

## تشخیص واکنش‌های ژئومورفیک مخروط افکنه‌های جنوب دشت بیرجند به فعالیت‌های تکتونیکی و تغییرات آب و هوایی با استفاده از داده‌های میدانی

مهدی ثقفی<sup>۱\*</sup>

ابوالقاسم امیراحمدی<sup>۲</sup>

مریم ربیعی<sup>۳</sup>

### چکیده

مخروط افکنه‌ها به‌عنوان یکی از اشکال ژئومورفولوژیکی مهم در تأمین آب اهمیت بسیار زیادی دارند. قسمت اعظم مراکز شهری و روستایی ایران به‌ویژه در بخش‌های مرکزی و شرقی بر روی مخروط افکنه‌ها استقرار یافته‌اند. آن‌ها از جمله اشکال ژئومورفولوژیکی هستند که فعالیت‌های تکتونیکی در کنار تغییرات آب و هوایی مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده آن‌ها محسوب می‌شود. مخروط افکنه‌های واقع در نیمه جنوبی حوضه آبریز دشت بیرجند به‌علت نزدیکی به شهر و استقرار مناطق مسکونی بر روی آن از اهمیت ویژه‌ای برخوردار هستند. مسئله اصلی در این مقاله، چگونگی نقش عوامل آب و هوایی و فعالیت‌های تکتونیکی در تغییر مورفولوژی مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه است. رشته‌کوه باقران در جنوب حوضه آبریز دشت بیرجند بخشی از پهنه جوش‌خورده سیستان است. مهم‌ترین واحدهای سنگی در این رشته‌کوه آمیزه‌های افیولیتی کرتاسه فوقانی، فلیش‌های کرتاسه-پالئوژن و کنگلومراهای نئوژن است که قدیمی‌ترین واحدهای آن مربوط به کرتاسه فوقانی است. در این مطالعه از شواهد ژئومورفولوژی در بررسی مورفوتکتونیک فعال منطقه

Email: mahdi\_saghafi@yahoo.com

۱- استادیار گروه جغرافیای دانشگاه پیام‌نور، تهران.

۲- دانشیار گروه جغرافیای دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

۳- دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار.

استفاده شده است. به این ترتیب چگونگی در معرض قرارگیری و شکل لندفرم‌ها حاصل از فرایندهای گوناگون جهت بررسی مورفوتکتونیک منطقه مورد استفاده قرار گرفته‌اند. برای این منظور شاخص‌های  $V_f$  و  $S_{mf}$  مورد استفاده قرار گرفته است. بررسی دانه‌بندی نمونه‌های رسوبی و شبکه‌های زهکش مخروط افکنه‌ها نشانگر چگونگی اثرگذاری شرایط اقلیمی و تکتونیک است. برای این منظور از مشاهدات میدانی و گرانولومتری رسوبات استفاده شده است. نتایج حاکی از جوانی فعالیت‌های تکتونیک و چگونگی فعالیت‌های مورفوتکتونیک و نیز شدت عملکرد فرایندهای دینامیک بیرونی در منطقه است. آنالیزهای گرانولومتری منطقه به‌عنوان شاهی از فعالیت‌های تکتونیک منطقه و تبدیل لندفرم‌های مخروط افکنه به باهادا و دشت‌های ریگی، نشانگر تغییر اقلیم و فعالیت فرسایش بادی بر روی این لندفرم‌ها با شدت بیش‌تری می‌باشند.

**واژگان کلیدی:** مخروط افکنه، مورفوتکتونیک، واکنش ژئومورفیک، گرانولومتری، بیرجند، کوهستان باقران.

## مقدمه

فعالیت‌های تکتونیک و شرایط آب و هوایی عواملی هستند که فرسایش و رسوب‌گذاری را در سطح خشکی‌های کره زمین کنترل کرده و تحول چشم‌اندازهای مختلف کره خاکی را هدایت می‌نمایند. مرتفع شدن بخش‌های از سطح زمین در نتیجه فعالیت‌های تکتونیک باعث افزایش انرژی پتانسیل عوامل فرسایش از جمله سیستم‌های رودخانه‌ای می‌شود.

از طرفی نیز شرایط آب و هوایی عامل کنترل‌کننده توزیع زمانی و مکانی عوامل فرساینده در سطح زمین محسوب می‌شوند. تغییرات به‌وجود آمده در شرایط آب و هوایی یک منطقه به‌طور محرز در رژیم هیدرولوژی آن منعکس می‌شود. این موضوع تأثیر بسیار زیادی را در تولید و حمل رسوب توسط سیستم‌های فرساینده منطقه خواهد داشت.

امکان تفکیک اثر فعالیت‌های تکتونیک از اثر تغییرات شرایط آب و هوایی در تحولات ایجادشده در چشم‌اندازهای سطح زمین کار بسیار مشکلی است و نیاز به مطالعات بسیار

دقیق دارد. مخروط افکنه‌ها از جمله لندفرم‌هایی هستند که در تمامی مناطق خشک کره زمین و در جلوی جبهه‌های کوهستانی حضور دارند، این اشکال ژئومورفیک اطلاعات بسیار باارزشی را در زمینه فرسایش و رسوب‌گذاری در حوضه‌های آبریز در طی دوره‌های زمین‌شناسی به‌ویژه دوران کواترنر در خود ثبت نموده‌اند (Ritter et al, 1995; Denny, 1964; Bull, 1965). بسیاری از مطالعات انجام شده در دهه‌های اخیر بر روی مخروط افکنه‌ها معطوف به چگونگی اثرگذاری فعالیت‌های تکتونیکی و شرایط آب و هوایی بر خصوصیات مورفولوژیکی و رسوب‌گذاری این اشکال ژئومورفیک بوده است (برای مثال رجوع کنید به: Harvey et al, 2005). بر این اساس فعالیت‌های تکتونیکی همواره به‌عنوان عامل کنترلی اولیه در تعیین ویژگی‌های مختلف مخروط افکنه‌ها مانند: محل، موقعیت قرارگیری و مورفولوژی از طریق متأثر ساختن سیستم‌های زهکشی فعال در حوضه‌های آبریز آن‌ها مورد مطالعه قرار می‌گیرند (Whipple & Traylor, 1996; Bull, 1965; Denny, 1977). از سوی دیگر، شرایط آب و هوایی نیز به‌عنوان عامل کنترل‌کننده توالی لایه‌های رسوب بر روی مخروط افکنه‌ها، تغییرات مکانی جریان‌های سیلابی و مواد رسوبی بر روی سطح آن‌ها و قطعه‌قطعه شدن مخروط افکنه‌ها مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (Bull, 1991; Harvey & Wells, 1994). هدف از این مقاله بررسی نقش تغییرات تکتونیکی جوان و شرایط آب و هوایی بر روی لندفرم‌های مخروط افکنه منطقه مورد مطالعه است.

#### منطقه مورد مطالعه

حوضه آبریز دشت بیرجند واقع در ۳۲ درجه و ۳۴ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۸ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی و ۵۸ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۹ درجه و ۴۴ دقیقه طول جغرافیایی شرقی، در استان خراسان جنوبی قرار دارد (شکل ۱). وسعت حوضه آبریز دشت بیرجند ۳۴۲۵ کیلومتر مربع بوده که از این میزان ۹۸۰ کیلومتر مربع دشت و مابقی آن ارتفاعات است. شکل این دشت به‌صورت مستطیل بوده و پیرامون آن را ارتفاعات در بر گرفته‌اند. حداکثر ارتفاع حوضه آبریز دشت بیرجند ۲۷۵۰ متر در ارتفاعات باقران (کوه شاه) است و حداقل ارتفاع آن

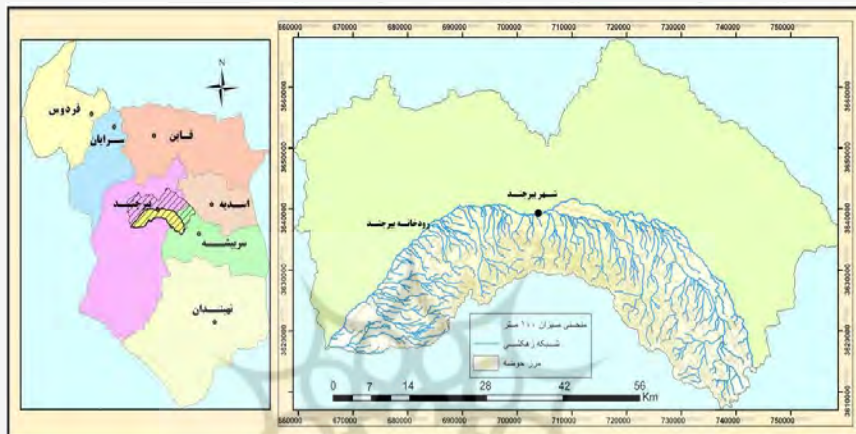
۱۱۸۰ متر و در محل خروجی در غرب دشت قرار دارد. دشت بیرجند که شهر بیرجند در مرکز آن واقع شده، دشتی آبرفتی حاصل از رسوبات فرسایش یافته ارتفاعات شرقی (مؤمن آباد)، شمالی (شکراب) و جنوبی (باقران) است. شیب زمین در دشت بیرجند در قسمت‌های شرقی زیاد و هرچه به سمت غرب و قسمت‌های انتهایی دشت حرکت می‌کنیم شیب آن کم و سطح زمین تقریباً حالت مسطح دارد.

رود شور بیرجند (شاهرود) پس از زهکشی این دشت در نهایت وارد حوضه آبریز چاله لوت می‌شود، عبور آن از خط‌القعر حوضه آبریز دشت بیرجند باعث تقسیم دشت به دو نیمه نامتقارن شمالی و جنوبی شده، به طوری که نیمه شمالی آن از نیمه جنوبی وسیع‌تر است. متوسط ۵۰ ساله درجه حرارت منطقه مورد مطالعه در محل ایستگاه سینوپتیک شهر بیرجند ۱۶/۴ درجه سانتی‌گراد و ریزش‌های جوی آن ۱۷۷ میلی‌متر است. اقلیم دشت بیرجند در سیستم طبقه‌بندی کوپن از نوع نیمه‌خشک سرد است (ربیعی، ۱۳۹۰: ۳۴).

مخروط افکنه‌ها در دو سمت شمالی و جنوبی دشت بیرجند و در پایین دامنه ارتفاعات و در امتداد دشت گسترده شده‌اند (ثقفی، ۱۳۸۹: ۵۲). در این مقاله مجموعه مخروط افکنه‌های واقع در بخش جنوبی دشت بیرجند که در پایین دامنه ارتفاعات باقران قرار داشته و تعداد آن‌ها به ۱۷ عدد می‌رسد (شکل ۲)، مورد مطالعه قرار گرفته است (امیراحمدی و همکاران، ۱۳۹۰: ۷۹). از این رو محدوده مورد مطالعه این مقاله به حدفاصل ارتفاعات باقران و خط‌القعر دشت که همان رود شور بیرجند است، محدود می‌گردد.

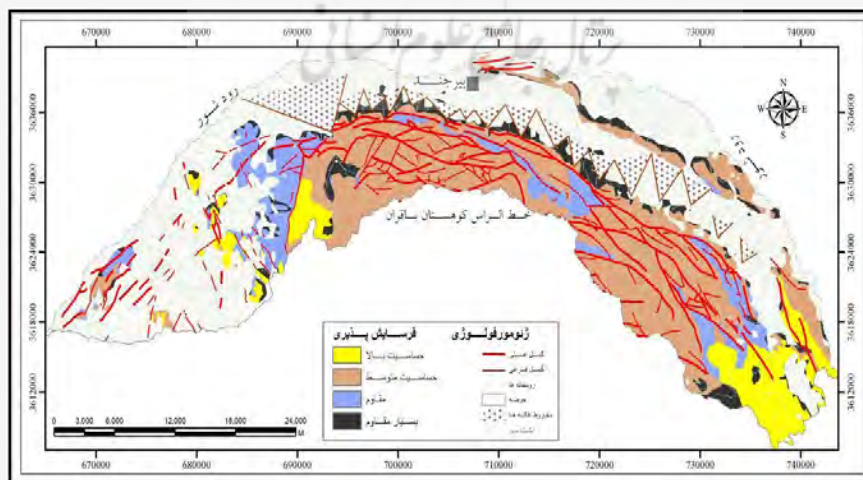
مرز بین رشته‌کوه باقران و دشت بیرجند تماماً گسلی است. دره‌های بسیار زیادی که عمدتاً امتداد شمالی - جنوبی دارند این رشته‌کوه را بریده‌اند (خطیب و زرین‌کوب، ۱۳۸۰: ۶۴ و خطیب، ۱۳۶۸: ۴۶). از نظر زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه در محدوده زیر ناحیه نه‌بندان - خاش یا فلیش قرار دارد. به‌طور کلی در نتیجه تحولات زمین‌ساختی در این منطقه، انواع رخساره‌های آذرین، رسوبی و دگرگونی دوران دوم و سوم زمین‌شناسی گسترش یافته است. در دوران کواترنری نیز نهشته‌های آبرفتی ناشی از فرایندهای مورفوکلیما، مورفوژنز و مورفوتکتونیک منطقه، در قسمت‌های مختلف به‌ویژه در پهنه‌های مشرف به ارتفاعات

گسترش دارد. به‌طور عمده سازندهای متعلق به دوران کربنیفر تا ترشیاری در منطقه مورد مطالعه مشاهده می‌شود.



شکل (۱) موقعیت جغرافیای حوضه آبریز دشت بیرجند در استان خراسان جنوبی

مجموعه سنگ‌های کوهستان باقران در جنوب شهر بیرجند، به‌عنوان یک مجموعه آمیزه رنگی معرفی شده است (اشتوکلین<sup>۴</sup>، ۱۳۶۸). تعریف ارائه‌شده برای افیولیت‌ها در کنگره بین‌المللی پنروز<sup>۵</sup> در سال ۱۹۷۲ بدین شرح است که در یک افیولیت کاملاً توسعه‌یافته، انواع مجموعه‌های سنگی به‌صورت متوالی و از قاعده به‌طرف بالا دیده می‌شوند (Nicolas et al, 2002).



شکل (۲) نقشه ژئومورفولوژی منطقه با تأکید بر لندفرم‌های مخروط افکنه‌ای که تعداد آن‌ها به ۱۷ عدد می‌رسد

## مواد و روش‌ها

در این مقاله مخروط افکنه‌ها به عنوان یکی از لندفرم‌های شاخص در ژئومورفولوژی مورد بررسی قرار گرفته است. از این رو ابتدا با کمک داده‌های مختلفی که عموماً در تهیه نقشه‌های ژئومورفولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرند، مانند: نقشه‌های توپوگرافی، مدل‌های رقومی شده ارتفاعی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای و با کمک نرم‌افزارهای مرتبط با سیستم اطلاعات جغرافیا، نقشه ژئومورفولوژی محدوده مورد مطالعه تهیه شده است.

پس از شناسایی مخروط افکنه‌های محدوده مورد مطالعه، در این مرحله مقایسه مخروط افکنه‌ها با یکدیگر از نظر خصوصیات ظاهری (مورفولوژیکی) مورد توجه قرار گرفته است. در نهایت عوامل ژئومورفولوژی تأثیرگذار بر این اشکال در دو بخش ۱- دینامیک درونی و ۲- دینامیک بیرونی بررسی شده است. در این قسمت به کمک شاخص‌های مختلف مورفوتکتونیک نقش دینامیک درونی زمین در منطقه مورد مطالعه را در خصوص تحولات مخروط افکنه‌ها و در دوره‌های اخیر مورد بحث قرار داده‌ایم. برای این منظور از شاخص‌های متنوعی جهت تحلیل خصوصیات مورفوتکتونیک جوان منطقه استفاده شده است. این شاخص‌ها عبارت‌اند از: شاخص‌های  $S_{mf}$  (سینوسیته جبهه کوهستان)،  $V_f$  (پهنای دره به عمق) نسبت عرض به عمق ( $w/d$ ) کانال رودخانه.

در مرحله بعدی خصوصیات دینامیک بیرونی منطقه در ارتباط با تغییرات و تحولات رخ داده بر روی مخروط افکنه‌ها با استفاده از آزمایش‌های گرانولومتری مورد بحث قرار گرفته است. برای این منظور تعداد ۹ نمونه از ۳ مخروط افکنه بزرگ از قسمت قاعده به سمت رأس مخروط افکنه با فاصله تقریباً یک کیلومتر از همدیگر اخذ و مورد تحلیل‌های گرانولومتری قرار گرفته است.

## یافته‌ها و بحث

به‌طور کلی برای ایجاد مخروط افکنه‌ها، وجود اختلاف سطح امری ضروری است و چنان‌که محرز باشد، اختلاف سطح عمدتاً منشأ تکتونیک دارد. اختلاف سطح گرادیان هیدرولیکی لازم

جهت به حرکت درآوردن رودخانه از کوهستان به همراه حمل مواد فرسایشی این بخش به سمت دشت‌های پست‌تر را ایجاد نموده و عارضه مخروط افکنه را شکل می‌دهد. ویژگی‌های مخروط افکنه‌هایی که در جبهه‌های کوهستان فعال قرار گرفته‌اند عبارت‌اند از: جابجایی افقی و قائم در سطح مخروط افکنه‌ها، نهشته شدن رسوبات جوان‌تر رودخانه در بخش‌های نزدیک به رأس مخروط افکنه، متمرکز شدن عمل حفر قائم رودخانه در بخش‌های نزدیک به قاعده مخروط افکنه، زیاد بودن شیب سطح مخروط افکنه، کم بودن وسعت مخروط افکنه، قاشقی شکل بودن مقطع طولی بستر مخروط افکنه است.

در مناطقی که مرز بین کوهستان و دشت گسلی باشد مورفولوژی جبهه کوهستان تحت تأثیر این فرایند زمین ساختی قرار می‌گیرد به طوری که مورفولوژی جبهه کوهستان ریخت سینوسی را نمایش می‌دهد که با زمان گسلش در ارتباط است. سینوسیته کم در جبهه کوهستان‌های خطی یا منحنی شکل می‌تواند نشانگر حرکات جدید در گسل باشد. درحالی‌که جبهه کوهستان‌هایی که به وسیله فرسایش عمیقاً بریده شده‌اند، سینوسیته زیاد بوده و می‌تواند نشان‌دهنده تکتونیک ساکن باشد (Bull & McFadden, 1977: 121).

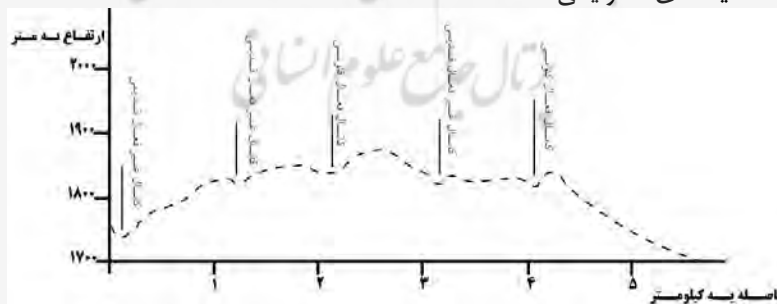
در محاسبه سینوسیته مقادیر نزدیک به عدد ۱ حاکی از تکتونیک جوان‌تر و مقادیر بیش‌تر از عدد ۱ فعالیت قدیمی‌تر نیروهای تکتونیکی را دلالت می‌کنند. با توجه به نقشه توپوگرافی منطقه کوهستان باقران و بررسی‌های میدانی، جبهه شمالی کوهستان باقران منحنی شکل بوده و از سینوسیته زیادی برخوردار نیست. در ۷ نقطه از دره‌های دامنه شمالی رشته‌کوه باقران شاخص نسبت ۷ محاسبه شده است. به طوری که مشاهده شد، بخصوص در بخش شمالی رشته‌کوه باقران مقدار این شاخص کم و سینوسیته جبهه کوهستان بسیار اندک است. این موضوع به دلیل برخواستگی بیش‌تر این بخش و قرار گرفتن آن در فرادیواره گسل‌های معکوس با شیب به سمت شمال شرق است (خطیب، ۱۳۶۸: ۳۹).

از سوی دیگر، واکنش سیستم‌های رودخانه‌ای به تغییرات به وجود آمده در سطح اساس محلی به دو طریق عمده صورت می‌گیرد که عبارت‌اند از: ۱- مهاجرت و جابجایی مسیر

کانال عبور جریان و ۲- تغییر مورفولوژی کانال که ناشی از تغییرات به‌وجود آمده در توازن بین انرژی و مصرف جریان رودخانه است.

در بررسی نیمرخ عرضی بزرگ‌ترین مخروط افکنه منطقه مورد مطالعه واقع در منتهی‌الیه شرق دامنه کوهستان باقران، منحنی محدب نامنظمی مشاهده می‌شود که در اثر فعالیت کانال‌های مختلف جریان رودخانه‌ای قطعه‌قطعه شده است (شکل ۳). ضخامت رسوبات آبرفتی بر روی این مخروط در محل مقطع به ۱۵۰ متر می‌رسد. تعدد کانال‌های اصلی حاکی از مهاجرت‌های مختلف مسیر جریان در گذر زمان در اثر جابجایی سطح اساس محلی است. به‌طوری‌که تعدادی از این کانال‌ها و مناطق رسوب‌گذاری شده اطراف آن‌ها غیرفعال بوده و رسوبات آبرفتی قدیمی‌تر در این بخش از مخروط افکنه‌ها حضور پیدا کرده‌اند. بیش‌ترین ضخامت رسوبات و جدیدترین آن‌ها بر روی سطح مخروط افکنه‌ها، در مجاورت کانال فعال فعلی دیده می‌شود. از این‌رو بیش‌ترین فعالیت آبرفتی به یک یا چند کانال محدود بر سطح مخروط افکنه‌ها، محدود می‌شود (شکل ۳). تعدد کانال‌هایی که در بسیاری موارد همدیگر را قطع نموده‌اند گویای مهاجرت‌های مکرر مسیر رودخانه در واکنش به تغییر سطح اساس محلی است، به‌طوری‌که بر روی تمامی مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه شبکه کانالی با مورفولوژی گیسوی قابل تشخیص است.

تغییرات عمق کانال‌ها در امتداد مسیرشان بر روی بخش‌های مختلف مخروط افکنه‌ها متأثر از دو عامل است: ۱- تغییرات ضخامت رسوبات آبرفتی نهشته شده و ۲- میزان و کیفیت فعالیت‌های تکتونیکی.



شکل (۳) مقطع عرضی از بزرگ‌ترین مخروط افکنه منطقه مورد مطالعه در منتهی‌الیه شرق دامنه کوهستان باقران. نیمرخ محدب نامنظم که ناشی از تعدد کانال‌های رودخانه است. به علت مهاجرت تعدادی از کانال‌ها غیرفعال و تعدادی نیز فعال هستند. ضخامت آبرفت در این مقطع به حدود ۱۵۰ متر می‌رسد



تغییر سطح اساس محلی باعث شده تا تعادل مورفولوژیکی کانال رودخانه‌های جاری بر روی مخروط افکنه‌ها نیز از بین برود. برای این منظور تغییرات نسبت عرض به عمق کانال به‌عنوان یکی از عناصر اصلی تعیین مورفولوژی کانال‌ها مورد توجه قرار گرفته است. بر اساس داده‌های میدانی نسبت عرض به عمق ( $w/d$ ) کانال رودخانه‌های جاری بر سطح مخروط افکنه‌ها در قسمت قاعده بسیار کم‌تر از قسمت‌های میانی و رأس مخروط افکنه‌ها است. این در حالی است که در قسمت قاعده مخروط‌ها با توجه به کم‌تر شدن میزان شیب و کاهش سرعت و انرژی جریان انتظار می‌رود این نسبت بیش‌تر باشد. این موضوع بیانگر تغییرات اتفاق افتاده در سطح اساس محلی و به‌هم خورد تعادل مورفولوژیکی کانال و افزایش شدت و میزان انرژی جریان است به‌نحوی که فرسایش قهقراپی از محل قاعده به سمت رأس مخروط افکنه جهت دستیابی به شرایط تعادل مورفولوژیکی در حال اتفاق افتادن است.

مورفولوژی و رسوب‌شناسی مخروط افکنه‌ها اطلاعات باارزشی در زمینه تئوتکتونیک و فعالیت‌های لرزه‌خیزی جوان مناطق در اختیار متخصصان قرار می‌دهند. یکی از بهترین شرایط لازم برای تشکیل مخروط افکنه‌های فرسایشی وجود متوسط بارندگی ۱۴۰-۱۰۰ میلی‌متر در سال است که معمولاً این‌گونه مخروط افکنه‌ها دارای ژرفای کم‌تری نسبت به مخروط افکنه‌های تکتونیک می‌باشند (Harvey, 1990). مخروط افکنه‌های نوع تکتونیک اغلب دارای ژرفای زیادی بوده و شکل مقاطع طولی آن قاشقی شکل است و بیانگر وجود فرایش فعال در جبهه‌های کوهستانی محل تشکیل آن‌ها است.

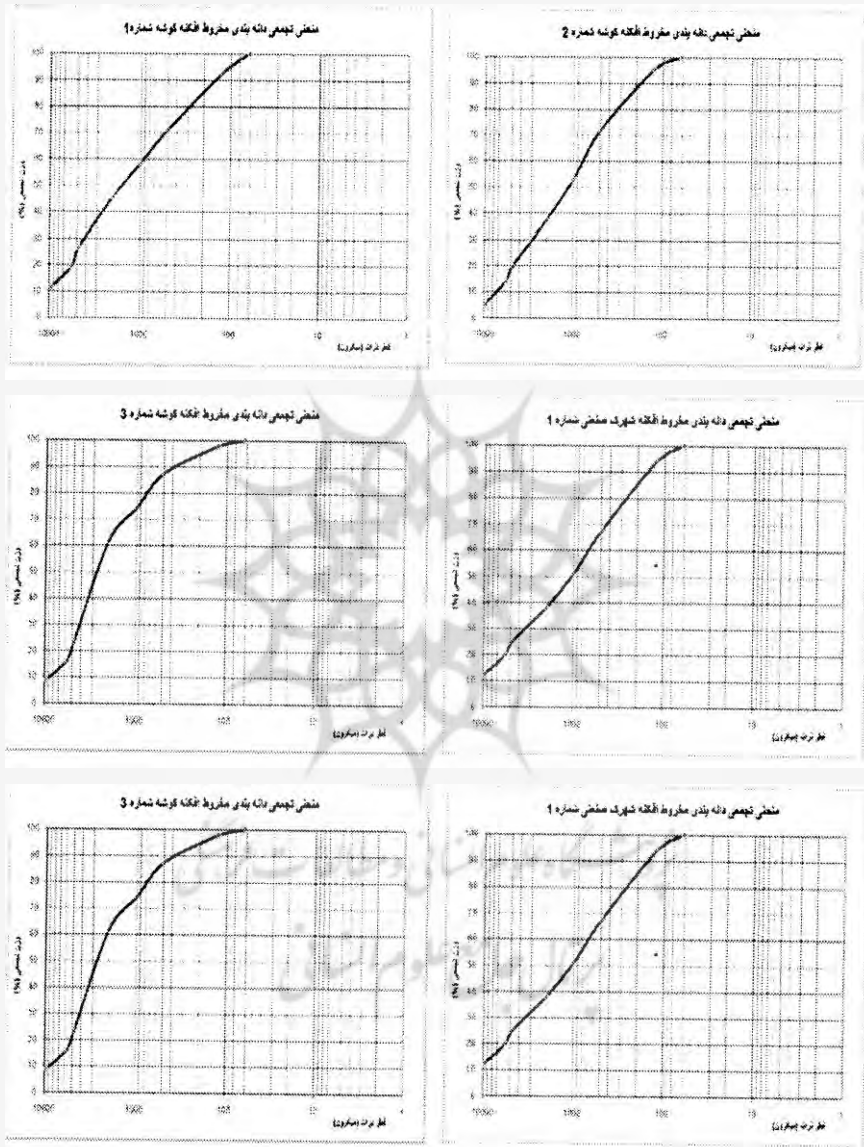
نمودارهای لگاریتمی حاصل از گرانولومتری تعداد ۹ نمونه مربوط به مخروط افکنه‌ها در شکل (۴) آمده است. شیب‌خط در این منحنی‌ها تابعی از جور شدگی یا انحراف معیار است. هر قدر شیب خط بیش‌تر باشد میزان انحراف معیار و جور شدگی بهتر است و هر قدر شیب کم‌تر باشد میزان انحراف معیار بیش‌تر و جور شدگی، بدتر است (موسوی حرمی، ۱۳۷۰: ۱۳۴). پارامترهای آماری محاسبه‌شده این نمونه در جدول (۱) آمده است.

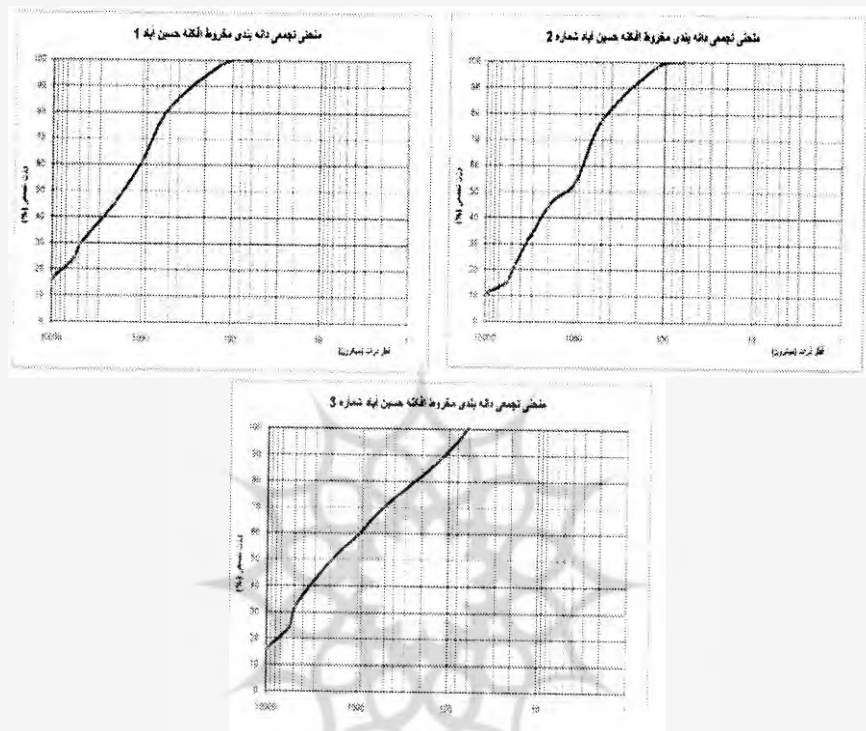
جدول (۱) نتایج محاسبات گرانولومتری پارامترهای آماری نمونه‌های اخذشده از مخروط افکنه‌ها (واحد mm)

پارامترها	کوشه ۱	کوشه ۲	کوشه ۳	حسین آباد ۱	حسین آباد ۲	حسین آباد ۳	شهر ک ۱	شهر ک ۲	شهر ک ۳
میانگین	۲/۷	۲/۰۷	۲/۷۹	۳/۱۳	۲/۴۶	۳/۲۰	۲/۵۶	۱/۹۸	۱/۶۴
انحراف معیار	۳/۳۲	۲/۷۰	۲/۸۹	۳/۶۷	۳/۱۸	۳/۷۱	۳/۴۳	۲/۷۹	۲/۱۳
میان	۱/۲۲	۱/۱۲	۲/۳۰	۱/۲۳	۱/۱۷	۱/۲۸	۱/۱۰	۰/۶۳۳	۱/۱۳
نسبت پراکندگی	۱/۲۲	۱/۳	۱/۰۳	۱/۱۷	۱/۲۹	۱/۱۶	۱/۳۳	۱/۴۰	۱/۳۰

### نتیجه‌گیری

با مقایسه متوسط اندازه ذرات نمونه‌برداری شده از سه قسمت مخروط افکنه‌ها (شامل: قاعده، وسط و رأس) با یکدیگر، آزمون بررسی فرض در خصوص متوسط اندازه ذرات در سطح احتمال ۹۵ درصد و ۹۹ درصد (آلفای ۰/۰۵) انجام شده است. این بررسی بر مبنای این قاعده کلی قرار گرفته است که متوسط اندازه ذرات بر روی مخروط افکنه‌ها به سمت رأس مخروط باید درشت‌تر و به سمت قاعده باید ریزتر باشد. با توجه به این که مقایسه دو به دو تعداد ۹ نمونه گرفته‌شده از سه قسمت مخروط افکنه‌ها (قاعده، وسط و رأس) جهت مقایسه متوسط ذرات سه حالت را شامل می‌شود، نتایج آزمون فرضیات در جدول (۲ تا ۴) آمده است.





شکل (۴) نمودارهای لگاریتمی حاصل از آزمایش‌های گرانولومتری ۹ نمونه اخذشده از سه بخش مختلف (الف=قاعده، ب=وسط و ج=رأس) مربوط به سه مخروط افکنه منتخب را نشان می‌دهد.

حالت اول؛ متوسط اندازه ذرات قسمت قاعده در نمونه‌گیری‌های انجام‌شده حدود ۰/۶۲ میلی‌متر کوچک‌تر از متوسط اندازه ذرات در بخش میانی است. آزمون مقایسه میانگین‌های اندازه ذرات این دو منطقه از مخروط افکنه‌ها حاکی از این مطلب است بین متوسط اندازه ذرات این دو بخش تفاوت معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). این مطالب مطابق با خصوصیات کلی بافت و اندازه ذرات در مخروط افکنه‌ها است که در بالا به آن اشاره شد یعنی به سمت قاعده مخروط افکنه‌ها اندازه ذرات کوچک‌تر می‌شود.

حالت دوم؛ مقایسه متوسط اندازه ذرات بخش قاعده با بخش رأس مخروط افکنه‌ها

نشانگر کوچک‌تر بودن متوسط اندازه ذرات بخش قاعده به میزان حدود ۰/۲۶ میلی‌متر است. نتایج حاصل از این آزمون نیز نشانگر این مطلب است که در این مقایسه نیز بین متوسط اندازه ذرات نمونه‌گیری شده از این دو بخش از مخروط افکنه‌ها نیز اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۳). این مطالب نیز مطابق با خصوصیات کلی بافت و اندازه ذرات در مخروط افکنه‌هاست.

حالت سوم؛ مقایسه متوسط اندازه ذرات نمونه‌گیری شده بخش میانی با بخش رأس مخروط افکنه‌ها نشانگر بزرگ‌تر بودن متوسط اندازه ذرات بخش میانی در حدود ۰/۳۶ میلی‌متر است. نتایج آزمون، معنی‌دار بودن این اختلاف را نشان می‌دهد (جدول ۴). این مطلب برخلاف برداشتی است که در مورد تغییرات اندازه ذرات بر روی مخروط افکنه‌ها وجود دارد.

برخی مطالعات در خصوص مخروط افکنه‌ها نشان داده‌اند که در مواردی بروز جریان‌های سیلابی بر روی مخروط افکنه‌های متأثر از فعالیت‌های تکتونیکی، منجر به ایجاد جریان‌های گلی شدیدی می‌شود (Thomas, 2011). این موضوع شاید بتواند در نحوه نظم و ترتیب نهشته شدن رسوبات بر روی مخروط افکنه‌ها علی‌رغم آنچه مورد انتظار است در هم‌ریختگی و بی‌نظمی ایجاد نماید.

موضوع فوق‌الذکر به دلایل زیر در منطقه مورد مطالعه بروز پیدا نکرده است:

بدیهی است ابعاد چنین جریان گلی که بتواند نظم نهشته شدن رسوبات بر روی مخروط افکنه‌های متعدد این منطقه (۱۷ عدد مخروط افکنه مجاور هم) را به هم بریزد باید بسیار بزرگ بوده باشد.

از طرفی برای چنین رخدادهایی نیاز به وقوع بارش‌های بسیار بالاتر از آستانه نرمال در منطقه مورد مطالعه است. با توجه به اینکه متوسط ریزش‌های جوی منطقه مورد مطالعه ۱۷۷ میلی‌متر محاسبه شده، در بررسی دوره ۵۰ ساله بارش‌های منطقه رخداد بارشی قابل توجهی که انحراف چشمگیری را نسبت به عدد میانگین حکایت نماید ملاحظه نمی‌شود.

قرارگیری مرکز جمعیتی مانند شهر بیرجند در بخش انتهایی مخروط افکنه‌های مورد مطالعه و بررسی تاریخچه سیلاب‌های ثبت شده به صورت گزارش‌ها و آمارهای رسمی و غیررسمی نیز وقوع جریان‌های گلی از سمت مخروط افکنه‌های مطالعه شده را تأیید نمی‌نماید.

نهایتاً اینکه بررسی‌های میدانی موقعیت نمونه‌های مطالعه شده نیز فاقد هرگونه شواهد و آثار مربوط به وقوع جریان‌های گلی است.

جدول (۲) مقایسه متوسط اندازه ذرات بخش قاعده مخروط افکنه‌ها با بخش میانی

فرضیات	T-Value	Prob Level	Decision (5%)	Power (Alpha=.05)	Power (Alpha=.01)
۱- میزان اختلاف بین متوسط ذرات تقریباً صفر است	۲/۷۷	۰/۰۵	تأیید فرض صفر	۰/۵۵	۰/۲۰
۲- متوسط ذرات در قاعده کم‌تر از متوسط ذرات در بخش میانی است	۲/۷۷	۰/۹۷	تأیید فرض صفر	۰/۰۰۰۰۲	۰/۰۰۰۰۳
۳- متوسط ذرات در بخش قاعده بیش‌تر از متوسط ذرات در بخش میانی است	۲/۷۷	۰/۰۲	رد فرض صفر	۰/۷۳	۰/۳۲

جدول (۳) مقایسه متوسط اندازه ذرات بخش قاعده مخروط افکنه‌ها با بخش رأس

فرضیات	T-Value	Prob Level	Decision (5%)	Power (Alpha=.05)	Power (Alpha=.01)
۱- میزان اختلاف بین متوسط ذرات تقریباً صفر است	۰/۵۲	۰/۶۴	تأیید فرض صفر	۰/۰۶	۰/۰۱

۲- متوسط ذرات در قاعده کم‌تر از متوسط ذرات در بخش رأس است	۰/۵۲	۰/۶۷	تأیید فرض صفر	۰/۰۱	۰/۰۰۳
۳- متوسط ذرات در بخش قاعده بیش‌تر از متوسط ذرات در بخش رأس است	۰/۵۲	۰/۳۲	تأیید فرض صفر	۰/۱۰	۰/۰۲

جدول (۴) مقایسه متوسط اندازه ذرات بخش میانی مخروط افکنه‌ها با بخش رأس

فرضیات	T-Value	Prob Level	Decision (5%)	Power (Alpha=.05)	Power (Alpha=.01)
۱- میزان اختلاف بین متوسط ذرات تقریباً صفر است	-۰/۷۵	۰/۵۱	تأیید فرض صفر	۰/۰۷	۰/۰۱۶
۲- متوسط ذرات در میانی کم-تر از متوسط ذرات در بخش رأس است	-۰/۷۵	۰/۲۵	تأیید فرض صفر	۰/۱۳	۰/۰۳
۳- متوسط ذرات در بخش میانی بیش‌تر از متوسط ذرات در بخش رأس است	-۰/۷۵	۰/۷۴	تأیید فرض صفر	۰/۰۱	۰/۰۰۲۳

در نهایت فرض تغییر و تبدیل تدریجی مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه از یک لندفرم آبی به سمت لندفرم بادی در قالب باهادا و دشت‌های ریگی، می‌تواند مورد تأیید قرار گیرد.

از طرفی چنان‌که در مبحث مورفوتکتونیک فعال منطقه نیز اشاره شده یکی دیگر از دلایل بیش‌تر بودن قطر ذرات در بخش میانی مخروط افکنه‌های منطقه نسبت به بخش

رأس آن‌ها جابجایی قائم توده کوهستانی منطقه و انتقال بخش فعال مخروط افکنه‌ها به سمت مناطق میانی و تشکیل مخروط افکنه‌های تلسکوپی یا تودرتو است.

در ساده‌ترین حالت یا به عبارتی تحت شرایط پایداری تکتونیکی در قسمت بالادست نزدیک به رأس مخروط افکنه مواد رسوبی جوان‌تر و در بخش پایین رسوبات قدیمی‌تر جای می‌گیرند. اما تحت تأثیر شرایط فعالیت‌های تکتونیکی و بالا آمدن کوهستان نسبت به دشت، افزایش فعالیت و به عمق رفتن جریان‌های آبی به منظور رسیدن به سطح تعادل با وضعیت سطح اساس ایجاد شده صورت می‌گیرد که انعکاس این فرایند در مخروط افکنه‌ها به صورت انتقال مواد رسوبی جوان‌تر به سمت بخش‌های میانی و تشکیل مخروط افکنه‌های تلسکوپی است. در مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه تکتونیک فعال کوهستان باقران منجر به ایجاد مخروط افکنه‌هایی از این نوع در محدوده مورد مطالعه شده است.

بزرگ‌تر بودن اندازه ذرات رسوب در بخش میانی نسبت به اندازه ذرات در بخش رأس مخروط افکنه‌ها، به گسترش فرایندهای فرسایش بادی بر روی مخروط افکنه‌های مورد مطالعه نیز مرتبط است. به طوری که جریان فرسایش بادی منجر به کاهش ذرات ریز و برداشت آن‌ها از این منطقه و بجای ماندن ذرات درشت‌تر شده، به نحوی که در این بخش از مخروط افکنه‌ها حضور دشت‌های رگی غلبه دارد. از این رو یکی از مهم‌ترین عواملی که باعث از بین رفتن همگنی مورد نظر در اندازه ذرات نمونه‌ها شده را با توجه به کاهش فعالیت جریان‌های رودخانه می‌توان افزایش فعالیت فرسایش باد استنباط نمود. این موضوع نقش تغییرات آب‌وهوای را در واکنش‌های ژئومورفیک مخروط افکنه‌های مورد مطالعه تبیین می‌نماید.



## منابع

- اشتوکلین (۱۳۶۸)، «زمین‌شناسی و زمین‌ساخت فلات ایران»، مترجمان: صادق حداد کاوه و حسن حسنعلی‌زاده، انتشارات وزارت فرهنگ و آموزش عالی، علمی و فرهنگی، ۱۰۸ صفحه.
- امیراحمدی، ابوالقاسم، مهدی ثقفی و مریم ربیعی (۱۳۹۰)، «تحلیل و طبقه‌بندی چند متغیره برای مدل‌سازی متغیرهای مؤثر بر شکل هندسی مخروط افکنه‌های دامنه شمالی کوهستان باقران (جنوب شهر بیرجند)»، *مجله جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، شماره ۴۴، صص ۷۳-۹۰.
- ثقفی، مهدی (۱۳۸۹)، «مطالعات ژئومورفولوژی حوضه‌های دامنه شمالی کوهستان باقران»، *مطالعات طرح پژوهشی دانشگاه پیام نور*، ۲۸۴ صفحه.
- خطیب، محمدمهدی (۱۳۶۸)، «تحلیل ساختاری کوه‌های جنوب بیرجند»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۸ صفحه.
- خطیب، محمدمهدی و محمدحسین زرین‌کوب (۱۳۸۰)، «کرونولوژی ساختاری و مراحل کانی‌زایی لیستونیت در پهنه برشی آرگین»، *مجموعه مقالات پنجمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران*، دانشگاه تهران.
- ربیعی، مریم (۱۳۹۰)، «بررسی نقش مخروط افکنه‌های دامنه شمالی ارتفاعات باقران در منابع آب زیرزمینی دشت بیرجند»، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه حکیم سبزواری، ۱۶۶ صفحه.
- موسوی حرمی، رضا (۱۳۸۰)، «رسوب‌شناسی»، چاپ هفتم، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۶۵ صفحه.
- Bull W. & McFadden L. (1977), Tectonic geomorphology north and south of the Garlock Fault, California, *Geomorphology in Arid Regions*, D.O., Doehring, ed., Publications in Geomorphology, State University of New York at Binghamton, 115° 138.
- Bull, W.B. (1964), Geomorphology of segmented alluvial fans in western Fresno County, California, *United States Geological Survey Professional Paper*, 352E, 89° 129.

- Bull, W.B. (1977), The alluvial fan environment ,*Progress in Physical Geography* 1, 222° 270.
- Bull, W.B. (1991), *Geomorphic Responses to Climatic Change* , Oxford University Press, New York, 325 p.
- Denny, C.C. (1965), Alluvial fans in Death Valley Region, California and Nevada. United States Geological Survey Professional Paper, 466, 59 pp.
- Harvey, A.M., Mather, A.E. & Stokes, M. (2005), Alluvial fans; geomorphology, sedimentology, dynamics ° introduction, a review of alluvial-fan research Geological Society Special Publications 251, 1-7.
- Harvey, A.M. & Wells, S.G. (1994), Late Pleistocene and Holocene changes in hillslope sediment supply to alluvial fan systems ; Zzyzx, California, In Millington, A.C., Pye, K. (Eds.), Environmental Change in Drylands: Biogeographical and Geomorphological Perspectives, John Wiley and Sons, 67-84.
- Harvey, A.M. (1990), Factors influencing quaternary alluvial fan development in southeast Spain In: A.H. & CHURCH, M. (eds) *Alluvial Fans: A Field Approach*, Wiley, Chichester, 247-269.
- Nichols, K.K., Bierman, ER, Hooke, R.L., CLAPP, E.M. & Caffee, M. (2002), Quantifying sediment transport on desert piedmonts , *Geomorphology*, 45, 105-125.
- Ritter, J.B., Miller, J.R., Enzel, Y. & Wells, S. (1995), Reconciling the roles of tectonism and climate in Quaternary alluvial fan evolution , *Geology*, 23, 245-248.
- Thomas, David S.G. (2011), *Arid Zone Geomorphology: Process, Form and Change in Dry Lands* 3d Edition. John Wiley & Sons, Inc. 648
- Whipple, K.X. & Traylor, C.R. (1996), Tectonic control on fan size: the importance of spatially-variable subsidence rates *Basin Res.* 8, 351-366.