمله مواردی است که می‌توان برای برقراری ارتباط بین متغیرهای موثر بر شکل هندسی تحلیل هندسی مخروط افکنه‌ها استفاده نمود. از این رو متغیرهای مساحت و ضریب ملتون به عنوان متغیرهای مستقل و مساحت، حجم و شیب مخروط به عنوان متغیرهای وابسته در این مدل مورد استفاده قرار گرفت. رگرسیون خطی حاصل از ارتباط بین مساحت حوضه آبریز و مساحت مخروط افکنه نشان دهنده همبستگی مثبت در حدود ۰/۴۱ بین این دو متغیر است (شکل ۴A) و با افزایش مساحت حوضه آبریز، مساحت مخروط افکنه نیز افزایش می‌یابد. ضریب همبستگی بین مساحت حوضه آبریز و حجم نیز مثبت و ضریب همبستگی آن در حدود ۰/۳۶ است (شکل ۴B). ارتباط بین مساحت حوضه آبریز و شیب مخروط افکنه نیز با ضریب همبستگی ۰/۱۳ مثبت است (شکل ۴C). رابطه بین ضریب ملتون در ارتباط با حجم و شیب منفی و ضریب همبستگی آن به ترتیب ۰/۴۰- و ۰/۳۵- است (شکل ۴D,E).



شکل ۴. همبستگی خطی بین A: مساحت حوضه آبریز و مساحت مخروط افکنه، B: مساحت حوضه آبریز و حجم مخروط افکنه، C: مساحت حوضه آبریز و شیب مخروط افکنه، D: ضریب ملتون و حجم مخروط افکنه و E: ضریب ملتون و شیب مخروط افکنه

تحلیل آلومتری ارتباط مورفومتری حوضه و شکل هندسی مخروط افکنه

علاوه بر رگرسیون خطی، از روابط و توابع نمایی دیگری نیز به منظور تحلیل ارتباط بین متغیرهای حوضه آبریز و شکل هندسی مخروط افکنه مورد استفاده قرار گرفته است که بر پایه آلومتری است. آلومتری اندازه گیری نسبت تغییرات در بخش از یک ارگانسیم به واسطه تغییر در اندازه یک ارگانیزم است (گولد^۱، ۱۹۶۶، ۵۸۷). بول (۱۹۶۲، ۵۲) و چرچ و مارک (۱۹۸۰، ۳۴۲)، جامع‌ترین بحث را در زمینه کاربرد آلومتری مطرح نمودند و بول (۱۹۶۲) از این مبحث در توجیه تغییرات در ویژگی‌های هندسی مخروط افکنه‌ها استفاده نمود. رابطه بول (۱۹۶۲) به شرح ذیل است: (فرمول ۳)

$$A_f = c A_d^k \quad \text{فرمول (۳)}$$

در این رابطه A_f مساحت مخروط افکنه، c نسبت مساحت مخروط افکنه به مساحت حوضه آبریز، A_d مساحت حوضه آبریز و توان k میزان شیب رگرسیون خطی مساحت حوضه آبریز و مساحت مخروط افکنه است که برای همه حوضه‌های آبریز و مخروط افکنه‌ها محاسبه گردید. نتیجه حاصل از این تابع در منطقه مورد مطالعه به صورت ذیل است.

^۱-Gould

$$A_f = 0.2381 A_d^{0.41}$$

نتایج حاصل از این رابطه نشان دهنده ضریب همبستگی مثبت و بسیار قوی حدود ۰/۷۸ بین مساحت حوضه آبریز و مساحت مخروط افکنه و نقش انکار ناپذیر مساحت حوضه در مساحت مخروط افکنه است و با افزایش مساحت حوضه مساحت مخروط افکنه نیز افزایش می‌یابد.

رابطه دیگری که در این تحقیق به آن پرداخته شده است، ارتباط بین مساحت حوضه آبریز (A_b) و شیب مخروط افکنه (A_b) است (هوک، ۱۹۶۸ و هاروی و همکاران، ۱۹۹۹). این رابطه به شرح ذیل است (فرمول ۴):

$$S_f = C A_b^k \quad \text{فرمول (۴)}$$

در این رابطه S_f شیب مخروط افکنه، C نسبت مساحت مخروط افکنه به مساحت حوضه آبریز، A_d مساحت حوضه آبریز و k میزان شیب رگرسیون خطی مساحت حوضه آبریز و مخروط افکنه است و در منطقه مورد مطالعه رابطه به صورت ذیل است.

$$S_f = 0.52 A_d^{0.128}$$

بین مساحت حوضه‌ها با شیب مخروط افکنه‌ها در منطقه مورد مطالعه با استفاده از این رابطه همبستگی ضعیف حدود ۰/۰۱ و مثبت برقرار است. از این رو مساحت حوضه تاثیر بسیار کمی بر شیب مخروط افکنه دارد. ارتباط بین شیب مخروط افکنه و ضریب ملتون از دیگر روابطی است که در تحلیل ارتباط بین متغیرهای حوضه آبریز و شکل هندسی مخروط که مورد استفاده قرار گرفته است (چرچ و مارک، ۱۹۸۰) (فرمول ۵).

$$S_f = C M^b \quad \text{فرمول ۵}$$

در این رابطه S_f شیب مخروط افکنه، C نسبت مساحت مخروط افکنه به مساحت حوضه آبریز، M ضریب ملتون و b میزان شیب رگرسیون خطی مساحت حوضه آبریز و مخروط افکنه است و در منطقه مورد مطالعه رابطه به صورت ذیل است.

$$S_f = 11.71 M^{0.347}$$

همان‌طور که در ماتریس همبستگی اشاره شد، ارتباط بین ضریب ملتون شیب مخروط افکنه معکوس است. نتایج این رابطه نیز نشان دهنده همبستگی مثبت و قوی ۰/۷۵ بین این دو پارامتر تاثیر ضریب ملتون بر شیب مخروط افکنه است.

نتیجه گیری

شرایط محیطی و طبیعی (ویژگی‌های کلیماتولوژیک، هیدرولوژیک، ژئوتوانیک، لیتولوژیک، تکتونیک و...) به خصوص ویژگی‌های مورفومتری و زمین شناسی حوضه‌های آبریز در زایش مخروط افکنه‌ها و تفاوت‌های موجود بین آن‌ها نقش اساسی را دارد. از این رو استفاده از ویژگی‌های کمی پارامترهای هندسی و مورفومتری مخروط افکنه‌ها و حوضه‌های آبریز می‌تواند به درک بهتر ژئومورفولوژی این مخروط افکنه‌ها کمک نماید. در این تحقیق ۲۴ مخروط افکنه جلگه ساحلی واحد تالش مورد بررسی قرار گرفت و مهم‌ترین ویژگی‌های هندسی آن‌ها به همراه مشخصات مورفومتری حوضه‌های آبریز تغذیه کننده‌ها این مخروط افکنه‌ها محاسبه گردید. وسیع‌ترین و بیشترین میزان حجم مخروط افکنه توسط رودخانه ماسوله رودخان در بخش جنوبی منطقه تشکیل شده است. وسعت و حجم مخروط افکنه‌ها از سمت جنوب به سمت شمال واحد تالش کاهش می‌یابد. نتایج نشان می‌دهد که مهم‌ترین عامل در کاهش یا افزایش مساحت مخروط افکنه‌ها در این منطقه، وسعت حوضه آبریز است و با کاهش وسعت حوضه، مساحت مخروط افکنه نیز روند کاهشی به خود می‌گیرد و ضریب همبستگی خطی ۰/۴۱ را نشان می‌دهد. ضریب همبستگی متوسطی بین مساحت حوضه آبریز و مساحت مخروط افکنه وجود دارد که دلیل آن را می‌توان نقش مهم عامل سنگ شناسی و ناهمواری حوضه‌ها در فرسایش و رسوب گذاری دانست. طبقه بندی حوضه‌ها بر اساس فرسایش پذیری واحد‌های سنگ شناسی که در این تحقیق برای همه حوضه‌های

آبریز صورت گرفت و نتایج نشان می‌دهد، وجود سنگ‌های در رده مقاوم و بسیار مقاوم در حوضه آبریز کرگانرود (بزرگ‌ترین حوضه آبریز منطقه) و کاهش فرسایش واحد های سنگی از عواملی است که منجر به کاهش وسعت مخروط افکنه این رودخانه نسبت به رودخانه‌هایی با مساحت کمتر از این رودخانه است. ضریب ملتون که همزمان از دو عامل مساحت و ناهمواری حوضه آبریز در رابطه خود استفاده نموده است، به عنوان متغیری است که بیشترین همبستگی را با حجم، شیب، طول مخروط، ارتفاع رأس مخروط و اختلاف ارتفاع مخروط افکنه در منطقه مورد مطالعه دارد. در بررسی همبستگی بین پارامترها از ماتریس همبستگی، همبستگی خطی و روابط ریاضی بر مبنای آلومتری استفاده شد. نتایج نشان می‌دهد، به غیر از رابطه مساحت حوضه آبریز و شیب مخروط افکنه، روابط بین مساحت حوضه و مساحت مخروط افکنه و همچنین شیب و ضریب ملتون، ضرایب به دست آمده از روش آلومتری همبستگی بسیار بهتری نسبت به سایر روش‌های آماری در زمینه ارتباط بین متغیرهای مرفومتری حوضه آبریز و شکل هندسی مخروط افکنه ها دارد.

منابع

- امیر احمدی، ابوالقاسم؛ ثقفی، مهدی؛ ربیعی، مریم، ۱۳۹۰، تحلیل و طبقه بندی چند متغیره برای مدل‌سازی متغیرهای مؤثر بر شکل هندسی مخروط افکنه های دامنه شمالی کوهستان باقران (جنوب شهر بیرجند)، مجله جغرافیا و برنامه ریزی محیطی، سال ۲۲، دوره ۴۴، ش ۴، صص ۷۳-۹۰
- بهرامی، شهرام؛ بهرامی، کاظم، ۱۳۹۰، ارزیابی تکنیکهای ژئومورفولوژیکی جهت شناسایی مخروط افکنه های قدیمی و جدید به منظور تعیین مناطق مستعد سیلخیزی در چهار مخروطافکنه در زاگرس چین خورده. مجله جغرافیا و توسعه، شماره ۲۲، صص ۱۰۶-۸۹
- پیروان، حمیدرضا؛ شریعت جعفری، محسن، ۱۳۹۱، ارائه روشی جامع برای تعیین فرسایش پذیری واحدهای سنگ شناسی با نگرشی بر زمینشناسی ایران، مهندسی و مدیریت آبخیز، دوره ۵، ش ۳، صص ۲۱۳-۱۹۹.
- جوکار سرهنگی عیسی؛ فخرالدین؛ سمیه، ۱۳۹۴، بررسی تأثیر ویژگیهای هندسی حوضه ها در تشکیل مخروط افکنه های دامنه جنوبی البرز در استان سمنان با استفاده از روشهای همبستگی و تحلیل سلسله مراتبی مطالعات جغرافیایی مناطق خشک، ش ۲۰، صص ۷۰-۶۰
- روستایی، شهرام؛ زمردیان، محمد جعفر؛ رجبی، مصومه؛ و مقامی مقیم، غلامرضا، ۱۳۸۸، نقش فعالیت‌های تکتونیکی در شکل گیری و گسترش مخروط افکنه‌های دامنه‌های جنوبی آلاداغ، جغرافیا و توسعه، ش ۱۳، صص ۱۳۷-۱۵۶.
- سازمان بنادر و دریانوردی، ۱۳۸۴ - مطالعات مدیریت یکپارچه مناطق ساحلی کشور *ICZM* (نقشه های شکل اراضی مناطق ساحلی با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰)
- طالقانی، محمود، ۱۳۸۱. ژئومورفولوژی ایران، چاپ اول، انتشارات قومس، ص ۱۲۷-۱۲۶
- عابدینی، موسی؛ رجایی، عبدالحمید، ۱۳۸۵، بررسی نقش عوامل مؤثر در گسترش و تکامل مخروط افکنه های ارتفاعات دره دیز. دیوان داغی با استفاده از روشها و تکنیکهای جدید، پژوهشهای جغرافیایی، ش ۵۵، صص ۸۹-۷۳
- مددی، عقیل؛ فرجی منفرد، ابوالفضل، ۱۳۹۳، مطالعه ی عوامل مؤثر در شکل گیری مخروط افکنه های گوز لدره و کرفس و بررسی فعالیت های تکتونیکی در دامنه های جنوبی خرقان (همدان)، فصلنامه جغرافیا و توسعه، سال ۱۲، ش ۳۷، صص ۲۰۶-۱۹۵

- مختاری کشکی، داود؛ کرمی، فریبا؛ و بیانی خطیبی، مریم، ۱۳۸۶، اشکال مختلف مخروط افکنه های در اطراف توده کوهستانی میشوداغ با تاکید بر نقش فعالیت‌های تکنونیک کواترنر در ایجاد آنها، مدرس، بهار ۱۳۸۶، صص ۴۶-۳۶
- مقصودی، مهران، ۱۳۸۷، بررسی عوامل مؤثر در تحول ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه ها مطالعه موردی مخروط افکنه جاجرود، پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۶۵، صص ۷۳-۹۲
- نوگل سادات میر علی اکبر، ۱۳۷۰- مطالعات جامع زمین شناسی گیلان، استانداری گیلان.
- یمانی، مجتبی؛ و مقصودی، مهران، ۱۳۸۲، بررسی و تحول کانال‌های گیسوی در سطح مخروط افکنه‌ها- مطالعه موردی: مخروط افکنه‌ی تنگویه در چاله سیرجان، پژوهش‌های جغرافیایی، ش ۴۵، صص ۱۰۳-۱۱۳.
- Ballantyne, C.K., (2002), *Paraglacial geomorphology. Quaternary Science Reviews*, 21, pp. 1935-2017.
- Berberian, Manuel., (1983), *The southern Caspian: A compression depression flooded by a trapped, modified oceanic crust. Canadian Journal of Earth Sciences*, 20, pp163-183.
- Bettis III, E.A., (2003), *Patterns in Holocene colluvium and alluvial fans across the prairie-forest transition in the midcontinent USA. Geoarchaeology*, 18, pp. 779-797.
- Blair, T.C. and McPherson, J.G., 1994. *Alluvial fan processes and forms. In: A.D. Abrahams and A.J. Parsons (Editors), Geomorphology of Desert Environments. Chapman and Hall, London, pp. 354-402.*
- Bull, W.B., (1962). *Relations of alluvial fan size and slope to drainagebasin size and lithology in western Fresno Country. CA. US Geological Survey Professional Paper*, 450-B, 51-53.
- Bull, W.B., (1964). *Geomorphology of segmented alluvial fans in western Fresno Countr., California. US Geological Survey Professional Paper*, 352-E, pp 89-129.
- Bull, W.B., (1972). *Recognition of alluvial fan deposits in the stratigraphic record. In: RIGBYJ.K. & W.K. HAMBLIN (Eds), Recognition of Ancient Sedimentary Environments. Society of Economic Paleontologists and Mineralogists Special Publication*, 16, pp 63-83.
- Bull, W.B., (1977). *The alluvial fan environment. Progress in Physical Geography*, 1, pp 222-270.
- Clark, G.C. Davis, R.G. Hamzpour, B. Jones, C.R., (1975-). *Explanatory text of the Bandar-e-Anzali Quadrangle Map 1:250000, Geological survey of Iran)*
- Curch, M. and D.M. Mark., (1980). *On size and scale in geomorphology. Progress in Physical Geography*, 4, pp. 342-390.
- Denny, C.S., (1965). *Alluvial fans in the Death Valley region, California and Nevada. US Geological Survey Professional Paper*, pp.466
- Giles, P. Nichols, G. and Wilford, D., (2010), *Alluvial Fans: from reconstructing past environments to identifying contemporary hazards. Geomorphology*, 115(3-4), 199-224.
- Giles, Philip., (2010). *Investigation the use of alluvial fan volume to represent fan size in morphometric studies. Geomorphology*, 121(4), 317-328.
- Gould. S. J., (1966). *Allometry and size in ontogeny and phylogeny. Biological Reviews*, 41, pp-587-640
- Hooke, R.L., (1968). *Steady-state relationships on arid-region alluvial fans in closed basins. American Journal of Science*, 266, pp. 609-629.
- Harvey, A.M., (1997). *The role of alluvial fans in arid zone fluvial systems. In: Thomas, D.S.G. (Ed.), Arid Zone Geomorphology. 2nd ed. Wiley, Chichester; pp. 231- 259.*
- Harvey, A.M. Silva, P.G. Mather, A.E. Goy, J.L. Stokes, M. & Zzazo, C., (1999). *The impact of Quaternary sea-level and climate change on coastal alluvial fans in the Cabo de Gataranges, southeast Spain. Geomorphology*, 28, 1-22.

- Iriondo, M., (1994). *The Quaternary of Ecuador. Quaternary International*, 21, pp. 101-112.
- Jackson, J., Priestley, K., Allen, M., Berberian, M., (2002). Active tectonics of the South Caspian Basin. *Geophys. J. Int.* 148, pp. 214-245.
- Kostaschuk, R.A, McDONALD, G.M. and PUTNAM P.E., (1986). *Depositional processes and alluvial fan-drainage basin morphometric relationships near Banff, Alberta, Canada. Earth Surface Processes and Landforms*, 11, pp. 471-484.
- Mills, H.H., (2005). *Relative-age dating of transported regolith and application to study of landform evolution in the Appalachians. Geomorphology*, 67, pp. 63-96.
- Mokarram, M. Seif, A. Sathyamoorthy, D., 2014. *Use of morphometric analysis and self-organizing maps for alluvial fan classification: case study on Ostorankoooh altitudes, Iran. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Tehran, Apr 22-23, 2014: 45.*
- Paluska, A. and Degens, E.T., (1980). *Das Quartar Des Kaspischen Küstenvorlandes, Geological Survey of Iran.*
- Robinson, R.A.J. Spencer, J.Q.G. Strecker, M.R., Richter, A. and Alonso, R.N., (2005). *Luminescence dating of alluvial fans in in tramontane basins of NW Argentina. In: Harvey, A.M., Mather, A.E., and Stokes, M. eds. Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics. London, Geological Society Special Publications 251, pp. 153-168*
- Seif, Abdollah. and Mokarram, Marzieh., (2013). *Quantitative Relationships between Characteristics of Drainage Basin and Alluvial Fan. Journal of Environment*, 2(4) , pp. 90-93.
- Thomas, M.F., (2003). *Late Quaternary sediment fluxes from tropical watersheds. Sedimentary Geology*, 162, pp. 63-81.
- Thorndyrcraft, V.R. and Benito, G., (2006). *Late Holocene fluvial chronology of Spain: The role of climatic variability and human impact. Catena*, 66, pp. 34-41.
- Valkanou, K., Karymbalis E. Papanastassiou, E. Gaki-Papanastassiou, K. Giles, P.T., (2013). *Analysis of relationships among coastal alluvial fans and their contributing catchments in North Evoikos Gulf (Central Greece). 8th International Conference on Geomorphology*
- Weissman, G.S. Mount, J.E. Fogg, G.E., 2002. *Glacially driven cycles in accumulation space and sequence stratigraphy of a stream-dominated alluvial fan, San Joaquin Valley, California, U.S.A. Journal of Sedimentary Research*, 72, pp. 270-281
- Yousefi, E., and Friedberg, J.L., (1978). *Aeromagnetic map of Gorgan Aom, Babol and Qazvin quadrangles (1:250000). Geological survey of Iran, No.H4.*