

پژوهشهای جغرافیائی - شماره ۴۶، زمستان ۱۳۸۲

صص ۹۹-۱۱۳

## ویژگیهای ژئومرفولوژیک مخروط افکنه حوضه گاماسیاب

دکتر سیاوش شایان - استاد یار گروه جغرافیا، دانشگاه تربیت مدرس\*

پذیرش مقاله: ۸۲/۲/۳۰

### چکیده

مخروطهای افکنه به علت حاصلخیزی و امکان دسترسی به منابع سطحی و زیرزمینی در محدوده آنها، از نظر زراعی و سکونتگاهی مورد توجه ژئومرفولوژیست‌ها هستند. به همین جهت بررسی فرایند پیدایش و روند تغییرات آنها اهمیت بسیار دارد. در این پژوهش سعی شده است تا داده‌های مرفومتريک و ژئومتريک که از طریق اندازه‌گیریهای میدانی، عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌برداریهای زمینی و اندازه‌گیریهای کارتوگرافیک در محدوده مورد مطالعه (حوضه گاماسیاب در غرب کشور) حاصل شده‌اند، مورد بررسی آماری و ریاضی قرار گرفته و استنباطهای ژئومرفولوژیکی از آنها انجام گیرد.

نتایج این بررسی نشان می‌دهد که اولاً روابط ارائه شده از سوی پژوهشگران بین‌المللی نظیر بول<sup>۱</sup> درباره وجود همبستگی بین مساحت حوضه آبگیر مخروطهای افکنه با مساحت مخروطها در منطقه مورد مطالعه نیز صادق است. ثانیاً بررسیهای آماری، تغییرات طولی و گستردگی مخروطهای افکنه را بر اثر فعالیتهای زمین‌ساختی آشکار ساخت و ثالثاً تأثیر جنس مواد در حوضه‌های آبگیر مخروطها (مواد آهکی) را بر ابعاد و شکل مخروطهای افکنه نشان داد.

واژگان کلیدی: مخروط افکنه، داده‌های مرفومتريک و ژئومتريک، ژئومرفولوژی کاربردی، کوههای زاگرس، حوضه

گاماسیاب

### مقدمه

مخروطهای افکنه در نواحی خشک و نیمه خشک جهان که در آنها مقدار تولید مواد حاصل از فرسایش کافی، پوشش گیاهی منطقه تنک و میزان فعالیتهای بهره‌برداری انسان اندک است، از چهره‌های شناخته شده ناهمواریها از نظر ژئومرفولوژیست‌ها می‌باشد.

این پدیده‌های جریانی ژئومرفولوژیکی به علت دارا بودن پتانسیل بالقوه حاصلخیزی، از گذشته‌ها مورد توجه انسان بوده و علاوه بر کاربریهای متنوع تولیدی کشاورزی در آنها، به محل‌های احداث سکونتگاههای شهری و روستایی اختصاص یافته‌اند. به علت ریسک خطر در محدوده این مخروطها لازم است تا ویژگیهای ژئومرفولوژیکی و سیر تحوّل این مخروطها دقیقاً مطالعه شده و پیشنهادهایی برای بهره‌برداری بهینه با توجه به پتانسیل‌های این

\*E-mail: [shayan@modares.ac.ir](mailto:shayan@modares.ac.ir)

عوارض ارائه گردد.

مخروط‌های افکنه را به دو گروه عمده مخروط‌های افکنه واریزه‌ای - جریانی و مخروط‌هایی که عمدتاً جریانی (رودخانه‌ای) هستند، تقسیم کرده اند (کوستاشوک و دیگران، ۱۹۸۶، ص ۱۱). همچنین بر اساس موقعیت و مکان شکل‌گیری مخروط افکنه می‌توان آنها را به دو دسته مخروط‌های جانبی دره‌ها و مخروط‌های جبهه کوهستانی تقسیم کرد (هاروی، ۱۹۸۸، ص ۱۳). برای مطالعه ژئومرفولوژیکی مخروط‌های افکنه می‌توان از روشهای توصیفی و کمی استفاده نمود و بنظر می‌رسد که شناسایی این عوارض با استفاده از داده‌های مرفومتريک و ژئومتريک امکان پذیر باشد.

برای بررسی میزان کارایی تحلیل‌های کمی داده‌های مرفولوژیک و ژئومرفولوژی مخروط‌های افکنه، مخروط‌های افکنه در حوضه آبریز رود گاماسیاب در غرب کشور مورد بررسی قرار گرفت و تعداد ۵۳ مخروط افکنه با استفاده از عکس‌های هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و بازدید زمینی مورد شناسایی و اندازه‌گیری مرفومتريک و ژئومتريک واقع شد و از آنها نقشه‌های متعدد در مقیاس ۱:۵۰/۰۰۰ تهیه گردید. بر اساس تقسیم‌بندی «شوستاشوک» و دیگران، مخروط‌های افکنه موجود در محل مطالعه به دو گروه عمده تقسیم گردید:

الف - مخروط‌های افکنه حاصل از جریان منفصل مواد که عمدتاً در جبهه‌های دامنه‌ای کوهستانها و توسط جریانه‌های فصلی نامشخص و بدون مجرای کامل ایجاد شده‌اند.

ب - مخروط‌های افکنه جریانی که عمدتاً بر اثر حمل و بر جای گذاری مواد به وسیله رودخانه و نهشته گذاری آنها در محل خروج از گلوگاههای کوهستانی پدید آمده‌اند.

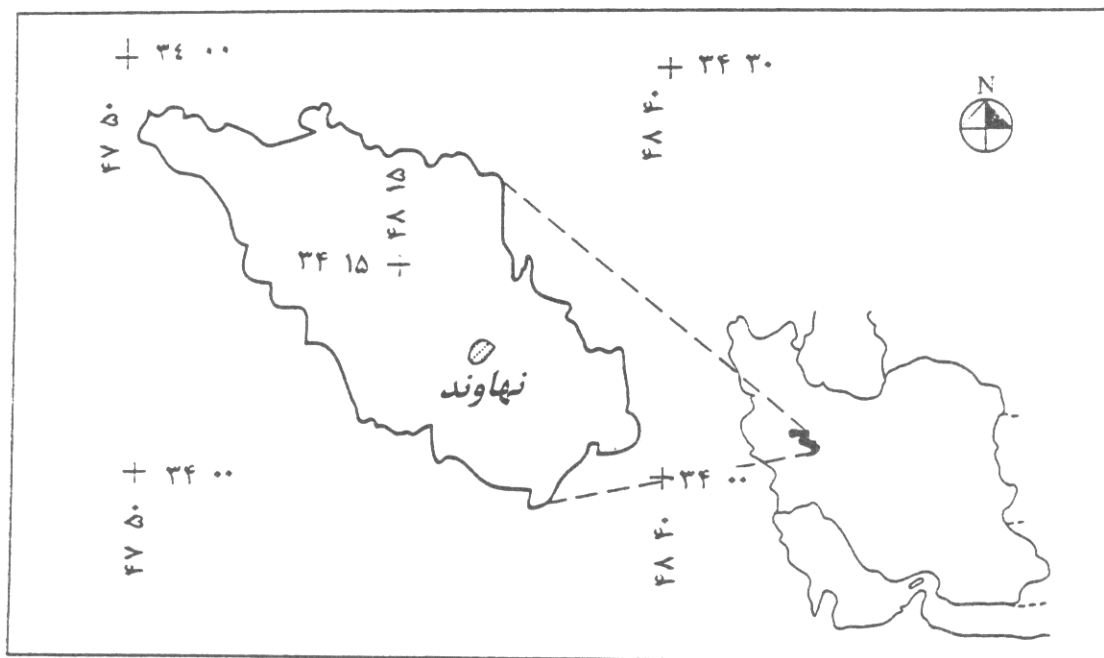
تعداد مخروط‌های گروه الف در منطقه مورد نظر بسیار بیشتر از تعداد مخروط‌های گروه ب است. که علت عمده آن را می‌توان به غلبه سنگهای آهکی متنوع در منطقه مورد مطالعه که بخشی از زاگرس رورانده محسوب می‌شود، نسبت داد. در این پژوهش سعی شده است تا ضمن دسته‌بندی مخروط‌های افکنه مورد مطالعه، با مساحی‌ها و اندازه‌گیریهای اولیه و با بهره‌گیری از داده‌های اولیه، محاسبات آماری انجام شود و علاوه بر آزمون روابط ارائه شده ریاضی توسط پژوهشگران قبلی، و تشخیص اعتبار آنها در مورد مخروط‌های محل مورد مطالعه، به وسیله انجام همین محاسبات به ویژگیهای ژئومرفولوژی آنها از قبیل چگونگی ایجاد، گسترش، تحول و ارتباط این مخروط‌ها با سایر پدیده‌های ژئومرفولوژیک (جریان مواد، جنس مواد و عوارض پیرامون) دست یافت و تحلیل‌های مربوطه را انجام داد. هدف از انجام این پژوهش، ضمن افزایش دانش و اطلاعات ما نسبت به ویژگیهای ژئومرفولوژیکی بخشی از زاگرس و چگونگی تحولات مخروط‌های افکنه در آن، آزمون میزان کارایی روابط آماری و ریاضی و بهره‌گیری از آنها در جهت گذار از مرحله توصیف مخروط‌های افکنه به مرحله بررسیهای دقیق ریاضی و نمایش کارایی روشهای کمی در بررسیهای ژئومرفولوژیک جهت کاربردی کردن علم ژئومرفولوژی و کاربرد این روشها در مطالعات ژئومرفولوژیکی مناطق مشابه در کشور می‌باشد.

#### معرفی منطقه مورد مطالعه

برای انجام مطالعه‌های مرفولوژیک و ژئومتريک، سرشاخه اصلی رود کرخه یعنی رود گاماسیاب در غرب

کشور، در محدوده استان همدان و شهرستان نهاوند انتخاب گردید. حوضه مورد مطالعه در مختصات ۵۷ و ۳۳ تا ۲۷ و ۳۴ درجه عرض جغرافیایی و ۵۳ و ۴۷ تا ۳۷ و ۴۸ درجه طول شرقی واقع شده است. این حوضه برحسب اندازه گیریهای انجام شده مجموعاً  $۱۷۰۶۳۸/۷$  هکتار یا معادل  $۱۷۰۶/۳۸$  کیلومتر مربع مساحت دارد (شکل شماره ۱). مرتفع ترین قله در محدوده مورد مطالعه، ورخاش کوه در رشته کوه گرین به ارتفاع ۳۶۳۹ متر و کمترین ارتفاع در خروجی رود گاماسیاب از حوضه مورد مطالعه در مجاورت روستای دوآب و در محل ایستگاه اندازه گیری هیدرولوژیکی دوآب، با ۱۴۲۰ متر ارتفاع است که بدین ترتیب تفاوت ارتفاع در حوضه مورد بررسی ۲۲۱۹ متر می باشد.

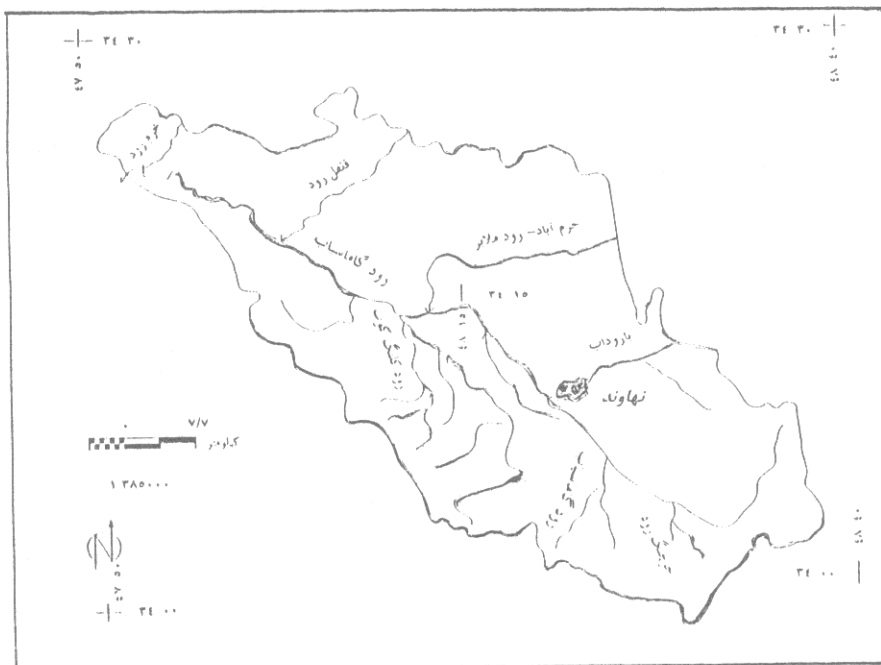
شکل ۱- نقشه موقعیت حوضه گاماسیاب در غرب کشور



رود گاماسیاب در این حوضه از ارتفاعات واقع در خط الرأس های کره گرین از رشته زاگرس سرچشمه گرفته و پس از ورود به دشت نهاوند (به مساحت  $۸۳۹/۳۲$  کیلومتر مربع) و عبور از کناره شهر نهاوند، سرشاخه های دیگری از ملایر (رود حرم آباد)، تویسرکان (قلقل رود) و کنگاور (خرم رود) دریافت می دارد (شکل شماره ۲). طول مجموعه آبراهه های اصلی و موقت در حوضه مورد مطالعه  $۱۹۲/۶$  کیلومتر و طول درازترین شاخه (شاخه اصلی گاماسیاب) برابر  $۱۰۰/۶$  کیلومتر می باشد. تراکم آبراهه ها در این حوضه به  $۰/۱۱۲$  کیلومتر در هر متر مربع می رسد که نشانگر کمی آبراهه ها است و این به دلیل غلبه جنس سنگهای آهکی نفوذ پذیر و دارای قابلیت انحلال و عدم استقرار شبکه های آبراهه ای سطحی و تبدیل آنها به جریانات زیرزمینی می باشد. این امر به وسیله محاسبه ضریب طول جریان سطحی که توسط «هورتون» و «شوم» ارائه شده، تأیید می گردد؛ زیرا ضریب مذکور در حوضه برابر با  $۴/۴۶$  است، در صورتی که باید همواره کمتر از یک باشد. علت این امر نیز نفوذ پذیری زیاد سنگهای انحلالی منطقه و تبدیل سریع جریانهای سطحی به زیرزمینی می باشد. زمان تمرکز در شاخه اصلی گاماسیاب بر اساس رابطه کریچ

برای تعیین میزان شیب حوضه با استفاده از نقشه های توپوگرافی ۱:۵۰/۰۰۰ سازمان جغرافیایی کشور، منحنی میزان های اصلی حوضه و محدوده آن به سیستم رایانه ای معرفی و با استفاده از نرم افزارهای مرتبط، و براساس طبقات شیب ۵، ۵ تا ۱۰، ۱۰ تا ۱۵، ۱۵ تا ۲۰ و بیش از ۲۰ درصد، یک نقشه شیب از منطقه تهیه گردید. همچنین بر اساس محاسبات، شیب عمومی و متوسط آبراهه اصلی برابر ۲/۲ درصد و شیب عمومی کل حوضه برابر با ۲/۰۳ درصد می باشد.

شکل ۲- نقشه شبکه آبهای سطحی حوضه آبریز گاماسیاب در دشت نهاوند



اقتباس از نقشه های توپوگرافی به مقیاس ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح

بررسیهای هیسومتری حوضه مورد مطالعه نشان می دهد که در ۳۷/۲ درصد از منطقه مورد مطالعه (که در بالادست نقطه تعادل واقع شده است)، عمل فرسایش و جابه جایی مواد صورت می گیرد و در ۶۲/۸ درصد از حوضه نیز عمل نهشته گذاری انجام می پذیرد و نمودار هیسومتری بی بعد حوضه نشانگر آن است که این حوضه حالت تعادل نزدیک به پیری دارد. معدل آبدهی رود گاماسیاب در ایستگاه دوآب برابر با ۲۰/۲۳ متر مکعب در ثانیه با انحراف استاندارد ۹/۱۴، حداقل ۹/۹۴ و حداکثر ۵۶/۲ متر مکعب در ثانیه می باشد. حوضه گاماسیاب از نظر رسوب گذاری به علت غلبه سنگهای آهکی و رژیم کارستیک در حد تقریباً متعادلی قرار گرفته و رسوب ویژه آن ۲۳۰/۷ تن در روز و برابر ۸۴ هزار تن رسوب در کل سال می باشد (نقیب زاده ماهیدشتی، ۱۳۷۳، ص ۵۹).

از نظر اقلیمی، میزان ریزش های جوی حوضه به طور متوسط سالیانه برابر با ۴۲۵/۵ میلیمتر در سال است که بیشترین آن در زمستان و کمترین در تابستان است. براساس اطلاعات موجود، در اوایل کواترنر میزان بارندگی ۲/۵ تا

بیشترین آن در زمستان و کمترین در تابستان است. براساس اطلاعات موجود، در اوایل کواترنر میزان بارندگی ۲/۵ تا ۱۱/۶ درجه برابر مقدار کنونی و دمای متوسط سالیانه در کل منطقه ۶/۶ درجه سانتیگراد کمتر از متوسط کنونی (۱۱/۶ درجه سانتیگراد) بوده است که این امر نشانگر دوره‌های پر باران و سرد طی پلیستوسن در منطقه بوده و بر فرایندهای شکل‌زایی حوضه و ایجاد اشکال و عوارض مرفوکلیماتیک و از جمله سرعت بیشتر در انحلال مواد آهکی بسیار مؤثر بوده است (محمودی، ۱۳۶۹، ص ۲۴).

تأثیر اقلیم مذکور را در گسترده‌گی بسترهای رود و پدیده سولی فلاکشن و فرسایش ناهمواریها و نیز انباشت مواد حاصل از آنها در نواحی پست حوضه می‌توان پیگیری نمود. یکی از پدیده‌های قابل توجه از این نوع ناهمواریها، مخروط‌های افکنه است که به تعداد ۵۳ مخروط جریانی مواد منفصل و جبهه کوهستانی در منطقه شناسایی و مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

از نظر زمین‌شناسی ساختمانی، منطقه مورد مطالعه در قلمرو دو زون سیرجان - سندرگ و زاگرس روراندده واقع شده و گسل بزرگ و روراندگی زاگرس از محل محدودۀ مورد بررسی عبور می‌کند که در تغییرات زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی منطقه مؤثرند (مهدوی، ۱۳۷۱، گزارش نقشه). بزرگترین گسل منطقه گسل گرین به درازای ۳۵ کیلو متر است که جابه‌جایی ناگهانی در آن، منجر به بروز زمین‌لرزه بزرگ فیروز آباد در ۱۶ اوت ۱۹۵۸ (برزگر و همکاران، ۱۳۷۶، ص ۱۱۴) شد. طی سالهای ۱۹۰۹ تا ۱۹۹۸ میلادی ۸۴ زلزله قابل توجه در محدوده مورد مطالعه و پیرامون آن اتفاق افتاده که حاکی از فعالیت تکتونیکی در منطقه مورد بررسی است. سنگهای منطقه عمدتاً از نوع آهکی و دولومیت و همچنین کنگلومراهای معادل بختیاری می‌باشد و تراکی آندزیت‌ها و گابرو نیز در شرق منطقه وجود دارد. از کواترنر مخروط‌های افکنه متعدّد و واریزه‌هایی در نواحی مختلف حوضه دیده می‌شود که تمرکز بررسی‌ها در این پژوهش نیز بر همین مخروط‌های افکنه قرار دارد.

#### الف - منابع تدارک داده‌های مخروط‌های افکنه

داده‌های ژئومتریکی و مرفومتريک مربوط به مخروط‌های افکنه در حوضه مورد مطالعه با استفاده از نقشه‌های توپوگرافیک ۱:۵۰۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱:۵۵۰۰۰ و عکس‌های هوایی ۱:۴۰۰۰۰ موجود اخذ و بر روی نقشه‌های ترسیمی محدوده، مخروط‌های مذکور مشخص و اندازه و ابعاد حوضه‌های آبگیر و هندسه آنها و طول آبراهه‌ها با استفاده از پلانیمتر و کورویومتر مشخص و ثبت گردید. برای کنترل محدوده مخروط‌های افکنه در حوضه، از تصاویر ماهواره‌ای در باندهای ۴، ۵، و ۷ استفاده شد تا این محدوده‌ها با دقت بیشتری نسبت به عکس‌های هوایی مشخص شوند. برای کنترل این محدوده‌ها تا حد امکان بازدیدهای زمینی انجام گرفت. متأسفانه تاکنون از منطقه مورد مطالعه نقشه‌های ژئومرفیک تهیه نشده تا اولاً اخذ داده‌ها با سرعت صورت گیرد و ثانیاً مقایسه‌ای بین داده‌های نقشه‌های مذکور و داده‌های حاصل از این تحقیق بعمل می‌آید.

برای تهیه داده‌های مربوط به شیب مخروط‌ها از نقشه شیب تهیه شده برای منطقه استفاده شد. این نقشه با استفاده از داده‌های نقشه‌های توپوگرافیک و تلفیق آنها با تصاویر ماهواره‌ای و با استفاده از نرم افزار ویژه پردازش داده‌های ماهواره‌ای با دقت بالا و خطای اندک تهیه گردید. شیب مورد محاسبه برای هر مخروط در واقع معدل

گرادیان شیب آن از نقطه رأس مخروط تا قاعده آن است و دامنه اختلاف شیب ها بر روی نقشه مذکور به وسیله رنگها و در فاصله های طبقاتی نشان داده شده اند. فواصل طبقاتی مذکور طوری انتخاب گردیده که بتوان از آنها در بررسیهای نهایی کاربری اراضی با مقاصد کشاورزی در منطقه بهره گرفت.

عدم دسترسی به نقشه های دقیق و جدید به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ منطقه سبب بروز درجه ای از عدم قطعیت در توصیف سطوح توپوگرافیک مخروط های افکنه در منطقه مورد مطالعه گردید و فقط توصیفاتی در این مورد بکار گرفته شد که حاکی از باز دیده های زمینی بود.

شکل کلی مخروط های افکنه و نقاط ارتفاعی آنها بر روی مصنوعات انسانی مثل جاده ها، سکوهای نهرها و رودها، خاکریزهای زراعی، پلها و کانال های بهره برداری از مواد مخروط ها نادیده گرفته شد تا مدل توپوگرافیک سطحی و نقشه های حاصل از آنها از هرگونه میل به شواهد شناخته شده و جرح و تعدیلات انسانی به دور باشد. البته در نتیجه گیری ها و توصیف ویژگیهای این مخروط ها به موارد فوق اشاره و تأثیر آنها در تعدیل یا تغییر چهره مخروط ها بیان شد.

به علت وجود شیب های دامنه ای که به طور طبیعی بر روی سطوح مخروط ها وجود دارند، سطوحی که پلانیمتر برای حوضه های آبگیر و محدوده های مخروط های افکنه نشان می دهد با اندازه واقعی آنها در روی زمین متفاوت است و ممکن است اندکی بیشتر یا کمتر باشد. میزان خشونت یا ناهمواری در قلمرو حوضه های آبگیر (نسبت بین ناهمواری حوضه و ریشه دو مساحت حوضه های مذکور) به علت استقرار مخروط های افکنه مورد بحث در روی جنس های متفاوت (از مواد آذرین تا دگرگونی و رسوبی) مورد اغماض قرار گرفت؛ زیرا اولاً بخش وسیعی از مخروط های افکنه منطقه مورد مطالعه بر روی ناهمواریهای کارستیک قرار می گیرند که میزان خشونت آنها در تمامی مخروط ها تقریباً به یک اندازه است و ثانیاً مقایسه آنها با مخروط هایی که بر روی سنگهای آذرین و دگرگونی منطقه استقرار یافته اند، ممکن است سبب گمراهی پژوهشگر شده و نتایج را با عدم قطعیت همراه سازد.

#### ب- پردازش داده های مرتبط با مخروط های افکنه

بر اساس داده های فراهم شده از مخروط های افکنه ۵۳ گانه مستقر در منطقه مورد مطالعه و با توجه به استقرار این مخروط ها در شش زیر ناحیه آن، شش فایل اطلاعاتی برای گروه های شش گانه مخروط ها فراهم شد که در آنها مساحت حوضه آبگیر، مساحت مخروط افکنه و طول آبراه ها بر روی سطح حوضه های آبریز هر مخروط، بزرگترین طول مخروط از رأس تا قاعده و شیب متوسط هر مخروط ثبت گردید. همچنین برای تجزیه و تحلیل های کلی و خوشه ای مخروط های مورد بحث، یک فایل اطلاعاتی از تمامی ۵۳ مخروط مستقر در حوضه نیز فراهم گردید (جدول شماره ۱).

برای پردازش آماری فایل های اطلاعاتی از گروه های ششگانه مخروط ها و کل آنها، از نرم افزار آماری SPSS استفاده شد و نمودارهای مربوطه نیز ترسیم گردید. به علت آنکه اولاً اعداد و ارقام مربوط به کیلومتر در آزمون «کای اسکویر» یا «خی دو» (که برای بررسی نمونه های آماری در مساحت های متفاوت بکار گرفته می شود) مربوط به فراوانی های مستقل عددی نیستند و ثانیاً فراوانی مورد انتظار محاسبه نباید کمتر از ۵ باشد (اما در حوضه مورد مطالعه

اعداد کمتر از ۵ کیلومتر نیز وجود دارد) از نتایج حاصل از این آزمون صرفنظر شد تا گمراهی و خطا در تفسیر آنها و انطباق با شرایط محیطی حاصل نگردد. در این بخش ابتدا نتایج حاصل از پردازش داده‌ها برای کلّ مخروط‌های افکنه در حوضه مورد مطالعه عرضه می‌شود و سپس نتایج حاصل از بررسی مقایسه‌ای گروههای مخروط‌ها با یکدیگر ارائه می‌گردند.

### ج- نتایج حاصل از پردازش داده‌های مخروط‌های افکنه در حوضه مورد مطالعه

نتایج حاصل از دسته‌بندی پردازش داده‌های حاصل از اندازه‌گیریهای مخروط‌های افکنه سبب دستیابی به موارد آماري زیر گردید:

- ۱- دسته‌بندی فراوانی‌ها درباره‌ی هر پنج پارامتر دخیل در محاسبات، تعیین اعتبار داده‌ها، مشخص کردن میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حد اکثرها برای هر پنج پارامتر دخیل در محاسبات کلّ مخروط‌های افکنه ۵۳ گانه؛
- ۲- تعیین میزان همبستگی پنج پارامتر دخیل در محاسبات در هر گروه از مخروط‌ها نسبت به یکدیگر و در کلّ مخروط‌ها نسبت به یکدیگر؛
- ۳- محاسبه‌ی رگرسیون برای مساحت حوضه‌های آبخیز نسبت به مخروط‌های افکنه حاصل از آنها و آنالیز واریانس برای هر گروه از مخروط‌ها و ترسیم نمودارهای مربوط به خط رگرسیون.

### د- دسته‌بندی فراوانی‌های پارامترهای ژئومتریك مخروط‌های افکنه

دسته‌بندی فراوانی‌ها برای پارامترهای ژئومتریك حوضه شامل مساحت حوضه‌ها، مساحت مخروط‌های افکنه، طول مخروط‌ها به کیلومتر، طول آبراهه‌های موجود در حوضه‌های آبخیز مخروط‌ها و شیب مخروط‌های ۵۳ گانه بعمل آمد (جدول شماره ۱). پارامترهای فوق‌الذکر به ترتیب با مشخصه‌های BASIN, FAN, LARGE, LENGTH, SLOPE مشخص شدند تا توسط رایانه خوانده شود و عملیات آماری بر روی آنها انجام گیرد. فراوانی‌های فوق‌الذکر موارد زیر را مشخص ساخت:

- ۱- فراوانی‌های مساحت حوضه‌های آبخیز: تقریباً ۵۰ درصد از حوضه‌های آبخیز مخروط‌های افکنه ۵۳ گانه در محدوده مورد بررسی دارای مساحتی کمتر از  $6/65$  کیلو متر مربع می‌باشد. در حالیکه در میان این مخروط‌ها، مخروط‌هایی با مساحت حوضه آبخیز  $69/61, 6/8$  و  $92/9$  کیلومتر مربعی نیز وجود دارد. همچنین می‌توان از دسته‌بندی حوضه‌های آبخیز مخروط‌های افکنه به این نتیجه رسید که حدود ۹۰ درصد مخروط‌های مذکور، مساحتی کمتر از ۲۸ کیلومتر مربع دارند. استقرار حوضه‌های آبخیز مخروط‌های افکنه در محدوده مورد مطالعه بر روی ساخت‌های آهکی از عوامل عمده محدودیت مساحت حوضه‌های آبخیز آنهاست و همچنین پدیده‌هایی همچون اسارت رود و سرشاخه‌ها، انحلال، فرونشینی و ادغام سرشاخه‌ها از عوامل دیگر محدودیت مساحت حوضه‌های آبخیز مخروط‌های این منطقه نسبت به مناطقی با سازندهای زمین‌شناسی متفاوت می‌باشد.

جدول ۱: فراوانی پارامترهای پنج گانه در ۵۳ مخروط افکنه دشت نهاوند (حوضه گاماسیاب)

۵/۰۰	۲۲/۰۰	۳/۲۰	۲/۸۵	۱۷/۳۵
۸/۰۰	۰/۹۰	۲/۳۰	۱/۵۰	۶/۶۵
۹/۰۰	۲۳/۲۰	۳/۵۰	۸/۱۰	۱۶/۷۷
۸/۰۰	۱۱/۰۰	۱/۷۵	۰/۷۵	۱۲/۲۰
۴/۰۰	۳/۸۰	۰/۷۲	۰/۲۲	۱۰/۰۰
۵/۰۰	۱/۸۰	۰/۸۰	۰/۳۲	۴/۰۲
۴/۰۰	۳/۰۰	۱/۰۵	۰/۳۸	۶/۲۲
۴/۰۰	۲/۲۰	۰/۹۰	۰/۳۲	۶/۴۰
۴/۰۰	۲/۰۰	۰/۹۰	۰/۴۰	۵/۲۰
۷/۰۰	۷/۰۰	۱/۱۰	۰/۶۰	۱۵/۶۵
۱۰/۰۰	۱/۳۰	۴/۹۰	۲/۴۵	۲/۶۷
۵/۰۰	۱/۳۰	۱/۶۰	۱/۷۵	۷/۰۴
۱۱/۰۰	۱۵/۰۰	۲/۲۵	۳/۸۲	۲۴/۰۵
۱۰/۰۰	۲۵/۰۰	۴/۵۰	۶/۶۲	۱۱/۶۲
۹/۰۰	۶۶/۳۰	۲/۴۰	۱/۴۵	۶۱/۸۰
۹/۰۰	۷/۱۰	۱/۷۰	۱/۸۷	۷/۸۰
۱۱/۰۰	۱۰/۱۰	۰/۹۰	۰/۵۰	۱۰/۱۷
۹/۰۰	۶/۰۰	۰/۷۵	۰/۳۷	۱۳/۳۰
۷/۰۰	۵۸/۰۰	۱/۵۰	۱/۲۵	۴۶/۷۰
۸/۰۰	۲۰/۰۰	۲/۶۰	۴/۰۰	۲۱/۲۰
۵/۰۰	۲۱/۲۰	۱/۷۰	۱/۱۵	۲۴/۳۰
۹/۰۰	۱۶/۲۰	۲/۰۰	۱/۳۵	۲۶/۵۰
۱۲/۰۰	۲۷/۵۰	۱/۳۶	۱/۲۵	۳۳/۶۵
۱۱/۰۰	۷۲/۰۰	۳/۵۰	۷/۷۰	۶۹/۶۵
۱۲/۰۰	۳/۰۰	۰/۵۰	۰/۲۵	۶/۲۰
۹/۰۰	۴/۰۰	۱/۲۰	۰/۵۰	۵/۵۰
۵/۰۰	۱۱/۰۰	۱/۸۰	۱/۸۰	۲۲/۴۰
۵/۰۰	۱۰۶/۰۰	۴/۸۰	۴/۵۰	۹۲/۹۵

حوضه آبگیر (km2)	مخروط افکنه (km2)	طول مجرای اصلی (km)	طول آبراهه ها (km)	شیب متوسط (درصد)
۸/۰۰	۱/۷۵	۳/۲۰	۱۴/۵۰	۵/۰۰
۲۸/۰۰	۵/۲۵	۳/۸۰	۷۲/۰۰	۷/۰۰
۴/۲۰	۴/۰۰	۳/۰۰	۷/۰۰	۱۰/۰۰
۴/۴	۱/۰۰	۲/۰۵	۹/۰۰	۱۰/۰۰
۰/۶۷	۱/۳۵	۱/۴۰	۱/۹۰	۱۲/۰۰
۱/۳۷	۰/۵۰	۱/۲۰	۳/۹۰	۱۱/۰۰
۱/۰۵	۰/۶۵	۱/۳۰	۳/۵۰	۵/۰۰
۵/۶۵	۰/۶۵	۱/۳۰	۱۳/۰۰	۱۰/۰۰
۳/۴۷	۰/۷۰	۱/۴۰	۲/۵۰	۱۳/۰۰
۳/۸۷	۰/۳۰	۰/۶۰	۷/۶۰	۱۲/۰۰
۱/۱۲	۰/۳۵	۰/۷۰	۴/۳۰	۱۱/۰۰
۰/۴۷	۰/۱۲	۰/۲۵	۱/۰۰	۸/۰۰
۶/۲۰	۰/۱۲	۰/۲۵	۱/۰۰	۸/۰۰
۲/۱۰	۰/۱۰	۰/۲۵	۲/۰۰	۱۱/۰۰
۱۲/۶۰	۰/۱۵	۰/۲۵	۸/۲۰	۷/۰۰
۲/۷۲	۰/۱۲	۰/۲۵	۳/۵۰	۸/۰۰
۳/۶۰	۰/۱۰	۰/۳۰	۱/۵۰	۵/۰۰
۲۱/۹۲	۰/۸۵	۱/۰۰	۲۳/۹۰	۱۲/۰۰
۷/۳۰	۰/۰۵	۰/۲۵	۸/۰۰	۱۰/۰۰
۰/۸۷	۰/۱۵	۰/۳۰	۲/۰۰	۱۱/۰۰
۱/۱۷	۰/۲۵	۰/۳۰	۱/۵۰	۱۲/۰۰
۱/۱۰	۰/۲۵	۰/۵۰	۰/۸۰	۱۴/۰۰
۱/۶۲	۰/۳۵	۰/۶۰	۴/۰۰	۸/۰۰
۷/۰۲	۰/۱۰	۱/۲۵	۶/۹۰	۹/۰۰
۱/۴۷	۰/۱۰	۰/۲۵	۳/۰۰	۱۰/۰۰



۲- فراوانی‌های مساحت مخروط‌های افکنه:  $۶۰/۴$  درصد از مخروط‌های افکنه موجود در منطقه مورد مطالعه مساحتی کمتر از یک کیلومتر مربع دارند. حداکثر مساحت مخروط افکنه‌ها در این محدوده  $۸/۱$  کیلومتر مربع می‌باشد. رویهم رفته در مقایسه با مخروط افکنه‌های دامنه‌های هیمالیا و نواحی آلپی اروپا (گوهاین، ۱۹۹۰) و یا دشتهای داخلی ایران مخروط افکنه‌های منطقه مورد مطالعه وسعت چشمگیری ندارند که عوامل احتمالی آن، درهم شدن مرزهای مخروط‌های افکنه در درون نهشته‌های آبرفتی دشت نهاوند و مشخص نبودن مرز قطعی آنها (سازمان آب منطقه غرب، ۱۳۷۱)، فعال بودن منطقه از نظر زمین ساختی و تغییر شکل و اندازه مخروط‌های موجود در منطقه، غلبه فرایند انحلال در محدوده‌های کارستیک مخروط‌های افکنه نسبت به فرایندهای جریان مواد، سختی جنس مواد زمین در پاره‌ای از مخروط‌های افکنه مستقر بر سنگهای دگرگونی و اندک بودن رسوب زایی آنها جهت تغذیه مخروط افکنه‌ها برشمرد.

۳- فراوانی‌های طول مخروط افکنه: طول مخروط‌های افکنه (به معنی فاصله رأس تا قاعده مخروط‌های افکنه) معمولاً به کیلومتر یا متر اندازه‌گیری می‌شود. طول مخروط‌های افکنه در منطقه مورد بررسی بین  $۰/۲۵$  کیلومتر یا  $۲۵۰$  متر تا  $۱/۸$  کیلومتر در نوسان می‌باشد. فراوانی‌های دسته بندی شده طول مخروط‌های افکنه نشانگر آن است که حدود  $۵۰$  درصد از مخروط‌های افکنه در منطقه مورد بررسی دارای طولی کمتر از  $۱/۲۵$  کیلومتر می‌باشند و برای طول‌های کمتر از  $۲$  کیلومتر، این رقم به  $۷۳/۶$  درصد می‌رسد. طول نسبتاً کوتاه مخروط‌های افکنه در منطقه مورد بررسی به علت برخورد این مخروط‌ها با دشت آبرفتی نهاوند و رود گاماسیاب و یا برهم خوردن محدوده انتهایی قاعده مخروط‌ها بر اثر کاربری‌های ارضی است که این امر سبب عدم تشخیص و تمایز واقعی ابعاد مخروط‌ها شده است.

۴- فراوانی طول آبراه‌ها در مخروط‌های افکنه: حدود  $۵۰$  درصد از مخروط‌های افکنه دارای آبراهه‌هایی با طول کمتر از  $۶/۹$  کیلومتر می‌باشند؛ در حالی که حداقل و حداکثر طول‌های موجود در آبراهه‌های مخروط‌های منطقه برابر با  $۰/۸$  و  $۱۰۶/۰$  کیلومتر است.  $۶۶$  درصد از مخروط‌ها نیز دارای طول آبراهه‌هایی کمتر از  $۱۰$  کیلومترند. مجموع طول آبراهه‌های حوضه‌های آبرگیر در محدوده مورد مطالعه  $۷۵۲/۹$  کیلومتر می‌باشد که میانگینی برابر  $۱۴/۲۳$  کیلومتر را نشان می‌دهد؛ اما نزدیک به  $۷۳/۶$  درصد از مخروط‌های افکنه در منطقه دارای طول آبراهه‌هایی کمتر از میانگین فوق‌الذکرند که علت اساسی آن وجود پنج مخروط افکنه با طول آبراهه بیش از  $۵۸$  کیلومتر است که سبب تعدیل میانگین شده است.

۵- فراوانی شیب مخروط‌های افکنه: مخروط‌های افکنه در منطقه مورد مطالعه دارای دامنه‌های شیب‌هایی بین  $۴$  تا  $۱۴$  درصد ( $۲/۱۸$  و  $۷/۵۸$  درجه) می‌باشند که از میان  $۵۳$  مخروط افکنه مورد مطالعه،  $۹$  مخروط دارای شیب  $۵$  درصد بوده‌اند. همچنین برای هر یک از شیب‌های  $۸$  و  $۹$  و  $۱۰$  درصد، هفت مخروط وجود داشته است. شیب مخروط نیز دارای شیبی معادل  $۱۲$  درصد بوده است. بنابراین نما یا مد مخروط‌های افکنه از نظر شیب در منطقه مورد مطالعه  $۵$  درصد است که شیب نسبتاً ملایم مخروط‌ها به علت برخورد آنها با لایه‌های آبرفتی دشت نهاوند می‌باشد.

۶- اعتبار، میانگین، انحراف استاندارد، حداقل و حداکثرهای مخروط‌های افکنه مورد مطالعه:

برای هر پنج پارامتر ژئومتریکی ویژگیهای مخروط‌های افکنه در منطقه مورد مطالعه مقدار متوسط، انحراف

استاندارد و حداقل و حداکثر و تعداد مشاهدات معتبر و دخیل در محاسبات مشخص شده است. براساس داده‌های موجود برای هر پنج پارامتر فوق، ۵۳ مورد معتبر مورد بررسی قرار گرفته است. میانگین مساحت مخروط‌های افکنه در این بررسی برابر ۱/۴۶ و میزان تغییر پذیری آنها از میانگین (انحراف استاندارد) ۱/۵۵ است. میانگین مساحت حوضه‌های آبگیر در مخروط‌های افکنه ۵۳ گانه برابر ۱۳/۵۸ کیلومتر مربع بوده و دارای تغییر پذیری قابل توجه می‌باشد. برای طول آبراهه‌ها در مخروط‌های افکنه میانگینی برابر ۱۴/۲۳ بدست آمده است؛ اما میزان تغییر پذیری از میانگین یا انحراف استاندارد آن ۲۱/۶۳ می‌باشد که عامل جنس زمین آن را توجیه می‌نماید.

#### ه- آنالیز همبستگی‌های متغیرهای مخروط‌های افکنه:

همبستگی بین عوامل یا متغیرهای موجود در مخروط‌های افکنه یا حوضه‌های آبگیر آنها برای کل مخروط افکنه‌های موجود در منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید و نتایج زیر حاصل شد:

۱- میزان همبستگی بین مساحت حوضه آبگیری با مساحت مخروط افکنه برابر ۰/۵۱۱۲ می‌باشد و این همبستگی مثبت بوده و نشان می‌دهد که ۲۶/۱ درصد از تغییرات مساحت مخروط‌های افکنه در محدوده مورد مطالعه نتیجه تأثیر مستقیم مساحت حوضه‌های آبگیر می‌باشد. مقدار این همبستگی کم و علت آن غلبه سازندهای انحلالی کارستیک در منطقه است.

۲- میزان همبستگی بین مساحت حوضه آبگیر با طول آبراهه‌ها در این مخروط‌ها برابر ۰/۹۳۲۶ می‌باشد. این همبستگی مثبت بوده و نشان می‌دهد که ۸۶/۹ درصد از تغییرات طول آبراهه‌ها نتیجه تأثیر مستقیم مساحت حوضه‌های آبگیر است.

۳- میزان همبستگی بین مساحت حوضه‌های آبگیر با شیب مخروط‌های افکنه برابر با ۰/۱۲۷۲ است. این همبستگی منفی است؛ یعنی هر چه مساحت حوضه‌های آبگیر بیشتر باشد، شیب مخروط‌های افکنه کمتر می‌شود. میزان این همبستگی اندک بوده و برابر با حدود ۱/۶ درصد است؛ بدین معنی که فقط ۱/۶ درصد از تغییرات شیب مخروط‌ها نتیجه مستقیم تأثیر پارامتر مستقل مساحت حوضه آبگیر می‌باشد و این همبستگی در جهت منفی است.

۴- مساحت مخروط‌های افکنه ارتباط نزدیک و مثبتی با بزرگترین طول آنها از رأس تا قاعده دارد؛ یعنی شکل آنها اغلب کشیده و به صورت یک مخروط نسبتاً کامل است. میزان این همبستگی برابر ۰/۸۲۴۱ می‌باشد. این همبستگی مثبت بوده و نشان می‌دهد که ۶۷/۹ درصد از تغییرات طول مخروط‌های افکنه مربوط به تأثیر مستقیم مساحت‌های مخروط افکنه‌هاست.

۵- مساحت مخروط‌های افکنه با میزان شیب آنها دارای همبستگی برابر با ۰/۵۸۹۶ است. این همبستگی مثبت است و نشان می‌دهد که ۳۴/۷ درصد از تغییرات شیب مخروط‌های افکنه تحت تأثیر مستقیم پارامتر مستقل مساحت مخروط‌های افکنه است.

#### و- آنالیز رگرسیون مساحت حوضه آبگیر و دیگر پارامترها در مخروط‌های افکنه

یکی از مهمترین و اساسی ترین ابزارهای مطالعه ارتباط بین متغیرها، آنالیز رگرسیون می‌باشد. ارتباط خطی،

ساده‌ترین و متداول‌ترین نوع ارتباط بین دو متغیر است که تابع آن به صورت زیر می‌باشد:  
رابطه یک

$$y = \alpha + \beta X$$

در محاسبه پارامترهای دخیل در مخروط‌های افکنه مورد مطالعه، رگرسیون آنها مشخص گردید تا تعیین شود که ضریب  $\beta$  که نمایشگر شیب خط است، در ازای هر واحد تغییر در  $y$  چه تغییری در  $x$  صورت می‌گیرد. در محاسبات، مساحت حوضه‌ها به عنوان متغیر وابسته با مساحت مخروط‌های افکنه حاصل به عنوان متغیر مستقل به صورت و در نظر گرفته شد. میزان همبستگی‌ها برابر با  $r = 0/5112$  و مربع برابر با  $r^2 = 0/2613$  و مربع تنظیم شده برابر با  $0/2468$  بدست آمد. میزان  $\beta$  یا شیب خط رگرسیون برابر با  $0/511236$  بدست آمد. خطای استاندارد در این محاسبه برابر با  $15/8167$  بوده و مقدار معنی‌دار بودن  $F$  برابر با  $0/0001$  است که چون از  $0/5$  کمتر است، همبستگی معنی داری را بین دو پارامتر فوق‌الذکر نشان می‌دهد (جدول شماره ۲). از آنجا که مقدار عدد  $\beta$  در این محاسبه مثبت می‌باشد، شیب خط صعودی است و می‌توان یک رابطه خطی را بین  $x$  و  $y$  تعیین کرد؛ لذا باید خطی را روی نمودار به طریق چشمی ترسیم کرد که تقریباً از وسط نقاط بگذرد. یکی از راه‌های برازش این خط، روش حداقل مربعات است و بهترین برازش آن چنان خطی است که مجموع مربعات خطا، کمترین مقدار را داشته باشد و خطا عبارت است از فاصله عمودی بین مقدار واقعی مشاهده شده و مقداری که برای آن از خط برازش شده بدست می‌آید. مقدار مربعات خطا در محاسبه انجام شده برای رگرسیون مساحت حوضه‌های آبگیر مخروط‌های افکنه با مساحت مخروط‌های افکنه به روش خطی برابر با  $4514/593$  است.

میزان  $\alpha$  پس از محاسبات برابر با  $-5/45$  تعیین شده است. پس منحنی رگرسیون خطی به شکل رابطه «دو» در می‌آید:

رابطه دو

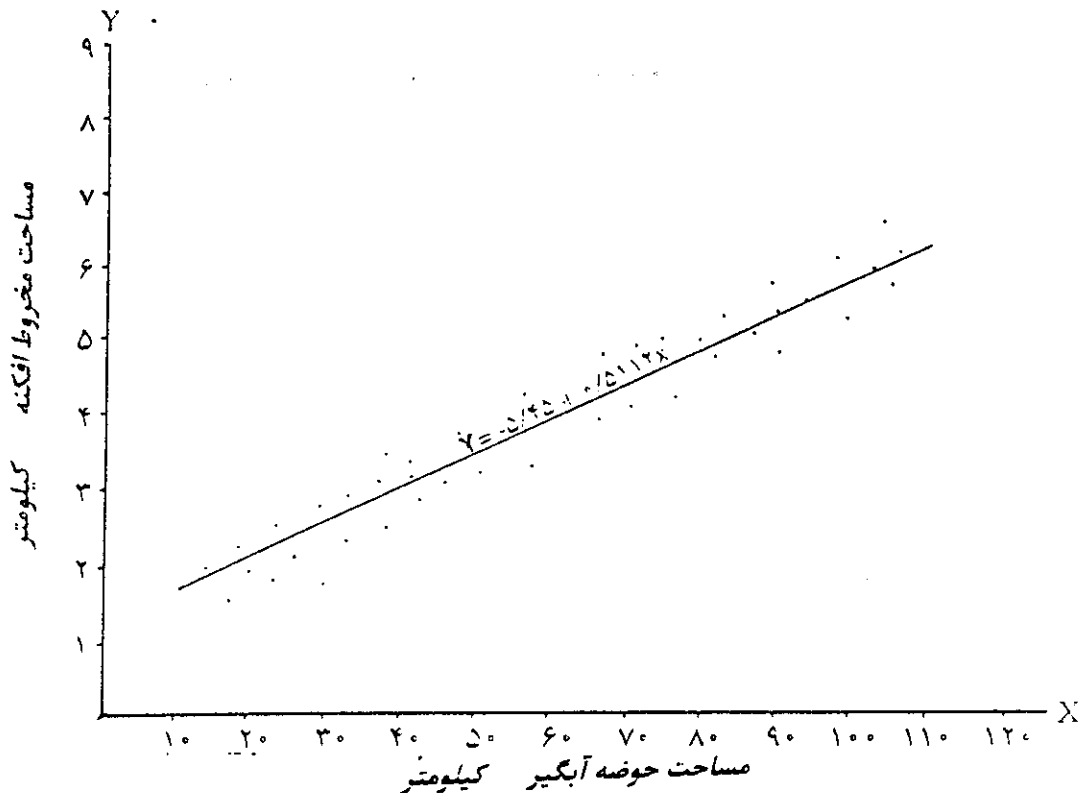
$$Y = -5.45 + 0.5112x$$

اکنون می‌توان مقادیر  $y$  را به ازای هر مقدار مشخص  $x$  برآورد کرد و مقدار انحراف معیار خطای تخمین (انحراف معیاری که پراکندگی نقاط را در بالا و پایین خط رگرسیون اندازه‌گیری می‌کند) در این محاسبه برابر با  $1/1303$  می‌باشد که در جدول شماره (۲) با علامت  $SE B$  نشان داده شده است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که بر اساس رابطه «یک» که در سال ۱۹۶۴ از سوی «بول» ارایه شده است (بول، ۱۹۶۴، ص ۱۶). مقدار  $C$  در این رابطه در منطقه مورد بررسی برابر با  $0/41123$  می‌باشد و رابطه «بول» برای حوضه مورد مطالعه نیز صادق بوده و قابل تعمیم می‌باشد (شکل شماره ۳).

ح - بررسی مقایسه ای مرفومتريک و ژئومتريک گروه‌های مخروط‌های افکنه با یکدیگر

همبستگی بین مساحت حوضه‌های آبگیر با مساحت مخروط‌های افکنه در نواحی مختلف حوضه تغییر می‌کند. علت این تغییرات تفاوت در ویژگی‌های زمین‌ساختی و لیتولوژیکی است که از مواد آذرین تادگرگونی و آهکی، و از گسل‌ها تا رورانده‌گی‌ها را شامل می‌شود (مهدوی، ۱۳۷۱).

شکل ۳- نمودار رگرسیون خطی بین مساحت مخروط افکنه ها و مساحت حوضه های آبخیز



ویژگی دیگری که می‌توان بین گروههای مختلف مخروط های افکنه در نظر گرفت و توضیح داد، همبستگی بین مساحت مخروط افکنه ها و شیب آنهاست و هر چه مساحت مخروط بیشتر باشد، میزان شیب آن کمتر می‌شود.

جدول ۲- آنالیز واریانس بین دو پارامتر مساحت حوضه آبخیز و مساحت مخروط افکنه ها

متغیر وابسته : مساحت حوضه آبخیز  
 متغیر مستقل : مساحت مخروط افکنه  
 روش : خطی  
 با حداقل حذف داده های مفقود

رگرسیون چند گانه : ۰/۵۱۱۲۴  
 مربع رگرسیون : ۰/۲۶۱۳۶  
 مربع رگرسیون تنظیم شده : ۰/۲۴۶۸۸  
 خطای استاندارد : ۱۵/۸۱۶۷۹

آنالیز واریانس		درجه آزادی	
مربع میانگین	مجموع مربعات		رگرسیون
۴۵۱۴/۵۹۳۰	۴۵۱۴/۵۹۳	۱	باقیمانده ها
۲۵۰/۱۷۰۸	۱۲۷۵۸/۴۱۲	۵۱	

مقدار اف (F) : ۱۸/۰۴۶۰۴  
 مقدار اف (F) : معنی دار : ۰/۰۰۰۱

## متغیرها در رابطه

متغیر	مقدار بتا (B)	انحراف معیار خطای تخمین (SE B)	شیب خط B	مقدار T	T معنی دار
مساحت مخروط	۴/۸۰۱۶۶۴	۱/۱۳۰۳۱۸	۰/۵۱۱۲۳۶	۴/۲۴۸	۰/۰۰۰۱
(ثابت)	۶/۵۷۷۴۹۶	۲/۷۲۷۶۴۷	-	۲/۴۱۱	۰/۰۱۹۵

میزان زاویه بتا (B): ۰/۵۱۱۲

میزان زاویه آلفا ( $\alpha$ ): ۰/۴۹-

خطای استاندارد: ۱/۱۳۰۳۱۸

برای مخروط های ۵۳ گانه مقدار این همبستگی ۰/۰۷ است. در مناطقی که مخروطها بر روی گسلها استقرار یافته اند، همبستگی مثبت بین دو پارامتر مساحت مخروط و شیب آن به ۰/۸۸+ می رسد که علت اساسی آن، وجود گسلها در این منطقه است که شیب مخروط را تحت تأثیر قرار داده و باعث شکست نیمرخ طولی آن شده است. شیب خط رگرسیون و خطای استاندارد بین مساحت حوضه آبرگیر با مساحت آن در مخروط افکنه های مورد بررسی به شرح زیر بوده است:

شیب خط رگرسیون	خطای استاندارد
۰/۷۹۶	۴/۷۷
۰/۹۲۶	۲/۱۱
۰/۷۹۹	۲/۰۴
۰/۳۳۴	۵/۲۱

عامل عمده در تغییر شیب خط رگرسیون بین مساحت حوضه آبرگیر مخروط و مساحت حوضه آن در مخروطهای کوه گرین نسبت به دیگر مخروطهای منطقه، تنها می تواند غلبه شدید سنگ آهکها و فعالیت های انحلالی کارستی در منطقه غربی حوضه مورد بررسی بوده باشد.

### بحث و نتیجه گیری در مورد فرایند های تشکیل مخروط های افکنه در منطقه مورد مطالعه

با توجه به بررسیهای انجام شده، تشکیل مخروط های افکنه در منطقه مورد مطالعه رامی توان به سه فرایند عمده نسبت داد:

الف) فرایند جریانی که طی آن مخروطهای افکنه در محل های خروج رودها از درون گلوگاه های کوهستانی تشکیل می شوند. در منطقه مورد مطالعه حداقل ۴ مخروط افکنه نسبتاً وسیع حاصل چنین فرایندی هستند. تمامی مخروطهای مذکور سپس تحت تأثیر نیروهای زمین ساختی قرار گرفته و دچار تجزیه نیمرخ طولی مخروط، فرونشینی بستر مخروط و افزایش عمق نهشته ها، تغییر شیب سطحی مخروط، گود شدگی مجرای رأس مخروط و جابه جایی مکان مخروط شده و این موارد سبب گسترش قابل ملاحظه ابعاد مخروطها گردیده است.

ب) فرایند جریان مواد منفصل سطحی که طی آن در مکان‌های مناسب و در پای جبهه کوهستانی، مخروط‌های افکنه در محل خروج مجاری سطحی موقتی بوجود آمده‌اند. شیب عمومی این مخروط‌ها اغلب از شیب عمومی منطقه و شیب متوسط مخروط‌های دسته اول می‌باشد.

با این حال، در میان مخروط‌ها نیز نشانه‌هایی از حرکات زمین ساخت، تجزیه طولی مخروط‌ها و گسترده‌گی ابعاد مخروط دیده می‌شود.

ج) مخروط‌های مرکب حاصل از عمل دو فرایند جریان و حرکت مواد منفصل سطحی که تعداد این گونه مخروط‌ها بیش از سایر انواع آنهاست و اغلب در قسمت شرقی حوضه مورد مطالعه مشاهده می‌شوند. سن این مخروط‌ها قدیمی‌تر از مخروط‌های دسته اول و دوم است. بررسی‌های زمینی روی مخروط‌های افکنه منطقه نشانگر آن است که مخروط‌های قدیمی‌تر هنوز فعالیت جدی‌تری نسبت به مخروط‌های جوانتر دارند؛ زیرا حرکت مواد منفصل بر روی مخروط در منطقه شرق حوضه همچنان ادامه دارد و بر قطر مواد سطحی مخروط‌ها می‌افزاید. تغییر و تحوّل در مخروط‌های جوانتر منطقه (مخروط‌های دامنه شرقی و شمالی کوه‌های گرین) به دو صورت انجام می‌گیرد:

- ۱- تحولات ناشی از وقایع شدید هیدرولوژیکی مثل سیلابهای اتفاقی در حوضه‌ها که معمولاً ابعادی وسیع اما تداومی اندک دارند و سبب تحولات سریع و دگرشکلی‌های اساسی در حوضه می‌شوند.

- ۲- تحولات ناشی از فعالیت‌های زمین‌شناختی و جابه‌جایی گسلها و رانده‌گی‌ها و تجزیه مخروط‌ها و فرونشینی

آنها که موجب دگرگونی ظاهری مخروط‌ها شده و بر ابعاد آنها تأثیر مشخصی ندارد (بول، ۱۹۶۸، ص ۱۶).

بررسی‌های «آماری» انجام شده نشان دهنده قابلیت تعمیم رابطه «بول» در مورد همبستگی بین مساحت حوضه آبرگیر و مساحت مخروط افکنه حاصل می‌باشد. همچنین این بررسی کارآ بودن روشهای آماری را در بررسی‌های ژئومرفولوژیکی اثبات نمود. روش‌های مذکور برای بررسی سایر مخروط افکنه‌ها در دیگر نواحی کشور که فرایندهای تشکیل و تحوّل مخروط‌های افکنه در آنها متفاوت است، نیاز به آزمون دارند؛ اما برای نواحی مشابه ژئومرفولوژیکی، قابلیت تعمیم دارند.

## منابع و مأخذ

- ۱- برزگر، فرخ و همکاران، ۱۳۷۶، بهنه بندی خطر نسبی زمین لرزه در ایران، چاپ اول، انتشارات مرکز مطالعات و تحقیقات شهر سازی و معماری ایران، تهران.
  - ۲- سازمان آب منطقه ای غرب، ۱۳۷۱، بررسی پتانسیل آبی آهکهای منطقه نهاوند حوضه ۲۲۰۷۷، سازمان تحقیقات منابع آب (تماب) تهران.
  - ۳- سازمان جغرافیایی کشور، ۱۳۵۵، عکس های هوایی منطقه حوضه گاماسیاب با مقیاس متوسط ۵۵/۰۰۰: ۱، از فتواندکس شماره ۲۰،
  - ۴- سازمان جغرافیایی کشور، ۱۳۵۴ تا ۱۳۷۱، نقشه های توپو گرافی ۵۰/۰۰۰: ۱ منطقه نهاوند و پیرامون به شماره شاخص های ۵۶۵۸، ۵۶۵۷، ۵۶۵۸ I
  - ۵- سازمان نقشه برداری کشور، ۱۳۷۴، عکس های هوایی منطقه نهاوند، با مقیاس ۴۰/۰۰۰: ۱
  - ۶- محمودی، فرج ا...، ۱۳۶۷، تحولات ایران در کوتاهترین، پژوهشهای جغرافیایی، مؤسسه جغرافیای دانشگاه تهران، تهران.
  - ۷- مهدوی، محمد، ۱۳۷۱، هیدرولوژی کاربردی، جلد دوم، انتشارات دانشگاه تهران، تهران ۸- مهدوی، محمد علی، ۱۳۷۱، گزارش و نقشه زمین شناسی ۱۰۰/۰۰۰: ۱ ورقه نهاوند، چاپ اول سازمان زمین شناسی کشور، تهران.
  - ۸- نقیب زاده، ماهیدشتی، بهنام، ۱۳۷۳، کاربرد تکنیک های آماری در بررسی برآورد پیش بینی سیلابها و خشک سالیها در منطقه حوزه آبریز رود گاماسیاب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران، تهران.
- 9- Bull, W. B. 1964. Geomorphology of Segmental Alluvial Fans in Fresno County, California, American Journal of Science, P.264, U.S.A.
  - 10- Bull, W.B. 1968, Alluvial Fans. Journal of Geologic Education, P. 16. N.Y. , U.S.A.
  - 11- Gohain, K. 1990. Morphology of kosi Megafan, in Alluvial Fans. edited by: A .H. Rachoki, John Willey, N.Y. pp151-3.
  - 12- Harvey, A. M. 1988. Controls of Alluvial Fans Development : The Alluvial Fans of Sirra de Carrascoy, Murica, Spain, Catena Suppl., P.13. U.S.A.
  - 13- Kostaschuk, R.A. et all, 1986, Depositional Processes and Alluvial Fan Drainage basin, morphometric relationships near Banf, Alberta, Canada, Earth Surface Processes and landforms, P.11.