

## فصلنامه تحقیقات جغرافیایی، سال ۳۰، شماره چهار، زمستان ۱۳۹۴، شماره پیاپی ۱۱۹

Dr. A. Amirahmadi

M. Ebrahimi

M. Habibolahian

Dr. M.A. Zangane

A.A. Shayan

amirahmadi1388@gmail.com

دکتر ابوالقاسم امیر احمدی، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری

مجید ابراهیمی، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری

محمود حبیب اللهیان، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری

دکتر محمد علی زنگنه اسدی، دانشیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشگاه حکیم سبزواری

علی اکبر شایان یگانه، دانشجوی دکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری

### تکتونیک فعال و ارتباط آن با حجم مخروط افکنه‌ها

(مطالعه موردی: پنج حوضه آبخیز در شمال شرق ایران مرکزی)

#### چکیده

در مناطق فعال زمین‌شناسی، ارتباط هماهنگی بین اشکال توپوگرافی سطح زمین و سیستم‌های هیدرولوژی وجود دارد، به طوری که می‌توان یک برآورد کمی بین فعالیت‌های نئوتکتونیک و فرم‌های سطح زمین انجام داد و به تبیین و مدل‌بندی تکامل چشم انداز زمین پرداخت. در این پژوهش مخروط افکنه‌های پنج حوضه آبخیز سبزواری، داورزن، جوین، صفی‌آباد و اسفراین در حوضه آبخیز کویر مرکزی به تعداد ۱۴۰ مخروط افکنه مورد بررسی قرار گرفت. پارامترهای شعاع مخروط افکنه ( $r$ ) و ارتفاع ( $h$ ) با استفاده از نرم افزار آرک جی‌ای اس<sup>۱</sup> و زاویه جاروب مخروط افکنه‌ها ( $S$ ) با استفاده از زاویه سنج الکترونیکی<sup>۲</sup> به دست آمد. سپس حجم هر یک از مخروط افکنه‌ها با استفاده از روش‌های چرچ و گیلز محاسبه شد و رابطه خطی و ضریب همبستگی میان حجم مخروط افکنه‌ها ( $V$ ) و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده آنها ( $BA$ ) برقرار گردید. در گام بعد با استفاده از شاخص‌های ژئومورفولوژیک، میزان فعالیت‌های تکتونیک منطقه ( $Lat$ ) ارزیابی شد بطوریکه مخروط افکنه‌های حوضه‌های جوین، صفی‌آباد و اسفراین در کلاس فعالیت‌های زمین‌ساختی زیاد و مخروط افکنه‌های حوضه سبزواری در کلاس فعالیت‌های زمین‌ساختی متوسط و مخروط افکنه‌های حوضه آبخیز داورزن در کلاس فعالیت‌های زمین‌ساختی کم قرار دارند. نتایج این پژوهش نشان داد، هر چند بایستی بین حجم مخروط افکنه‌ها ( $V$ ) و مساحت حوضه آبریز بالا دست ( $BA$ ) رابطه معناداری وجود داشته باشد، اما در حوضه‌های مورد مطالعه به جز حوضه داورزن که دارای ضریب همبستگی بالایی (۰/۷۴۲) بین دو عامل مذکور می‌باشد در دیگر حوضه‌ها هیچ گونه رابطه‌ای بین حجم مخروط افکنه‌ها ( $V$ ) و مساحت حوضه آبریز بالا دست

1- Arc Gis

2 -Electronic Protractor

(BA) دیده نمی‌شود. بنابراین تکتونیک نقش اصلی را در افزایش یا کاهش حجم مخروط افکنه‌ها داشته و مساحت حوضه‌ی بالا دست مخروط افکنه‌ها (BA) به عنوان یک عامل فرعی عمل می‌کند. **واژه‌های کلیدی:** تکتونیک فعال، حجم مخروط افکنه‌ها، شاخص‌های ژئومورفولوژیک.

## مقدمه

مورفوتکتونیک، به بررسی تأثیرات فعالیت‌های تکتونیک بر فرآیندها و مورفولوژی سیستم‌های ژئومورفولوژیک و چگونگی به کارگیری اشکال سطح زمین به منظور ارزیابی فعالیت گسل، می‌پردازد (ریتر<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۰، ۲۸۹). تقریباً هیچ ناحیه‌ای را در جهان نمی‌توان یافت که در طول چند هزار سال اخیر تحت تأثیر تغییرات تکتونیک قرار نگرفته باشد (آلتین<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۱۱، ۴۸۷). مخروط افکنه‌ها از جمله‌ی این اشکال ژئومورفولوژیک هستند که فعالیت‌های تکتونیک در کنار تغییرات آب و هوایی مهمترین عامل کنترل کننده‌ی آنها می‌باشد (لی<sup>۳</sup> و همکاران، ۱۹۹۹، ۷). حرکات تکتونیک سطح اساس فرسایش را تغییر داده و فرآیندهای فعال در سطح مخروط افکنه‌ها و تکامل آنها را تحت تأثیر قرار می‌دهند. بر این اساس می‌توان سطوح مخروط افکنه‌ها را به عنوان خطوط هم زمان برای بررسی تاریخ و حرکات گسل‌ها و وقوع زلزله‌ها به کار گرفت (یانگ<sup>۴</sup>، ۱۹۸۵، ۱۰). مورفولوژی مخروط افکنه‌ها می‌تواند به عنوان شاخصی برای فعالیت‌های تکتونیک به کار برده شود، زیرا از روی شکل مخروط افکنه‌ها می‌توان به میزان تغییراتی که در فرآیندهای تکتونیک از قبیل ایجاد گسل، بالا آمدگی، خمیدگی و چین خوردگی در امتداد جبهه کوهستانی اتفاق می‌افتد پی برد (کلر و پینتر<sup>۵</sup>، ۱۹۹۶، ۱۹۳). در این زمینه گرچه مطالعات زیادی در مورد رابطه‌ی بین تکتونیک و مخروط افکنه‌ها انجام شده است (بول و مک فادن، ۱۹۷۷؛ منگس، ۱۹۸۷؛ رامیرز هررا، ۱۹۹۸؛ ویسراس و همکاران، ۲۰۰۳؛ رابوستلی و همکاران، ۲۰۰۵؛ کومار و همکاران، ۲۰۰۷؛ سینگ و تاندون، ۲۰۰۹)، در ایران نیز (خیام و مختاری کشکی، ۱۳۸۲؛ رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۸۴؛ رامشت و همکاران، ۱۳۸۸؛ مقصودی و همکاران، ۱۳۸۸؛ سیف و خسروی، ۱۳۸۹؛ حبیب اللهیان و همکاران، ۱۳۹۱)، اما به ارتباط حجم مخروط افکنه‌ها و تکتونیک کمتر توجه شده و پژوهش‌های مربوط به حجم مخروط افکنه‌ها کما بیش محدود است.

خبازی و همکاران (۱۳۹۱)، با بررسی حجم مخروط افکنه‌های حوضه آبخیز کویر دق سرخ در ایران مرکزی نتیجه گرفتند که حجم مخروط افکنه‌ها متأثر از تکتونیک است. نانینگا<sup>۶</sup> و واسون (۱۹۸۵) با هدف برآورد حجم فرسایش درازمدت حوضه‌های زهکشی، روابط ریاضی را برای محاسبه حجم مخروط افکنه‌ها ارائه کردند. چرچ<sup>۷</sup> (۱۹۷۷) بر اساس یک روش ساده، حجم مخروط افکنه‌های شمال غرب ورمونت در ایالات متحده

---

1- Riter  
2- Altin  
3- Lee  
4- Yang  
5- Keler and pinter  
6- Nanninga et al  
7- Church

را محاسبه کرد. لوید<sup>۱</sup> و همکاران (۱۹۸۸) با بررسی حجم مخروط‌افکنه‌های پیرنه‌ی جنوبی در اسپانیا، نتیجه گرفتند که حجم مخروط‌افکنه‌ها متأثر از لیتولوژی و تکتونیک است. کاتن<sup>۲</sup> (۲۰۰۲) بر اساس ویژگی‌های مورفومتریک مخروط‌افکنه، حجم مخروط‌افکنه بوون در ورمونت را محاسبه کرد. بیلینس<sup>۳</sup> (۲۰۰۹) حجم مخروط‌افکنه‌ها را بر اساس مدل ارتفاع رقومی (DEM) با کمک نرم افزار آرک مپ<sup>۴</sup> در سواحل کایل کورا در نیوزیلند محاسبه کرد. گیلز<sup>۵</sup> (۲۰۱۰)، حجم مخروط‌افکنه‌های دره بوو<sup>۶</sup> در کانادا و منطقه آبساروکا<sup>۷</sup> در وایومینگ ایالات متحده آمریکا را محاسبه و روابط آنها را با مساحت مخروط‌افکنه‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار داد. اهداف این پژوهش شامل محاسبه حجم مخروط‌افکنه‌ها بر اساس مورفومتری آنها در مرحله اول و بررسی رابطه بین حجم مخروط‌افکنه‌ها و مساحت حوضه آبریز بالادست آنها در مرحله دوم و ارزیابی درجه فعالیت‌های تکتونیکی در پنج حوضه آبخیز محدوده مطالعاتی در مرحله سوم و نهایتاً تحلیل رابطه تکتونیک فعال و ارتباط آن با حجم مخروط‌افکنه‌ها می‌باشد.

## داده‌ها و روش‌ها

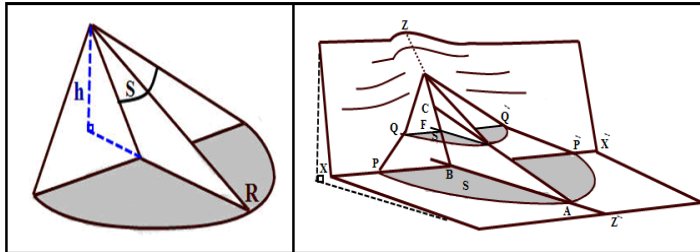
برای بررسی ویژگی‌های مورفومتریکی حجم مخروط‌افکنه‌ها و ارتباط آن با تکتونیک در پنج حوضه‌ی زهکشی در محدوده حوضه‌های مطالعاتی از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای (ETM<sup>+</sup> 2006) برای تعیین محدوده مخروط‌افکنه‌ها و مرزبندی حوضه‌های مطالعاتی و از نقشه‌های زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ و ۱:۲۵۰۰۰۰ منطقه، برای استخراج لایه گسل‌ها و لیتولوژی و از نقشه مدل ارتفاع رقومی منطقه (DEM) نیز، برای انجام برخی محاسبات استفاده شد. در گام بعدی، زاویه جاروب یا زاویه بین دو حاشیه‌ی مخروط‌افکنه در رأس آن (S) به وسیله زاویه سنج الکترونیکی<sup>۸</sup> و شعاع مخروط‌افکنه یا فاصله افقی بین رأس و قاعده مخروط (R) برای ۱۴۰ مخروط‌افکنه، با استفاده از نرم افزار آرک مپ به دست آمد و با استفاده از تصاویر مدل ارتفاع رقومی (DEM) منطقه، اختلاف ارتفاع رأس و قاعده مخروط‌افکنه‌ها (h) محاسبه شد. به‌منظور محاسبه حجم مخروط‌افکنه‌ها از روش چورچ (۱۹۷۷) و گیلز (۲۰۱۰) که از کارایی بالایی برای برآورد حجم مخروط‌افکنه‌ها برخوردار هستند، استفاده گردید. محاسبه حجم مخروط‌افکنه‌ها بر اساس رابطه (۱) به دست آمد (چرچ، ۱۹۹۷، ۱۰۷؛ گیلز، ۲۰۱۰، ۳۲۱). شکل (۱) نیز شاخص‌های مورد نیاز برای محاسبه حجم مخروط را به طور شماتیک نشان می‌دهد (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۲۸).

$$V = \left( \frac{\pi \times r^2 \times h}{3} \right) \times \left( \frac{s}{360} \right) \quad \text{رابطه ۱}$$

- 1- Loyd et al
- 2- Cotton
- 3- Baylis
- 4- Arc Map
- 5- Giles
- 6- Bow
- 7- Absarok
- 8- Electronic Protractor

تکتونیک فعال و ارتباط آن با حجم مخروط افکنه ها / ۹

که در آن؛  $V$ : حجم مخروط افکنه به متر مکعب؛  $r$ : شعاع مخروط افکنه به متر؛  $h$ : اختلاف ارتفاع بین رأس و قاعده مخروط به متر؛  $S$ : زاویه جاروب (درجه)؛  $\pi$ : عدد  $3/14$  است.



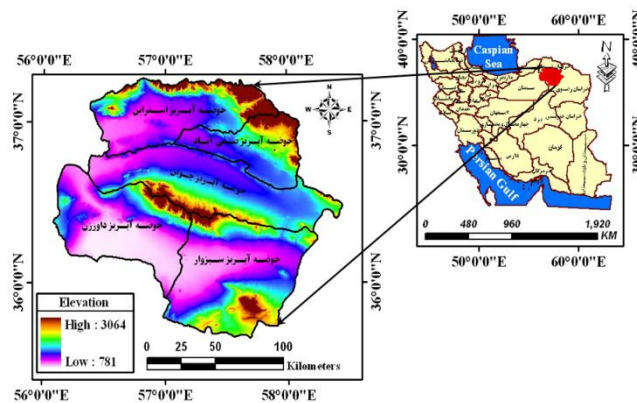
شکل ۱- تصویر شماتیک از شاخص‌های مورد نیاز برای محاسبه حجم مخروط افکنه‌ها

منبع: (چورچ، ۱۹۷۷، ۱۰۷؛ گیلز، ۲۰۱۰، ۳۲۲)

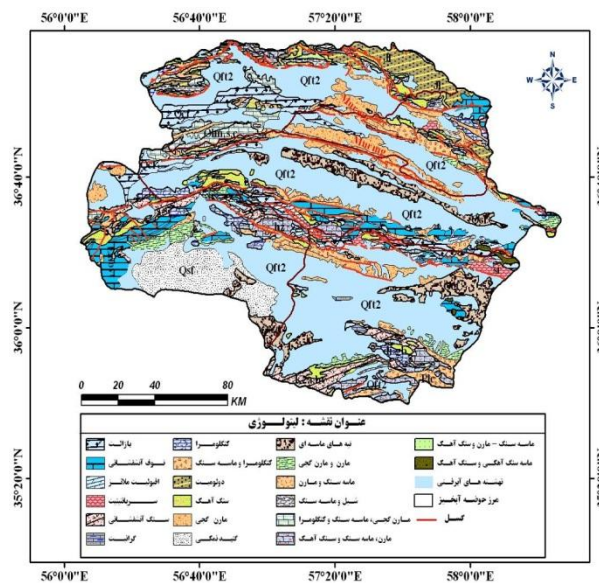
پس از محاسبه حجم ۱۴۰ مخروط افکنه و ترسیم حوضه‌های تغذیه کننده هر یک از آنها بر روی تصاویر ماهواره‌ای و نقشه‌های توپوگرافی و محاسبه مساحت هر یک از آنها در نهایت، بین مساحت حوضه‌های آبریز و حجم مخروط افکنه‌های مربوط ضریب همبستگی خطی ایجاد گردید. در گام بعد با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک، میزان فعالیت‌های تکتونیکی بر روی حجم هر یک از ۱۴۰ مخروط افکنه‌ها ارزیابی گردید.

### منطقه مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه شامل پنج حوضه آبخیز سبزوار، داورزن، جوبین، صفی آباد، اسفراین می‌باشد که از نظر مختصات جغرافیایی، در  $22^{\circ} 40' 35''$  تا  $46^{\circ} 16' 37''$  عرض شمالی و  $43^{\circ} 5' 56''$  تا  $12^{\circ} 26' 58''$  طول شرقی قرار دارد (شکل a.۲). این منطقه در شمال خاوری واحد ساختاری ایران مرکزی واقع شده است و از شمال به ارتفاعات البرز، از شرق به بلوک لوت و در قسمت غربی- جنوب شرقی توسط یک منطقه فرو رفته به زون دگرگونی سندانج - سیرجان محدود می‌شود. شمال منطقه در حاشیه جنوبی ارتفاعات آلاداغ که امتداد شرقی رشته کوه‌های البرز می‌باشد قرار گرفته است. دشت واقع در اطراف شهر اسفراین به وسیله مانعی از مارنهای نئوژن در جنوب محدود می‌گردد که رسوبات آواری دانه درشت و دانه ریز سطح دشت‌های موجود و پای کوه‌ها را به حالت مخروط افکنه می‌پوشاند. گسل‌های معروف این منطقه فعال بوده و در راستای ارتفاعات آلاداغ - بینالود قرار دارد که معروف‌ترین آنها بینالود است. جنوب منطقه در حقیقت شمال شرق زون ایران مرکزی است. از مهم‌ترین ویژگی‌های زمین‌شناسی این ارتفاعات شرکت سنگ‌های اولترابازیک و افیولیت ملانژهای کرتاسه در ساختمان آنهاست و سهم قابل توجهی از سنگ‌های آن نیز از مواد آتشفشانی رسوبی تشکیل شده است (علائی طالقانی، ۱۳۸۲، ۱۴۷). در بخش‌های جنوبی منطقه اغلب گسلها از نوع رانده‌گی هستند و شیب آنها به طرف شمال و رانده‌گی آنها شمالی- جنوبی و روند عمومی این گسلها شرقی- غربی می‌باشد که از جمله آنها می‌توان به گسل اصلی سبزوار بزرگ، گسل باغچر، گسل سنگ سفید، گسل افچنگ و گسل‌های آبرود، بیزه، ده نو به عنوان انشعابات گسل بزرگ میامی اشاره کرد (شکل b.۲).



شکل ۲.۱ - موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه



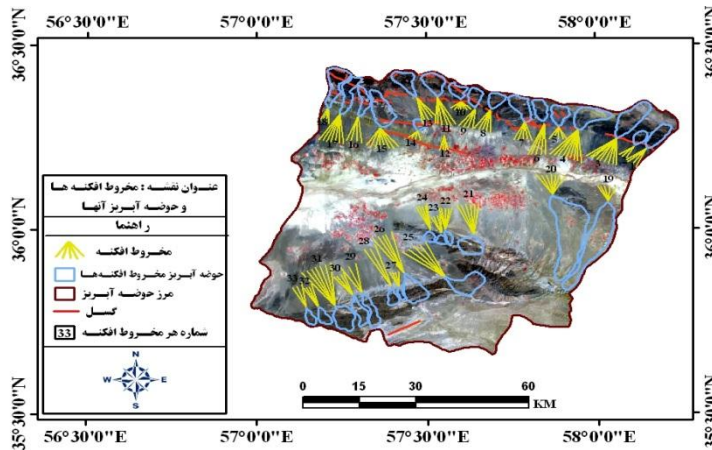
شکل ۲.۲ - نقشه لیتولوژی محدوده مورد مطالعه

### یافته‌های تحقیق

چنانچه داده‌های مربوط به عمق رسوبات در مخروط‌افکنه‌ها موجود باشد، محاسبه حجم مخروط‌افکنه‌ها امکان‌پذیر است، چون حجم مفهومی سه بعدی است، می‌توانیم از روابط مثلثاتی و هندسی حجم مخروط‌افکنه‌ها را محاسبه کنیم (هاروی، ۱۹۷۷، ۲۴۲؛ هوک، ۱۹۶۸، ۶۱۳). در این پژوهش شاخص‌های (s, h, r) جداگانه برای هر مخروط‌افکنه به دست آمد و بر اساس رابطه (۱) حجم مخروط‌افکنه‌ها حساب شد. همچنین برای ارزیابی تأثیر تکتونیک بر حجم مخروط‌افکنه‌ها روابط خطی و ضریب همبستگی بین مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده هر مخروط‌افکنه با حجم آن ایجاد کردیم.

### محاسبه حجم مخروط افکنه ها و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه آبریز سبزوار

حوضه آبریز سبزوار با مساحت ۶۴۳۴/۶۴ کیلومترمربع و تعداد ۳۳ مخروط افکنه در قسمت جنوب شرقی محدوده مطالعاتی واقع شده است (شکل ۳). با توجه به جدول (۱)، کمترین حجم مخروط افکنه ۷۹۳۰۱۶۲۲/۷۲ متر مکعب و بیشترین آن ۱۶۱۱۲۸۹۳۶۵۸ متر مکعب می باشد. ضریب همبستگی بین مساحت و حجم مخروط افکنه ها در این حوضه در حدود ۰/۲۲۱ به دست آمد که نشان می دهد رابطه معنا داری بین دو عامل مذکور وجود ندارد (جدول ۶).



شکل ۳- محدوده مخروط افکنه ها و حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه آبریز سبزوار

جدول ۱- محاسبه حجم و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده مخروط افکنه ها در حوضه آبریز سبزوار

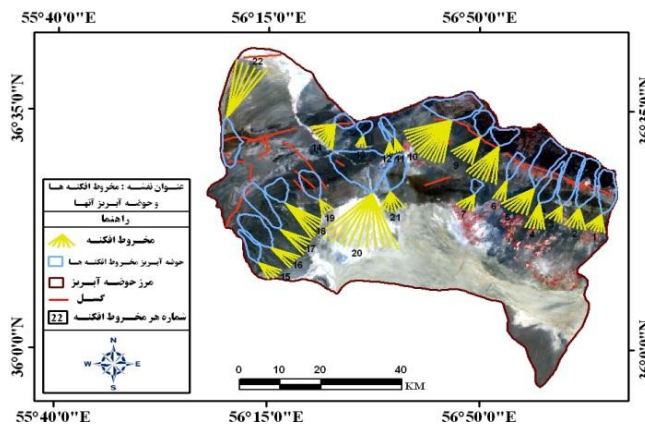
BA (M <sup>2</sup> )	V (M <sup>3</sup> )	R	S	Hmin-	Hmin	Hmax	N
۲۴۰۵۸۸۰۰	۱۲۴۵۹۴۲۲۰۵	۶۹۱۴/۲۵	۳۶	۲۴۹	۱۰۵۴	۱۳۰۳	۱
۱۰۶۶۹۹۰۰	۳۸۴۹۵۶۵۰۴/۴	۵۰۹۳/۲۸	۲۹	۱۷۶	۱۰۶۰	۱۲۳۶	۲
۴۹۳۰۶۱۰۰	۱۹۴۷۴۷۲۷۶۶	۸۳۹۷/۳۸	۵۹	۱۶۱	۱۰۱۶	۱۱۷۷	۳
۳۸۳۹۱۸۰۰	۲۱۲۵۵۱۹۶۵۴	۹۱۷۲/۱۲	۵۵	۱۵۸	۹۸۶	۱۱۴۴	۴
۲۰۹۷۸۶۰۰	۶۴۳۷۲۷۷۸۹/۲	۳۹۳۸/۴۵	۶۱	۲۳۴	۱۰۳۵	۱۲۶۹	۵
۱۸۳۵۹۳۰۰	۲۴۶۳۴۱۳۲۵۵	۹۷۶۸/۰۸	۳۰	۲۹۶	۹۵۸	۱۲۵۴	۶
۲۷۴۶۳۲۰۰	۱۲۵۴۰۶۴۴۱۱	۵۷۳۶/۶۱	۵۱	۲۵۷	۱۰۲۲	۱۲۷۹	۷
۱۴۷۷۹۶۰۰	۱۶۹۳۵۷۳۱۳۷	۶۸۹۳/۲۱	۴۱	۲۹۹	۱۱۱۲	۱۴۱۱	۸
۱۵۶۳۶۷۰۰	۸۳۰۹۸۶۵۳۹/۷	۶۲۸۸/۷۶	۳۳	۲۱۹	۱۱۱۶	۱۳۳۵	۹
۱۳۲۸۵۴۰۰	۷۰۲۵۳۱۷۵۴/۷	۳۴۶۳/۷۸	۹۵	۲۱۲	۱۲۲۴	۱۴۳۶	۱۰
۲۶۹۵۱۲۰۰	۲۵۸۳۸۲۴۳۹۲	۹۳۵۶/۲۷	۳۶	۲۸۲	۱۱۳۳	۱۴۱۵	۱۱
۲۶۹۵۱۲۰۰	۳۱۸۳۰۱۶۵۵/۳	۴۸۲۱/۲۱	۳۰	۱۵۷	۹۳۲	۱۰۸۹	۱۲
۲۵۰۸۳۴۰۰	۱۳۶۱۷۶۱۳۹۸	۷۷۷/۰۵	۳۲	۲۴۲	۱۲۳۲	۱۴۷۴	۱۳
۷۶۲۹۲۹۰	۳۱۷۴۹۸۱۰۹/۹	۳۱۴۵/۶۶	۶۲	۱۷۸	۹۷۴	۱۱۵۲	۱۴
۴۴۱۷۶۱۰۰	۱۶۱۱۲۸۹۳۶۵۸	۶۳۳۲/۹۷	۷۶	۱۸۲	۹۲۳	۱۱۰۵	۱۵
۱۷۳۶۰۸۰۰	۲۲۶۸۲۳۰۳۰۹	۸۰۰۹/۸۴	۳۲	۳۸۰	۹۳۴	۱۳۱۴	۱۶
۲۷۶۱۱۰۰۰	۳۳۳۷۰۷۲۵۸۳	۹۵۶۱/۰۲	۴۳	۲۹۲	۹۲۲	۱۲۱۴	۱۷

ادامه جدول ۱- محاسبه حجم و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده مخروط افکنه‌ها در حوضه سبزوار

BA (M <sup>2</sup> )	V (M <sup>3</sup> )	R	S	Hmin-	Hmin	Hmax	N
۳۶۴۴۳۷۰۰	۳۶۰۰۷۹۹۸۱/۳	۴۳۳۸/۴۴	۳۵	۱۸۸	۱۰۵۰	۱۲۳۸	۱۸
۱۰۲۴۴۸۰۰۰	۲۳۵۳۷۰۱۷۴/۳	۴۹۵۷/۴۸	۶۱	۵۴	۱۰۰۰	۱۰۵۴	۱۹
۱۵۰۰۱۰۰۰۰	۶۰۹۰۸۹۳۶۰/۲	۶۴۵۲/۳۴	۶۸	۷۴	۹۴۹	۱۰۲۳	۲۰
۲۷۹۳۱۲۰۰	۳۱۱۶۷۸۹۳۸۵	۹۵۵۶/۲	۳۹	۳۰۱	۹۴۰	۱۲۴۱	۲۱
۵۴۸۰۱۲۰	۱۱۲۰۹۶۱۳۲۸	۶۸۶۳/۷۲	۳۱	۲۶۴	۹۳۰	۱۱۹۴	۲۲
۵۶۳۱۳۳۰	۹۵۴۰۳۶۹۵۹/۲	۵۷۷۸/۲۶	۲۷	۳۶۴	۹۷۷	۱۳۴۱	۲۳
۷۳۴۲۵۱۰	۲۵۷۷۷۷۶۸۰۸	۸۴۱۷/۹۵	۳۴	۳۶۸	۸۹۳	۱۲۶۱	۲۴
۴۰۰۹۲۷۰۰	۷۹۳۰۱۶۲۲/۷۲	۱۲۴۸۴/۴۴	۳۵	۵	۱۰۴۶	۱۰۵۱	۲۵
۳۶۱۷۱۶۰۰	۹۳۳۱۳۶۱۷۲۵	۱۳۳۰۹/۹۵	۲۷	۶۷۱	۱۱۶۵	۱۱۶۵	۲۶
۴۷۰۶۱۴۰	۵۱۳۹۳۷۶۸۵/۸	۵۲۲۳/۳۴	۳۱	۲۰۹	۱۱۲۲	۱۳۳۱	۲۷
۱۰۱۱۶۳۰۰	۲۷۰۶۳۶۸۵۰۱	۱۳۴۸۳/۵۹	۱۶	۳۲۰	۹۵۲	۱۲۷۲	۲۸
۲۰۷۲۱۹۰۰	۲۵۱۵۶۴۱۸۱۱	۹۵۹۹/۲۸	۳۰	۳۱۳	۹۶۵	۱۲۷۸	۲۹
۱۸۳۸۹۵۰۰	۱۳۲۰۷۲۷۶۷۲	۷۵۵۸/۱۵	۲۸	۲۸۴	۱۰۱۱	۱۲۹۵	۳۰
۳۲۰۸۰۹۰۰	۷۹۶۲۰۲۹۳۳۵	۱۳۰۱۷/۸۲	۴۰	۴۰۴	۹۴۲	۱۳۴۶	۳۱
۱۱۳۲۶۰۰۰	۵۷۵۲۴۶۷۲۶/۵	۷۰۱۵/۵۴	۲۰	۲۰۱	۱۰۲۹	۱۲۳۰	۳۲
۸۵۳۷۶۲۰	۷۷۴۶۶۳۷۸۲	۷۷۳۷/۹۱	۲۵	۱۷۸	۱۰۰۳	۱۱۸۱	۳۳

محاسبه حجم مخروط افکنه‌ها و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه آبریز داورزن

حوضه آبریز داورزن با مساحت ۴۹۴۶/۵۳ کیلومترمربع و تعداد ۲۲ مخروط افکنه در قسمت جنوب غربی محدوده مطالعاتی واقع شده (شکل ۴). با توجه به جدول (۲)، کمترین حجم، مربوط به مخروط افکنه شماره (۷) با ۱۵۱۴۲۶۲۱۶/۴ متر مکعب اختصاص دارد. محاسبه ضریب همبستگی بین مساحت حوضه‌ی بالا دست مخروط افکنه‌ها (BA) و حجم مخروط افکنه‌ها (V) نشان می‌دهد، رابطه معناداری بین آنها وجود دارد، به گونه‌ای که ضریب همبستگی بین دو عامل مذکور در حدود ۰/۷۴۲ است که دارای بالاترین ضریب همبستگی در بین حوضه‌های مورد مطالعه می‌باشد (جدول ۶).



شکل ۴- محدوده مخروط افکنه‌ها و حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه داورزن

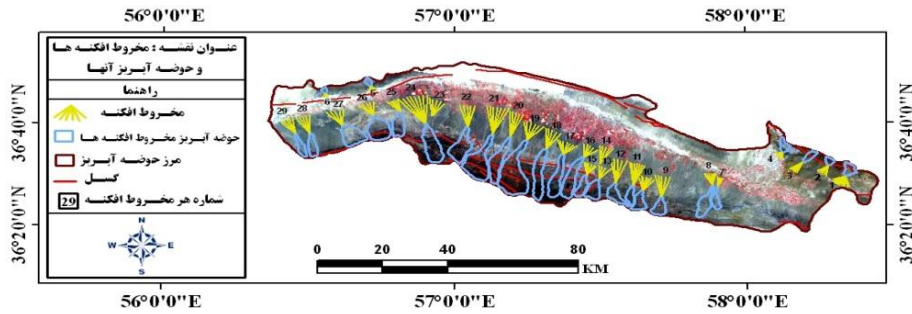
جدول ۲- محاسبه حجم و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده مخروط افکنه‌ها در حوضه آبریز داورزن

BA (M <sup>2</sup> )	V (M <sup>3</sup> )	R	S	Hmin- Hmax	Hmin	Hmax	N
۴۰۳۷۸۷۰۰	۸۰۸۷۲۹۶۲۴	۴۹۰/۱۱	۶۰	۱۹۳	۱۰۰۸	۱۲۰۱	۱
۴۶۲۵۰۵۰۰	۱۰۵۲۲۵۱۴۵۱	۵۹۹۵/۰۴	۵۳	۱۹۰	۹۸۲	۱۱۷۲	۲
۴۸۷۰۸۶۰۰	۵۹۵۸۸۳۱۹۹/۶	۴۸۹۰/۸۹	۵۱	۱۶۸	۹۷۳	۱۱۴۱	۳
۲۶۶۵۰۰۰۰	۱۳۶۰۸۳۹۶۶۶	۷۵۵۹/۷۷	۴۲	۱۹۵	۹۰۱	۱۰۹۶	۴
۵۵۴۶۷۸۰۰	۳۹۱۷۰۲۴۲۸۶	۹۲۰۵/۰۶	۵۰	۳۱۸	۹۰۴	۱۲۲۲	۵
۱۵۸۲۵۶۰۰	۹۵۹۹۲۳۵۳۶/۳	۵۸۲۹/۶۷	۲۹	۳۳۵	۹۲۶	۱۲۴۶	۶
۲۲۱۲۰۷۰۰	۱۱۸۱۱۱۳۲۲۸۸	۱۰۸۲۳/۱۴	۵۱	۶۸۰	۱۰۶۱	۱۷۴۱	۷
۷۳۷۷۴۷۰	۵۷۶۳۷۸۹۳۱/۹	۵۱۶۱/۹۶	۶۰	۱۲۴	۸۳۰	۹۵۴	۸
۲۴۰۵۰۴۰۰	۶۰۳۹۴۱۹۲۵۲	۹۶۳۲/۲۴	۵۱	۴۳۹	۱۱۵۹	۱۵۹۸	۹
۶۴۸۷۹۱۰۰	۱۰۸۸۴۴۹۰۶۸۱	۱۳۰۶۲/۱	۶۹	۳۱۸	۱۰۵۲	۱۳۷۰	۱۰
۸۶۸۶۵۶۰	۱۵۸۵۴۵۱۱۴	۴۲۲۶/۹۹	۲۸	۱۰۹	۹۹۵	۱۱۰۴	۱۱
۳۹۲۳۸۰۰	۱۵۱۴۲۶۲۱۶/۴	۳۳۹۴/۵۲	۴۰	۱۱۳	۹۷۱	۱۰۸۴	۱۲
۱۰۱۱۳۴۰۰	۲۸۲۹۹۹۲۷۹	۳۵۳۴/۸۵	۳۸	۲۰۵	۹۹۷	۱۲۰۲	۱۳
۱۳۳۵۳۳۰۰	۲۱۰۰۶۵۲۳۲۴	۶۱۷۵/۷۳	۷۴	۲۵۶	۸۶۶	۱۱۲۲	۱۴
۱۹۱۵۹۵۰۰	۶۱۲۵۰۳۵۳۸/۱	۶۳۸۵/۹۳	۴۲	۱۲۳	۸۳۶	۹۵۹	۱۵
۴۳۹۷۴۹۰۰	۸۱۸۵۸۰۱۵۲/۱	۷۴۷۴/۱۶	۳۶	۱۴۰	۸۱۳	۹۵۳	۱۶
۴۷۱۹۹۳۰۰	۱۲۹۱۸۲۷۹۷۹	۸۴۱۸/۱۳	۳۸	۱۶۵	۷۹۸	۹۶۳	۱۷
۲۴۷۱۶۵۰۰	۱۸۲۲۷۵۱۰۱۶	۱۱۰۰۶/۶۶	۲۵	۲۰۷	۸۰۰	۱۰۰۷	۱۸
۲۹۳۷۹۷۰۰	۱۶۱۴۵۹۶۴۷/۷	۳۸۳۲/۹۵	۴۵	۸۴	۸۰۲	۸۸۶	۱۹
۱۰۸۳۳۲۰۰۰	۱۶۵۸۷۹۸۱۲۷	۱۵۷۷۰/۵۶	۷۴	۳۱	۷۹۵	۸۲۶	۲۰
۳۳۸۵۹۶۰۰	۴۷۲۲۹۱۷۵۵	۵۷۶۰/۱۲	۷۲	۶۸	۸۰۱	۸۶۹	۲۱
۴۱۶۰۴۶۰۰	۱۰۸۷۰۱۸۲۴۸۴	۱۵۴۴۲/۵۹	۶۷	۲۳۴	۹۰۴	۱۱۳۸	۲۲

محاسبه حجم مخروط افکنه‌ها و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه آبریز جویین

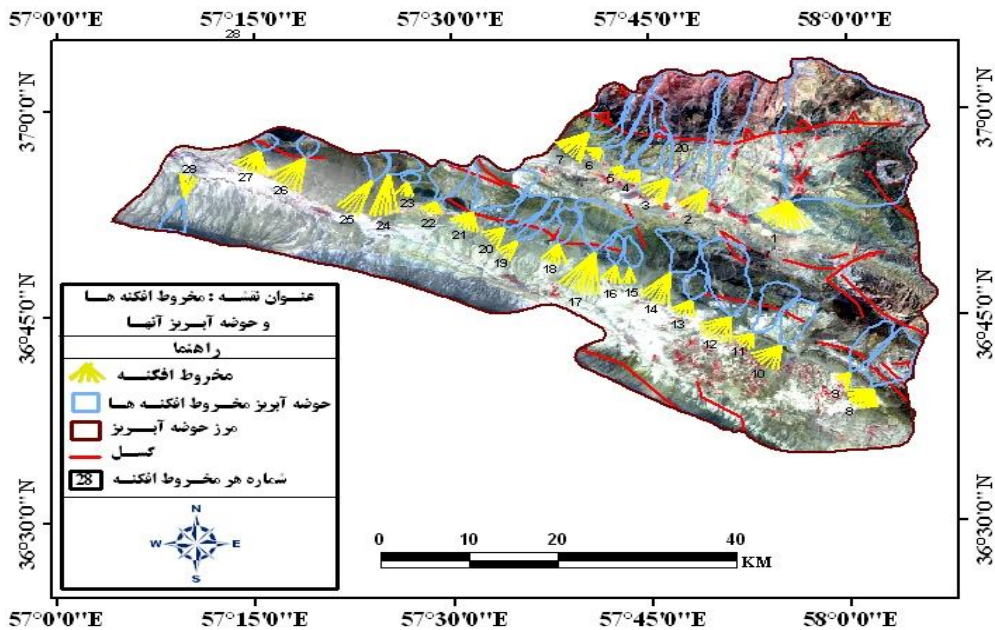
حوضه آبریز جویین در قسمت مرکزی حوضه مطالعاتی با مساحت ۵۶۵۰/۳۰ کیلومتر مربع و تعداد ۲۹ مخروط افکنه واقع شده است (شکل ۵)، که بیشترین و کمترین حجم مخروط افکنه، به ترتیب مربوط به مخروط افکنه‌های شماره (۲۴ و ۵) با ۳۷۲۲۹۱۸۱۹۸ و ۱۶۹۴۷۸۳۰/۸۵ متر مکعب است. ضریب همبستگی بین عامل مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده مخروط افکنه‌ها (BA) و حجم مخروط افکنه‌ها (V) نشان می‌دهد، رابطه معناداری بین دو عامل مذکور وجود ندارد. ضریب همبستگی در حوضه آبریز جویین برابر با ۰/۱۴۳ است (جدول ۶).





شکل ۵- محدوده مخروط افکنه‌ها و حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه جوبین

محاسبه حجم مخروط افکنه‌ها و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه آبریز صفی آباد این حوضه با مساحت  $2595/20$  کیلومتر مربع و تعداد ۲۸ مخروط افکنه در قسمت شمال شرق منطقه مورد مطالعه واقع شده است (شکل ۶). جدول (۴) نشان می‌دهد بیشترین حجم مخروط افکنه به مخروط شماره (۲۷) با  $110405568/8$  متر مکعب و کمترین آن به مخروط شماره (۱۶) با  $12752329/83$  متر مکعب تعلق دارد. ضریب همبستگی بین عامل مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده مخروط افکنه‌ها (BA) و حجم مخروط افکنه‌ها (V) برابر با  $0/044$  است که رابطه معناداری بین آنها وجود ندارد (جدول ۶).



شکل ۶- محدوده مخروط افکنه‌ها و حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه صفی آباد

تکنونیک فعال و ارتباط آن با حجم مخروط افکنه ها / ۱۵

جدول ۳- محاسبه حجم و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده مخروط افکنه ها در حوضه جوبین

BA (M <sup>2</sup> )	V (M <sup>3</sup> )	R	S	Hmin-	Hmin	Hmax	N
۱۲۰۸۰۴۰۰	۸۵۷۳۰۲۴۷۸/۱	۴۳۴۳/۰۳۱	۸۱	۱۹۳	۱۳۳۶	۱۵۲۹	۱
۵۵۷۲۹۴۰	۶۲۷۴۸۱۴۶۳/۴	۴۵۴۶/۷۱	۳۶	۲۹۰	۱۳۱۷	۱۶۰۷	۲
۸۳۱۵۰۹۰	۴۰۴۸۷۰۱۴۲/۵	۵۵۶۵/۹۶	۳۱	۱۴۵	۱۱۹۴	۱۳۳۹	۳
۱۰۰۶۲۰۰۰	۸۷۶۹۴۰۰۹/۸۲	۲۶۳۰/۲	۴۰	۱۰۹	۱۲۱۸	۱۳۲۷	۴
۴۵۸۳۹۰۰	۱۶۹۴۷۸۳۰/۸۵	۲۰۴۴/۱۷	۳۱	۴۵	۹۴۵	۹۹۰	۵
۲۴۷۴۰۵۰	۲۶۰۳۳۹۱۰/۰۲	۱۶۷۲/۵۳	۳۳	۹۷	۹۰۰	۹۹۷	۶
۱۲۹۶۳۲۰۰	۸۶۵۳۰۹۷۴/۲۱	۴۳۹۶/۱۵	۲۸	۵۵	۱۱۴۲	۱۱۹۷	۷
۲۷۵۴۲۱۰۰	۲۴۲۵۸۲۲۵۷/۴	۴۸۱۶/۸۹	۵۸	۶۲	۱۱۳۳	۱۱۹۵	۸
۱۸۳۸۳۶۰۰	۱۹۶۹۲۶۶۷۰۷	۷۹۵۰/۲۹	۳۸	۲۸۲	۱۲۰۴	۱۴۸۶	۹
۱۷۶۶۳۹۰۰	۱۰۸۹۱۱۱۸۵۶	۵۳۹۶/۲۹	۶۷	۱۹۲	۱۲۳۷	۱۴۲۹	۱۰
۱۲۱۰۰۳۰۰	۱۹۹۴۳۷۶۹۴۴	۸۴۰۰/۷۴	۴۰	۲۴۳	۱۱۶۰	۱۴۰۳	۱۱
۲۰۲۶۴۳۰۰	۲۳۳۰۹۲۱۸۵۵	۹۲۳۷/۱۸	۳۶	۲۶۱	۱۱۵۲	۱۴۱۳	۱۲
۲۳۱۶۹۸۰۰	۸۵۰۱۹۶۱۳۶/۷	۵۱۰۴/۲۶	۶۱	۱۸۴	۱۲۳۸	۱۴۲۲	۱۳
۲۳۱۶۹۸۰۰	۵۶۴۸۳۹۷۱۶/۸	۷۰۳۰/۹۴	۳۰	۱۳۱	۱۱۲۳	۱۲۵۴	۱۴
۱۶۸۶۷۴۰۰	۶۹۵۵۶۸۱۳۲/۵	۴۴۱۷/۲۷	۶۱	۲۰۱	۱۲۴۹	۱۴۵۰	۱۵
۴۱۲۶۰۷۰۰	۴۷۲۷۰۲۳۰۴/۸	۵۰۶۹/۲۳	۵۷	۱۱۱	۱۱۵۹	۱۲۷۰	۱۶
۳۸۴۰۴۳۰۰	۷۴۶۷۶۹۵۴۶/۸	۵۲۴۸/۹۷	۸۲	۱۳۳	۱۱۷۱	۱۳۰۴	۱۷
۴۶۲۲۶۵۰۰	۱۰۳۴۱۰۵۸۹۱	۷۷۹۶/۱	۳۸	۱۵۴	۱۱۳۲	۱۲۸۶	۱۸
۹۹۳۹۰۸۰۰	۱۶۷۳۷۳۷۸۴۷	۷۰۵۹/۹۲	۷۰	۱۶۵	۱۱۲۷	۱۲۹۲	۱۹
۴۳۹۹۷۰۰۰	۱۶۸۶۰۴۷۹۷۲	۹۰۰۹/۷۲	۳۸	۱۸۸	۱۰۹۱	۱۲۷۹	۲۰
۶۹۰۲۸۳۰۴	۳۲۷۵۰۷۶۳۹۳	۱۰۳۴۲/۹۳	۴۵	۲۳۴	۱۰۶۸	۱۳۰۱	۲۱
۴۴۴۴۸۶۰۰	۱۶۲۱۷۰۲۱۷۵	۸۵۳۰/۵۴	۳۵	۲۱۹	۱۰۵۶	۱۲۷۵	۲۲
۴۴۴۴۸۶۰۰	۹۵۰۵۲۶۲۸۸/۹	۶۶۰۸/۵۲	۳۸	۱۹۷	۱۰۲۳	۱۲۲۰	۲۳
۵۱۱۵۲۲۰۰	۳۷۲۲۹۱۸۱۹۸	۱۱۰۴۳/۱۸	۳۵	۳۰۰	۹۹۸	۱۲۹۸	۲۴
۲۴۸۵۳۵۰۰	۸۰۰۲۹۷۲۷۲/۶	۴۸۶۲/۹۱	۶۰	۱۹۴	۹۷۶	۱۱۷۰	۲۵
۴۴۰۸۱۹۰۰	۲۶۵۴۰۷۷۲۰/۴	۴۹۸۰/۵۸	۴۰	۹۲	۹۴۹	۱۰۴۱	۲۶
۳۹۲۲۱۸۰۰	۶۱۹۸۹۸۰۹۳/۸	۶۵۲۸/۸۳	۶۱	۸۲	۹۲۳	۱۰۰۵	۲۷
۱۶۶۱۷۸۰۰	۱۰۵۵۵۱۷۲۷۲	۷۰۳۰/۹۴	۵۴	۱۳۶	۸۶۹	۱۰۳۲	۲۸
۱۲۳۵۳۱۰۰	۶۷۶۶۵۹۸۸۵/۸	۶۲۸۵/۴۷	۴۳	۱۳۷	۸۸۸	۱۰۲۵	۲۹

جدول ۴- محاسبه حجم و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده مخروط افکنه‌ها در حوضه صفی آباد

BA (M <sup>2</sup> )	V (M <sup>3</sup> )	R	S	Hmin- Hmax	Hmin	Hmax	N
۲۴۲۴۵۱۰۱۰	۲۶۳۶۲۹۱۲۳/۲	۴۰۶۰/۳۴	۱۱۰	۵۰	۱۵۰۹	۱۵۵۹	۱
۳۸۱۲۹۶۰۰	۱۸۴۱۵۱۰۲۹/۵	۳۶۱۹/۰۲	۵۲	۹۳	۱۴۳۵	۱۵۲۸	۲
۶۴۱۲۳۸۰۰	۲۱۹۹۹۹۴۹۱/۱	۳۸۱۳/۹۳	۵۱	۱۰۲	۱۳۹۴	۱۴۹۶	۳
۱۱۵۱۵۳۰۰	۱۲۱۴۲۷۴۸۲/۹	۲۱۶۵/۵۳	۶۱	۱۴۶	۱۳۷۲	۱۴۸۱	۴
۱۲۷۸۸۰۰۰	۵۴۵۳۳۴۴۸/۳۳	۱۶۲۰/۸۰	۶۰	۱۱۹	۱۳۶۷	۱۴۸۶	۵
۱۴۱۲۵۶۰۰	۷۶۷۳۸۱۹۵/۷۹	۱۷۶۵/۲۷	۷۰	۱۲۱	۱۳۸۷	۱۵۰۸	۶
۱۹۹۶۰۹۰۰	۵۶۰۷۰۰۴۶۱/۷	۳۹۴۳/۶۸	۶۲	۲۰۰	۱۳۳۳	۱۵۳۳	۷
۲۷۵۹۲۰۰۰	۱۵۵۸۹۹۶۴۱/۳	۳۰۶۷/۱۳	۹۵	۶۰	۱۲۰۶	۱۲۶۶	۸
۱۵۹۶۰۹۰۰	۳۱۰۶۱۷۴۱/۲	۱۷۸۳/۱۶	۶۰	۵۶	۱۱۹۵	۱۲۵۱	۹
۱۶۱۱۲۴۰۰	۱۷۹۸۲۹۰۱۲	۳۸۵۵/۹۴	۶۵	۶۴	۱۱۸۲	۱۲۴۶	۱۰
۱۸۵۵۶۵۰۰	۶۳۰۴۱۳۲۳/۱۹	۲۱۹۹/۹۹	۸۰	۵۶	۱۱۷۵	۱۲۳۱	۱۱
۳۹۷۴۴۴۰۰	۱۴۴۳۰۱۶۴۳/۶	۳۸۷۸/۱۶	۶۶	۵۰	۱۱۵۹	۱۲۰۹	۱۲
۷۴۴۲۵۱۰	۵۲۹۰۴۹۹۴/۳۵	۲۳۹۶/۶۴	۷۲	۴۴	۱۱۴۷	۱۱۹۱	۱۳
۱۸۳۲۵۲۰۰	۳۵۱۸۷۷۱۴۷/۶	۴۷۳۲	۴۷	۱۱۵	۱۱۳۱	۱۲۴۶	۱۴
۵۵۷۹۴۲۰	۳۵۰۱۵۱۵۲/۱۱	۲۱۰۰/۳۶	۳۵	۷۸	۱۱۳۷	۱۲۱۵	۱۵
۵۰۷۵۲۳۰	۱۲۷۵۲۳۲۹/۸۳	۲۶۲۴/۰۵	۴۹	۱۳	۱۱۳۶	۱۱۴۹	۱۶
۲۴۸۲۷۱۰۰	۴۶۳۰۶۹۶۵۴/۵	۵۹۲۳/۶۶	۵۱	۸۹	۱۱۲۳	۱۲۱۲	۱۷
۷۸۶۴۸۰۰	۱۱۲۶۳۲۲۰۶/۱	۲۷۷۷/۴۱	۶۲	۸۱	۱۱۳۵	۱۲۱۶	۱۸
۸۴۰۰۷۴۰	۱۶۴۶۸۸۷۷۶/۷	۲۶۵۱/۳۴	۵۱	۱۵۸	۱۱۰۹	۱۲۶۷	۱۹
۱۱۰۶۷۹۰۰	۷۸۹۶۷۱۸۵/۵۵	۲۷۴۶/۷۵	۶۰	۶۰	۱۱۱۲	۱۱۷۲	۲۰
۳۱۴۸۶۷۰۰	۴۱۶۹۰۵۳۶/۴۴	۲۷۵۴/۴۵	۹۰	۲۱	۱۱۱۶	۱۱۳۷	۲۱
۱۴۴۷۳۹۰۰	۴۸۶۳۴۹۹۷/۳۱	۱۸۸۶/۹۷	۸۷	۵۴	۱۰۹۸	۱۱۵۲	۲۲
۲۰۲۲۸۹۰	۸۴۶۵۰۱۶۳/۶۲	۲۰۸۳/۰۵	۵۵	۱۲۲	۱۰۸۸	۱۲۱۰	۲۳
۸۵۲۹۸۵۰	۳۶۲۲۱۴۱۹۳/۴	۵۸۵۳/۵۳	۳۶	۱۰۱	۱۰۵۵	۱۱۵۶	۲۴
۷۱۵۰۹۴۰	۲۰۷۷۳۵۳۲۶/۶	۵۰۱۷/۶۰	۳۳	۸۶	۱۰۴۱	۱۱۲۷	۲۵
۴۸۸۲۰۹۰	۲۱۵۴۱۲۰۴۰	۴۸۰۲/۰۵	۵۱	۶۳	۱۰۱۸	۱۰۸۱	۲۶
۴۱۴۶۸۸۰	۱۱۰۰۴۰۵۵۶۸/۸	۳۲۳۶/۱۵	۷۴	۴۹	۱۰۰۰	۱۰۴۹	۲۷
۷۵۵۴۰۲۰	۵۸۰۷۲۹۸۰/۸۵	۳۱۴۹/۲۳	۵۳	۳۸	۹۹۴	۱۰۳۲	۲۸

### محاسبه حجم مخروط افکنه‌ها و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه آبریز اسفراین

حوضه آبریز اسفراین با مساحت ۴۴۹۷/۷۰ کیلومتر مربع و تعداد ۲۸ مخروط افکنه در قسمت شمال غربی منطقه مورد مطالعه قرار دارد (شکل ۷). در این حوضه بیشترین و کمترین حجم مخروط افکنه‌ها، به ترتیب مربوط به مخروط افکنه‌ی شماره (۸ و ۲۴) با ۲۶۸۵۶۶۸۵۵۰۳ و ۵۴۷۷۰۸۲۵/۲۷ متر مکعب است (جدول ۵). نکته قابل توجه در این حوضه، ضریب همبستگی نزدیک به صفر بین دو عامل مساحت حوضه‌ی بالادست مخروط افکنه‌ها (BA) و حجم مخروط افکنه‌ها (V) است. ضریب همبستگی در حوضه اسفراین برابر با ۰/۰۳۵ است (جدول ۶).

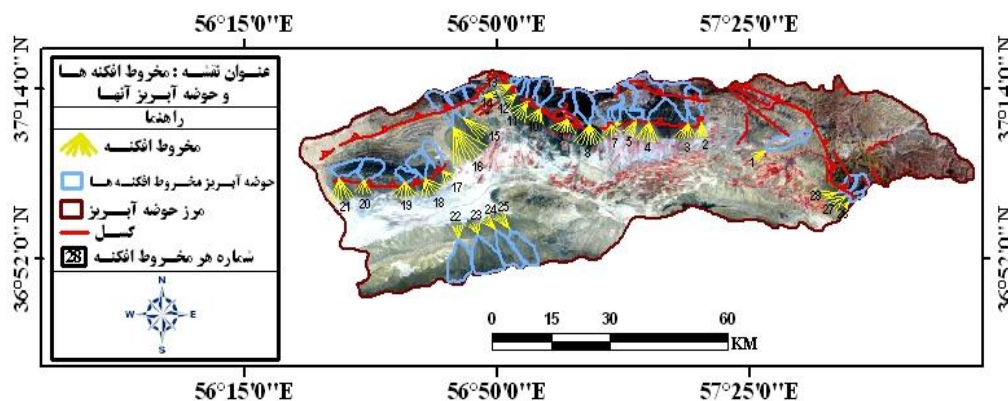
جدول ۵- محاسبه حجم و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده مخروط افکنه‌ها در حوضه‌ی اسفراین

BA (M <sup>2</sup> )	V (M <sup>3</sup> )	R	S	Hmin-	Hmin	Hmax	N
۲۰۰۲۱۲۰۰	۱۷۷۳۸۸۶۳۴/۵	۳۷۲۸/۴۴	۵۷	۷۷	۱۱۶۱	۱۲۳۸	۱
۱۹۵۷۰۱۰۰	۳۵۱۵۲۴۵۲۵/۵	۴۲۸۰/۰۹	۵۵	۱۲۰	۱۰۷۱	۱۱۹۱	۲
۲۹۴۱۶۵۰۰	۱۲۲۰۵۳۱۴۳۰	۴۸۵۰/۹۲	۸۰	۲۲۳	۱۰۵۸	۱۲۸۱	۳
۴۴۷۸۸۹۰۰	۳۱۹۰۶۱۱۲۹۸	۵۷۵۶/۵	۸۳	۳۹۹	۱۰۳۸	۱۴۳۷	۴
۲۱۵۹۱۶۰۰	۶۶۶۹۰۸۶۹/۳۵	۱۵۱۸/۱۱	۳۷	۲۶۹	۱۰۴۶	۱۳۱۵	۵
۴۸۵۷۲۹۰	۱۵۹۱۱۳۶۴۰/۶	۳۵۸۰/۸۷	۲۲	۱۹۴	۱۱۱۵	۱۳۰۹	۶
۲۶۷۷۲۵۰۰	۳۸۹۴۷۳۵۸۵/۴	۳۴۹۸/۶۳	۷۶	۱۴۴	۱۰۵۲	۱۱۹۶	۷
۲۱۰۶۹۲۰۰	۲۶۸۵۶۶۸۵۵۰۳	۵۸۰۶/۲۸	۱۰۰	۲۷۴	۱۰۲۳	۱۲۹۷	۸
۱۵۲۴۶۵۰۰	۱۴۱۳۷۰۲۷۳۵	۴۰۹۶/۱۶	۱۰۵	۲۷۶	۱۰۳۱	۱۳۰۷	۹
۱۵۰۸۹۱۰۰	۱۱۱۷۳۱۳۲۲۲	۴۲۳۳/۷۲	۶۷	۳۲۰	۱۰۲۸	۱۳۴۸	۱۰
۸۲۵۳۰۲۰	۱۶۶۵۳۹۸۰۴۳	۵۱۸۹/۹۵	۶۲	۳۴۳	۱۰۴۲	۱۳۸۵	۱۱
۵۱۹۴۴۶۰	۳۰۴۳۳۵۴۰۸/۶	۳۳۴۰/۵۸	۳۵	۲۶۸	۱۰۸۶	۱۳۵۴	۱۲
۹۰۳۸۳۴۰	۱۶۹۷۱۸۰۲۱/۳	۳۳۰۴/۴۳	۲۷	۱۹۸	۱۱۱۳	۱۳۱۱	۱۳
۱۶۳۲۰۱۰	۷۱۵۴۴۱۱۶۹/۵	۳۵۱۵/۱۵	۳۵	۵۶۹	۱۱۳۶	۱۷۰۵	۱۴
۱۷۷۹۰۷۰۰	۱۷۷۴۶۸۷۶۸۶	۶۷۶۴/۹۲	۳۹	۳۴۲	۱۰۱۷	۱۳۵۹	۱۵
۲۱۶۴۵۰۰۰	۵۷۸۶۹۴۴۶۲۳	۹۶۸۸/۶۴	۶۲	۳۴۲	۹۵۰	۱۲۹۲	۱۶
۱۶۱۹۰۳۰۰	۱۴۰۶۰۰۱۳۱/۴	۲۹۶۶/۸۵	۶۷	۸۲	۹۳۳	۱۰۱۵	۱۷
۱۷۵۸۶۷۰۰	۱۴۳۱۹۸۱۴۴۷	۴۷۲۰/۶۳	۸۶	۲۵۷	۹۱۴	۱۱۷۱	۱۸
۸۶۵۳۲۵۰	۱۲۲۵۵۳۹۱۵۰	۴۵۳۱/۰۱	۸۷	۲۳۶	۹۰۵	۱۱۴۱	۱۹
۱۸۹۷۳۵۰۰	۷۱۵۵۱۰۵۹۸/۶	۳۸۲۷/۳۷	۶۰	۲۸۰	۹۰۰	۱۱۸۰	۲۰
۱۵۸۴۰۳۰۰	۱۳۱۵۱۸۴۱۱۲	۵۹۴۷/۳۳	۶۳	۲۰۳	۹۱۵	۱۱۱۸	۲۱
۳۵۹۷۵۲۰۰	۸۴۴۸۲۹۱۷/۱۳	۴۲۲۸/۶۸	۶۵	۲۵	۹۱۸	۹۴۳	۲۲
۴۰۰۰۰۴۰۰	۵۶۸۹۳۳۸۲/۴۴	۳۷۱۷/۴۶	۵۱	۲۴	۹۲۷	۹۵۱	۲۳
۲۴۴۹۰۷۰۰	۵۴۷۷۰۸۲۵/۲۷	۴۴۲۹/۸۲	۳۲	۳۰	۹۲۸	۹۵۸	۲۴
۲۵۱۹۳۴۰۰	۱۱۹۲۱۹۸۳۶/۳	۴۸۵۵/۹۲	۳۷	۴۷	۹۳۲	۹۷۹	۲۵
۳۷۵۶۶۲۰	۹۵۹۹۹۳۴۴/۹۴	۲۱۱۹/۵۲	۴۹	۱۵۰	۱۳۳۴	۱۴۸۴	۲۶
۱۱۳۶۸۱۰۰	۶۴۶۹۸۳۴۷۷/۷	۴۲۳۹/۳۴	۴۱	۳۰۲	۱۲۶۱	۱۵۶۳	۲۷
۸۱۷۴۲۵۰	۲۵۸۱۱۸۰۱۹/۹	۳۶۲۴/۷۶	۲۹	۲۳۳	۱۲۳۶	۱۴۶۹	۲۸

جدول ۶- جدول مقایسه‌ای ضریب همبستگی و رابطه خطی مناطق مورد مطالعه

حوضه آبخیز	داورزن	سبزوار	جوین	صفی آباد	اسفراین
ضریب همبستگی	۰/۷۴۲	۰/۲۲۱	۰/۱۴۳	۰/۰۴۴	۰/۰۳۵

همانطور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود در حوضه‌های مورد مطالعه به جز حوضه داورزن که دارای ضریب همبستگی بالایی (۰/۷۴۲) بین دو عامل مذکور می‌باشد در دیگر حوضه‌ها هیچ‌گونه رابطه‌ای بین حجم مخروط‌افکنه‌ها (V) و مساحت حوضه آبریز بالا دست (BA) دیده نمی‌شود.



شکل ۷- محدوده مخروط افکنه‌ها و حوضه آبریز تغذیه کننده آنها در حوضه‌ی اسفراین

## محاسبه شاخص‌های ژئومورفیک برای برآورد میزان فعالیت‌های تکتونیکی

### شاخص‌های کج شدگی تکتونیکی حوضه‌ها

شاخص عدم تقارن آبراهه‌ها در حوضه آبریز<sup>۱</sup> (Af)، کج شدگی جانبی حوضه را نسبت به مسیر رودخانه اصلی، در اثر نیروهای تکتونیکی نشان می‌دهد (گوارنری و پیروتا<sup>۲</sup>، ۲۰۰۸، ۲۶۵). در مناطق دارای تکتونیک فعال، به دلیل ظاهر شدن اثر این حرکات بر توپوگرافی محل، در یک سوی منطقه بالا آمدگی و در سوی دیگر فرونشست ایجاد می‌گردد. بنابراین طول آبراهه‌های فرعی در سوی فرایش یافته بیش از طول آبراهه‌های منطقه فرونشست خواهد بود (مقصودی و کامرانی دلیر، ۱۳۸۷، ۵۲). شاخص عدم تقارن حوضه (AF) یکی از شاخص‌های مهم، برای تعیین کج شدگی تکتونیکی حوضه‌های زهکشی است این شاخص به صورت رابطه (۲) محاسبه می‌شود:

$$Af=100(Ar/At) \quad \text{رابطه ۲}$$

Af: شاخص عدم تقارن حوضه زهکشی؛ Ar: مساحت حوضه در سمت راست آبراهه اصلی در جهت پایین رود؛ At: مساحت کل حوضه زهکشی می‌باشد (ویردی و همکاران، ۲۰۰۶، ۲۰۹۸؛ کسر و پینتر، ۲۰۰۲،

تکتونیک فعال و ارتباط آن با حجم مخروط افکنه ها / ۱۹

۱۲۳؛ کلمنت و بروک، ۲۰۰۸، ۱۷۸۹). هرگاه مقادیر عددی این شاخص در حدود ۵۰ باشد، بیانگر وجود تقارن زهکش‌های فرعی نسبت به آبراهه اصلی و در نتیجه عدم وجود کج‌شدگی بر اثر فرایش خواهد بود. مقادیر عددی بیشتر از ۵۰ نشان‌دهنده عملکرد فرایش در ساحل سمت راست و مقدار کمتر از ۵۰، فرایش را در ساحل سمت چپ نمایش می‌دهد. مساحت حوضه در برگیرنده‌ی زهکش‌های فرعی در سمت راست و مساحت کل حوضه‌های زهکشی طبق شکل (۸) در حوضه‌های منطقه مورد مطالعه محاسبه گردید. در جدول شماره (۷) تقسیم‌بندی مناطق، براساس شاخص (Af) مشاهده می‌گردد (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۶۸).

جدول ۷- تقسیم‌بندی فعالیت‌های تکتونیکی مناطق بر اساس میزان شاخص Af

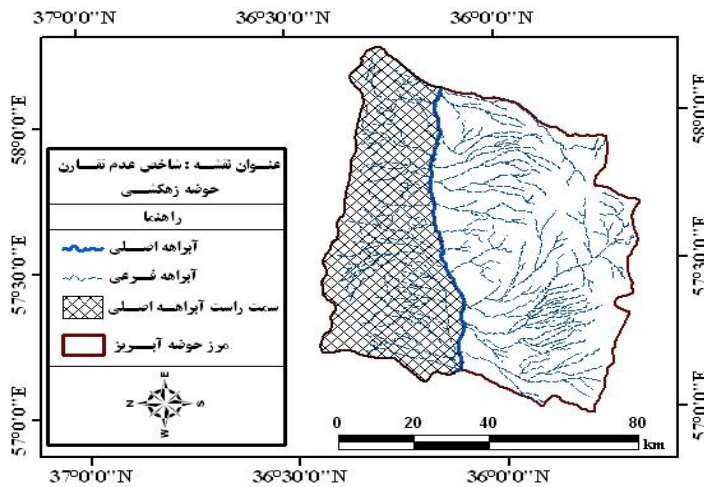
مناطق	بسیار فعال	با فعالیت متوسط	غیرفعال
میزان Af	$Af - 50 > 15$	$7 < Af - 50 < 15$	$Af - 50 < 7$

منبع: (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸)

نتایج بررسی این شاخص در منطقه مورد مطالعه به شرح جدول (۸) است. از نتایج به دست آمده این طور استنباط می‌شود که در حوضه‌های آبخیز جویین، صفی‌آباد، اسفراین فرایش در ساحل سمت راست و در حوضه‌های سبزوار و داورزن فرایش در ساحل سمت چپ در جریان است هم‌چنین بر اساس کلاس‌بندی ارائه شده توسط همدونی و همکارانش، حوضه‌های سبزوار و داورزن جزء مناطق غیرفعال و حوضه صفی‌آباد جزء مناطق با فعالیت متوسط، و حوضه‌های جویین و اسفراین جزء مناطق با فعالیت زیاد تکتونیکی معرفی می‌شود.

جدول ۸- میزان شاخص Af و پارامترهای آن در منطقه مورد مطالعه

نام حوضه آبریز	At(km <sup>2</sup> )	Ar(km <sup>2</sup> )	Af	Af-50	کلاس فعالیت
حوضه آبریز سبزوار	۶۴۳۴/۶۴	۲۴۹۱/۲	۳۸/۷۱	-۱۱/۲۹	۳
حوضه آبریز داورزن	۴۹۴۶/۵۳	۶۸۰/۰۹	۱۳/۷۴	-۳۶/۲۶	۳
حوضه آبریز جویین	۵۶۵۰/۳۰	۴۵۴۱/۱۶	۸۰/۳۷	۳۰/۳۷	۱
حوضه آبریز صفی‌آباد	۲۵۹۵/۲۰	۱۰۴۵/۴۷	۴۰/۲۸	۹/۷۲	۲
حوضه آبریز اسفراین	۴۴۹۷/۷۰	۲۹۹۸/۶۱	۶۶/۶۶	۱۶/۶۶	۱



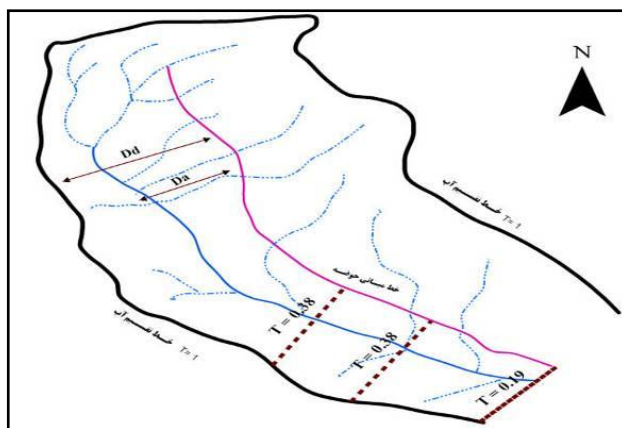
شکل ۸- چگونگی اندازه گیری شاخص عدم تقارن آبراهه اصلی در حوضه آبخیز سبزوار

شاخص دیگری که می توان برای ارزیابی نامتقارن بودن حوضه و متعاقب آن، در بررسی حرکات تکتونیکی فعال از آن سود جست، شاخص تقارن توپوگرافی عرضی<sup>۱</sup> (T) می باشد. این شاخص به صورت رابطه شماره (۳) تعریف می شود (کلر و پینتر، ۱۹۹۶، ۱۲۷).

$$T = D_a / D_d$$

رابطه (۳)

$D_a$ : فاصله خط میانی حوضه زهکشی تا کمربند فعال مآندری؛  $D_d$ : فاصله خط میانی حوضه و خط تقسیم آب. مقدار عددی این شاخص در حوضه های متقارن برابر با صفر است و هرچه به عدد یک نزدیک تر شود، تقارن حوضه کاهش می یابد. فرض بر این است که شیب طبقات بر مهاجرت کانال اصلی رودخانه تأثیر ناچیزی دارد، در این صورت مهاجرت ناحیه ای کانال رودها دلیلی بر کج شدگی زمین بر اثر فعالیت های تکتونیکی می باشد. بنابراین (T) بیانگر یک بردار با جهت و مقدار ۱-۰ می باشد (گورابی و نوحه گر، ۱۳۸۶، ۱۸۴). در شکل (۹) مقادیر (T) محاسبه شده برای بخش های مختلف دره ها نشان داده شده است.



شکل ۹- تصویر شماتیک پارامترهای لازم جهت محاسبه شاخص (T)

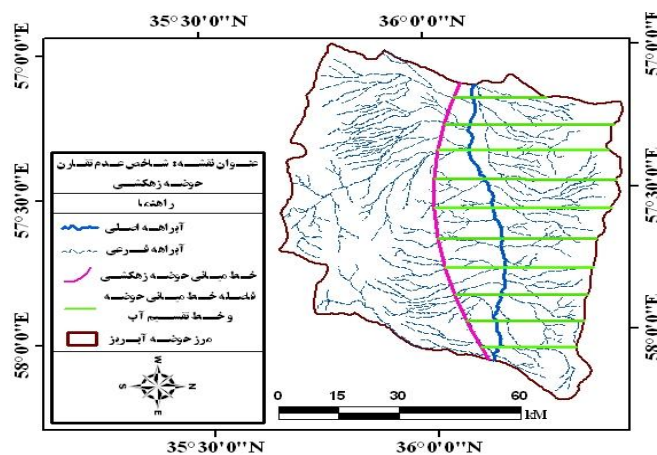
منبع: (کلر و پینتر، ۱۹۹۶، ۱۲۷)

تکتونیک فعال و ارتباط آن با حجم مخروط افکنه ها / ۲۱

برای برآورد پارامترهای مورد نیاز شاخص (T)، ابتدا خط وسط حوضه‌های زهکشی در نرم افزار آرک مپ تعیین شد و سپس در چند مقطع عرضی از حوضه‌ها، مقدار (T) محاسبه شد و از میانگین آنها، تقارن توپوگرافی عرضی کل حوضه‌ها به دست آمد (شکل ۱۰). جدول (۹) مقدار (T) محاسبه شده را برای حوضه‌های مختلف نشان می‌دهد.

جدول ۹- میزان شاخص تقارن توپوگرافی عرضی (T) در حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	سبزوار	داورزن	جوین	صفی آباد	اسفراین
میزان شاخص (T)	۰/۱۹	۰/۲۱	۰/۶۳	۰/۵۸	۰/۳۹



شکل ۱۰- نقشه موقعیت مقاطع جهت محاسبه شاخص (T) در حوضه آبخیز سبزوار

همانطور که در جدول (۹) ملاحظه می‌شود مقادیر عددی شاخص (T) در هر پنج حوضه، نشان‌دهنده نامتقارن بودن این حوضه‌ها بر اثر فعالیت‌های تکتونیکی است؛ اما میزان این نامتقارنی در هر حوضه متفاوت می‌باشد. مقادیر این شاخص در حوضه‌های جوین و صفی‌آباد تقریباً نزدیک به یک بوده و میانگین مقطع‌های ذکر شده در آنها به ترتیب برابر با ۰/۶۳ و ۰/۵۸ می‌باشد و لذا در این حوضه عدم تقارن وجود دارد. میزان شاخص (T) در حوضه‌های سبزوار و داورزن، نشان‌دهنده تقارن نسبی این حوضه‌ها می‌باشد. میانگین این شاخص در حوضه سبزوار ۰/۱۹ و در حوضه داورزن ۰/۲۱ است و بنابراین می‌توان دریافت آبراهه اصلی این حوضه‌ها، تقریباً در بخش میانی حوضه قرار گرفته‌اند.

### شاخص سینوسی جبهه کوهستان<sup>۱</sup> (Smf)

شاخص سینوسی (سینوزیته) یا پیچ و خم جبهه کوهستان، از جمله شاخص‌های ژئومورفیک برای ارزیابی تکتونیک فعال می‌باشد. این شاخص تعادل بین نیروهای فرسایشی و نیروهای تکتونیکی را نشان می‌دهد



(سیلوا<sup>۱</sup> و همکاران، ۲۰۰۳، ۲۰۰۷). در این روش با اندازه گیری پیچ و خم های ایجاد شده توسط آبراهه ها در جبهه کوهستان و تقسیم آن بر طول افقی در راستای گسل و جبهه کوهستان، می توان وضعیت یک منطقه را از نظر فعال بودن تکتونیکی مشخص کرد. شاخص مربوط به صورت رابطه (۴) بیان می گردد (کلر و پینتر، ۱۹۹۶، ۱۳۸).

$$\text{Smf} = \text{Lms} / \text{Ls} \quad \text{رابطه (۴)}$$

**Smf:** شاخص پیچ و خم جبهه کوهستان؛ **Lmf:** طول جبهه کوهستان در محل تلاقی پایکوه و کوهستان؛ **Ls:** طول خط مستقیم جبهه کوهستان می باشد. شاخص (**Smf**) برای جبهه های کوهستانی هر منطقه بر حسب میزان فعالیت های تکتونیکی آن منطقه، متغیر است. چنانچه این مقدار به عدد یک نزدیک تر شود، منطقه دارای حرکات تکتونیکی فعال است و جبهه های کوهستان دارای نرخ فرایش<sup>۲</sup> می باشند. در کوهستان هایی که مقدار (**Smf**) بیش از عدد ۳ باشد، با یک جبهه ی کوهستانی به شدت فرسایش یافته مواجه هستیم. جدول (۱۰) تقسیم بندی برای ارزیابی میزان فعالیت های تکتونیکی مناطق را بر اساس شاخص (**Smf**) نشان می دهند.

جدول ۱۰- تقسیم بندی فعالیت های تکتونیکی مناطق بر اساس میزان شاخص (**Smf**)

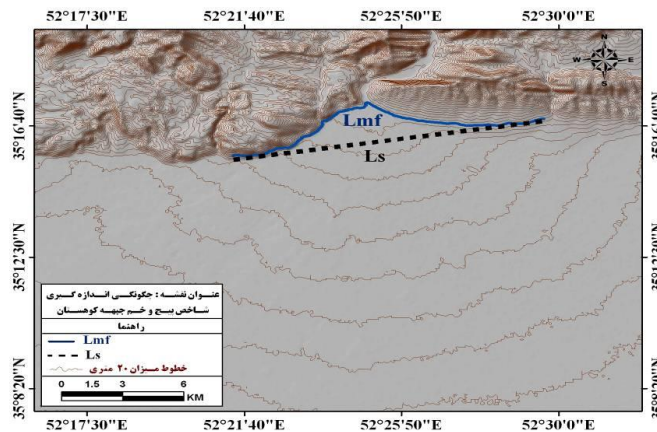
مناطق	بسیار فعال	با فعالیت متوسط	غیر فعال
میزان <b>Smf</b>	$\text{Smf} < 1/1$	$1/1 < \text{Smf} < 1/5$	$\text{Smf} > 1/5$

منبع: (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸)

برای محاسبه میزان این شاخص در منطقه مورد مطالعه، در هر یک از حوضه ها پارامترهای طول جبهه کوهستان و دشت (**Lmf**) و طول خط مماس بر جبهه کوهستان (**Ls**) برای هر یک از مخروط افکنه ها اندازه گیری شد (شکل ۱۱)، سپس با استفاده از رابطه ذکر شده، میزان سینوزیته جبهه کوهستان برای هر یک از زیر حوضه ها محاسبه گردید. مقدار شاخص به دست آمده و پارامترهای مربوط به آن در جدول (۱۱) قابل مشاهده می باشد.

جدول ۱۱- شاخص سینوزیته جبهه کوهستان (**Smf**) و پارامترهای آن در هر یک از زیر حوضه ها

نام حوضه	Lmf(m)	Ls(m)	Smf	کلاس فعالیت
حوضه آبریز سبزوار	۳۱۸۵۲۲/۳۳	۲۱۰۲۵۴/۸۷	۱/۵۱	۲
حوضه آبریز داورزن	۲۶۷۵۲۸/۷۹	۱۱۳۱۲۰/۲۴	۲/۳۶	۳
حوضه آبریز جویین	۱۹۵۶۸۷/۵۴	۱۱۰۰۵۶/۰۶	۱/۷۷	۳
حوضه آبریز صفی آباد	۵۶۸۷۱۴۸/۰۹	۴۵۱۱۲۶۲/۱۲	۱/۲۶	۲
حوضه آبریز اسفراین	۹۸۷۲۵۹/۱۱	۹۷۲۶۵۴/۷۱	۱/۰۱	۱



شکل ۱۱- چگونگی اندازه‌گیری شاخص سینوسی جبهه کوهستان (smf) برای هر یک از مخروط افکنه‌ها در حوضه آبریز سبزوار

### شاخص انتگرال هیپسومتری<sup>۱</sup>

یکی از راه‌های شناخت میزان فعالیت‌های زمین‌شناختی، تجزیه و تحلیل هیپسومتری از طریق شاخص  $Hi$  است. منحنی ارتفاع‌سنجی از پیدا کردن نسبت کل ارتفاع حوضه (ارتفاع نسبی) در مقابل نسبت کل مساحت حوضه (مساحت نسبی) به دست می‌آید (مایر، ۱۹۹۰، ۶۴۵؛ کلر و پینتر، ۲۰۰۲، ۱۲۲). شاخص انتگرال هیپسومتری گرچه ارتباط مستقیمی با حرکات تکتونیکی نداشته اما به گونه‌ای غیر مستقیم وضعیت توزیع سطوح مختلف حوضه را نشان می‌دهد. انتگرال هیپسومتری به صورت مساحت زیر منحنی یاد شده است و این شاخص به صورت رابطه زیر محاسبه می‌گردد.

$$Hi = (h - H_{min}) / (H_{max} - H_{min}) \quad \text{رابطه ۵}$$

که در آن،  $Hi$ : انتگرال هیپسومتری؛  $H_{max}$ : ارتفاع حداکثر؛  $H_{min}$ : ارتفاع حداقل و  $h$ : متوسط ارتفاع حوضه است. نتایج کسب شده از این شاخص برای مناطق مختلف از حداکثر ۰/۵ تا نزدیک صفر متغیر است. مقادیر بالاتر شاخص، بیانگر توپوگرافی جوان و وجود پستی و بلندی زیاد نسبت به میانگین شبکه زهکشی است و با برش‌های عمیق، برجستگی‌های ناهموار، سطوح بالا آمده و بریده شده توسط شبکه زهکشی مشخص می‌شود. مقادیر پایین شاخص، تعادل در فرآیندهای ژئومورفیک و گذر از مرحله بلوغ به پیری را بیان می‌کند که برجستگی‌های نسبی هموار از ویژگی‌های آن است (یمانی و همکاران، ۱۳۹۰، ۱۰). شاخص انتگرال هیپسومتری در پنج حوضه مورد مطالعه، در محیط (GIS) محاسبه شد (جدول ۱۲). انتگرال ارتفاع‌سنجی در قسمت شمال غربی و شمال شرقی و جنوب شرقی منطقه که منطبق بر حوضه‌های آبخیز صفی‌آباد، اسفراین، جوین و سبزوار است دارای بیشترین مقدار شاخص  $Hi$  می‌باشد و در نتیجه از نظر تکتونیکی فعال‌تر بوده ولی جنوب شرقی منطقه کمترین فعالیت تکتونیکی را از خود نشان می‌دهد. این مسأله با شواهد ژئومورفولوژیکی

نیز تطابق دارد؛ زیرا جنوب غربی حوضه، منطبق بر دشت داورزن است که به عنوان حوضه‌ی انتهایی شبکه آبها قلمداد می‌شود و از فعالیت تکتونیکی کمتری برخوردار است.

جدول ۱۲- مقادیر انتگرال ارتفاع سنجی به دست آمده برای حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	حداقل ارتفاع (M)	حداکثر ارتفاع (M)	متوسط ارتفاع (M)	شیب متوسط (%)	انتگرال ارتفاع سنجی (Hi)	کلاس فعالیت
سبزوار	۸۲۷	۲۸۲۵	۱۲۳۱	۴/۲۳	۰/۲۰	۱
داورزن	۷۸۱	۲۹۴۴	۱۰۳۵	۵/۹۹	۰/۱۱	۳
جوین	۸۷۶	۲۸۱۳	۱۲۵۵	۶/۹۴	۰/۱۹	۲
صفی آباد	۹۸۲	۳۰۶۴	۱۴۲۲	۵/۴۷	۰/۲۱	۱
اسفراین	۸۸۷	۳۰۵۴	۱۳۱۸	۱۲/۰۶	۰/۱۹	۲

#### - شاخص انشعابات (R)

شاخص انشعاب‌پذیری از دیگر شاخص‌های تعیین آنومالی سیستم زهکشی در حوضه‌های آبخیز است. با افزایش درجه‌ی تأثیر عوامل تکتونیکی در حوضه‌ها مقدار شاخص مذکور افزایش می‌یابد. شاخص انشعابات، از عدد نسبت انشعابات حوضه، منهای نسبت مستقیم انشعابات حوضه به دست می‌آید (بارونی و همکاران، ۲۰۰۵، ۲۲۳). برای محاسبه شاخص انشعابات، ابتدا نسبت انشعاب (Rb) و سپس نسبت مستقیم انشعابات (Rbd) محاسبه شد. نسبت انشعابات برای هر رده از آبراهه، از تقسیم تعداد کل آبراهه‌های آن درجه، بر تعداد کل آبراهه‌های یک درجه بالاتر به دست می‌آید. نسبت انشعاب کل حوضه از میانگین (Rb) کل درجه‌ها محاسبه شد (گارنیر<sup>۲</sup> و پیروتا<sup>۳</sup>، ۲۰۰۸، ۲۶۷). به‌طورمثال برای حوضه سبزوار نسبت انشعابات به‌صورت زیر محاسبه شد:

$$Rb = \frac{1}{5-1} \left\{ \frac{973}{190} + \frac{190}{28} + \frac{28}{4} + \frac{4}{1} \right\} = 5.72$$

نسبت انشعابات در حوضه‌های داورزن، جوین، صفی‌آباد، اسفراین به‌ترتیب ۵/۷۱، ۴/۳۸، ۴/۰۴ و ۵/۴۸ محاسبه شده است. نسبت مستقیم انشعابات (Rbd) برای هر رده از آبراهه، از تقسیم تعداد آبراهه‌های آن درجه (که مستقیماً به یک درجه بالاتر وارد می‌شوند) بر تعداد کل آبراهه‌های یک درجه بالاتر به دست می‌آید. نسبت مستقیم انشعابات کل حوضه از میانگین (Rbd) کل درجه‌ها به دست آمد (گارنیر و پیروتا، ۲۰۰۸، ۲۶۷؛ بارونی و همکاران، ۲۰۰۵، ۲۲۳). به عنوان مثال، برای حوضه سبزوار، تعداد آبراهه‌های درجه ۱ که وارد ۲ می‌شود ۳۷۴ عدد و تعداد کل آبراهه‌های درجه ۲، ۱۹۰ عدد است. بنابراین (Rbd) برای آبراهه درجه ۱ سبزوار  $\frac{973}{190}$  است.

تکتونیک فعال و ارتباط آن با حجم مخروط افکنه ها / ۲۵

شاخص انشعابات (R) در هر حوضه شامل عدد (Rb) آن حوضه، منهای مقدار (Rbd) آن است. با افزایش فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه‌ها، مقدار شاخص شاخص انشعابات افزایش می‌یابد. مقدار (R) در حوضه‌های سبزوار، داورزن، جوین، صفی‌آباد و اسفراین به ترتیب ۲/۸۷، ۱/۷۸، ۲/۵، ۲/۵۱ و ۲/۰۹ است که وجود تکتونیک کمتر در حوضه داورزن را نسبت به دیگر حوضه‌ها نشان می‌دهد.

### شاخص تراکم سطحی آبراهه‌ها<sup>۱</sup> (P)

این عامل از تقسیم طول شبکه‌ی هیدروگرافی حوضه (شامل شبکه‌های اصلی و فرعی) به مساحت حوضه به دست می‌آید و شاخص مفیدی برای ارزیابی و شناسایی تکتونیکی در حوضه‌های زهکشی به شمار 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. شاخص مربوط به صورت رابطه‌ی ذیل بیان می‌گردد (دوبوس<sup>۲</sup> و همکاران، ۲۰۰۵، ۱۵).

رابطه ۶)

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

که در آن P: تراکم زهکشی؛  $\sum li$ : طول آبراهه به کیلومتر؛ A: مساحت حوضه به کیلومتر مربع است. با توجه به جدول (۱۵) مقدار (P) محاسبه شده در حوضه صفی‌آباد نسبت به دیگر حوضه‌ها بیشتر است که نشان از فعالیت‌های بیشتر تکتونیکی در این حوضه می‌باشد.

جدول ۱۵- میزان شاخص (P) و پارامترهای آن در حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	طول آبراهه ( $\sum li$ )	مساحت حوضه (A)	تراکم زهکشی (P)	کلاس فعالیت
سبزوار	۲۲۹۹/۶۰	۶۴۳۴/۶۴	۰/۳۵	۲
داورزن	۱۶۶۰/۴۵	۴۹۴۶/۵۳	۰/۳۳	۲
جوین	۱۷۶۳/۵۸	۵۶۵۰/۳۰	۰/۳۱	۲
صفی‌آباد	۱۱۳۲/۷۸	۲۵۹۵/۲۰	۰/۴۳	۱
اسفراین	۱۲۸۱/۷۲	۴۴۹۷/۷۰	۰/۲۸	۳

### شاخص شکل حوضه<sup>۳</sup> (BS)

حوضه‌های فعال تکتونیکی، شکل کشیده‌ای دارند. شکل حوضه در طول زمان با توقف میزان بالا آمدگی، کم کم دایره می‌شود (بوربانک، ۲۰۰۱، ۲۰۰۳). مطالعات پژوهشگران دیگر نیز این موضوع را ثابت کرده است (گارنیری، ۲۷۰، ۲۰۰۸؛ رامیرز، ۱۹۹۸، ۳۲۱). به بیانی دیگر، می‌توان چنین برداشت کرد که شکل کشیده از

1- Drainage Density

2- Dobos et al

3- Drainage Basin Shape Ratio

ویژگی‌های حوضه‌هایی است که در مناطق کوهستانی با فعالیت‌های زمین‌ساختی زیاد واقع شده‌اند. با دور شدن از زمان بالا آمدگی منطقه، شکل حوضه به دایره نزدیکتر می‌شود، در مناطق فعال زمین‌ساختی عرض حوضه‌های آبریز باریک‌تر است، زیرا در چنین مناطقی نیروی رودخانه، صرف ژرف کردن بستر خود می‌شود، در حالی که پایداری زمین‌ساختی سبب می‌شود، رودخانه فرصت تعریض بستر خود را داشته باشد. نسبت شکل حوضه به صورت رابطه (۷) بیان می‌شود.

$$BS = \frac{BI}{BV} \quad \text{رابطه (۷)}$$

که در آن؛ BS: نسبت شکل حوضه؛ BI: اندازه‌ی طول حوضه از انتهای‌ترین مقسم آب تا خروجی حوضه؛ BV: پهنای حوضه در پهن‌ترین قسمت می‌باشد. 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 زمین‌ساختی در کلاس ۲ فعالیت زمین‌ساختی قرار دارند و مقادیر کمتر از ۳، حوضه‌های دایره‌ای شکل را نشان می‌دهد که از نظر فعالیت، غیر فعال‌اند (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۶۹).

جدول ۱۶- مقادیر شاخص (BS) در حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	BI(M)	BV(M)	BS	کلاس فعالیت
سبزوار	۸۶/۴۵	۸۴/۵۹	۱/۰۲	۳
دورزن	۹۱/۴۷	۶۳/۸۷	۱/۴۳	۳
جوین	۱۸۵/۸۸	۴۴/۶۵	۴/۱۶	۱
صفی‌آباد	۹۰/۳۴	۴۴/۴۹	۲/۰۳	۳
اسفراین	۱۳۱/۳۵	۴۲/۴۱	۳/۰۹	۲

### شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی<sup>۱</sup> (Lat)

شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیکی از رابطه (۸) به دست می‌آید:

$$Lat = S/N \quad \text{رابطه (۸)}$$

Lat: شاخص فعالیت‌های نسبی تکتونیک؛ S: مجموع کلاس‌های شاخص‌های ژئومورفیک محاسبه شده؛ N: تعداد شاخص‌های محاسبه شده می‌باشد. طبقات مختلف شاخص (Lat) به صورت جدول زیر است (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸، ۱۷۱).

جدول ۱۷- طبقه‌بندی شاخص فعالیت‌های تکتونیکی (Lat)

فعالیت زمین‌ساختی شدید	فعالیت زمین‌ساختی زیاد	فعالیت زمین‌ساختی متوسط	فعالیت زمین‌ساختی کم
$1 < Lat < 1/5$	$1/5 < Lat < 2$	$2 < Lat < 2/5$	$2/5 > Lat$

منبع: (همدونی و همکاران، ۲۰۰۸)

در جدول شماره (۱۸) نتایج ارزیابی شاخص فعالیت‌های تکتونیک (Lat) قابل مشاهده است.

جدول ۱۸- مقدار شاخص فعالیت‌های تکتونیک (Lat) در حوضه‌های مورد مطالعه

نام حوضه	AF	T	Smf	HI	R	BS	P	Lat	کلاس فعالیت
سبزوار	۳	۳	۲	۱	۱	۳	۲	۲/۱۴	فعالیت تکتونیک متوسط
داورزن	۳	۳	۳	۳	۳	۳	۲	۲/۸۵	فعالیت تکتونیک کم
جوین	۱	۱	۳	۲	۱	۱	۲	۱/۵۷	فعالیت تکتونیک زیاد
صفی آباد	۲	۱	۲	۱	۱	۳	۱	۱/۵۷	فعالیت تکتونیک زیاد
اسفراین	۱	۲	۱	۲	۲	۲	۳	۱/۸۵	فعالیت تکتونیک زیاد

با ارزیابی شاخص مزبور در منطقه مورد مطالعه دریافتیم، حوضه‌های جوین، صفی آباد و اسفراین در کلاس فعالیت‌های زمین ساختی زیاد و مخروط‌افکنه‌های حوضه سبزوار در کلاس فعالیت‌های زمین ساختی متوسط و مخروط‌افکنه‌های حوضه آبخیز داورزن در کلاس فعالیت‌های زمین ساختی کم قرار دارند.

### نتیجه گیری

پژوهش حاضر با هدف بررسی روابط کمی بین حجم مخروط‌افکنه‌ها و مساحت حوضه‌ی آبریز بالا دست و تأثیر تکتونیک بر حجم مخروط‌افکنه‌ها در پنج حوضه آبخیز در شمال شرق ایران مرکزی انجام شد. بدین منظور حجم مخروط‌افکنه‌ها و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده آنها محاسبه شد، سپس روابط خطی و ضریب همبستگی بین حجم مخروط‌افکنه‌ها و مساحت حوضه آبریز تغذیه کننده آنها برقرار گردید، که ضریب همبستگی بین دو عامل مذکور برای حوضه آبخیز سبزوار (۰/۲۲۱)، حوضه آبخیز داورزن (۰/۷۴۲)، حوضه آبخیز جوین (۰/۱۴۳)، حوضه آبخیز صفی آباد (۰/۰۴۴) و حوضه آبخیز اسفراین (۰/۰۳۵) به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد، گرچه بین حجم و مساحت مخروط‌افکنه‌ها می‌تواند روابط معنا داری وجود داشته باشد، اما در محدوده مورد مطالعه به جز حوضه آبخیز داورزن که دارای ضریب همبستگی بالایی (۰/۷۴۲) است در دیگر حوضه‌ها هیچ گونه رابطه‌ای بین حجم و مساحت مخروط‌افکنه‌ها دیده نمی‌شود. همچنین شاخص ارزیابی نسبی فعالیت‌های تکتونیک (Lat) نشان داد حوضه داورزن دارای بیشترین میزان این شاخص برابر با (۲/۸۵) می‌باشد که نشان از پایین بودن فعالیت‌های تکتونیک در این حوضه دارد که روابط خطی و ضریب همبستگی بالا بین مساحت و حجم مخروط‌افکنه‌ها نیز مسئله فوق را تأیید می‌کند. این مسئله با دیگر شواهد زمین‌شناختی و ژئومورفولوژیکی تطابق دارد؛ زیرا از نظر زمین‌شناسی کمترین میزان گسل در حوضه داورزن مشاهده می‌شود و از دیدگاه ژئومورفولوژیکی دشت داورزن به عنوان حوضه‌ی انتهایی قلمداد می‌شود و از فعالیت تکتونیک کمتری برخوردار است. بنابراین حجم مخروط‌افکنه‌ها، تنها متأثر از مساحت حوضه‌ی آبریز بالا دست نیست، بلکه عوامل دیگر چون، ویژگی‌های سنگ‌شناسی، تکتونیک، اقلیم و ویژگی‌های مورفومتریکی حوضه‌های زهکشی، در کاهش یا افزایش حجم مخروط‌افکنه‌ها نقش دارد. به منظور

ارزیابی فعالیت‌های زمین‌ساختی حوضه‌های منطقه مورد مطالعه از شاخص‌های ژئومورفیک، مبتنی بر مورفولوژی و شبکه زهکشی حوضه‌ها استفاده شد. نتایج این شاخص نشان داد که بخش‌های شمال غربی و شمال شرقی و قسمت‌های میانی محدوده‌ی مورد مطالعه از نظر تکتونیک فعال‌تر از قسمت‌های جنوب غربی و جنوب شرقی حوضه است به گونه‌ای که شاخص (Lat) بیانگر فعالیت‌های زمین‌ساختی زیاد در حوضه‌های جوین، صفی‌آباد و اسفراین و فعالیت‌های متوسط در حوضه سبزوار و فعالیت‌های زمین‌ساختی کم در حوضه داورزن می‌باشد. بنابراین با توجه به میزان شاخص ارزیابی فعالیت‌های تکتونیکی (Lat) در حوضه‌های منطقه مورد مطالعه، عامل تکتونیک نقش اصلی را در افزایش یا کاهش حجم مخروط‌افکنه‌ها بر عهده دارد.

## منابع و مأخذ

- ۱) حبیب‌اللهیان، محمود، رامشت، محمد حسین، (۱۳۹۱)، کاربرد شاخص‌های ارزیابی تکتونیک جنوب در برآورد وضعیت تکتونیکی بخش علیای زاینده رود، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۲۶. صص ۹۹-۱۱۲.
- ۲) خبازی، مصطفی، سیف، عبدالله، معیری، مسعود، نوحه سرا، مریم، (۱۳۹۱)، روابط کمی بین حجم مخروط افکنه‌ها و ارتباط آن با تکتونیک فعال، مجله پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. شماره ۲. صص ۱۰۳-۱۲۶.
- ۳) خیام، مقصود؛ مختاری کشکی، داود، (۱۳۸۲)، ارزیابی عملکرد فعالیت‌های تکتونیکی بر اساس مورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها (مخروط‌افکنه‌های دامنه شمالی میشو داغ)، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۱. صص ۱-۱۰.
- ۴) رامشت، محمد حسین، سیف عبدالله، شاه‌زیدی، سمیه سادات، انتظاری، مژگان، (۱۳۸۸)، تأثیر تکتونیک جنوب بر مورفولوژی مخروط افکنه‌ی درختنگان در منطقه‌ی شهداد کرمان، مجله جغرافیا و توسعه. شماره ۱۶. صص ۲۹-۴۶.
- ۵) رضایی مقدم، محمد حسین؛ مقامی مقیم، غلامحسین؛ رجبی، معصومه، (۱۳۸۴)، عوامل موثر در شکل‌گیری و گسترش مخروط‌افکنه رودخانه روئین در دامنه جنوبی آلاداغ در شمال شرق ایران، فصلنامه تحقیقات جغرافیایی. شماره ۷۹. صص ۶۴-۸۰.
- ۶) سیف، عبدالله، خسروی، قاسم، (۱۳۸۹)، بررسی تکتونیک فعال در قلمرو تراست زاگرس منطقه فارس، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۷۴. صص ۱۲۵-۱۴۶.
- ۷) علایی، طالقانی، محمود، (۱۳۸۵)، ژئومورفولوژی ایران، چاپ سوم، انتشارات قومس.
- ۸) گورابی، ابوالقاسم؛ نوحه گر، احمد، (۱۳۸۶)، شواهد مورفولوژیکی تکتونیک فعال حوضه آبخیز در که، مجله پژوهش‌های جغرافیایی. شماره ۶۰. صص ۱۷۷-۱۹۶.
- ۹) مقصودی، مهران؛ محمد نژاد آروق، وحید، (۱۳۹۰)، ژئومورفولوژی مخروط افکنه‌ها، چاپ اول، انتشارات دانشگاه تهران.
- ۱۰) مقصودی، مهران؛ کامرانی دلیر، حمید، (۱۳۸۷)، ارزیابی نقش تکتونیک فعال در تنظیم کانال رودخانه‌ها مطالعه موردی رودخانه تجن، مجله پژوهش‌های جغرافیایی طبیعی. شماره ۶۶. صص ۳۷-۵۶.
- ۱۱) یمانی، مجتبی؛ علمی‌زاده، هیوا، (۱۳۹۰)، بررسی علل ناپایداری آبراهه‌ها در سطح دلتای رود کل (غرب بندر عباس)، مجله پژوهش‌های جغرافیایی، شماره ۷۸. صص ۱-۱۶.
- 12) Altin, T.b., Altin,B.N., (2011), Development and morphometry of drainage network in volcanic terrain, CentralAnatolia, Turkey. *Geomorphology*, Vol.125, pp.485-503.
- 13) Baroni,C.,Noti,V.,Ciccacci,S.,Righini,G.,Salvatore,M.C (2005),Fluvial Origin of the Valley System in Northern Victoria Land (Antarctica)from Quantitative Geomorphic Analysis.GSA Bulletin, Vol. 117.
- 14) Bull, W,B. McFadden, L (1977), Tectonic geomorphology north and south of the Garlock fault, California. In *geomorphology*, Stane University of New York, Binghamton.
- 15) Burbank,D.W.,Anderson.R.S (2001), *Tectonic Geomorphology*,Blackwell Science.
- 16) Church,A.B (1997).Fan Deposits in Northwestern Vermont:Depositional Activity and Aggradation Rates over the last 9,500 Years (Master's Thesis):B'urlington,University of Vermont,113 p.

- 17) Clement,A.J.H and Brook,M.S (2008), Tilting of Active Folds and Drainage Asymmetry on the Manawatu Anticlines,New Zealand,A Preliminary Investigation,Earth Surface Processes and Landforms,Vol. 33.
- 18) Guarnieri, P., Pirrotta, C (2008), The Response of Drainage Basins to the Late Quaternary Tectonics in the Sicilian Side of the Messina Strait(NE), Geomorphology, Vol. 95.
- 19) Hamdouni, R.E., Irigaray, c., Fernadez, T., Chacon, J., Keller E.A (2008). Assessment of Relative Active Tectonic, South West Border of the Sierra Nevada (Southern Spain), Geomorphology, Vol. 96.
- 20) Hervey,A.m(1997), The role of alluvial fans in arid zone fluvial systems. in: Thomas, D.S.G.(ed.) Arid Zone Geomorphology:Process,Form and Change in Drylands,2<sup>nd</sup> edn.Wiley,Chichester, pp,287-304.
- 21) Hooke,R.Leb (1968), Steady-state relationships on arid-region alluvial fans in closed basins.American Journal of Science, Vol. 266.
- 22) Keller,E.A and Pinter,N (1996), Active Tectonics:Earthquakes,Uplift and landscape, Prentice Hall,Inc.new Jersey.
- 23) Keller E.A and Pinter N (2002), Active Tectonics Earth quakes, Up lift and Landscape, new jersey: prentice hall, pub.
- 24) Lee,S.A (1990), The Alluvial fan Problem In :A.H.Rachoki and M.church (eds).A field approach.john wiley and sons Ltd, pp,3-24.
- 25) Lloyd,M.J.,Nichols,G.J.,Friend,P.F (1998), Oligo-Miocene alluvial-fan evolution at the southern Pyrenean thrust front,Spain.Journal of Sedimentary Research, Vol. 266.
- 26) Mayer, L (1990), Introduction to Quantitative Geomorphology, Prentice Hall.
- 27) Menges, C.M (1987), Temporal and spatial segmentation of the Pliocene-Quaternary fault rupture along the western Sangre de Cristo mountain front, northern New Mexico: U. S. Geological Survey Open-File Report, Vol. 87.
- 28) Nanninaga,P.M,Wasson,R.J (1985), calculation of the volume of an alluvial fan. mathematical Geology, Vol.17.
- 29) Giles Philip T (2010), Investigating the use of alluvial fan volume to represent fan size in morphometric studies, Department of geography,Saint Marys University, Halifax,nova Scotia,Canada B3H3C3, Vol.121.
- 30) Ramirz Herra, M.T (1998), Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay graben, Mexican volcanic Belt. Earth surface processes and landforms. Vol.78.
- 31) Ramirz Herra, M.T (1998), Geomorphic assessment of active tectonics in the Acambay graben, Mexican volcanic Belt. Earth surface processes and landforms.
- 32) Ritter,J.B.,Miller,J.R.ET AL.(1993), Quaternary evolution of Cedar Creek alluvial fan. Montana,Geomorphology, Vol.8.
- 33) RohtashKumar,N., suresh,satish J. Sangode,V.Kumaravel (2007), Evolution of the Quaternary alluvial fan system in the Himalayan foreland basin: Implications for tectonic and climatic decoupling Sedimentology group,Wadia Institute of Himalayan Geology, Vol.3.
- 34) Silva, P.G, J.L., Zazo, C., Bardji, T (2003), Fault Generated Mountain Fronts in Southeast Spain: Geomorphology Assessment of Tectonic and Seismic Activity, Geomorphology, Vol.50.
- 35) Singh Vimal and S.K. tendon (2009), Evidence and consequences of tilting of two alluvial fans in the pinjaur dan, North western Himalayan foothills, Quaternary in ternational, Vol. 159.
- 36) Virdi,N.S.,Philip,Bhattacharya,S (2006), Neotectonic Activity in the Markanda and Bata River Basins Himachal Pradesh,NW Himalaya:A Morphotectonic Approach. International Journal of Remote Sensing,Vol.27.
- 37) Visteras, Ceasar, Mariel Calvache, Juses M. Soria, Juan Fernandez (2003), Differential Features of alluvial fans controlled by tectonic of ecstiatic accommodation space. Examples from the Betic Cordillera, Spain Geomorphology, Vol.50.
- 38) Yang J.C (1985), Geomorphology (in Chinese). High Education press. Beijing.