

روابط کمی بین حجم مخروط‌افکنه‌ها و ارتباط آن با تکتونیک فعال (نمونه‌ی موردی: حوضه‌ی آبخیز گویر دق سرخ در ایران مرکزی)

مصطفی خبازی* - دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه اصفهان
عبدالله... سیف - استادیار دانشکده‌ی علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان
مسعود معیری - دانشیار دانشکده‌ی علوم جغرافیایی و برنامه‌ریزی، دانشگاه اصفهان
مریم نوحه سرا - کارشناس ارشد جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری، دانشگاه آزاد نجف‌آباد

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۹/۱۲ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۳/۲۸

چکیده

مخروط‌افکنه‌ها یکی از مهم‌ترین لندفرم‌های کوتاه‌تری شمرده می‌شوند که می‌توان از آنها به‌عنوان پدیده‌ای ژئومورفیک، در شناخت میزان فعالیت‌های تکتونیک بهره جست. در این پژوهش نخست، مخروط‌افکنه‌های حوضه‌ی آبخیز دق سرخ در ایران مرکزی از نظر تعداد، مساحت و نحوه‌ی پراکنش در ارتباط با ویژگی‌های فیزیکی حوضه‌های آبریز بالادست، همچون مساحت، طول، ارتفاع کم، متوسط و مطلق محاسبه شد. سپس تلاش گردید بر اساس رابطه‌های موجود، ارتباط معناداری میان میزان فعالیت‌های تکتونیک و حجم مخروط‌افکنه‌ها و مساحت حوضه‌ی آبریز آنها برقرار شود. در گام بعد با استفاده از ۶ شاخص ژئومورفیک، میزان فعالیت‌های تکتونیک منطقه (Lat) ارزیابی شد. پارامترهای (S)، (R)، (h) با استفاده از نرم‌افزارهای Arc GIS و Auto CAD به‌دست آمد. نتایج پژوهش نشان داد، گرچه بین عوامل حجم مخروط‌افکنه‌ها (V) و مساحت حوضه‌ی آبخیز بالادست (BA)، می‌تواند روابط معنادار بالایی وجود داشته باشد، اما در محدوده‌ی مطالعاتی، مساحت حوضه‌های بالادست مخروط‌افکنه‌ها (BA) تأثیر معناداری بر حجم آنها (V) ندارد؛ بنابراین با مطالعه‌ی ویژگی‌های زمین‌شناسی، استخراج لایه‌ها و روی هم‌اندازی محدوده‌های حوضه‌های آبریز بالادست، محدوده‌ی مخروط‌افکنه‌ها و گسل‌ها، مشخص شد. بررسی‌ها نشان داد وجود گسل در حوضه‌های بالادست مخروط‌افکنه‌ها تأثیر زیادی در افزایش حجم آنها ایفا کرده، به‌گونه‌ای که در هر حوضه، بالاترین مقدار عامل V مربوط به مخروطی است که در حوضه‌ی بالادست آن گسل وجود دارد. بنابراین عامل تکتونیک نقش اصلی در افزایش یا کاهش حجم مخروط‌افکنه‌ها داشته و مساحت حوضه‌ی بالادست (BA)، به‌عنوان یک عامل فرعی شمرده می‌شود.

کلیدواژه‌ها: کوتاه‌تری، لندفرم، مخروط‌افکنه، تکتونیک فعال، گسل، دق سرخ.

مقدمه

مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها با سطوح مختلف، شاید به‌عنوان شاخصی از فعالیت‌های تکتونیکی شناخته شود؛ زیرا ممکن است مخروط‌افکنه‌ها بازتابنده‌ی میزان فرآیندهای تکتونیکی، از جمله گسل خوردگی، بالاراندگی، جابه‌جایی و چین‌خوردگی در طول و مجاور پیشانی کوهستان باشد. در این زمینه، گرچه مطالعات زیادی در مورد رابطه‌ی تکتونیک و مخروط‌افکنه‌ها انجام شده است (بول^۱، ۱۹۷۷؛ آکساندر و لیدر^۲، ۱۹۸۷؛ هاروی^۳، ۱۹۸۷؛ دسلز^۴، ۱۹۹۱؛ سیلوا^۵ و همکاران، ۱۹۹۲؛ گوپتا^۶، ۱۹۹۷؛ لی^۷، ۱۹۹۹؛ مالیک^۸ و همکاران، ۲۰۰۱؛ ویسراس و همکاران^۹، ۲۰۰۳؛ روبوستلی و همکاران^{۱۰}، ۲۰۰۵؛ کومار و همکاران، ۲۰۰۷)، اما به ارتباط حجم مخروط‌افکنه و تکتونیک فعال، کمتر توجه شده و پژوهش‌های مربوط به حجم مخروط‌افکنه‌ها کمابیش محدود است.

حوضه‌ی آبخیز دق سرخ در قسمت میانی ایران و در زون تکتونیکی ایران مرکزی قرار دارد. بلوک‌های ساختمانی در این بخش از ایران، نتیجه‌ی فرآیند تکتونیکی آلپین جوان هستند و روند کلی ساختمان‌های اصلی زمین‌شناسی در ناحیه، منطبق با روند عمومی زون‌های تکتونیکی سندج - سیرجان و زاگرس است. این ناحیه، به‌دلیل برخورداری از شرایط پیچیده‌ی تکتونیکی گسل‌های متعددی دارد، از جمله، گسل درونه در شمال، گسل نائین - بافت در شرق و مهم‌ترین آن، گسل راستگرد قم - زفره با امتداد عمومی شمال‌غربی - جنوب‌شرقی که از دره‌ی تکتونیکی شهر نطنز گذشته و به‌احتمال، در به‌وجود آمدن فعالیت‌های ماگمایی و آتشفشانی ائوسن نقش دارد. از دیگر ویژگی‌های تکتونیکی ناحیه، فرورفتگی قم - اردکان است که ناحیه‌ی مورد مطالعه در بخش جنوبی آن قرار دارد. از دیدگاه تکتونیکی، این فرورفتگی در دو مرحله‌ی ساختمانی، طی دوره‌های آلیگومیوسن و پلیوسن - کواترنری شکل گرفته است.

هدف این پژوهش بررسی درجه فعالیت‌های تکتونیکی در چهار زیرحوضه‌ی محدوده‌ی مطالعاتی از یک‌سو و محاسبه‌ی حجم مخروط‌افکنه‌ها بر اساس مورفومتری آنها از سوی دیگر و همچنین بررسی نقش تکتونیک در حجم مخروط‌افکنه‌ها است. کشف روابط معنادار بین حجم مخروط‌افکنه‌ها و مساحت حوضه‌ی آبریز، از دیگر اهداف این پژوهش است.

پیشینه‌ی تحقیق

دریو در سال ۱۸۷۳ میلادی واژه‌ی مخروط‌افکنه را برای نخستین بار مورد استفاده قرار داد. سپس بررسی‌ها در مورد

1. Bull
2. Alexaner and Leeder
3. Harvey
4. Decelles
5. Silva
6. Gupta
7. Li
8. Malik
9. Viseras
10. Robustelli

مخروط‌افکنه، از سوی سازمان زمین‌شناسی آمریکا در نیمه‌ی دوم قرن نوزدهم انجام گرفت. نتایج این بررسی‌ها در مقاله‌های گیلبرت^۱ (۱۸۷۶) و مک‌گی^۲ (۱۸۹۷) قابل مشاهده است. سال ۱۹۶۳، نقطه‌ی عطف مخروط‌افکنه‌ها بود. بلیسن باخ^۳ در این سال، مقاله‌ی خود را با تحقیق در مورد مخروط‌افکنه‌های موجود در کوهستان وایت منتشر کرد. پس از آن پژوهشگران دیگری چون، لوستینگ^۴، دنی^۵، ملتون^۶ (۱۹۶۵)، هوک^۷ (۱۹۶۷)، واسون^۸ (۱۹۷۴)، ولز و هاروی^۹ (۱۹۸۷)، اقدام به انتشار مقاله‌هایی در رابطه با مخروط‌افکنه‌ها کردند.

ناینگا^{۱۰} و واسون^{۱۱} (۱۹۸۵: ۵۶) با هدف برآورد حجم فرسایش درازمدت حوضه‌های زهکشی، روابط ریاضی را برای محاسبه‌ی حجم مخروط‌افکنه‌ها ارائه کردند. چرچ^{۱۲} (۱۹۹۷: ۱۰۶) بر اساس یک روش ساده، حجم مخروط‌افکنه‌های شمال غرب ورمونت در ایالات متحده را محاسبه کرد. لوید^{۱۳} و همکاران (۱۹۹۸: ۸۶۹) با بررسی حجم مخروط‌افکنه‌های پیرنه‌ی جنوبی در اسپانیا، نتیجه گرفتند که حجم مخروط‌افکنه‌ها متأثر از لیتولوژی و تکتونیک است. کاتن^{۱۴} (۲۰۰۲: ۹) بر اساس ویژگی‌های مورفومتریک مخروط‌افکنه، حجم مخروط‌افکنه بوون^{۱۵} در ورمونت را محاسبه کرد.

بیلیس^{۱۶} (۲۰۰۹: ۱۲۳) حجم مخروط‌افکنه‌ها را بر اساس مدل ارتفاعی رقومی با کمک نرم‌افزار Arc Map در سواحل کایل کورا^{۱۷} در نیوزلند محاسبه کرد. جیلِس^{۱۸} (۲۰۱۰: ۳۱۹) حجم مخروط‌افکنه‌های دره‌ی بوو^{۱۹} در کانادا و منطقه‌ی آبساروکا^{۲۰} در وایومینگ ایالات متحده‌ی آمریکا را محاسبه و رابطه‌ی آنها را با مساحت مخروط‌افکنه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار داد.

در ایران نیز، با اینکه پژوهش‌های زیادی در مورد مخروط‌افکنه‌ها انجام شده است (خیام و مختاری کشکی، ۱۳۸۲، در دامنه‌های شمالی میشو داغ؛ یمانی و مقصودی، ۱۳۸۲، در چاله‌ی سیرجان؛ عابدینی و رجایی، ۱۳۸۵، در ارتفاعات دره‌ی دیز - دیوان داغ؛ مختاری کشکی و همکاران، ۱۳۸۶، در پیرامون توده‌ی کوهستانی میشوداغ؛ مقصودی، ۱۳۸۷، در منطقه‌ی جاجرود؛ روستایی و همکاران، ۱۳۸۸، در دامنه‌های جنوبی آلاداغ و بهرامی و همکاران،

1. Gilbert
2. McGee
3. Blissenbach
4. Lusting
5. Denny
6. Melton
7. Hooke
8. Wasson
9. Wells & Harvey
10. Nanninga
11. Wasson
12. Church
13. Loyd
14. Cotton
15. Bowen
16. Baylis
17. Kailkoura
18. Giles
19. Bow
20. Absaroka

۱۳۹۰، در چهار مخروط‌افکنه در زاگرس چین خورده)، تا کنون پژوهشی در ارتباط با بررسی حجم مخروط‌افکنه‌ها و ارتباط آن با تکتونیک انجام نشده است.

مواد و روش‌ها

هدف اصلی این پژوهش، محاسبه‌ی حجم مخروط‌افکنه‌ها و بررسی ارتباط آن با ویژگی‌های تکتونیک حوضه‌ی آبخیز دق سرخ است. برای دستیابی به این هدف، نخست با روش کتابخانه‌ای، به جمع‌آوری مقاله‌ها، کتاب‌ها و منابع داخلی و خارجی پرداخته و مشخص شد، از بین روش‌های محاسبه‌ی حجم مخروط‌افکنه‌ها، روش‌های چرچ (۱۹۹۷) و گیلز (۲۰۱۰) از کارایی بالایی برای برآورد حجم مخروط‌افکنه‌ها برخوردار هستند (شکل‌های ۱ و ۲). در گام بعد، از نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای ETM+ 2008 برای تعیین و مرزبندی حوضه‌ی مطالعاتی استفاده شد. سپس نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و ۱/۲۵۰۰۰۰ منطقه، در محیط نرم‌افزار Arc GIS برای استخراج ویژگی‌های لیتولوژیکی، جنس سازنده‌ها و لایه گسل‌ها، رقمی شدند. از DEM محدوده نیز، برای برخی محاسبات استفاده شد. در گام بعدی، محدوده‌ی مخروط‌افکنه‌ها، زاویه‌ی جاروب یا زاویه‌ی بین دو حاشیه‌ی مخروط‌افکنه در رأس آن (S) و شعاع مخروط‌افکنه یا فاصله‌ی افقی بین رأس و قاعده‌ی مخروط (R) برای ۱۱۹ مخروط‌افکنه، به کمک تصاویر ماهواره‌ای ETM+ 2008، SID و مطالعه‌ی میدانی ترسیم شدند. این اطلاعات وارد نرم‌افزار Arc GIS 9.3 شدند و زاویه‌ی جاروب و شعاع مخروط‌افکنه‌ها به دست آمد. پس از وارد کردن محدوده‌ی مخروط‌افکنه به نرم‌افزار Arc GIS با استفاده از نقشه‌ی توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و DEM منطقه، اختلاف ارتفاع رأس و قاعده‌ی مخروط‌افکنه‌ها (h) نیز محاسبه شد. محاسبه‌ی حجم مخروط‌افکنه‌ها بر اساس رابطه‌ی شماره‌ی ۱ به دست آمد (برگرفته از چرچ، ۱۹۹۷: ۱۰۷ و جیلس، ۲۰۱۰: ۳۲۱).

$$V = \left(\frac{\pi \times R^2 \times h}{3} \right) \times \left(\frac{S}{360} \right) \quad \text{رابطه‌ی (۱)}$$

که در آن:

V: حجم مخروط‌افکنه به متر مکعب،

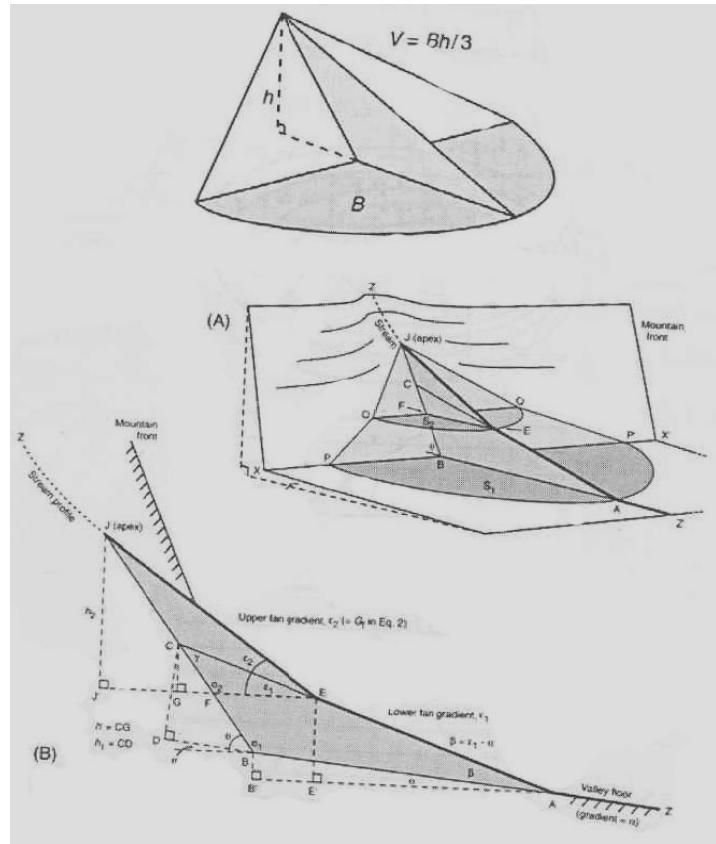
R: شعاع مخروط به متر،

h: اختلاف ارتفاع بین رأس و قاعده‌ی مخروط به متر،

S: زاویه‌ی جاروب (درجه)

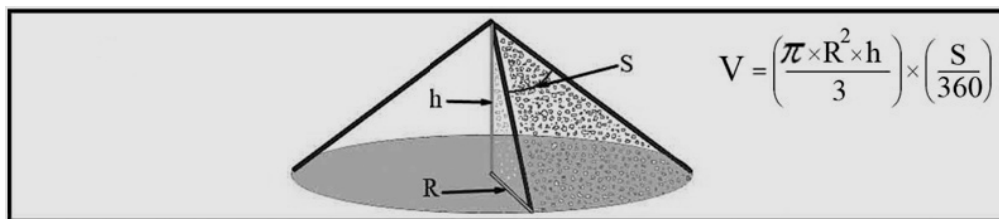
π : عدد ۳/۱۴ است.

شکل شماره‌ی ۱ شاخص‌های مورد نیاز برای محاسبه‌ی حجم مخروط را به‌طور شماتیک نشان می‌دهد.



شکل ۱. شاخص‌های مورد نیاز برای محاسبه‌ی حجم مخروط به‌طور شماتیک

برگرفته از: مقصدی، ۱۳۹۰

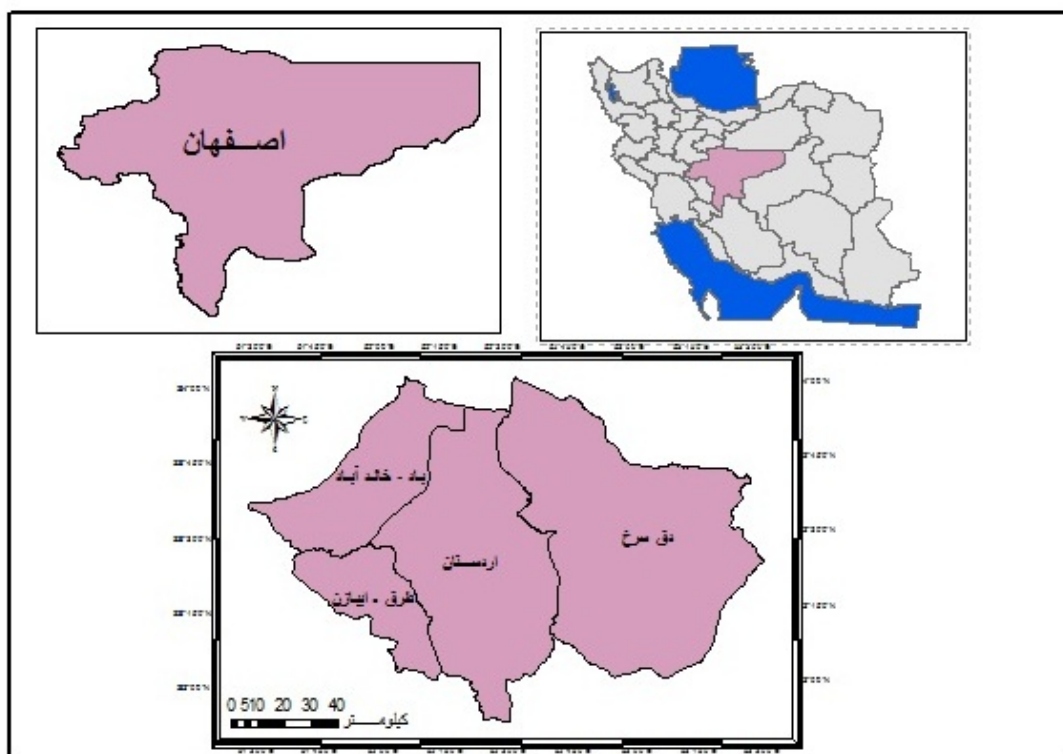


شکل ۲. نحوه‌ی محاسبه‌ی حجم بخش‌های مختلف یک مخروط افکنه (گیلز، ۲۰۱۰)

پس از محاسبه‌ی حجم ۱۱۹ مخروط افکنه و مشخص شدن نقطه‌ی خروجی هر مخروط، بر اساس آن، اقدام به بستن مرزهای حوضه‌ی آبریز هر مخروط افکنه کردیم. بنابراین ۱۱۹ حوضه‌ی آبریز فرعی را روی نقشه‌های توپوگرافی ترسیم کرده و مساحت هریک را محاسبه و درنهایت، از نظر آماری بین مساحت حوضه‌های آبریز و حجم مخروط افکنه‌های مربوطه همبستگی ایجاد کردیم.

موقعیت جغرافیایی منطقه‌ی مورد مطالعه

منطقه‌ی مورد مطالعه در محدوده‌ی عرض‌های ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه و ۵۶ ثانیه تا ۳۴ درجه و ۱ دقیقه و ۱۸ ثانیه‌ی شمالی و محدوده‌ی طول‌های ۵۱ درجه و ۲۷ دقیقه و ۵۰ ثانیه تا ۵۳ درجه و ۳۱ دقیقه و ۱۹ ثانیه‌ی شرقی قرار دارد. این منطقه در دامنه‌ی شمالی زون سنندج - سیرجان و در بخش جنوبی و قسمت میانی زون تکتونیکی ایران مرکزی قرار گرفته است. از دیدگاه ریخت‌شناسی، ارتفاع دربرگیرنده‌ی دشت، به دلیل ماهیت لیتولوژیکی (بیشتر آذرین) و پایداری نسبی در مقابل عوامل فرسایشی، کمتر دستخوش تغییرات شده و اغلب ستیخ‌های بلندی را می‌سازند. در بخش‌های جنوبی محدوده و مجاورت با سازندهای سخت حواشی ارتفاعات، مخروط‌افکنه‌های با بافت درشت‌دانه در جذب رواناب‌ها و انتقال آنها به آبخوان نقش بسزایی را ایفا می‌کنند. با تغییر شرایط رسوب‌گذاری در بخش‌های میانی، شیب سطح زمین هموار شده و به جز تپه‌ماهورهای ماسه‌ای که به‌طور پراکنده در نقاط مختلف، به‌ویژه در اطراف شهر بادرود و بخش‌های شمالی روستای مهاباد و نواحی شمالی دشت گسترش دارند و در بقیه‌ی نقاط تغییرات مورفولوژیکی آرام است.



شکل ۳. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

یافته‌های تحقیق

چنانچه داده‌های مربوط به عمق رسوبات در مخروط‌افکنه‌ها موجود باشد، محاسبه‌ی حجم مخروط‌افکنه‌ها امکان‌پذیر است، در غیر این صورت، چون حجم مفهومی سه‌بعدی است، می‌توانیم از روابط مثلثاتی و هندسی مخروط‌ها استفاده کنیم. به‌گفته‌ی بهتر، می‌توان با استفاده از مورفومتری مخروط‌افکنه‌ها، حجم مخروط‌افکنه‌ها را محاسبه کنیم. برای

محاسبه‌ی حجم مخروط‌افکنه‌ها شاخص‌هایی چون، زاویه‌ی جاروب (S)، اختلاف ارتفاع بین رأس و قاعده‌ی مخروط (h) و شعاع مخروط یا فاصله‌ی افقی بین رأس و قاعده‌ی مخروط (R) مورد نیاز است که از تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی قابل استخراج هستند. در این پژوهش نخست، حوضه‌ی آبخیز دق سرخ به چهار زیرحوضه‌ی تقسیم شد و براساس تصاویر ماهواره‌ای، نقشه‌های توپوگرافی ۱/۵۰۰۰۰ و بررسی‌های میدانی محدوده‌ی هر مخروط‌افکنه ترسیم شد. شاخص‌های (S, h, R) جداگانه برای همه حوضه‌ها محاسبه شد و بر اساس رابطه‌ی شماره‌ی ۱ حجم مخروط‌افکنه‌ها حساب شد. همچنین برای ارزیابی تأثیر تکتونیک در حجم مخروط‌افکنه‌ها همبستگی‌ای بین مساحت حوضه‌ی آبریز هر مخروط‌افکنه با حجم آن ایجاد کردیم. (جدول شماره‌ی ۱، ۲، ۳ و ۴).

۱- حوضه‌ی اردستان

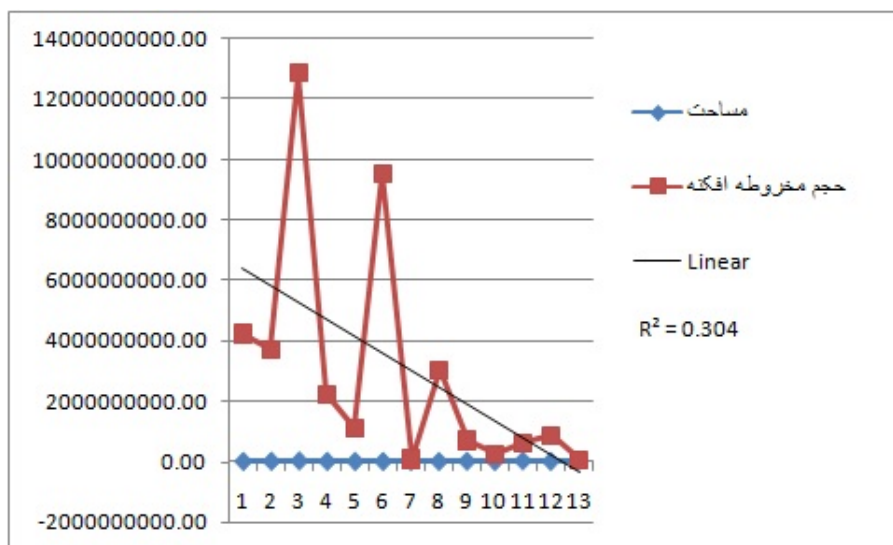
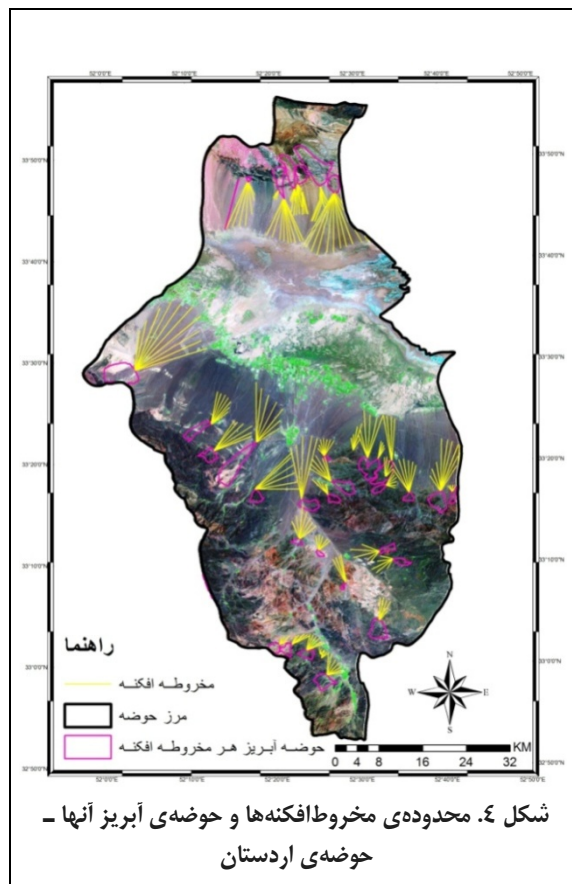
با توجه به جدول شماره‌ی ۱، کمترین حجم مخروط‌افکنه ۶۱ ۷۵۰۲۷۲۷۷/۶۱ مترمکعب و بیشترین آن ۱۲۸۶۶۳۶۷۶۸۲ مترمکعب است. شکل شماره‌ی ۵ نشان می‌دهد که رابطه‌ی معناداری بین مساحت حوضه‌ی بالادست مخروط‌ها (BA) و حجم مخروط‌افکنه‌ها (V) وجود ندارد، به‌گونه‌ای که ضریب همبستگی بین دو عامل مذکور حدود ۰/۳۰ است.

جدول ۱. شاخص‌های کمی مخروط‌افکنه‌های زیرحوضه‌ی اردستان

حجم مخروط‌افکنه V	شعاع مخروط‌افکنه R	زاویه‌ی جاروب S	ارتفاع مطلق - کمترین ارتفاع H-Hmin(h)	کمترین ارتفاع Hmin	ارتفاع مطلق H	تعداد مخروط‌افکنه
۴۲۴۶۱۹۸۲۳۰	۹۱۸۱/۷۰	۶۱	۲۸۴	۹۶۱	۱۲۴۵	۱
۳۷۳۶۷۷۵۱۴۶	۷۳۱۲/۷۸	۱۲۲	۱۹۷	۹۵۰	۱۱۴۷	۲
۱۲۸۶۶۳۶۷۶۸۲	۱۴۲۱۲/۲۸	۶۷	۳۲۷	۹۵۸	۱۲۸۵	۳
۲۲۴۸۷۰۷۳۵۲	۸۱۴۳/۱۰	۴۸	۲۴۳	۹۸۲	۱۲۲۵	۴
۱۱۰۶۸۱۸۸۲۴	۷۷۰۲/۲۸	۲۳	۲۷۹	۱۱۴۹	۱۴۲۸	۵
۹۵۴۴۵۷۳۲۲۴	۹۸۵۲/۳۲	۷۶	۴۴۵	۱۰۷۵	۱۵۲۰	۶
۱۰۴۲۸۶۳۰۷	۱۶۶۲/۹۳	۱۰۹	۱۱۹	۱۳۶۲	۱۴۸۱	۷
۳۰۴۳۸۲۹۷۲۰	۵۲۳۹/۹۱	۱۲۳	۳۱۰	۱۲۲۴	۱۵۳۴	۸
۷۲۰۵۷۰۱۹۳/۴	۷۷۱۸/۶۰	۱۶	۲۶۰	۹۷۵	۱۲۳۵	۹
۲۷۰۱۹۴۴۰۹/۵	۳۶۷۳/۱۵	۴۲	۱۶۴	۱۲۲۳	۱۳۸۷	۱۰
۶۱۵۹۱۲۸۵۴/۲	۶۴۰۷/۴۰	۳۰	۱۷۲	۱۰۴۱	۱۱۸۶	۱۱
۸۵۸۱۹۸۹۹	۵۷۷۹/۲۸	۴۴	۲۰۱	۱۰۴۸	۱۲۴۹	۱۲
۷۵۰۲۷۲۷۷/۶۱	۲۲۹۵/۸۱	۳۲	۱۵۳	۱۰۶۲	۱۲۱۵	۱۳

جدول ۲. حجم مخروط افکنه و مساحت هر حوضه‌ی فرعی در زیر حوضه‌ی اردستان

مساحت هر زیر حوضه M ² (BA)	حجم مخروط افکنه M ³ (V)	تعداد مخروط افکنه
۸۰۴۷۴۹۵/۱۹	۴۲۴۶۱۹۸۳۰	۱
۲۱۹۶۵۹۳	۳۷۳۶۷۷۵۱۴۶	۲
۲۲۵۷۹۴۰/۹۶	۱۲۸۶۶۳۶۷۶۸۲	۳
۲۱۱۴۱۳۹۳/۰۹	۲۲۴۸۷۰۷۳۵۲	۴
۸۴۰۳۴۸۴/۱۹	۱۱۰۶۸۱۸۸۲۴	۵
۵۰۸۲۳۶۰/۵۱	۹۵۴۴۵۷۳۲۲۴	۶
۲۴۱۲۹۴۴/۴۲	۱۰۴۲۸۶۳۰۷	۷
۲۹۰۷۱۲۰/۸۲	۳۰۴۳۸۲۹۷۲۰	۸
۱۸۹۹۵۰۸/۷۵	۷۲۰۵۷۰۱۹۳/۴	۹
۶۶۹۲۸۶۸/۴۹	۲۷۰۱۹۴۴۰۹/۵	۱۰
۴۳۲۵۷۴/۹۳	۶۱۵۹۱۲۸۵۴/۲	۱۱
۵۰۰۸۶/۲۴	۸۵۸۱۱۹۸۹۹	۱۲
۱۸۷۳۴۲۹۷/۹۸	۷۵۰۲۷۲۷۷/۶۱	۱۳



شکل ۵. رابطه‌ی خطی بین مساحت حوضه‌ی بالادست مخروطها (BA) و حجم مخروط افکنه‌ها (V) حوضه‌ی اردستان

۲- حوضه‌ی باد خالدآباد

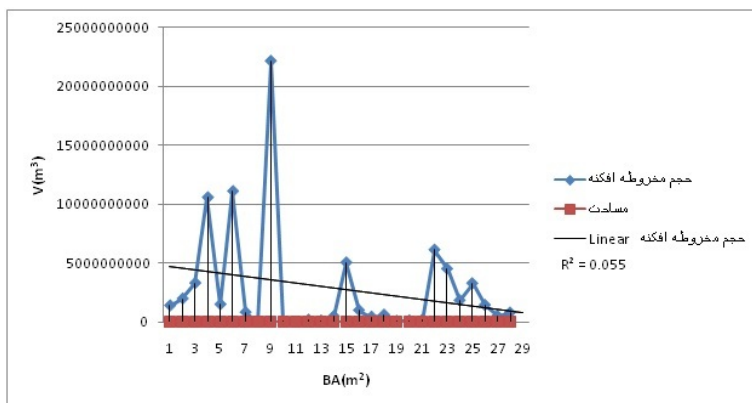
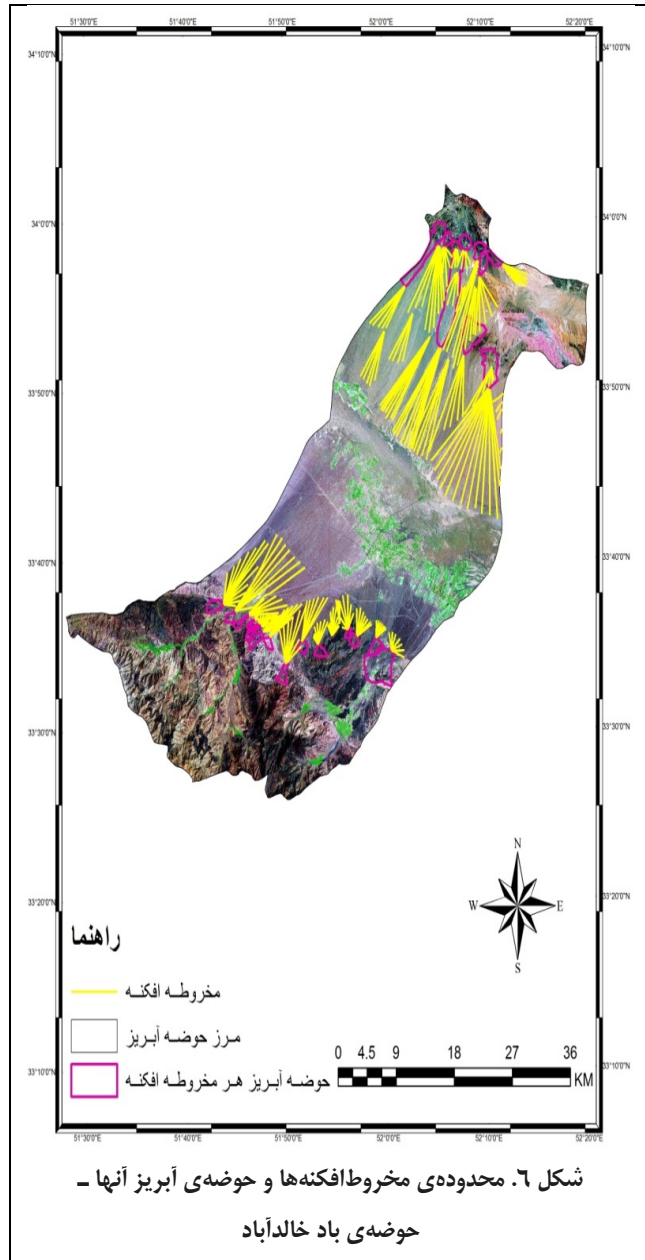
با دقت در جدول شماره‌ی ۳ درمی‌یابیم، کمترین حجم مربوط به مخروط‌افکنه‌ی شماره‌ی ۱۱ با (۱۱۳۳۷۹۸۶/۱۲) مترمکعب و بیشترین آن به مخروط‌افکنه شماره‌ی ۹ با (۲۲۱۶۲۷۸۶۰۴۸۹) مترمکعب اختصاص دارد. محاسبه‌ی ضریب همبستگی بین مساحت حوضه‌ی بالادست مخروط‌ها (BA) و حجم مخروط‌افکنه‌ها (V) نشان می‌دهد، رابطه‌ی معناداری بین آنها وجود ندارد، به‌گونه‌ای که ضریب همبستگی بین دو عامل مذکور حدود ۰/۵ است (شکل شماره‌ی ۷).

جدول ۳. شاخص‌های کمی مخروط‌افکنه‌های زیر حوضه‌ی باد خالدآباد

تعداد مخروط‌افکنه	ارتفاع مطلق	کمترین ارتفاع	ارتفاع مطلق - کمترین ارتفاع	زاویه‌ی جاروب	شعاع مخروط‌افکنه	حجم مخروط‌افکنه
۱	۱۲۵۷	۹۵۵	۳۰۲	۱۳	۱۱۰۴۹/۳۲	۱۳۹۳۵۶۵۱۹۴
۲	۱۲۴۵	۹۸۵	۲۶۰	۱۸	۱۲۰۵۱/۸۹	۱۹۷۶۳۴۱۸۳۵
۳	۱۲۶۷	۹۹۸	۲۶۹	۳۰	۱۱۸۵۷/۲۷	۳۲۹۸۷۴۵۷۶۶
۴	۱۲۰۹	۹۶۸	۲۴۱	۱۱۴	۱۱۵۰۳/۸۸	۱۰۵۷۱۰۰۹۷۳۰
۵	۱۲۲۸	۹۸۴	۲۴۴	۱۶	۱۱۴۵۴/۳۱	۱۴۸۹۲۰۱۸۵۰
۶	۱۶۱۴	۱۲۱۸	۳۹۶	۹۸	۹۹۲۱/۳۱	۱۱۱۰۶۱۹۲۴۲۴
۷	۱۲۳۵	۱۰۷۰	۱۶۵	۱۰۹	۳۹۵۸/۳۲	۸۱۹۲۹۰۹۰۹/۵
۸	۱۱۸۹	۱۱۲۹	۶۰	۱۲۱	۲۰۳۵/۲۷	۸۷۴۳۵۲۳/۹
۹	۱۵۴۵	۱۱۶۱	۳۸۴	۱۴۵	۱۱۷۰۰/۶۴	۲۲۱۶۲۷۸۶۰۴۸
۱۰	۱۴۷۹	۱۳۸۹	۹۰	۶۷	۱۳۰۰/۵۰	۲۹۶۵۱۳۱۲/۲۲
۱۱	۱۴۸۳	۱۴۱۲	۷۱	۶۶	۹۱۲/۲۵	۱۱۳۳۷۹۸۶/۱۲
۱۲	۱۴۸۰	۱۳۲۳	۱۵۷	۶۱	۲۵۴۳/۹۹	۱۸۰۲۰۴۷۲۷/۳
۱۳	۱۴۵۹	۱۳۰۶	۱۵۳	۲۶	۲۹۵۴/۹۱	۱۰۰۹۸۵۵۳۸/۸
۱۴	۱۴۲۲	۱۲۰۲	۲۲۰	۱۹	۶۲۹۶/۲۸	۴۸۱۷۸۱۶۳۴/۵
۱۵	۱۶۱۳	۱۱۹۱	۴۲۲	۷۳	۷۵۰۱/۴۵	۵۰۴۰۰۱۲۸۲۳
۱۶	۱۳۸۹	۱۱۱۲	۲۷۷	۳۲	۶۱۸۸/۱۸	۹۸۶۸۷۳۵۶۴/۶
۱۷	۱۴۰۰	۱۱۸۵	۲۱۵	۸۴	۲۸۸۹/۶۸	۴۳۸۴۵۳۰۹۷
۱۸	۱۲۵۵	۱۰۹۷	۱۵۸	۱۱۵	۳۳۸۸/۶۵	۶۰۶۶۱۶۵۴۲
۱۹	۱۱۸۷	۱۱۲۰	۶۷	۱۲۶	۱۸۴۰/۵۲	۸۳۱۴۴۴۶۹/۶۱
۲۰	۱۷۲۱	۱۵۹۰	۱۳۱	۶۳	۲۲۱۳/۷۳	۱۱۷۵۸۹۰۹۲/۵
۲۱	۱۷۶۹	۱۵۷۱	۱۹۸	۵۷	۲۱۷۲/۹۵	۱۵۴۹۳۳۵۲۶/۱
۲۲	۱۷۳۱	۱۲۷۰	۴۶۱	۴۶	۹۹۶۹/۲۳	۶۱۲۷۵۶۴۳۵۴
۲۳	۱۳۷۸	۱۱۴۰	۲۳۸	۱۵	۶۵۹۲/۶۲	۴۵۱۱۱۱۸۰۴۱/۴
۲۴	۱۶۹۴	۱۲۳۳	۴۶۱	۱۱	۱۱۱۳۳/۳۳	۱۸۲۷۴۶۷۵۲۲
۲۵	۱۵۷۴	۱۳۵۲	۲۲۲	۱۲۷	۶۳۲۲/۷۰	۳۲۷۶۹۳۴۳۴۲
۲۶	۱۳۱۰	۱۱۰۲	۲۰۸	۶۳	۶۱۳۴/۱۹	۱۴۳۳۵۸۱۷۵۶۲
۲۷	۱۴۷۲	۱۲۵۵	۲۱۷	۲۷	۵۴۵۹/۳۴	۵۰۷۷۰۲۹۳۶/۶
۲۸	۱۶۰۵	۱۴۹۷	۱۰۸	۱۵۷	۴۰۳۲/۶۰	۷۸۶۳۵۸۶۳۵/۶

جدول ۴. حجم مخروط افکنه و مساحت هر حوضه فرعی در زیر حوضه ی باد خالدآباد

تعداد مخروط افکنه	حجم مخروط افکنه V M ³	مساحت هر زیر حوضه (BA) M ²
۱	۱۳۹۳۵۶۵۱۹۴	۴۱۲۲۸۹.۵۳
۲	۱۹۷۶۳۴۱۸۳۵	۳۵۴۹۶۱.۹۲
۳	۳۲۹۸۷۴۵۷۶۶	۲۱۲۰۷۱۶۶۳
۴	۱۰۵۷۱۰۰۹۷۲۰	۱۳۵۷۰۶۷۶.۳۴
۵	۱۴۸۹۲۰۱۸۵۰	۱۷۲۸۰۹۳.۵۱
۶	۱۱۱۰۶۱۹۲۴۲۴	۲۳۵۹۷۳۶.۰۶
۷	۸۱۹۲۹۰۹۰۹.۵	۷۵۵۲۳۳.۵۹
۸	۸۷۴۳۵۲۳.۹	۹۰۲۵۲۶.۳۸
۹	۲۲۱۶۲۷۸۶.۴۸	۱۵۰۹۷۷۹.۳۲
۱۰	۲۹۶۵۱۳۱۲.۲۲	۱۴۶۲۹۳۹۹.۳۶
۱۱	۱۱۳۳۷۹۸۶.۱۲	۱۱۷۴۸۳۹.۱۵
۱۲	۱۸۰۲۰۴۷۲۷.۳	۷۶۷۲۹۸۳.۲۰
۱۳	۱۰۰۹۸۵۵۳۸۸	۱۳۹۳۰۹۱.۷۱
۱۴	۴۸۱۷۸۱۶۳۴.۵	۲۵۶۹۸۷۷.۳۷
۱۵	۵۰۴۰۰۱۲۸۲۳	۶۹۸۵۴۴.۶۴
۱۶	۹۸۶۸۷۳۵۶۴.۶	۱۴۳۶۴۸۸.۹۳
۱۷	۴۳۸۴۵۳۰۹۷	۱۸۷۷۸۷۵۹.۳۱
۱۸	۶۰۶۶۱۶۵۴۲	۳۲۱۵۳۴۷.۶۰
۱۹	۸۳۱۴۴۲۶۹.۶۱	۲۰۵۵۷۹۳.۷۰
۲۰	۱۱۷۵۸۹۰۹۲.۵	۲۲۶۵۶۱۱.۴۴
۲۱	۱۵۴۹۳۳۵۲۶.۱	۱۸۷۷۸۷۵۹.۳۱
۲۲	۶۱۲۷۵۶۴۳۵۴	۲۱۵۹۴۰۲.۱۳
۲۳	۴۵۱۱۱۱۸۰۴۱.۴	۸۴۷۶۸۱۶.۸۸
۲۴	۱۸۲۷۴۶۷۵۲۲	۱۹۶۴۴۱۱.۴۱
۲۵	۳۲۷۶۹۳۴۴۲	۳۲۲۳۹۸۴.۹۴
۲۶	۱۴۳۳۵۸۷۵۶۲	۶۵۳۰۰۶۰.۷۱
۲۷	۵۰۷۷۰۲۹۳۶۶	۲۳۸۷۷۳۴.۸۶
۲۸	۷۸۶۳۵۸۶۳۵.۶	۱۱۳۲۲۱۴.۹۴



شکل ۷. رابطه ی خطی بین مساحت حوضه ی بالادست مخروطها و حجم مخروط افکنه ها حوضه ی باد خالدآباد

۳- حوضه‌ی طرق ایبازن

در حوضه‌ی طرق ایبازن بیشترین و کمترین حجم مخروط‌افکنه‌ها، به ترتیب مربوط به مخروط‌افکنه‌ی شماره‌ی ۳ و ۲۷ با ۱۵۷۷۲۰۳۹۱۴ و ۳۸۸۱۴۵۶/۴۹ مترمکعب است. ضریب همبستگی بین دو عامل مساحت حوضه‌ی بالادست مخروط‌ها (BA) و حجم مخروط‌افکنه‌ها (V) نشان می‌دهد روابط معناداری بین عوامل مذکور وجود ندارد. ضریب همبستگی در حوضه‌ی طرق ایبازن ۰/۰۰۷ است (شکل شماره‌ی ۹).

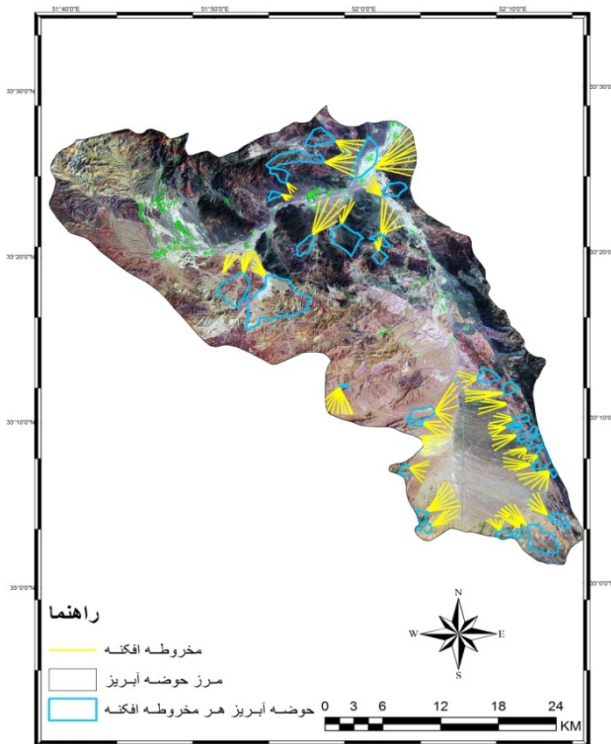
جدول ۵. شاخص‌های کمی مخروط‌افکنه‌های زیر حوضه‌ی طرق ایبازن

تعداد مخروط‌افکنه	ارتفاع مطلق	کمترین ارتفاع	ارتفاع مطلق - کمترین ارتفاع	زاویه‌ی جاروب	شعاع مخروط‌افکنه	حجم مخروط‌افکنه
۱	۲۲۵۸	۲۲۰۲	۵۶	۹۹	۱۷۳۷/۷۳	۴۸۶۷۳۶۲۷/۲۴
۲	۱۵۶۶	۱۵۳۷	۲۹	۴۹	۲۲۵۷/۰۷	۲۱۰۴۶۹۹۱/۵۷
۳	۱۴۹۳	۱۲۰۵	۲۸۸	۱۲۱	۳۹۴۵/۵۰	۱۵۷۷۲۰۳۹۱۴
۴	۲۱۲۹	۲۰۷۱	۵۸	۲۹	۱۵۴۴/۳۳	۱۱۶۶۳۰۴۹
۵	۲۱۵۲	۲۰۷۰	۸۲	۵۷	۷۹۲/۸۰	۸۵۴۱۲۵۸/۸۴
۶	۲۱۷۷	۲۱۱۶	۶۱	۴۳	۲۶۱۱/۶۸	۵۲۰۱۶۸۵۷/۲۸
۷	۲۱۳۴	۲۰۴۷	۸۷	۲۶	۱۵۴۷/۴۵	۱۵۷۴۸۲۲۹/۸۱
۸	۲۱۵۰	۲۰۴۸	۱۰۲	۱۴۴	۱۷۵۵/۱۸	۱۳۱۵۵۶۳۶۹/۴
۹	۲۱۰۳	۲۰۴۸	۵۵	۳۵	۲۰۸۸/۵۰	۲۴۴۱۲۱۲۵/۰۳
۱۰	۲۱۶۱	۲۰۱۴	۱۴۷	۲۶	۱۸۶۰/۳۴	۳۸۴۵۷۵۱۵/۴۸
۱۱	۲۰۱۴	۱۹۴۶	۶۸	۹۸	۱۸۹۵/۱۹	۶۹۵۸۹۹۲۸/۹۸
۱۲	۲۱۳۱	۱۹۹۰	۱۴۱	۳۵	۳۴۰۴/۲۸	۱۶۶۲۸۱۳۷/۰۹
۱۳	۲۱۳۵	۲۰۱۹	۱۱۶	۱۳۱	۱۲۸۴/۸۰	۷۲۹۳۰۰۳/۳۲
۱۴	۲۱۳۸	۲۰۴۰	۹۸	۶۲	۱۱۸۷/۰۰	۲۴۸۹۰۰۱/۴۱
۱۵	۲۱۶۶	۲۰۹۵	۷۱	۱۰۷	۷۴۶۰/۲	۱۲۲۹۲۷۴۷/۴۸
۱۶	۲۲۱۰	۲۱۳۰	۸۰	۶۷	۱۶۶۸/۱۶	۴۳۳۶۵۶۷۲/۸۱
۱۷	۲۱۵۰	۲۰۴۳	۱۰۷	۱۴۵	۲۶۹۵/۴۰	۳۲۷۷۲۰۸۸۶/۳
۱۸	۲۱۴۸	۲۱۰۳	۴۵	۱۵۵	۲۶۷۹/۷۹	۱۴۵۶۳۰۲۶۱/۳
۱۹	۲۲۳۷	۲۱۵۴	۸۳	۴۵	۲۹۱۹/۳۴	۹۲۵۴۷۷۴۷/۸۲
۲۰	۲۱۶۶	۲۱۲۳	۴۳	۷۳	۲۰۲۸/۲۷	۳۷۵۴۴۷۰۸/۹۹
۲۱	۲۰۳۳	۱۹۳۴	۹۹	۴۷	۳۷۴۰/۴۹	۱۸۹۲۷۶۶۱۷/۰۸
۲۲	۲۱۵۰	۱۹۷۲	۱۷۸	۱۶۷	۲۸۱۸/۶۹	۶۸۶۶۵۲۴۸۴
۲۳	۱۷۳۷	۱۵۹۶	۱۴۱	۱۳۱	۲۳۷۱/۷۳	۳۰۲۰۸۳۳۵۴/۲
۲۴	۱۷۱۰	۱۵۳۷	۱۷۳	۱۱۲	۳۳۳۶/۷۷	۵۹۰۱۹۲۵۱۶/۹
۲۵	۱۶۹۴	۱۵۲۹	۱۶۵	۱۳۴	۱۱۵۲/۳۹	۸۵۳۶۷۷۰۳/۲۳
۲۶	۱۹۱۴	۱۸۴۹	۶۵	۳۴	۲۹۲۵/۰۰	۵۴۹۷۳۰۵۹/۳۸
۲۷	۱۹۲۰	۱۸۷۹	۴۱	۴۱	۸۹۱/۱۷	۳۸۸۱۴۵۶/۴۹
۲۸	۱۸۱۰	۱۷۳۷	۷۳	۴۱	۲۷۲۳/۵۵	۶۴۵۴۸۰۷۷/۹۳
۲۹	۱۶۸۴	۱۵۷۹	۱۰۵	۴۱	۱۶۳۴/۰۵	۳۳۴۲۰۲۵۲/۸۲
۳۰	۱۸۴۴	۱۸۰۹	۳۵	۳۵	۱۱۷۴/۸۲	۴۹۱۵۶۹۱/۷۷

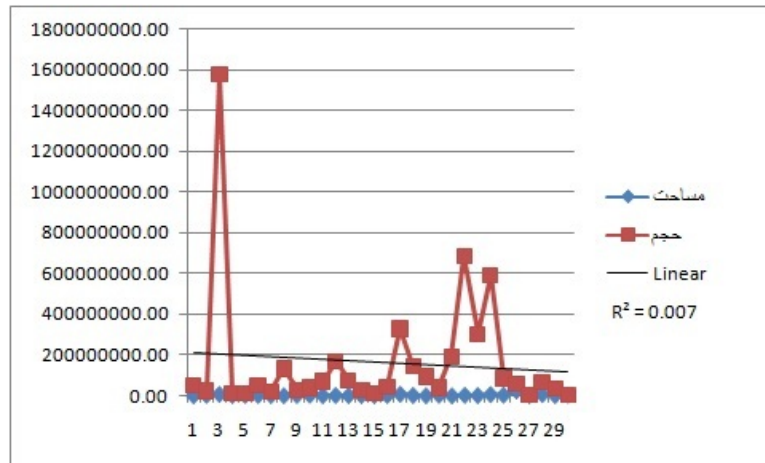
جدول ۶. حجم مخروط‌افکنه و مساحت هر حوضه‌ی فرعی در زیرحوضه‌ی طرق ایبازن

تعداد مخروط‌افکنه	حجم مخروط‌افکنه	مساحت هر زیر حوضه
۱۶	۴۳۳۶۵۶۷۲/۸۱	۱۵۳۴۶۸۲/۳۱
۱۷	۳۲۷۷۲۰۸۸۶/۳	۷۱۱۹۹۹۵/۷۵
۱۸	۱۴۵۶۳۰۲۶۱/۳	۱۷۸۳۶۲۳/۳۸
۱۹	۹۲۵۴۷۷۴۷/۸۲	۶۲۹۵۶۵/۳۶
۲۰	۳۷۵۴۴۷۰۸/۹۹	۲۳۰۹۴۵۹/۹۷
۲۱	۱۸۹۲۷۶۶۱۷۰/۸	۲۰۹۳/۴۱
۲۲	۶۸۶۵۲۴۸۴	۲۳۸۸۰۷۷
۲۳	۳۰۲۰۸۳۳۵۴/۲	۱۳۵۰۴۹۸/۹۸
۲۴	۵۹۰۱۹۲۵۱۶/۹	۵۷۱۱۷۷۱/۹۱
۲۵	۸۵۳۶۷۷۰۳/۲۳	۳۶۲۹۴۹۲/۱۹
۲۶	۵۴۹۷۳۰۵۹/۳۸	۲۲۲۱۴۷۸۹/۹۶
۲۷	۳۸۱۱۴۵۶/۴۹	۷۴۳۰۴۵/۰۱
۲۸	۶۴۵۴۸۰۷۷/۹۳	۶۲۹۹۳۹۸/۶۶
۲۹	۳۳۴۲۰۲۵۲/۸۲	۱۳۴۰۰۸۸/۰۳
۳۰	۴۹۱۵۶۹۱/۷۷	۳۱۳۲۸۷۵/۱۲

تعداد مخروط‌افکنه	حجم مخروط‌افکنه	مساحت هر زیر حوضه
۱	۴۸۶۷۳۶۲۷/۲۴	۱۷۴۳۸۰/۲۶
۲	۲۱۰۴۶۹۹۱/۵۷	۲۶۶۹۰۹۸/۲۲
۳	۱۵۷۷۲۰۳۹۱۴	۶۸۴۷۵۲۸/۵۵
۴	۱۱۶۶۳۰۴۹	۱۶۵۵۹۶۸/۲۷
۵	۸۵۴۱۲۵۸/۸۴	۲۲۵۹۶۳۰/۳۱
۶	۵۲۰۱۶۸۵۷/۲۸	۱۶۵۵۸۳۷/۸۰
۷	۱۵۷۴۸۲۲۹/۸۱	۱۱۸۰۸۴۴/۰۱
۸	۱۳۱۵۵۶۳۶۹/۴	۵۴۰۶۶۸/۹۸
۹	۲۴۴۱۲۱۲۵/۰۳	۱۵۸۳۴۰۷/۱۰
۱۰	۳۸۴۵۷۵۱۵/۴۸	۲۸۰۱۵۰۱/۱۷
۱۱	۶۹۵۸۹۹۲۸/۹۸	۹۰۵۰۳۵/۴۰
۱۲	۱۶۶۲۸۱۳۷۰/۹	۱۶۶۰۳۸۰/۶۴
۱۳	۷۲۹۳۰۰۳/۳۲	۱۰۶۷۲۸۸/۶۳
۱۴	۲۴۸۹۰۰۱/۴۱	۱۲۸۴۳۵۰/۷۶
۱۵	۱۲۲۹۲۷۴۷/۴۸	۶۸۲۸۹۱/۲۷



شکل ۸. محدوده‌ی مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌ی آبریز آنها - حوضه طرق ایبازن



شکل ۹. رابطه‌ی خطی بین مساحت حوضه‌ی بالادست مخروط‌ها و حجم مخروط‌افکنه‌ها - حوضه‌ی طرق ابیازن

۴- حوضه دق سرخ

جدول شماره‌ی ۷ نشان می‌دهد، بیشترین حجم مخروط‌افکنه به مخروط شماره‌ی ۲۰ با ۳۲۱۰۱۴۵۲۰۵۱ و کمترین حجم به مخروط شماره‌ی ۴۱ با ۱۹۱۳۵۱۷/۸۱ مترمکعب تعلق دارد. نکته‌ی چشمگیر در این حوضه، ضریب همبستگی صفر بین دو عامل مساحت حوضه‌ی بالادست مخروط‌ها (BA) و حجم مخروط‌افکنه‌ها (V) است.

جدول ۷. عوامل کمی مخروط‌افکنه‌های زیرحوضه‌ی دق سرخ

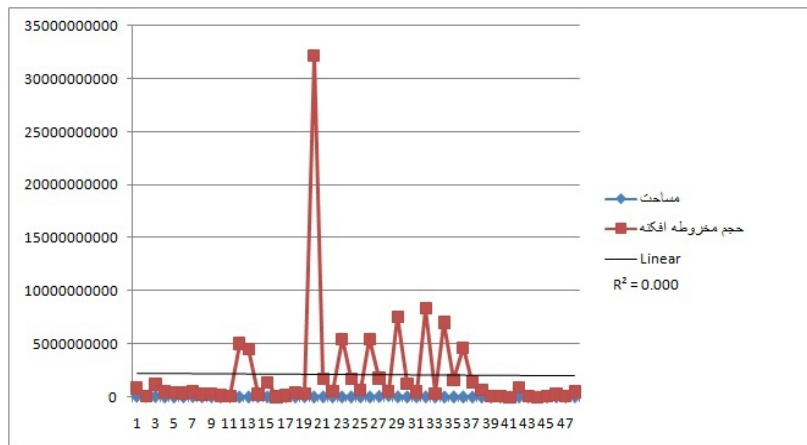
تعداد مخروط‌افکنه	ارتفاع مطلق	کمترین ارتفاع	ارتفاع مطلق - کمترین ارتفاع مطلق	زاویه‌ی جاروب	شعاع مخروط‌افکنه	حجم مخروط‌افکنه
۱	۱۲۲۱	۹۵۳	۲۶۸	۴۹	۴۷۷۷/۹۱	۸۷۱۵۹۰۹۱۸/۱
۲	۱۰۰۸	۹۴۹	۵۹	۲۱	۵۳۵۳/۲۸	۱۰۳۲۳۲۶۶۰
۳	۱۱۱۸	۹۴۷	۱۷۱	۳۵	۸۳۳۲/۸۲	۱۲۰۸۲۴۲۳۳۴
۴	۱۰۸۸	۹۴۹	۱۳۹	۳۴	۵۹۷۲/۹۴	۴۹۰۲۰۲۹۴۲/۹
۵	۱۰۶۴	۹۴۸	۱۱۶	۴۱	۵۶۸۷/۵۱	۴۴۷۲۹۲۹۸۲/۹
۶	۱۰۴۳	۹۵۱	۹۲	۴۴	۵۷۷۳/۳۸	۳۹۲۲۸۹۴۹۹/۳
۷	۱۰۳۷	۹۵۲	۸۵	۶۲	۵۸۴۷/۲۸	۵۲۳۸۷۰۹۱۷/۴
۸	۱۰۴۲	۹۵۷	۸۵	۶۷	۳۹۳۳/۳۴	۲۵۶۱۶۶۶۵۵/۶
۹	۱۰۴۸	۹۸۴	۶۴	۷۱	۴۸۷۵/۳۴	۳۱۴۰۱۷۶۳۰/۲
۱۰	۱۰۷۶	۱۰۱۰	۶۶	۴۷	۴۰۰۸/۸۴	۱۴۴۹۳۸۹۵۷/۲
۱۱	۱۰۵۴	۹۵۰	۱۰۴	۶۹	۲۳۵۲/۶۰	۱۱۵۴۷۴۰۷۹/۲
۱۲	۱۱۴۴	۱۰۰۱	۱۴۳	۱۴۴	۹۱۸۱/۵۳	۵۰۴۷۰۱۴۳۲۴
۱۳	۱۲۷۷	۹۹۵	۲۸۲	۲۱	۱۶۲۴۷/۷۴	۴۵۴۵۲۷۵۵۵۴
۱۴	۱۱۵۳	۹۹۰	۱۶۳	۲۴	۴۸۵۹/۶۸	۲۶۸۶۰۸۷۰۵/۸
۱۵	۱۰۷۶	۹۷۲	۱۰۴	۷۵	۷۷۰۵/۸۵	۱۳۴۶۶۰۹۲۶۲

ادامه‌ی جدول ۷. عوامل کمی مخروط‌افکنه‌های زیر حوضه‌ی دق سرخ

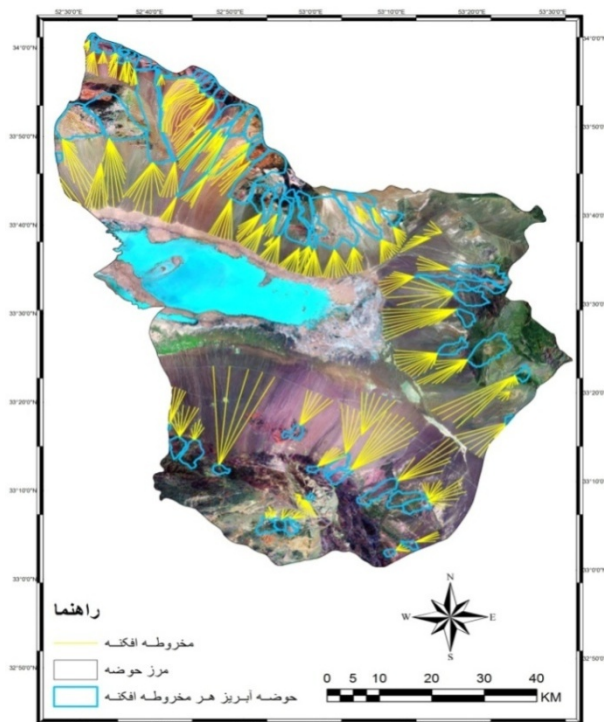
تعداد مخروط‌افکنه	ارتفاع مطلق	کمترین ارتفاع	ارتفاع مطلق - کمترین ارتفاع	زاویهی جاروب	شعاع مخروط‌افکنه	حجم مخروط‌افکنه
۱۶	۱۱۸۸	۹۵۷	۲۳۱	۳۳	۱۳۵۱/۸۹	۴۰۵۰۵۵۴۹/۰۶
۱۷	۱۰۴۲	۹۵۷	۸۵	۴۲	۳۶۴۴/۰۹	۱۳۷۸۳۲۷۱۰/۸
۱۸	۱۱۴۲	۹۵۲	۱۹۰	۳۱	۴۹۳۸/۳۶	۴۱۷۶۲۵۱۸۳/۹
۱۹	۱۱۴۰	۹۹۹	۱۴۱	۱۶	۶۹۰۹/۹۸	۳۱۳۱۸۳۳۸۰/۳
۲۰	۱۷۱۰	۱۰۴۵	۶۶۵	۳۸	۲۰۹۰۲/۹۱	۳۳۱۰۱۴۵۲۰۵۱
۲۱	۱۲۰۸	۱۰۰۴	۲۰۴	۴۰	۸۵۷۲/۴۳	۱۷۴۳۴۲۷۷۱۸
۲۲	۱۵۷۹	۱۳۶۸	۲۱۱	۹۱	۳۰۷۲/۹۷	۵۲۷۱۶۴۷۷۲/۶
۲۳	۱۶۰۰	۱۲۶۰	۳۴۰	۱۱۹	۶۸۱۸/۱۰	۵۴۶۸۳۷۷۱۰
۲۴	۱۲۷۱	۱۰۳۶	۲۳۵	۴۱	۷۸۲۳/۰۳	۱۷۱۴۳۸۲۰۱۹
۲۵	۱۲۷۴	۱۰۴۱	۲۳۳	۴۳	۴۷۳۸/۲۴	۶۵۳۹۷۹۸۶۷
۲۶	۱۳۵۱	۱۰۱۷	۳۳۴	۳۹	۱۲۰۳۲/۷۰	۵۴۸۳۳۱۴۳۵۴
۲۷	۱۲۹۰	۹۷۶	۳۱۴	۶۲	۵۵۹۳/۶۰	۱۷۷۰۹۶۵۲۶۶
۲۸	۱۱۱۳	۱۰۰۰	۱۱۳	۳۰	۷۵۲۰/۷۸	۵۵۷۴۸۲۶۵۵
۲۹	۱۳۶۶	۱۱۲۵	۲۴۱	۱۶۶	۸۰۵۰/۴۴	۷۵۳۸۲۴۵۱۷۳
۳۰	۱۳۶۲	۱۱۱۱	۲۵۱	۲۶	۸۰۴۸/۷۹	۱۲۲۹۱۷۶۲۳۵
۳۱	۱۴۳۳	۱۱۹۸	۲۳۵	۴۴	۴۱۶۷/۷۴	۵۲۲۱۸۸۹۳۸/۱
۳۲	۱۳۳۵	۱۱۰۸	۲۲۷	۱۷۵	۸۴۹۱/۸۰	۸۳۲۸۵۴۸۳۷۴
۳۳	۱۳۲۷	۱۰۹۹	۲۲۸	۶	۹۵۱۴/۳۵	۳۶۰۰۳۹۵۷۲/۳
۳۴	۱۵۸۱	۱۱۸۰	۴۰۱	۳۷	۱۲۷۷۸/۷۱	۷۰۴۴۱۰۸۱۹۶
۳۵	۱۵۶۲	۱۱۹۷	۳۶۵	۱۷	۹۴۱۶/۰۹	۱۵۹۹۵۱۷۰۷۴
۳۶	۱۵۳۳	۱۲۱۲	۳۲۱	۶۱	۹۰۳۵/۷۶	۴۶۴۸۰۴۲۹۶۷
۳۷	۱۵۴۸	۱۲۸۳	۲۶۵	۲۳	۹۰۲۷/۶۶	۱۴۴۴۲۰۸۸۱۴
۳۸	۱۵۲۳	۱۲۸۷	۲۳۶	۱۵	۷۹۲۶/۹۶	۶۴۶۷۲۹۲۲۷
۳۹	۱۴۹۴	۱۳۶۸	۱۲۶	۳۴	۲۸۹۸/۸۶	۱۰۴۶۶۷۰۱۴/۹
۴۰	۱۴۳۴	۱۳۵۵	۷۹	۲۵	۳۴۸۶/۱۹	۶۹۷۸۷۰۹۱/۴۱
۴۱	۱۴۷۰	۱۳۸۹	۸۱	۲۳	۵۹۴/۳۷	۱۹۱۳۵۱۷/۸۱
۴۲	۱۵۲۸	۱۴۰۱	۱۲۷	۹۸	۴۹۸۹/۲۹	۹۰۰۷۶۸۴۸۸/۵
۴۳	۱۴۹۰	۱۴۰۰	۹۰	۶۳	۲۵۴۹/۷۲	۱۰۷۱۷۰۱۷۳/۲
۴۴	۱۵۰۴	۱۴۴۰	۶۴	۴۴	۱۳۶۶/۵۳	۱۵۲۸۸۹۲۲/۶۶
۴۵	۱۵۵۴	۱۴۶۵	۸۹	۴۵	۲۳۰۷	۶۱۹۷۳۱۵۴/۴
۴۶	۱۴۲۱	۱۳۶۳	۵۸	۴۲	۶۳۹۱/۶۹	۲۸۹۳۴۴۰۶۸/۱
۴۷	۱۳۲۹	۱۱۰۲	۲۲۷	۱۷	۳۲۲۱/۷۶	۱۱۶۴۵۷۳۸۷
۴۸	۱۱۷۶	۹۶۱	۲۱۵	۲۲	۶۰۴۷/۱۳	۵۰۲۸۱۱۴۸۱/۹

جدول ۸. حجم مخروط‌افکنه و مساحت هر حوضه فرعی در زیرحوضه‌ی دق سرخ

تعداد مخروط‌افکنه	حجم مخروط‌افکنه	مساحت هر زیر حوضه	تعداد مخروط‌افکنه	حجم مخروط‌افکنه	مساحت هر زیر حوضه
۱	۸۷۱۵۹۰۹۱۸.۱	۶۰۸۱۳۷۳۹.۵۱	۲۵	۶۵۳۹۷۹۸۶۷	۹۲۳۱۶۸۳.۷۸
۲	۱۰۳۳۳۲۶۶۰	۳۹۱۶۱۷۳۴.۲۷	۲۶	۵۴۸۳۳۱۴۳۵۴	۷۹۱۴۶۴۵.۴۹
۳	۱۲۰۸۲۴۲۳۳۴	۴۷۲۱۵۵۰۲.۹۶	۲۷	۱۷۷۰۹۶۵۲۶۶	۴۵۴۰۶۵۰۱.۲۱
۴	۴۹۰۲۰۲۹۴۲.۹	۸۵۲۰۹۰۰.۲۶	۲۸	۵۵۷۴۸۲۶۵۵	۱۲۸۹۵۰۱۳۲.۱۹
۵	۴۴۷۲۹۲۹۸۲.۹	۱۲۳۶۲۷۱۴.۰۱	۲۹	۷۵۳۸۲۴۵۱۷۳	۱۴۸۳۲۵۳۱.۸۹
۶	۳۹۲۲۸۹۴۹۹.۳	۱۶۲۵۵۸۸۸.۳۴	۳۰	۱۲۲۹۱۷۶۲۳۵	۳۶۳۱۸۵۳.۲۹
۷	۵۲۳۸۷۰۹۱۷.۴	۳۹۹۵۹۰۴۸.۲۹	۳۱	۵۲۲۱۸۸۹۳۸.۱	۱۴۸۴۱۹۸۱.۹۶
۸	۲۵۶۱۶۶۶۵۵.۶	۲۷۱۷۷۸۸۶.۳۱	۳۲	۸۳۲۸۵۴۸۳۷۴	۱۷۰۶۲۷۴۵.۲۸
۹	۳۱۴۰۱۷۶۳۰.۲	۲۶۲۶۴۱۰۴.۳۱	۳۳	۳۶۰۰۳۹۵۷۲.۳	۳۸۶۲۴۲۲۰.۲۰
۱۰	۱۴۴۹۳۸۹۵۷.۲	۶۴۴۵۷۰۰.۸۵	۳۴	۷۰۴۴۱۰۸۱۹۶	۵۲۴۶۹۲۴.۹۰
۱۱	۱۱۵۴۷۴۰۷۹.۲	۲۶۰۰۷۴۹۶.۰۷	۳۵	۱۵۹۹۵۱۷۰۷۴	۴۶۷۶۱۴۷.۱۱
۱۲	۵۰۴۷۰۱۴۳۲۴	۳۴۹۷۳۵۴.۱۲	۳۶	۴۶۴۸۰۴۲۹۶۷	۴۳۰۱۰۸۶.۱۸
۱۳	۴۵۴۵۲۷۵۵۵۴	۵۴۹۷۴۵۶.۹۲	۳۷	۱۴۴۴۲۰۸۸۱۴	۳۱۵۳۳۷۵.۷۵
۱۴	۲۶۸۶۰۸۷۰۵۸	۲۹۸۱۸۸۵۶.۵۹	۳۸	۶۴۶۷۲۹۲۲۷	۳۳۰۹۵۱۶.۳۷
۱۵	۱۳۴۶۶۰۹۲۶۲	۹۹۷۱۵۸۹.۰۱	۳۹	۱۰۴۶۶۷۰۱۴.۹	۶۵۵۰۹۴۰.۵۴
۱۶	۴۰۵۰۵۵۴۹.۰۶	۷۰۲۴۳۶۴.۲۱	۴۰	۶۹۷۸۷۰۹۱.۴۱	۲۹۸۸۴۶۸.۷۵
۱۷	۱۳۷۸۳۳۷۱۰.۸	۲۲۳۲۵۱۹۰.۵۴	۴۱	۱۹۱۳۵۱۷.۸۱	۱۹۶۴۰۹۱.۲۲
۱۸	۴۱۷۶۲۵۱۸۳.۹	۱۱۹۴۱۳۹۰.۲۳	۴۲	۹۰۰۷۶۸۴۸۸.۵	۳۲۸۰۵۹۲.۲۴
۱۹	۳۱۳۱۸۳۲۸۰.۳	۳۰۱۲۴۴۵۵.۷۰	۴۳	۱۰۷۱۷۰۱۷۳.۲	۷۲۷۰۷۸۶.۷۹
۲۰	۳۲۱۰۱۴۵۲۰۵۱	۴۲۴۹۶۴۶.۹۰	۴۴	۱۵۲۸۸۹۲۲.۶۶	۱۰۴۲۲۰۸.۴۰
۲۱	۱۷۴۳۴۲۷۷۱۸	۱۶۵۹۹۶۹۰.۸۳	۴۵	۶۱۹۷۳۱۵۴.۴	۳۱۲۵۳۹۰.۵۷
۲۲	۵۲۷۱۶۴۷۷۲.۶	۱۵۳۳۰۳۸۱.۷۷	۴۶	۲۸۹۳۴۴۰۶۸.۱	۹۷۰۵۳۵۸.۹۷
۲۳	۵۴۶۸۳۷۷۷۱۰	۹۲۵۱۹۹۱.۹۴	۴۷	۱۱۶۴۵۷۳۸۷	۹۵۶۲۲۴۰.۶۹
۲۴	۱۷۱۴۳۸۲۰۱۹	۶۵۳۸۹۱۸.۳۱	۴۸	۵۰۲۸۸۱۴۸۱.۹	۲۴۰۰۴۷۸۲.۸۵



شکل ۱۰. نمودار رابطه‌ی خطی بین مساحت حوضه‌ی بالادست مخروط‌ها و حجم مخروط‌افکنه‌ها - حوضه‌ی دق سرخ



شکل ۱۱. محدوده‌ی مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌ی آبریز آنها - حوضه‌ی دق سرخ

محاسبه‌ی شاخص‌های ژئومورفیک برای برآورد میزان فعالیت تکتونیکی محدوده‌ی مطالعاتی

(۱) شاخص انتگرال هیپسومتری (منحنی واحد) یا منحنی بی‌بعد^۱

منحنی ارتفاع سنجی از پیاده‌کردن نسبت کل ارتفاع حوضه (ارتفاع نسبی) در مقابل نسبت کل مساحت حوضه (مساحت نسبی) به دست می‌آید. یک روش ساده برای مشخص کردن شکل منحنی ارتفاع سنجی برای یک حوضه‌ی زهکشی خاص، محاسبه‌ی انتگرال ارتفاع سنجی است. انتگرال به صورت مساحت زیر منحنی یاد شده است و روش محاسبه‌ی آن از رابطه‌ی شماره‌ی ۲ به دست می‌آید.

$$Hi = \frac{\text{ارتفاع حداقل-ارتفاع}}{\text{ارتفاع حداقل-ارتفاع}} \quad \text{رابطه‌ی ۲}$$

مقادیر بزرگ این انتگرال نشانه‌ی بزرگ بودن بیشتر توپوگرافی نسبت به میانگین است. رابطه‌ی بین انتگرال ارتفاع سنجی و درجه‌ی توسعه و تجزیه^۲ اجازه می‌دهد تا به عنوان یک معرّف از مراحل یک چشم‌انداز تکتونیکی در چرخه‌ی فرسایش به کار گرفته شود.

برای محاسبه‌ی شاخص انتگرال هیپسومتری، نخست حوضه‌ی مورد مطالعه به چهار زیرحوضه بخش شد، سپس در محیط GIS انتگرال ارتفاع سنجی (هیپسومتری) محاسبه شد (جدول شماره‌ی ۹). انتگرال ارتفاع سنجی در قسمت

1. Hypsometric integral
2. Dissection

شمال غرب - جنوب غربی و غرب بیشترین مقدار (۰/۳۰ و ۰/۲۳) و در نتیجه از نظر تکتونیکی فعال تر بوده، ولی در مرکز و شرق کمترین (۰/۱۹۸۰ و ۰/۱۵۴۰) مقدار را داشته و کمترین فعالیت تکتونیکی را از خود نشان می‌دهد. این مسأله با دیگر شواهد زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی تطابق دارد؛ زیرا از نظر زمین‌شناسی کمترین میزان گسل در شرق حوضه‌ی مورد مطالعه مشاهده می‌شود (نقشه‌ی گسل‌ها، شکل شماره‌ی ۱۲) و از دیدگاه ژئومورفولوژیکی، شرق حوضه به‌طور دقیق منطبق بر پلایای دق سرخ است که به‌عنوان حوضه‌ی انتهایی شبکه آبهای منطقه قلمداد می‌شود و از فعالیت تکتونیکی کمتری برخوردار است.

جدول ۹. انتگرال ارتفاع سنجی به‌دست آمده برای حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	ارتفاع حداقل (M)	ارتفاع حداکثر (M)	ارتفاع متوسط (M)	انحراف معیار (M)	شیب (%) حداکثر	شیب (%) متوسط	شیب (%) انحراف معیار	ارتفاع سنجی انتگرال	کلاس فعالیت
باد خالداآباد	۹۵۴/۳۲	۳۸۲۷/۴۱	۱۵۲۳/۴۶	۶۰۰/۵۴	۶۱/۰۳	۶/۴۹	۸/۶۹	۰/۱۹	۳
طرق ایازن	۱۳۵۷/۱۷	۳۸۴۰/۹۴	۲۱۱۳/۷۱	۳۱۳/۸۵	۴۷/۲۳	۷/۹۸	۷/۰۲	۰/۳۰	۱
اردستان	۹۲۲/۲۹	۳۲۳۱/۰۸	۱۴۷۰/۵۳	۵۰۸/۸۷	۵۲/۸۴	۴/۵۵	۵/۸۹	۰/۲۳	۲
دق سرخ	۹۳۰/۰۹	۲۸۹۷/۵۹	۱۲۳۳/۲۶	۳۰۸/۴۱	۵۶/۹۳	۲/۴۲	۳/۴۵	۰/۱۵	۳

۲) شاخص سینوزیته جبهه‌ی کوهستان یا پیچ‌وخم پیشانی کوهستان^۱ (Smf)

پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان (Smf) شاخصی است که تعادل و توازن بین شرایط آب‌وهوایی و نیروهای فرسایشی لیتولوژی و نیروهای تکتونیکی که موجب ایجاد جبهه‌ی کوهستان مستقیم که منطبق با کوهستان‌های جهش یافته با گسل فعال هستند را نشان می‌دهد. پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان با رابطه‌ی شماره‌ی ۳ تعریف می‌شود.

$$mf = \frac{Lmf}{LS} \quad \text{رابطه‌ی (۳)}$$

Smf: پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان؛

Lmf: طول جبهه‌ی کوهستان و دشت؛

LS: طول خط مماس بر جبهه‌ی کوهستان.

شاخص سینوزیته، جدال بین نیروهای فرسایش‌دهنده که تلاش در فرسایش‌دادن جبهه‌ی کوهستان را دارند از سو و نیروی تکتونیکی که سبب ایجاد نیروی صاف و مستقیم می‌شود را از سوی دیگر بیان می‌کند، حال اگر نیروهای فرسایش‌دهنده غلبه داشته باشند، نرخ بالای پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان (smf) نشان داده می‌شود و اگر نیروهای تکتونیکی فعال باشند، عدد Smf کمتر خواهد بود. به‌گفته‌ی دیگر، از نظر کمی شاخص Smf برای مناطق بسیار فعال تکتونیکی بین (۱ تا ۱/۶)، برای مناطق با فعالیت متوسط بین (۱/۴ تا ۳) و برای جبهه‌ی کوهستانی غیر فعال از حدود ۱/۸ تا بیشتر از ۵ است (مددی و همکاران، ۱۳۸۴).

جدول ۱۰. محاسبه‌ی شاخص سینوزیته جبهه‌ی کوهستان

نام حوضه	طول جبهه‌ی کوهستان و دشت	طول خط مماس بر جبهه‌ی کوهستان	پیچ‌وخم جبهه‌ی کوهستان	کلاس فعالیت
باد خالدآباد	۲۹۹۱۱۸/۲۲	۱۱۱۹۱۰/۱۶	۲/۶۷	۲
طرق - ایبازن	۷۱۶۰۵۰/۰۲	۶۶۶۱۹۱/۹۱	۱/۰۷	۱
اردستان	۱۲۶۷۳۲۲/۴۱	۶۵۶۹۷۳/۹۴	۱/۹۲	۲
دق سرخ	۹۷۳۷۵۰/۸۱	۴۸۶۹۴۴/۲۶	۲	۲

۳) شاخص شکل حوضه (BS)

حوضه‌های فعال تکتونیکی، شکل کشیده‌ای دارند. شکل حوضه در طول زمان با توقف میزان بالآمدگی، کم‌کم دایره می‌شود (Burbank & Anderson, 2001: 203). مطالعات پژوهشگران دیگر نیز این موضوع را ثابت کرده است (رامیز و همکاران، ۱۹۹۸؛ گوربوز و همکار، ۲۰۰۸؛ مختاری، ۱۳۸۴). به بیانی دیگر، می‌توان چنین برداشت کرد که شکل کشیده از ویژگی‌های حوضه‌هایی است که در مناطق کوهستانی با فعالیت‌های زمین‌ساختی زیاد واقع شده‌اند. با دور شدن از زمان بالآمدگی منطقه، شکل حوضه به دایره نزدیک می‌شود، در مناطق فعال زمین‌ساختی عرض حوضه‌های آبریز باریک‌تر است؛ زیرا در چنین مناطقی نیروی رودخانه، صرف‌کردن بستر خود می‌شود، در حالی‌که پایداری زمین‌ساختی سبب می‌شود، رودخانه فرصت تعریض بستر خود را داشته باشد.

نسبت شکل حوضه با رابطه‌ی شماره‌ی ۴ بیان می‌شود.

$$BS = \frac{BI}{BW} \quad \text{رابطه‌ی (۴)}$$

BS: نسبت شکل حوضه؛

BI: اندازه‌ی طول حوضه از انتهای‌ترین مقسم آب تا خروجی حوضه؛

BW: پهنا‌ی حوضه در پهن‌ترین قسمت.

حوضه‌هایی که با مقادیر زیاد BS، یعنی بیشتر از ۴ مشخص می‌شوند، از نظر تکتونیکی فعال هستند. زمانی که BS بین ۳ تا ۴ باشد، حوضه‌ها از نظر فعالیت زمین‌ساختی در کلاس ۲ قرار دارند و مقادیر کمتر از ۳، حوضه‌های دایره‌ای شکل را نشان می‌دهند که از نظر فعالیت، غیر فعال‌اند (Hamdouni et al., 2008: 169).

جدول ۱۱. محاسبه‌ی شاخص شکل حوضه

نام حوضه	BI (M)	BW(M)	BS	کلاس فعالیت
باد خالد آباد	۱۰۰۳۶۶/۴۵	۳۰۱۶۶/۷۳	۳/۳۲	۲
طرق ایبازن	۶۷۱۰۲/۵۳	۳۱۳۸۷/۳۴	۲/۱۳	۳
اردستان	۱۱۵۵۱۵/۷۳	۶۶۶۴۸/۳۹	۱/۷۳	۳
دق سرخ	۱۲۴۳۱۳/۰۹	۸۵۳۹۱/۷۹	۱/۴۵	۳

۴) شاخص حجم به سطح حوضه

شاخص حجم به سطح حوضه از رابطه‌ی ۵ محاسبه می‌شود.

$$VA = \frac{V_i}{A_i} \quad \text{رابطه‌ی ۵}$$

VA: مقدار عددی شاخص حجم به سطح حوضه؛

Vi: حجم حوضه؛

Ai: مساحت حوضه.

مقدار عددی زیاد برای این شاخص، نشان‌دهنده‌ی پستی و بلندی زیاد و فعالیت شدید زمین‌ساختی در منطقه است

(هارکینز و همکاران، ۲۰۰۵).

جدول ۱۲. مقادیر شاخص (VA) در حوضه‌ی آبریز دق سرخ

نام حوضه	حداقل ارتفاع	حداکثر ارتفاع	حجم حوضه	مساحت حوضه	شاخص VA	کلاس فعالیت
باد خالد آباد	۹۵۱	۳۸۱۹	۱۱۷۶۷۹۹۳۳۵۴۱۴/۹۷	۲۰۹۳۴۱۶۲۸۹/۲۸	۵۶۲/۱۴	۲
طرق ایبازن	۱۳۵۳	۳۸۴۵	۹۵۸۸۸۲۹۸۰۴۷۰/۳۲	۱۲۷۵۸۱۷۰۰۸/۱۵	۷۵۱/۵۴	۱
اردستان	۹۲۶	۳۲۳۲	۲۳۶۳۲۵۳۱۶۴۰۱۹/۴۴	۴۳۷۳۹۳۲۴۴/۶۴	۵۴۰/۳۰	۲
دق سرخ	۹۲۶	۲۹۰۹	۱۸۹۵۹۰۰۳۶۶۰۲۰/۱۵	۶۲۲۰۱۲۶۰۴۷/۵۶	۳۰۴/۸۰	۳

با دقت در این شاخص درمی‌یابیم که قسمت‌های شمال، شمال‌غرب و جنوب‌غرب محدوده‌ی مورد مطالعه، از نظر تکتونیکی فعال هستند. این قسمت‌ها به‌طور کامل منطبق بر حوضه‌های باد خالدآباد و طرق ایبازن است که به‌ترتیب دارای کلاس فعالیت ۲ و ۱ هستند. از سوی دیگر، بررسی نقشه‌ی گسل‌های منطقه، فعال بودن این بخش از حوضه را تأیید می‌کند. گسل‌های مهمی چون میلاجرد - زفره و کچومثقال در حوضه‌ی طرق ایبازن، گسل معروف نطنز در حوضه‌ی باد خالدآباد، گسل‌های ماربین رنگان، بر گوهر و کچومثقال در نیمه‌ی جنوبی حوضه‌ی اردستان این محدودها را از نظر تکتونیکی ناآرام کرده‌اند. تنها پلایای دق سرخ با کمترین مقدار VA (۳۰۴/۸۰) منطقه‌ای غیر فعال از نظر تکتونیکی به‌شمار می‌رود.

۵) شاخص تراکم سطحی آبراهه‌ها (P)

این عامل از تقسیم طول شبکه‌ی هیدروگرافی حوضه (شامل شبکه‌های اصلی و فرعی) به مساحت حوضه به‌دست می‌آید و شاخص مفیدی برای ارزیابی و شناسایی نئوتکتونیک در حوضه‌های زهکشی به‌شمار می‌رود. در این شاخص هر چه ضریب تراکم بیشتر باشد، بیانگر تکتونیک فعال و حساسیت زیاد سازندها و تشکیلات زمین‌شناسی موجود در حوضه است. همچنین نشان از جوان بودن و نرسیدن به مرحله‌ی تعادل حوضه‌ی زهکشی دارد. این شاخص از رابطه‌ی ۳ محاسبه می‌شود.

$$P = \frac{\sum li}{A}$$

رابطه‌ی (۶)

در رابطه‌ی بالا

P: تراکم زهکشی؛

$\sum li$: طول آبراهه به کیلومتر؛

A: مساحت حوضه به کیلومتر مربع است.

جدول ۱۳. محاسبه‌ی شاخص P برای حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	طول آبراهه	مساحت حوضه	تراکم زهکشی	کلاس فعالیت
باد خالد آباد	۱۲۹۰/۰۸	۲۰۹۳/۴۱	۰/۶۱	۱
طرق ایبازن	۷۴۱/۳۷	۱۲۷۵/۸۷	۰/۵۸	۲
اردستان	۲۳۷۷/۴۸	۴۳۷۳/۹۳	۰/۵۴	۳
دق سرخ	۳۵۰۷/۹۸	۶۲۲۰/۱۲	۰/۵۶	۳

۶) شاخص انشعاب پذیری (Br)

انشعاب‌پذیری به نسبت تعداد شاخه‌های یک رده به تعداد شاخه‌های مرتبه‌ی بالاتر گفته می‌شود. این شاخص به دلیل تغییرات تصادفی در هندسه‌ی حوضه‌ی آبریز، از مرتبه‌ای به مرتبه دیگر یکسان نخواهد بود، اما تمایل دارد که در تمام سری‌ها ثابت باشد. هر قدر نسبت انشعاب بزرگتر باشد، بیانگر فعالیت تکتونیکی بیشتر و جوان بودن حوضه است، این شرایط باعث افزایش آبراهه‌های رتبه‌ی پایین‌تر می‌شود. نسبت انشعاب پایین از ویژگی‌های حوضه‌هایی است که آشفته‌گی‌های ساختاری کمتری دارند و الگوی زهکشی در آنها غیر طبیعی نیست. شاخص مورد بحث از رابطه‌ی شماره‌ی ۷ به دست می‌آید.

$$BR = \left[\frac{N1}{N2} + \frac{N2}{N3} + \dots + \frac{Nn-1}{Nn} \right] \left[\frac{1}{N-1} \right] \quad \text{رابطه‌ی (۷)}$$

که در آن:

N1: تعداد شاخه‌های رده‌ی یکم؛

N2: تعداد شاخه‌های رده دوم؛

N3: تعداد شاخه‌های رده سوم؛

n: تعداد شاخه‌های رده n ام است.

با توجه به محاسبات انجام گرفته، زیرحوضه‌ی طرق ایبازن با بیشترین نسبت انشعاب ۵/۴۹، به‌عنوان فعال‌ترین

زیرحوضه و زیرحوضه‌ی دق سرخ با کمترین نسبت انشعاب (۱/۹۰) کمترین فعالیت تکتونیکی را نشان می‌دهد.

با دقت در نقشه‌های زمین‌شناسی و نقشه‌ی گسل‌های منطقه، صحت مطالب فوق تأیید می‌شود؛ چراکه از زیرحوضه‌ی طرق ایبازن که به‌عنوان فعال‌ترین زیرحوضه شناخته می‌شود، گسل‌های مهمی مانند میلجر د - زفره و کچومتقال گذر می‌کند. زیرحوضه‌ی دق سرخ به‌عنوان پلایا، بدون داشتن گسل مهمی، شرایطی کاملاً آرام و غیر فعال دارد.

جدول ۱۴. محاسبه‌ی شاخص انشعاب‌پذیری (BR)

رتبه‌ی آبراهه	N1	N2	N3	N4	N5	BR	کلاس فعالیت
باد خالد آباد	۳۹۸	۱۸۸	۸۱	۲۳	۳	۳/۹۰	۲
طرق ایبازن	۲۹۲	۱۰۸	۵۶	۶۶	۴	۵/۴۹	۳
اردستان	۱۰۴۲	۴۷۸	۱۸۵	۱۷۶	۸۹	۱/۹۴	۱
دق سرخ	۱۳۸۸	۵۷۹	۳۳۰	۱۹۴	۱۱۰	۱/۹۰	۱

بحث و نتیجه‌گیری

هدف اصلی این پژوهش بررسی و کشف ارتباط میان حجم مخروط‌افکنه‌ها و مساحت حوضه‌ی آبریز بالادست از یک سو و تأثیر تکتونیک فعال از سوی دیگر است، بنابراین تلاش شد خصوصیت‌های هندسی و ژئومتری مخروط‌افکنه‌ها محاسبه شود و بر اساس روابط موجود، ارتباط معناداری میان میزان فعالیت‌های تکتونیک و حجم مخروط‌افکنه‌ها و مساحت حوضه‌ی آبریز آنها برقرار شود. نتایج این پژوهش نشان داد، گرچه بین عوامل و متغیرهای ذکر شده، روابط معنادار بالایی می‌تواند وجود داشته باشد (برای نمونه، بول از پژوهشگران بین‌المللی در پژوهش‌های خود همبستگی بین متغیرهای مذکور را اثبات کرده است)، اما در محدوده‌ی مورد مطالعه‌ی نویسندگان، مساحت حوضه‌های بالادست مخروط‌افکنه‌ها تأثیر معناداری بر حجم مخروط‌افکنه‌ها ندارد، به‌گونه‌ای که ضریب همبستگی بین دو عامل مذکور برای زیرحوضه‌ی اردستان برابر با ۰/۳۰، باد خالدآباد برابر با ۰/۰۵، طرق ایبازن برابر با ۰/۰۷ و دق سرخ صفر است. از سوی دیگر، حجم مخروط‌افکنه، تنها متأثر از مساحت حوضه‌ی آبریز بالادست نیست، بلکه عوامل دیگری چون، ویژگی‌های سنگ‌شناسی، تکتونیک، اقلیم و ویژگی‌های مورفومتریکی حوضه‌های زهکشی، در کاهش یا افزایش حجم مخروط‌ها نقش دارند. بنابراین با مطالعه‌ی ویژگی‌های زمین‌شناسی محدوده‌ی مورد مطالعه و استخراج لایه‌ی گسل‌ها از روی نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ و روی هم‌اندازی^۱ محدوده‌های حوضه‌های آبریز بالادست، محدوده‌ی مخروط‌افکنه‌ها و گسل‌ها، مشخص شد که وجود گسل در حوضه‌های بالادست مخروط‌افکنه‌ها تأثیر زیادی در افزایش حجم مخروط‌ها داشته است، به‌گونه‌ای که در هر حوضه، بالاترین مقدار شاخص (V) مربوط به مخروطی است که در حوضه‌ی بالادست آن گسل وجود دارد (شکل شماره‌ی ۱۲).

از سوی دیگر با توجه به ویژگی‌های زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی متفاوت حوضه‌ی آبخیز دق سرخ و وجود سه واحد ژئومورفولوژیک کاملاً واضح (کوهستان، دشت سر، پلایا)، محدوده‌ی مطالعاتی به چهار زیرحوضه بخش شد. پس از

آن فعالیت‌های زمین‌ساختی منطقه با استفاده از شش شاخص ژئومورفیک، برپایه‌ی مورفولوژی حوضه و شبکه‌ی زهکشی ارزیابی شد. برای نیل به این مقصود از شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی^(Lat) استفاده شد که از رابطه‌ی ۵ به‌دست آمد.

$$Lat = \frac{S}{N} \quad \text{رابطه‌ی ۸}$$

Lat = شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی؛

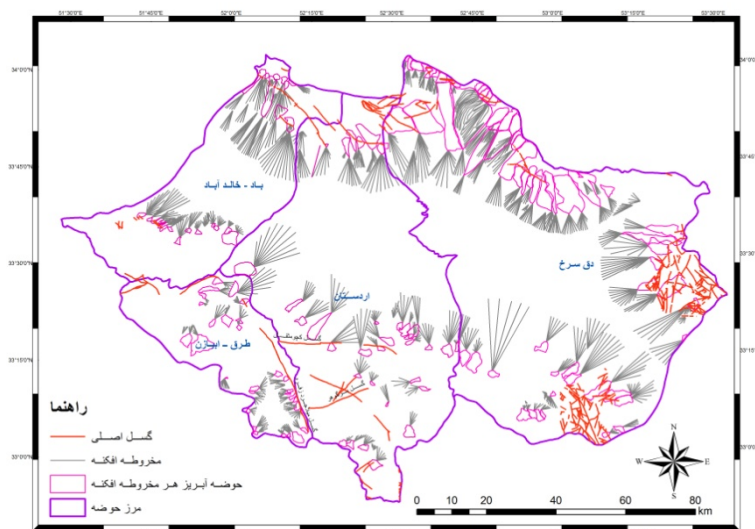
S = مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده؛

N = تعداد شاخص‌های محاسبه شده.

طبقات مختلف شاخص Lat به‌صورت زیر است (Hamdouni et al., 2008: 171):

$1 < Lat < 1/5$ فعالیت زمین‌ساختی شدید؛ $Lat < 1/5 > 1/5$ فعالیت تکتونیکی زیاد؛

$2 > Lat < 2/5$ فعالیت زمین‌ساختی متوسط؛ $Lat > 2/5 > 2/5$ فعالیت‌های کم و ناچیز.



شکل ۱۲. نقشه‌ی گسل‌ها و محدوده‌ی حوضه‌های آبریز بالادست محدوده‌ی مطالعاتی

جدول ۱۵. محاسبه‌ی شاخص Lat برای محدوده‌ی مطالعاتی

نام حوضه	HI	SMF	BS	VA	P	BR	LAT	کلاس فعالیت
باد خالآباد	۳	۲	۲	۲	۱	۲	۲	فعالیت تکتونیکی زیاد
طرق ابیازن	۱	۱	۳	۱	۲	۳	۱/۸۳	فعالیت تکتونیکی زیاد
اردستان	۲	۲	۳	۲	۳	۱	۲/۱۶	فعالیت زمین‌ساختی متوسط
دق سرخ	۳	۲	۳	۳	۳	۱	۲/۵	فعالیت زمین‌ساختی متوسط

نتایج جدول ۱۵ نشان می‌دهد که بخش‌های شمال غرب و جنوب غرب محدوده‌ی مورد مطالعه، از نظر تکتونیک بسیار فعال‌تر از قسمت‌های مرکزی و شرقی حوضه است، به گونه‌ای که شاخص (Lat) بیانگر فعالیت زیاد در حوضه‌ی طوق - ایبازن و باد خالداآباد و میزان فعالیت زمین‌ساختی متوسط در حوضه‌های اردستان و دق سرخ است. بنابراین با توجه به مطالب فوق استنباط می‌شود، عامل تکتونیک نقش اصلی در افزایش یا کاهش حجم مخروط‌افکنه‌ها بر عهده داشته و مساحت حوضه‌ی بالادست (BA) به عنوان یک عامل فرعی و ثانویه شمرده می‌شود.

منابع

- Amerson, B.E., Montgomery, D.R., Meyer, G., 2007, **Relative Size of Fluvial and Glaciated Valleys in Central Idaho**, *Geomorphology*, Vol. 50, PP.20-32.
- Andeson, J.G., Brune, J.N., Anooshehpour, R., Ni, S.D., 2000, **New Ground Motion Data and Concepts in Seismic Hazard Analysis**, *Current Science*, Vol. 79, PP. 1278-1290.
- Bull, W.B., McFaden, L.D., 1977, **Tectonic Geomorphology North and South of the Garlock Fault**, California, Annual Geomorphology Symposium; State University of New York, PP.115-138.
- Burbank, D.W., Anderson, R.S., 2000, **Tectonic Geomorphology**, Blackwell Publisher, Oxford.
- Douni, R.E., Irigaray, C., Fernandez, T., Chacon, J., Keller E.A., 2008, **Assessment of Relative Active Tectonic, South West Border of the Sierra Nevada (Southern Spain)**, *Geomorphology*, Vol. 96, PP. 150-173.
- Guarnieri, P. and Pirrotta, C., 2008, **The Response of Drainage Basins to the late Quaternary Tectonic in the Sicilian Side of the Messina Strait (NE Sicily)**, *Geomorphology*, Vol.95, PP. 260-273.
- Hesami, K., Pantosti, D., Tabassi, H., Shabanian, E., Abbassi, M.R., Fegghi, K., and Solaymani, S., 2003, **Paleoearthquakes and Slip Rates of the North Tabriz Fault, Nw Iran**, *Annals of Geophysics*, Vol. 46, No. 5, PP. 23-29.
- Karami, F., 2009, **Geomorphic Survey of Tectonic Activities on Saeidabadi Chai Drainage Basin**, *Physical Geography Research Quarterly*, No. 69, PP. 67-82.
- Keller, E.A and Pinter, N., 1996, **Active Tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape**, Prentice Hall, Inc. New Jersey.
- Khayam, M., Mokhtari Kashki, D., 2003, **Evaluation of Tectonic Activity Operation Based on Morphology of Alluvial Fans**, *Research in Geography*, No. 38, PP. 1-10.
- Maghsodi, M., Mohammadnejad, V., 2011, **Alluvial Fans Geomorphology**, University of Tehran.
- Mokhtari Kashki, D., 1997, **Analysis of some Morphodynamic Issues of Misho North Rangeand Koshksaray Flood Plain**, Master Thesis, Tabriz University.
- Rajabi, M., Rostai, SH., Maghami Moghim, GH., 2006, **The Analysis of Neo-tectonic Activities in Southern Slopes of Aladagh Heights in Northwest of Iran**, *Geography and Development*, Zahedan, No. 8, PP. 171-191.
- Ramirez, H., 1998, **Geomorphic Assessment of Active Tectonics in the Acambay Graben, Mexican Volcanic Belt**, *Earth Surface Processes and Landforms*, Vol. 23, PP. 317-332.

Silva, P.G., Goy, J.L., Zazo, C., Baradaji, T., 2003, Faultgenerated Mountain Front in Southeast **Spain: Geomorphologic Assessment of Tectonic and Seismic Activity**, *Geomorphology*, Vol. 50, PP. 203-225.

Solimani, Sh., 1999, **Guidelines on Detecting and NeoTectonic Movements with Approach to Preliminaries of Pale Seismology**, First Edition, Publication of Seismology and Earthquake Engineering International Institute, Tehran.

Zargarzade, M., Rangzan, K., Cherchi, A., Abshirini, E., 2009, **GIS Application and Geomorphologic Indices in Active Tectonic Zoning of Zagroos Zone**, *Geomatic Conference*, PP. 1-10.