

## ارتباط کمی ویژگی‌های مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های آنها در ایران مرکزی

ابوالقاسم گورابی\* - استادیار گروه جغرافیا، دانشگاه تهران  
مجتبی یمانی - دانشیار دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۰/۰۸/۲۵ تأیید نهایی: ۱۳۹۱/۰۲/۲۰

### چکیده

تحلیل روابط بین ویژگی‌های مورفومتری حوضه‌ی زهکشی - مخروط‌افکنه از موضوعات اساسی هیدروژئومورفولوژیکی است که این پژوهش بدان پرداخته است. برای استخراج مرز و عامل مورفولوژیک از ۳۰ حوضه و مخروط‌افکنه در قلمرو ایران مرکزی، از داده‌های رقومی ارتفاعی و نرم‌افزار WMS 8.4 استفاده شده است. تدقیق مرز حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها استخراجی با همپوشانی آنها بر روی تصاویر مختلف انجام شد. تحلیل آماری در محیط نرم‌افزارهای آماری انجام گرفته است. ارتباط بین شاخص‌های ژئومورفیک حوضه - مخروط‌افکنه به دو گروه پارامترهای وابسته و غیر وابسته تقسیم می‌شوند. نتایج نشان می‌دهند که الگوی کلی همبستگی بین پارامترهای بیست‌ویک‌گانه فوق در ایران مرکزی با الگوی کلی نواحی دیگر یکسان است. میزان همبستگی بین پارامترهای وابسته با کاهش قلمرو پژوهش از سطح ناحیه‌ی ایران مرکزی به سطح مناطق کوچک‌تر افزایش یافته و با مقیاس بررسی، ارتباط تنگاتنگی دارند. سطح همبستگی بین پارامترهای ژئومورفیک حوضه - مخروط‌افکنه از گروه‌هایی با مساحت زیاد به گروه‌هایی با مساحت کمتر، افزایش می‌یابد. در بین پارامترهای مورد بررسی، همبستگی و ارتباط بین مساحت، شیب و طول حوضه‌های زهکشی - مخروط‌افکنه‌ها، به صورت زوج‌های مختلف (۶ رابطه) نسبت به پارامترهای دیگر ژئومورفیک بیشتر است. همبستگی بین پارامترهای حوضه - مخروط‌افکنه در مناطق کمابیش همگون هیدرو اقلیمی - اکولوژیکی در ایران مرکزی، نسبت به کل ایران مرکزی بیشتر است. نتایج نشان می‌دهند که ضرایب رابطه‌های اختصاص یافته به ارتباط مخروط‌افکنه - حوضه‌ی زهکشی در سراسر قلمرو ایران مرکزی - که در طبقه‌بندی‌های اقلیمی منطقه‌ی خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌روند - یکسان نبوده و تفاوت‌های چشمگیری دارند. این بررسی همچنین نشان می‌دهد که بین برخی از پارامترهای ژئومورفیک حوضه و مخروط‌افکنه همبستگی معناداری وجود ندارد. لذا پیشنهاد می‌گردد، در تحلیل روابط اختصاصات حوضه - مخروط‌افکنه با روابط ارائه شده در منابع موجود، بهتر است از نتایج حاصل از بررسی‌های حوضه‌های مجاور و در حد امکان، منطقه‌ای استفاده شود.

کلیدواژه‌ها: مخروط‌افکنه، حوضه‌ی زهکشی، ایران مرکزی، پارامترهای مورفومتری.

## مقدمه

مخروطافکنه‌ها به عنوان یکی از مهم‌ترین لندفرم‌های کواترنری، از دیدگاه‌های مختلف و از دیر باز مورد بررسی قرار گرفته‌اند. زمین‌شناسان، ژئومورفولوژیست‌ها، هیدرولوژیست‌ها و پژوهشگران دیگری که به نوعی با مطالعات کواترنر در ارتباط هستند، مخروطافکنه‌ها را از دیدگاه فرایندی، دینامیکی و مورفولوژیکی، و نیز توالی رسوبی بررسی کرده‌اند. "چگونگی واکنش مخروطافکنه‌ها به عملکرد هم‌زمان متغیرهای کنترل‌کننده" و "چگونگی تأثیر این عوامل بر مورفولوژی و رسوبات" دو پرسش اساسی‌ای هستند که باید در بررسی هر مخروطافکنه مشخص و تفسیر شوند. چالش‌های اساسی در بررسی‌های گذشته، پیشرو و آینده‌ی مخروطافکنه‌ها، بیشتر در بررسی‌های کاربردی است که می‌توان به مخاطرات واقع بر مخروطافکنه‌ها و رسوبات مخروطافکنه به عنوان منابع آب زیرزمینی اشاره کرد (Giles, Nichols & Wilford, 2010: 224). طبیعی است که بررسی پارامترهای ژئومتری حوضه و مخروطافکنه و ارتباط‌های کمی بین آنها، می‌تواند احتمال خطرپذیری زیست در محدوده‌ی مخروطافکنه‌ها را تا حد زیادی از میان بردارند. پارامترهای کمی حوضه‌های زهکشی و مخروطافکنه‌های وابسته به آنها، می‌تواند اطلاعات با ارزشی در مورد نوزمین‌ساخت و در نتیجه ارزیابی پتانسیل لرزه‌خیزی مناطق در اختیار کارشناسان قرار دهند (Hermas, Abou El-Magd, & Saleh, 2010: 89-96). شاخص‌های بسیاری برای ارزیابی نوزمین‌ساخت منطقه، بر اساس ویژگی‌های ژئومورفومتری مخروطافکنه‌ها و حوضه‌ها استوار است (گورابی، ۱۳۶۷: ۷۲-۵۵). وجود و گاهی نبود مخروطافکنه‌ها، می‌تواند شدت آهنگ نوزمین‌ساخت در کواترنری را مشخص کند. در صورت وجود مخروطافکنه‌ها، ویژگی‌های کمی آنها (همچون؛ شکل، طول، تغییرات مورفومتری رسوبات در راستای مقطع قائم و افق، شیب طولی، بریدگی و توالی رئوس)، میزان ورود به داخل جبهه‌ی کوهستان، ویژگی‌های دره‌ها و آبکنده‌های سطحی، پروفیل‌های شعاعی مخروط و آبراهه‌ی اصلی و وجود چین‌خوردگی و گسل خوردگی، می‌تواند با شرایط نوزمین‌ساختی ارتباط داشته و از بررسی و مطالعه‌ی آنها، می‌توان به اطلاعات با ارزشی دست یافت (گورابی، ۱۳۸۷: ۶۵).

بیشتر بررسی‌های انجام گرفته‌ی پیشین بر تشکیل و توسعه‌ی مخروطافکنه‌ها در اقلیم خشک تأکید دارند (Dorn, DeNiro & Ajie, 1987: 108-110)؛ ولی باید گفت، گرچه مخروطافکنه‌ها از اشکال متداول کوهستان‌های نواحی خشک و نیمه‌خشک‌اند، ولی تنها به این نواحی اختصاص نداشته و ممکن است در نواحی جنب قطبی، نیمه مرطوب و حتی نواحی حاره‌ای مرطوب یافت شوند (Kesel & Spicer, 1985: 149-165)؛ بنابراین مخروطافکنه‌ها در تمام اقلیم نقش مهمی در ژئومورفولوژی و سیستم‌های رسوبی کوهستانی - کوهپایه‌ای دارند.

مخروطافکنه‌ها از دیدگاه فیزیک اشکال تعادلی به شمار می‌روند که مجموعه متغیرهای دخیل در تغییر شیب و دبی آب و رسوب رودخانه بر انباشت یا برداشت رسوب به وسیله‌ی آب در محل گرانیگاه، نقش دارند. گرانیگاه در واقع "شاهین ترازوی کفه‌ی انباشت و برداشت" یا نقطه‌ی تعادل بین "نیروی محرک" و "نیروی مقاوم" است. از آنجا که در بار رسوبی رودخانه، ذرات با اندازه‌های متفاوتی وجود دارند، بنابراین موقعیت گرانیگاه، متناسب با شیب و دبی رودخانه بین کوهستان و دشت تغییر می‌کند. این عامل سبب تشکیل مخروطی در اندازه‌های مختلف و فرم متناسب با محور نیرو (جریان رودخانه) می‌شود که "مخروطافکنه" نام گرفته است (گورابی، ۱۳۸۷: ۶۳-۵۷).

بنا بر بررسی‌های انجام گرفته، ژئومورفولوژی مخروط‌افکنه‌ها بیانگر برهم‌کنش سه دسته عوامل زیر هستند:

- ۱) شرایط مخروط‌افکنه (تکتونیک، توپوگرافی، فضای رسوب‌گذاری و ...)
- ۲) دبی آب و رسوب، و فرایندهای مؤثر بر مخروط‌افکنه (زمین‌شناسی و توپوگرافی حوضه، اقلیم، کاربری‌ها و ...)
- ۳) عواملی که بر ارتباط مخروط‌افکنه و محیط‌های پیرامونی تأثیرگذارند (که مهم‌ترین آن سطح اساس است) (Kesel & Spicer, 1985:149-165).

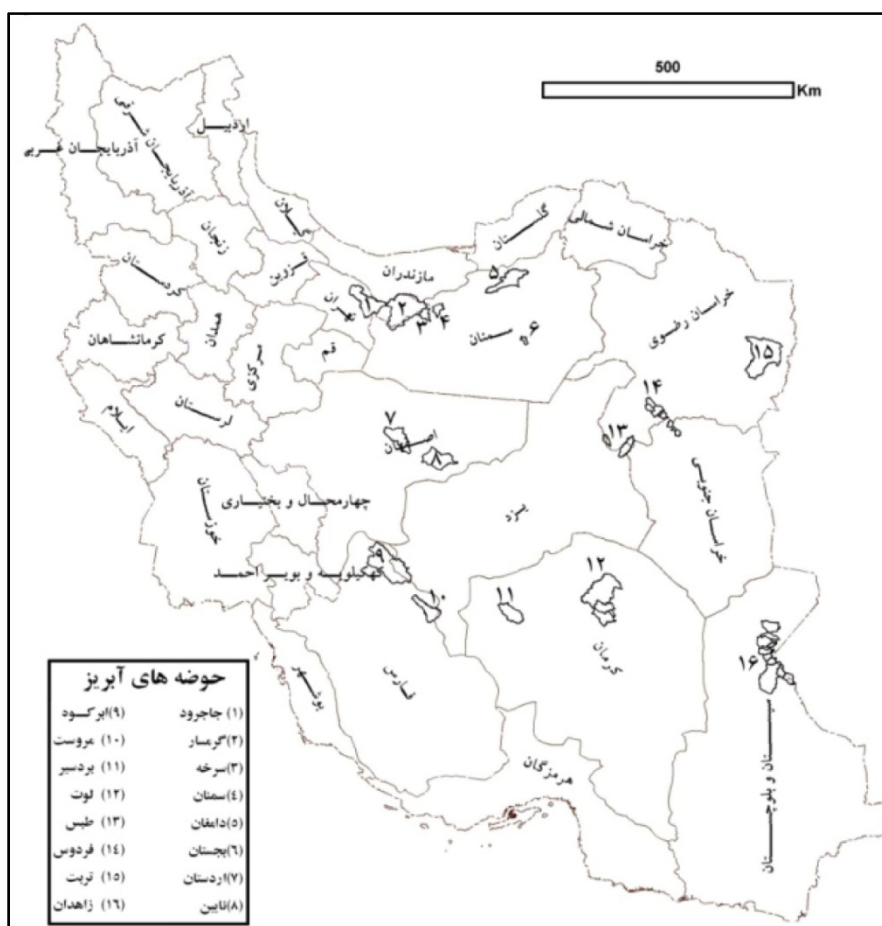
به همین دلیل، در بررسی تکامل مخروط‌افکنه‌ها و همچنین تشکیل، تغییرشکل و تکامل آنها باید ویژگی‌های ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناختی حوضه‌ی آبریز، به گونه‌ای نظام‌مند مدّ نظر قرار گیرند. ویژگی‌های حوضه‌ها همچون؛ خصوصیات هندسی، خاک‌ها، پوشش گیاهی، زمین‌شناسی، آب‌شناسی، اقلیمی، بار رسوبی و حتی عوامل انسانی، از جمله متغیرهای مؤثر بر مخروط‌افکنه‌ها، به عنوان لندفرم‌های اصلی حوضه‌های زهکشی به شمار می‌روند. خصوصیات هندسی یا ژئومتری به مجموعه عوامل فیزیکی گفته می‌شود که مقادیر آنها برای هر حوضه، به نسبت ثابت بوده و نشان‌دهنده‌ی وضع ظاهری حوضه هستند (علیزاده، ۱۳۸۹: ۴۱۰). مساحت، محیط، شکل، طول، عرض، شیب آبراهه‌های اصلی و فرعی، پستی و بلندی (ارتفاع)، شیب و جهت حوضه و تراکم زهکشی، از مهم‌ترین خصوصیات مورفومتری حوضه‌ها شمرده می‌شوند. یکی از علل اصلی اهمّیت این ویژگی‌ها در ژئومورفولوژی، به دلیل ارتباط متقابل آنها بر میزان رواناب، بار رسوبی و در نتیجه نقش آنها در شکل و فرم مخروط‌افکنه‌هاست.

تسلّط اقلیم خشک و نیمه‌خشک بر بخش وسیعی از سرزمین ایران، سبب شده که لندفرم مخروط‌افکنه به صورت لندفرم‌هایی متباین خودنمایی کنند. وجود رسوبات حاصلخیز و به ویژه، فراوانی نسبی مایع حیات (آب) و تعدیل شرایط خشک و گرم در مجاور کوهستان‌ها و پایکوه‌ها که گستره‌ی مخروط‌افکنه‌هاست، سبب شده که عمده سکونتگاه‌های روستایی و شهری روی آنها گسترش یابند. چنانچه خواهیم در بین قلمرو مرزهای سیاسی ایران ناحیه‌ای خاص برای بررسی مخروط‌افکنه‌ها انتخاب کنیم، شاید "ایران مرکزی"، به دلیل تسلّط مجموعه عوامل مؤثر در گسترش مخروط‌افکنه در آن، نمونه‌ای شاخص قلمداد شود. عمده بررسی‌های انجام شده در ایران، معطوف به بررسی ویژگی‌های ژئومورفولوژیک (شایان، ۱۳۸۲: ۱۱۴-۹۹)، تحولات ژئومورفولوژیکی (مقصودی، ۱۳۸۷: ۹۲-۷۳ و مقصودی و یمانی، ۱۳۸۲: ۱۱۴-۱۰۳)؛ تشکیل و تکامل (عابدینی و رجایی، ۱۳۸۵: ۹۰-۷۳)؛ مورفومتری (مختاری، ۱۳۸۲-الف: ۸۸-۶۵)؛ نوزمین‌ساخت، و تغییرشکل و تکامل طیّ کواترنری (یمانی و مقصودی، ۱۳۸۲: ۱۵۱-۱۳۷؛ مختاری کشکی، ۱۳۸۱: ۹۰-۶۳) در مقیاس محلی تا منطقه‌ای انجام گرفته است.

ما در این بررسی با انتخاب ۳۰ حوضه‌ی زهکشی و مخروط‌افکنه‌های وابسته به آنها در قلمرو ایران مرکزی، تلاش کردیم ارتباط کمی بین ۲۱ ویژگی مورفولوژیکی حوضه‌ی زهکشی و مخروط‌افکنه‌های ایران مرکزی را بیازماییم و روابط تجربی میان آنها را مشخص کرده و همچنین همبستگی بین پارامترهای مورفومتری مخروط‌افکنه و حوضه‌های زهکشی نسبت به بزرگی و کوچکی مخروط‌افکنه و سطح مقیاس بررسی را آشکار کنیم.

### موقعیت منطقه مورد مطالعه

مخروط‌افکنه‌های مورد بررسی در این پژوهش در قلمرو ایران مرکزی پراکنده شده‌اند. این مخروط‌افکنه‌ها در شمال ایران مرکزی شامل: جاجرود، گرمسار، سرخه، و سمنان؛ شمال شرق ایران مرکزی شامل: تربت‌جام؛ شرق ایران مرکزی شامل: زاهدان و لوت؛ غرب ایران مرکزی شامل: بردسیر، مروست، نایین و اردستان؛ و همچنین میان ایران مرکزی شامل: بجنستان، طبس، خور و فردوس هستند (شکل شماره ۱).



ناحیه (نام مخروط‌افکنه)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	ناحیه (نام مخروط‌افکنه)	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی
۱- جاجرود	۲۸-۳۵	۴۵-۵۱	۹- ابرکوه	۴-۳۱	۰۵-۵۳
۲- گرمسار	۱۵-۳۵	۲۵-۵۲	۱۰- مروست	۲۵-۳۰	۰۱-۵۴
۳- سرخه	۳۵-۳۰	۱۴-۵۳	۱۱- بردسیر	۴۸-۲۹	۳۶-۵۶
۴- سمنان	۳۵-۳۵	۲۳-۵۳	۱۲- لوت	۱۴-۳۰	۰۲-۵۷
۵- دامغان	۱۰-۳۶	۱۷-۵۴	۱۳- طبس	۳۸-۳۳	۰۲-۵۷
۶- بجنستان	۳۵-۳۴	۵۵-۵۷	۱۴- فردوس	۰۸-۳۴	۲۱-۵۸
۷- اردستان	۲۳-۳۳	۲۲-۵۲	۱۵- تربت	۳۹-۳۴	۱۷-۵۹
۸- نایین	۵۳-۳۲	۱۶-۵۳	۱۶- زاهدان	۴۹-۲۹	۰۱-۶۰

شکل ۱. پراکندگی و موقعیت حوضه‌های آبریز و مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه

## مواد و روش‌ها

منابع داده‌های ژئومتریک و مورفومتریک لازم برای انجام این پژوهش بر پایه‌ی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و رقومی ۱:۲۵۰۰۰، مدل رقومی ارتفاع سازمان نقشه‌برداری (DEM10)، ASTER DEM30m، SRTM90m بوده‌اند. از نقشه‌های توپوگرافی رقومی ۱:۲۵۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰۰ برای زمین مرجع کردن نقشه‌ها و تصاویر دیگر استفاده شده است. پس از بررسی پیشینه‌ی پژوهش و مطالعه‌ی نتایج دیگر پژوهشگران، گستره‌ی ایران مرکزی روی تصاویر مختلف در محیط‌های نرم‌افزاری (Google Earth Pro6 و سپس سایر تصاویر در محیط نرم‌افزاری ENVI 4.8 و MrSid) به دقت مشاهده و مخروط‌افکنه‌های ایران مرکزی مورد بررسی اجمالی قرار گرفتند، سپس از بین آنها ۳۰ مخروط‌افکنه شاخص انتخاب شدند. ملاک انتخاب در این بخش پراکندگی مکانی - اقلیمی - اکولوژیکی با در نظر گرفتن ویژگی‌های مورفولوژیک (مساحت، شکل و...) آنها بوده است. برای استخراج مرز حوضه‌ها، از الگوریتم‌های موجود در نرم‌افزارهای ArcGis 10 (Basin)، ArcHydro، WMS8.4، و پس از اصلاح DEMها، استفاده شده‌اند. همچنین از مدل ابداعی وارون - قرینه DEM (گورابی، ۱۳۶۷: ۳۳۲-۳۱۹) برای استخراج حدود مخروط‌افکنه‌ها از DEM استفاده شده است. پس از استخراج حدود حوضه‌ها (۳۰) و مخروط‌افکنه‌ها (۳۰)، برای تدقیق و کنترل حدود آنها، مرزها حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها روی تصاویر مختلف (ETM، TM، ASTER، QuickBird، IRS PAN 5m) همپوشانی و در صورت نیاز اصلاحات لازم انجام گرفته است. در گام بعد، پس از تهیه‌ی نقشه‌های مختلف عاملی (شیب، جهت و...) پارامترهای ژئومتریک و مورفولوژیکی حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها (مساحت، شیب، جهت، محیط، ویژگی‌های آبراهه‌ها و...) به کمک نرم‌افزارهای ArcGis 10 (Basin)، Arc Hydro، WMS8.4، و ENVI 4.8 محاسبه شده‌اند. به دنبال استخراج پارامترهای لازم (جدول شماره‌ی ۱)، تجزیه و تحلیل ارتباط بین ویژگی‌های مورفولوژیکی حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های وابسته به آنها در محیط نرم‌افزارهای ArcGis و Excell انجام گرفته است. در نهایت با طبقه‌بندی مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌ها (بر اساس مکان و ویژگی‌های مورفولوژیکی)، تحلیل همبستگی بین آنها انجام و نتایج ارائه شده‌اند.

## یافته‌های تحقیق

ویژگی‌های فیزیکی هر حوضه، همچون خصوصیات هندسی، خاک، پوشش گیاهی، آب‌شناسی، زمین‌شناسی، پتانسیل تولید رسوب و عوامل انسانی که برای هر حوضه کمابیش ثابت هستند، بر ویژگی‌های مخروط‌افکنه‌های مرتبط با آنها تأثیر گذارند. این پژوهش روابط بین خصوصیات ژئومتری (هندسی) حوضه و مخروط‌افکنه را مورد بررسی قرار داده است. مساحت، محیط، طول و عرض، شکل، شیب و ارتفاع مهم‌ترین پارامترهای مورد استفاده برای انجام تجزیه و تحلیل ارتباط بین حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های آنها است (جدول شماره‌ی ۱).

جدول ۱. پارامترهای مورد استفاده برای تجزیه و تحلیل ارتباط مورفومتریک مخروط‌افکنه‌ها - حوضه‌های زهکشی

راهنما:				پارامترها															
				حد اقل (HN)		متوسط (HM)		حداکثر (HX)		ارتفاع (H)		مفرد							
				طول، عرض بر حسب کیلومتر؛ ارتفاع بر حسب متر؛ مساحت کیلومتر مربع؛ شیب بر حسب درصد				مساحت (A)		محیط (P)				طول (L)		عرض (W)			
ضرب فشرده (NB)		طول به عرض (NB)						عامل فرم (FF)		عامل شکل (SF)				ضرب فشرده (C)		عوامل			
نسبت دایره‌ای (Rc)		نسبت کشیدگی (Rc)						فاصله‌ی خروجی حوضه تا مرکز ثقل (Lca)		عامل شکل (Li)				نسبت کشیدگی (Rc)		ویژگی‌های شکلی			
$(L.Lca)^{0.3}$		Lca		$\frac{2}{L}$		$\frac{1}{c^2}$		$\frac{L}{B}$		$\frac{L}{B}$		$\frac{A}{L^2}$		$\frac{L^2}{A}$		$\frac{0.28 P}{\sqrt{A}}$		روابط	
$SQL = \frac{C\sqrt{A} + \sqrt{(c^2A - 1.2A)}}{1.12}$										طول معادل (SQL)		مستطیل معادل							
$SQW = \frac{C\sqrt{A} - \sqrt{(c^2A - 1.2A)}}{1.12}$										عرض معادل (SQW)									
				نسبت جنوب (APs)		نسبت شمال (APN)		شیب حداکثر (SX)		شیب (S)		جهت AP							
								طولانی‌ترین (LR)				مورفولوژی آبراهه‌ی اصلی							
								شیب طولانی‌ترین آبراهه (LRS)											
												سینوسیته (Si)							
												زاویه‌ی رفت و روب مخروط‌افکنه (AN)							
توجه: در اندازه‌گیری‌ها (جدول بعدی) اندیس B نشان‌دهنده‌ی حوضه‌ی زهکشی و اندیس F نشان‌دهنده‌ی مخروط‌افکنه است.																			

### مورفولوژی و مورفومتری

#### حوضه‌های زهکشی

برای تحلیل ارتباط خصوصیات مورفولوژیکی و مورفومتری حوضه‌های زهکشی - مخروط‌افکنه‌ها، ۲۱ شاخص مورفولوژیکی و مورفومتری حوضه - مخروط‌افکنه از حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌های انتخابی در ایران مرکزی (شکل شماره ۱) استخراج شده‌اند. مخروط‌افکنه‌های ابرکوه، تربت، گرمسار، جاجرود، زاهدان ۳، ناین، دامغان، اردستان، بردسیر و بوانات (مروست) بزرگ‌ترین مخروط‌افکنه‌های مورد بررسی ( $1000 \leq$ ) هستند (جدول شماره ۲).

جدول ۳. عوامل مورفولوژیک حوضه‌های آبریز (برای آشنایی با واژگان اختصاری به کار رفته به جدول ۱ مراجعه شود) (مرتب‌شده بر حسب مساحت یا A)

Sib	APBS	APBN	SLB	H <sub>B</sub>	L <sub>BIC</sub>	LRS <sub>B</sub>	LR <sub>B</sub>	شکل حوضه										L	P	A	نام حوضه
								Li	Lca	SQ <sub>w</sub>	SQL	R <sub>e</sub>	R <sub>c</sub>	C	N <sub>B</sub>	FF	SF				
۱۵۳	۰.۲۸	۰.۶۲	۱۱	۲۷۸۲	۵۷۵	۱	۱۷۸	۱۹.۴	۵۵	۱۶	۲۲۵	۰.۷۷	۰.۱۹	۲.۳	۲.۲	۰.۵	۲.۲	۸۸	۴۸۳	۲۵۹۷	ابروه
۱۰۹	۰.۳۵	۰.۶۵	۱۳	۱۳۶۹	۲۵۵	۳	۲۴	۷.۱	۱۱	۳	۴۱	۰.۶۶	۰.۱۸	۲.۳	۲.۲	۰.۳	۲.۹	۱۸	۸۷	۱۱۲	بجستان
۱۲۴	۰.۴۳	۰.۵۷	۱۸	۷۸۷۸	۲۷۰	۳	۶۲	۱۲.۳	۲۷	۱۰	۱۰۴	۰.۹۹	۰.۲۶	۱.۹	۲.۱	۰.۵	۲.۰	۴۷	۲۲۹	۱۰۸۴	بردسیر
۱۷۸	۰.۴۰	۰.۶۰	۱۸	۲۳۵۷	۰	۲	۸۱	۱۴.۴	۲۵	۸	۱۲۶	۰.۵۸	۰.۱۸	۲.۴	۲.۸	۰.۳	۲.۸	۶۲	۲۶۹	۱۰۲۲	بوانات
۱۲۱	۰.۵۲	۰.۴۸	۲۲	۲۰۲۷	۲۷۰	۲	۸۳	۱۳.۴	۲۷	۸	۱۷۷	۰.۶۵	۰.۱۳	۲.۸	۲.۱	۰.۳	۳.۰	۶۵	۳۷۰	۱۴۰۹	دامغان
۱۳۰	۰.۶۰	۰.۴۰	۱۲	۱۶۶۰	۱	۲	۲۶	۶.۸	۹	۵	۴۴	۰.۹۰	۰.۲۷	۱.۹	۱.۶	۰.۶	۱.۶	۱۸	۹۷	۲۰۰	فردوس-۱
۱۰۷	۰.۳۴	۰.۵۶	۷	۱۴۶۵	۱	۲	۲۴	۶.۹	۱۰	۵	۳۴	۰.۷۲	۰.۳۳	۱.۷	۲.۵	۰.۴	۲.۵	۲۰	۷۸	۱۵۸	فردوس-۲
۱۱۷	۰.۳۷	۰.۵۳	۱۷	۲۰۰۵	۱	۵	۲۶	۷.۴	۱۲	۳	۴۳	۰.۷۰	۰.۲۲	۲.۱	۲.۶	۰.۴	۲.۶	۲۰	۹۲	۱۴۸	فردوس-۳
۱۳۰	۰.۵۷	۰.۴۳	۹	۱۷۲۷	۰	۳	۲۶	۹.۵	۲۰	۶	۵۲	۰.۷۷	۰.۲۹	۱.۸	۲.۱	۰.۵	۲.۱	۲۶	۱۱۶	۲۱۲	فردوس-۴
۱۰۶	۰.۶۳	۰.۲۷	۱۹	۲۰۳۶	۰	۶	۱۸	۶.۴	۱۰	۵	۲۵	۰.۸۰	۰.۴۳	۱.۵	۲.۰	۰.۵	۲.۰	۱۵	۵۹	۱۱۸	فردوس-۵
۱۰۰	۰.۵۹	۰.۴۱	۲۸	۲۱۱۸	۰	۷	۱۳	۵.۴	۸	۲	۲۰	۰.۶۶	۰.۲۷	۱.۹	۲.۹	۰.۳	۲.۹	۱۱	۴۴	۴۲	فردوس-۶
۱۱۱	۰.۵۷	۰.۴۳	۱۶	۱۹۴۱	۰	۵	۱۸	۶.۰	۹	۴	۲۸	۰.۶۶	۰.۳۳	۱.۷	۱.۷	۰.۶	۱.۷	۱۴	۶۴	۱۰۸	فردوس-۷
۱۴۳	۰.۵۲	۰.۴۸	۲۸	۲۳۳۹	۱۱۷۰	۲	۱۲۳	۲۰.۱	۶۹	۱۶	۲۰۱	۰.۷۶	۰.۲۲	۲.۱	۲.۲	۰.۴	۲.۲	۸۵	۴۳۴	۲۳۴۲	گرمسار
۱۲۳	۰.۵۷	۰.۴۳	۳۰	۲۱۷۲	۲۶۰	۳	۸۷	۱۵.۹	۴۵	۱۱	۱۲۲	۰.۲۳	۰.۱۸	۲.۴	۲.۵	۰.۴	۲.۵	۶۸	۳۶۵	۱۸۶۶	چابوورد
۱۲۳	۰.۵۰	۰.۵۰	۲۶	۲۱۹۸	۴۵۰	۵	۶۴	۱۳.۱	۳۲	۷	۹۹	۰.۶۱	۰.۲۰	۲.۲	۲.۵	۰.۳	۲.۵	۵۰	۲۱۲	۷۲۱	لوت-۱
۱۲۷	۰.۴۴	۰.۵۶	۴۰	۱۸۱۸	۳۷۱	۸	۲۵	۷.۸	۱۵	۳	۲۹	۰.۶۳	۰.۲۵	۲.۰	۲.۳	۰.۳	۲.۲	۱۶	۶۲	۸۱	لوت-۲
۱۳۰	۰.۳۳	۰.۵۷	۲۵	۲۰۱۶	۱۹۱	۵	۵۸	۱۲.۵	۲۰	۷	۸۹	۰.۶۶	۰.۲۱	۲.۲	۲.۰	۰.۳	۲.۹	۴۲	۱۹۱	۶۰۷	لوت-۳
۱۲۳	۰.۳۴	۰.۵۶	۶	۲۰۰۷	۲۵۵	۱	۹۰	۱۶.۴	۴۸	۱۲	۱۳۳	۰.۶۳	۰.۲۳	۲.۱	۲.۳	۰.۳	۲.۲	۷۱	۲۸۹	۱۵۵۳	نابین
۱۲۱	۰.۴۵	۰.۵۵	۱۴	۲۱۱۴	۱۲۰۹	۲	۶۸	۱۲.۸	۲۸	۱۰	۱۲۶	۰.۷۷	۰.۱۹	۲.۳	۲.۲	۰.۵	۲.۲	۵۳	۳۹۱	۱۳۰۴	اردستان
۱۲۷	۰.۶۳	۰.۲۷	۲۶	۲۰۴۶	۵۷۶	۵	۲۸	۹.۷	۲۰	۵	۵۹	۰.۷۱	۰.۲۳	۲.۱	۲.۶	۰.۴	۲.۵	۲۸	۱۲۹	۳۰۸	سمنان
۱۱۵	۰.۵۹	۰.۴۱	۲۰	۲۱۰۴	۱۲۷	۴	۲۴	۹.۱	۱۸	۶	۵۷	۰.۷۶	۰.۲۶	۱.۹	۲.۳	۰.۵	۲.۲	۲۷	۱۲۵	۳۲۹	سرخه
۱۲۱	۰.۴۵	۰.۵۵	۴۰	۱۸۶۶	۴۰۲	۴	۲۹	۶.۸	۸	۴	۴۵	۰.۷۷	۰.۲۴	۲.۰	۲.۳	۰.۵	۲.۲	۲۰	۹۹	۱۸۴	جلیس
۱۳۶	۰.۳۵	۰.۶۵	۱۱	۱۱۷۵	۸۲۷	۲	۵۷	۱۱.۴	۳۳	۶	۹۰	۰.۶۹	۰.۱۹	۲.۳	۲.۸	۰.۴	۲.۷	۳۹	۱۹۳	۵۶۸	خور
۱۵۷	۰.۵۴	۰.۴۶	۲۵	۱۳۶۶	۰	۳	۱۴۴	۲۰.۷	۶۵	۱۴	۲۵۳	۰.۸۵	۰.۱۶	۲.۵	۲.۳	۰.۴	۲.۳	۹۰	۵۳۵	۲۵۶۹	تربت
۱۲۱	۰.۴۶	۰.۵۴	۲۰	۱۵۶۱	۰	۴	۲۹	۷.۸	۱۲	۵	۶۲	۰.۸۲	۰.۲۲	۲.۱	۱.۵	۰.۷	۱.۵	۲۲	۳۲۵	۳۲۵	زاهدان-۱
۱۵۱	۰.۴۱	۰.۵۹	۱۵	۱۳۲۱	۰	۳	۴۲	۱۱.۰	۲۷	۵	۵۵	۰.۷۱	۰.۲۴	۲.۰	۲.۵	۰.۴	۲.۵	۲۶	۱۱۹	۲۶۶	زاهدان-۲
۱۵۳	۰.۴۱	۰.۵۹	۱۱	۱۵۲۰	۰	۲	۱۰۴	۱۷.۹	۵۶	۱۲	۱۴۲	۰.۶۹	۰.۲۲	۲.۱	۲.۶	۰.۴	۲.۶	۶۷	۲۰۷	۱۶۸۱	زاهدان-۳
۱۱۸	۰.۳۹	۰.۶۱	۲۲	۱۳۲۴	۰	۴	۲۹	۸.۲	۱۵	۵	۴۴	۰.۷۱	۰.۲۷	۱.۹	۲.۵	۰.۴	۲.۵	۲۳	۹۷	۲۰۰	زاهدان-۴
۱۵۷	۰.۴۱	۰.۵۹	۱۸	۱۳۷۶	۰	۳	۴۵	۱۰.۸	۲۴	۴	۵۴	۰.۶۰	۰.۱۹	۲.۳	۲.۵	۰.۳	۲.۵	۲۶	۱۱۵	۱۹۶	زاهدان-۵
۱۴۷	۰.۴۲	۰.۵۸	۱۹	۱۴۰۰	۰	۳	۵۰	۱۱.۱	۲۴	۴	۵۹	۰.۵۶	۰.۲۱	۲.۲	۲.۰	۰.۳	۲.۰	۲۲	۱۲۶	۲۵۹	زاهدان-۶

جدول ۳. عوامل مورفولوژیکی مخروطافکنه‌ها (برای آشنایی با اختصارات به کار رفته به جدول ۱ مراجعه شده بر حسب مساحت یا A)

نام حوضه	نام حوضه	شکل حوضه																	
		SB	HB	LB <sub>LC</sub>	LRS <sub>B</sub>	LR <sub>B</sub>	Li	Lca	SO <sub>w</sub>	SO <sub>L</sub>	R <sub>c</sub>	R <sub>c</sub>	C	N <sub>B</sub>	FF	SF	L <sub>B</sub>	P <sub>B</sub>	A <sub>B</sub>
تربت	۲۵۴۹	۰.۴۶	۱۴۶۶	۰	۱	۱۴۴	۱۹.۶	۵۵	۱۴	۲۵۳	۰.۷۵	۰.۱۶	۲.۵	۲.۳	۰.۴	۲.۳	۹۰	۵۲۵	۲۵۴۹
ابرقوه	۳۵۹۷	۰.۳۸	۳۲۸۲	۵۲۵	۳	۱۲۸	۱۲.۰	۱۱	۱۶	۲۲۵	۰.۷۷	۰.۱۹	۲.۳	۲.۲	۰.۵	۲.۲	۸۸	۴۸۳	۳۵۹۷
گرمسار	۳۲۴۲	۰.۵۲	۳۳۳۹	۱۱۷۰	۳	۱۲۳	۱۵.۱	۳۷	۱۶	۲۰۱	۰.۷۶	۰.۲۲	۲.۱	۲.۲	۰.۴	۲.۲	۸۵	۴۳۴	۳۲۴۲
زاهدان-۳	۱۶۸۱	۰.۴۱	۱۵۷۰	۰	۲	۱۰۴	۱۵.۶	۳۵	۱۲	۱۴۲	۰.۶۹	۰.۲۲	۲.۱	۲.۶	۰.۴	۲.۶	۶۷	۳۰۷	۱۶۸۱
نابین	۱۵۵۲	۰.۴۴	۲۰۰۷	۲۵۵	۲	۹۰	۱۳.۸	۳۷	۱۲	۱۳۳	۰.۶۳	۰.۲۳	۲.۱	۲.۳	۰.۳	۲.۲	۷۱	۲۸۹	۱۵۵۲
جاجرود	۱۸۶۶	۰.۵۷	۲۱۷۳	۳۶۰	۲	۸۷	۹.۷	۹	۱۱	۱۷۲	۰.۷۳	۰.۱۸	۲.۴	۲.۵	۰.۴	۲.۵	۶۸	۳۶۵	۱۸۶۶
دامغان	۱۴۰۹	۰.۵۲	۲۰۲۷	۳۷۰	۲	۸۳	۱۰.۰	۱۰	۸	۱۷۷	۰.۶۵	۰.۱۳	۲.۸	۳.۱	۰.۳	۳.۰	۶۵	۳۷۰	۱۴۰۹
پونات	۱۰۲۲	۰.۴۰	۳۳۵۷	۰	۵	۸۱	۱۰.۵	۱۲	۸	۱۲۶	۰.۵۸	۰.۱۸	۲.۴	۲.۸	۰.۳	۲.۸	۶۲	۲۶۹	۱۰۲۲
اردستان	۱۳۰۴	۰.۳۵	۲۱۱۴	۱۲۰۹	۳	۶۸	۱۱.۶	۲۰	۱۰	۱۳۶	۰.۷۷	۰.۱۹	۲.۳	۲.۲	۰.۵	۲.۲	۵۳	۲۹۱	۱۳۰۴
لوت - ۱	۷۲۱	۰.۵۰	۲۱۹۸	۴۵۰	۶	۶۴	۹.۳	۱۰	۷	۹۹	۰.۶۱	۰.۲۰	۲.۲	۲.۵	۰.۳	۲.۵	۵۰	۲۱۲	۷۲۱
بردسیر	۱۰۸۴	۰.۴۳	۲۸۷۸	۳۷۰	۷	۶۲	۸.۶	۸	۱۰	۱۰۴	۰.۷۹	۰.۲۶	۱.۹	۲.۱	۰.۵	۲.۰	۴۷	۲۲۹	۱۰۸۴
لوت - ۳	۶۰۷	۰.۴۳	۲۰۱۶	۱۹۱	۵	۵۸	۸.۶	۹	۷	۸۹	۰.۶۶	۰.۲۱	۲.۲	۳.۰	۰.۳	۲.۹	۴۲	۱۹۱	۶۰۷
خور	۵۶۸	۰.۳۵	۱۱۷۵	۸۳۷	۲	۵۷	۱۵.۹	۶۹	۶	۹۰	۰.۶۹	۰.۱۹	۲.۳	۲.۸	۰.۴	۲.۷	۳۹	۱۹۳	۵۶۸
زاهدان-۶	۲۵۹	۰.۴۲	۱۴۰۰	۰	۲	۵۰	۱۳.۵	۴۵	۴	۵۹	۰.۵۶	۰.۲۱	۲.۲	۴.۰	۰.۳	۴.۰	۳۲	۱۲۶	۲۵۹
زاهدان-۵	۱۹۶	۰.۴۱	۳۷۶	۰	۵	۴۵	۱۱.۸	۳۲	۴	۵۴	۰.۶۰	۰.۱۹	۲.۳	۳.۵	۰.۳	۳.۵	۲۶	۱۱۵	۱۹۶
زاهدان-۲	۲۶۶	۰.۴۱	۴۷۱	۰	۸	۴۲	۹.۲	۱۵	۵	۵۵	۰.۷۱	۰.۲۴	۲.۰	۲.۵	۰.۴	۲.۵	۲۶	۱۱۹	۲۶۶
سمان	۳۰۸	۰.۳۷	۲۰۴۶	۵۷۶	۵	۳۸	۱۱.۰	۳۰	۵	۵۹	۰.۷۱	۰.۲۳	۲.۱	۲.۶	۰.۴	۲.۵	۲۸	۱۲۹	۳۰۸
فردوس-۴	۳۱۲	۰.۵۷	۱۷۲۷	۰	۱	۳۶	۱۲.۴	۴۸	۶	۵۲	۰.۷۷	۰.۲۹	۱.۸	۲.۱	۰.۵	۲.۱	۲۶	۱۱۶	۳۱۲
سرخه	۳۳۹	۰.۴۱	۲۱۰۴	۱۲۷	۲	۳۴	۱۰.۴	۲۸	۶	۵۷	۰.۷۶	۰.۲۶	۱.۹	۲.۳	۰.۵	۲.۲	۳۷	۱۲۵	۳۳۹
طیلس	۱۸۴	۰.۳۵	۱۸۶۶	۴۰۲	۵	۳۹	۹.۰	۲۰	۴	۴۵	۰.۷۷	۰.۲۴	۲.۰	۲.۳	۰.۵	۲.۲	۲۰	۹۹	۱۸۴
زاهدان-۱	۳۳۵	۰.۴۶	۱۵۶۱	۰	۴	۳۹	۸.۷	۱۸	۵	۶۲	۰.۹۲	۰.۲۲	۲.۱	۱.۵	۰.۷	۱.۵	۲۲	۱۲۵	۳۳۵
زاهدان-۴	۲۰۰	۰.۳۹	۱۳۷۴	۰	۴	۳۹	۶.۸	۸	۵	۴۴	۰.۷۱	۰.۲۷	۱.۹	۲.۵	۰.۴	۲.۵	۲۳	۹۷	۲۰۰
فردوس-۱	۲۰۰	۰.۶۰	۱۶۶۰	۱	۲	۲۶	۹.۱	۲۳	۵	۴۴	۰.۹۰	۰.۲۷	۱.۹	۱.۶	۰.۶	۱.۶	۱۸	۹۷	۲۰۰
فردوس-۳	۱۴۸	۰.۴۷	۲۰۰۵	۱	۳	۲۶	۱۲.۳	۶۵	۳	۴۳	۰.۷۰	۰.۲۲	۲.۱	۲.۶	۰.۴	۲.۶	۲۰	۹۲	۱۴۸
لوت - ۲	۸۱	۰.۴۴	۱۸۱۸	۳۷۱	۴	۲۵	۷.۴	۱۲	۳	۲۹	۰.۶۳	۰.۲۵	۲.۰	۲.۳	۰.۳	۲.۲	۱۶	۶۳	۸۱
فردوس-۲	۱۵۸	۰.۴۴	۱۴۶۵	۱	۳	۳۴	۹.۳	۳۷	۵	۳۴	۰.۷۲	۰.۲۳	۱.۷	۲.۵	۰.۴	۲.۵	۲۰	۷۸	۱۵۸
پنجستان	۱۱۲	۰.۳۵	۱۴۶۹	۲۵۵	۲	۳۴	۱۱.۵	۵۶	۳	۴۱	۰.۶۶	۰.۱۸	۲.۳	۳.۲	۰.۳	۲.۹	۱۸	۸۷	۱۱۲
فردوس-۵	۱۱۸	۰.۶۳	۲۰۳۶	۰	۴	۱۸	۷.۲	۱۵	۵	۲۵	۰.۸۰	۰.۲۳	۱.۵	۲.۰	۰.۵	۲.۰	۱۵	۵۹	۱۱۸
فردوس-۷	۱۰۸	۰.۵۷	۱۹۴۱	۰	۳	۱۸	۸.۲	۲۴	۴	۲۸	۰.۸۶	۰.۲۳	۱.۷	۱.۷	۰.۶	۱.۷	۱۴	۶۴	۱۰۸
فردوس-۶	۴۲	۰.۵۹	۲۱۱۸	۰	۳	۱۳	۷.۵	۲۴	۲	۲۰	۰.۶۶	۰.۲۷	۱.۹	۲.۹	۰.۳	۲.۹	۱۱	۴۴	۴۲



حوضه‌های زهکشی تربت، ابرکوه، گرمسار، نایین، جاجرود، زاهدان -۳، دامغان، بوانات، اردستان و لوت - ۱ در بین حوضه‌های مورد بررسی، طولی بیش از ۵۰ کیلومتر و بردسیر، لوت - ۳، خور و زاهدان - ۶ طولی بین ۳۰-۵۰ کیلومتر و مابقی طولی کمتر از ۳۰ کیلومتر دارند (جدول شماره ۲). از نظر میانگین شیب، حوضه‌های زهکشی سرخه، بردسیر، لوت - ۲ و طبس پُرشیب‌ترین ( $\leq 30\%$ ) و لوت - ۱، بوانات، خور، دامغان، زاهدان - ۱، فردوس - ۵، لوت - ۳، نایین، گرمسار، زاهدان - ۶، ابرکوه، اردستان، فردوس - ۴، تربت، فردوس - ۳ و بجستان شیبی بین ۳۰-۱۵٪ دارند، این در حالی است که حوضه‌های زاهدان - ۳، جاجرود، فردوس - ۷، فردوس - ۶، زاهدان - ۴، فردوس - ۱، زاهدان - ۲، فردوس - ۲، زاهدان - ۵ و سمنان کمتر از ۱۵٪ شیب دارند.

حوضه‌های ناحیه‌ی فردوس بیشترین میزان فشردگی (نزدیکی به دایره) را دارند (جدول شماره ۲ قسمت C)، همچنین حوضه‌های بوانات، جاجرود، تربت و دامغان بیشترین انحراف از دایره را دارند. طولانی‌ترین زهکش‌ها در حوضه‌های تربت (۱۴۴ کیلومتر)، ابرکوه (۱۳۸ کیلومتر)، گرمسار (۱۲۳ کیلومتر)، و زاهدان - ۳ (۱۰۴ کیلومتر) یافت شده‌اند (جدول شماره ۲).

### مخروط‌افکنه‌ها

مخروط‌افکنه‌های نایین (۱۴۹۷ کیلومتر<sup>مربع</sup>)، جاجرود (۱۲۱۲ کیلومتر<sup>مربع</sup>)، بوانات (۹۷۷ کیلومتر<sup>مربع</sup>)، تربت (۸۸۰ کیلومتر<sup>مربع</sup>)، گرمسار (۸۲۵ کیلومتر<sup>مربع</sup>)، ابرکوه (۷۰۶ کیلومتر<sup>مربع</sup>)، و لوت - ۳ (۴۴۹ کیلومتر<sup>مربع</sup>) وسیع‌ترین ( $\leq 400$  کیلومتر<sup>مربع</sup>) مخروط‌افکنه‌های مورد بررسی هستند. طولانی‌ترین مخروط‌افکنه‌های ناحیه‌ی مورد بررسی ( $\leq 30$  کیلومتر) به ترتیب؛ نایین (۴۸ کیلومتر)، جاجرود (۴۵ کیلومتر)، بوانات (۳۵ کیلومتر)، گرمسار (۳۳ کیلومتر)، ابرکوه (۳۲ کیلومتر) و تربت (۳۰ کیلومتر) هستند. بیشترین زاویه‌ی رفت و روبرو ( $AN_F \geq 90$ ) به ترتیب مربوط به مخروط‌افکنه‌های بردسیر (۱۴۵ درجه)، سرخه (۱۲۰ درجه)، گرمسار (۱۱۴ درجه)، دامغان (۱۱۰ درجه)، بجستان (۱۰۸ درجه)، جاجرود (۱۰۵ درجه)، بوانات (۱۰۳ درجه)، سمنان (۱۰۰ درجه)، تربت (۹۵ درجه) و لوت - ۳ (۹۰ درجه) است (جدول شماره ۳).

مخروط‌افکنه‌های؛ فردوس - ۲، فردوس - ۴، لوت - ۲، زاهدان - ۱، لوت - ۱، سرخه، و فردوس - ۷ با شیبی بیش از ۱/۲٪ بیشترین و مخروط‌افکنه‌های نایین؛ دامغان، ابرکوه، زاهدان - ۳، بردسیر، جاجرود و گرمسار شیبی کمتر از ۰/۸٪ دارند.

### ارتباط مورفولوژی و مورفومتری حوضه‌های زهکشی - مخروط‌افکنه‌ها

تجزیه و تحلیل آماری بین شاخص‌های مورفولوژیک حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌های ۳۰ گانه، بیانگر ارتباط معنادار مقیاس بررسی، در همبستگی شاخص‌های مذکور دارد. با افزایش مقیاس مورد بررسی در سطح ایران مرکزی، انتظار می‌رود گوناگونی متغیرهای زمین‌شناسی (گسل، درزه، لیتولوژی و...)، اقلیمی (بارش، دما، باد و...)، زیستی (پوشش گیاهی، کاربری و...) بیشتر شود، بنابراین توسعه و تکامل حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌های وابسته به آن، در فضاهای ساختاری متفاوتی رخ خواهند داد.

برای ارزیابی ارتباط بین ویژگی‌های مورفولوژیکی حوضه - مخروط‌افکنه، ابتدا همبستگی بین شاخص‌های مورفولوژیکی تمام حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها در سطح ایران مرکزی و سپس با طبقه‌بندی مخروط‌افکنه‌ها بر اساس مساحت، ارتباط چند شاخص مورفولوژیکی میان آنها بررسی می‌شود و در نهایت با طبقه‌بندی منطقه‌ای حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها در ایران مرکزی، ارتباط بین شاخص‌های مورفولوژیکی آنها بررسی شده است.

### ارتباط مورفولوژیکی حوضه‌های زهکشی - مخروط‌افکنه‌ها در سطح ایران مرکزی

در بین پارامترهای مورفولوژیک، مساحت بارزترین ویژگی حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌ها است. بزرگی حوضه‌ی زهکشی، نقش مهمی در دبی آب و رسوب و در نتیجه، گسترش مخروط‌افکنه‌ها دارد. از سویی با افزایش مساحت، تنوع لیتولوژیکی افزایش یافته، امکان تولید رسوب بیشتر فراهم می‌شود.

جدول ۴. همبستگی پارامترهای ۳۰ حوضه - مخروط‌افکنه در ایران مرکزی

Re	Rc	C	NB	FF	SF	LF	PF	WF	AF	
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	A <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	P <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	L <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SF <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	FF
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	NB <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	C
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Rc
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Re
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SQL
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SQW
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Lca
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Li
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	LRB
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	LRS <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	LBLC
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	HB
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SLB
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	APBN
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	APBS
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Si

LRSF	SFMax	SFMean	H2-H2	HfMax	HfMin	Hmean	LRF	ANF	SQW	SQL	
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	A <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	P <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	L <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SF <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	FF
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	NB <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	C
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Rc
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Re
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SQL
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SQW
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Lca
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Li
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	LRB
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	LRS <sub>B</sub>
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	LBLC
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	HB
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	SLB
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	APBN
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	APBS
○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	Si

○ < 0.15      ○ ≤ 0.30      ○ ≤ 0.45      ○ ≤ 0.75      ○ ≤ 0.45      ○ ≤ 0.30      ○ ≤ 0.75      ○ ≤ 0.45      ○ ≤ 0.30      ○ < 0.15

برای آشنایی با علائم اختصاری به کار رفته به جدول ۱ مراجعه شود

تجزیه و تحلیل آماری ویژگی‌های مورفومتری مخروط‌افکنه‌ها، دلالت بر همبستگی نسبی بالای مساحت حوضه‌ها با ۶ پارامتر مخروط‌افکنه‌ها در ایران مرکزی دارد (جدول شماره ۴). با افزایش مساحت هر حوضه (A<sub>B</sub>)، مساحت

مخروط‌افکنه‌ی ( $A_F$ ) وابسته به آن، افزایش و شیب بزرگ‌ترین زهکش واقع بر سطح مخروط‌افکنه‌ها ( $LRS_F$ ) کاهش یافته است، این در حالی است که طول بزرگ‌ترین زهکش ( $LR_F$ ) واقع بر مخروط‌افکنه‌ها افزایش می‌یابد. همچنین در بین مخروط‌افکنه‌های مورد مطالعه در گستره‌ی ایران مرکزی، همبستگی معنادار معکوسی بین مساحت حوضه ( $A_B$ ) و میانگین شیب مخروط‌افکنه‌ی آن ( $S_F$ Mean) وجود دارد. این بررسی نشان می‌دهد که ارتباط معناداری بین زاویه رفت و روب مخروط‌افکنه ( $ANF$ ) و مساحت حوضه‌های زهکشی ( $A_B$ ) در سطح ایران مرکزی وجود ندارد. سایر وابستگی‌ها بین حوضه - مخروط در جدول شماره‌ی ۴ ارائه شده است. همان‌گونه که در جدول دیده می‌شود، بین بسیاری از پارامترهای مورفولوژیک حوضه - مخروط، همبستگی بسیار کم (کمتر از ۱۵٪) است. افزون بر پارامترهای بیان شده، همبستگی بین طول مخروط‌افکنه و حوضه‌ی زهکشی در خور توجه است.

مشاهده‌ی همبستگی بین پارامترهای انتخابی حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌ها در مقیاس ایران مرکزی (جدول شماره‌ی ۴) نشان می‌دهد که در هیچ‌یک از موارد، درجه اطمینان بین پارامترهای (۱) مساحت - مساحت، (۲) مساحت - شیب، (۳) مساحت - طول، (۴) مساحت - پهنا و همچنین (۵) شیب - مساحت، (۷) شیب - طول، به ترتیب برای حوضه‌ی زهکشی - مخروط‌افکنه، بیش از ۷۵٪ نیست. در مقابل موارد فوق، همبستگی بین برخی از پارامترهای ترکیبی و نسبی (طول و عرض معادل و...) بیش از ۷۵٪ است.

### ارتباط مورفولوژیک گروه‌های مختلف مخروط‌افکنه - حوضه‌ی آبریز در سطح ایران مرکزی

برای درک نقش بزرگی و کوچکی حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها بر همبستگی بین پارامترهای مورفومتری آنها، نخست حوضه‌ها با توجه به مساحت، به حوضه‌های کوچک ( $\geq 300$  کیلومتر مربع)، متوسط ( $1000-300$  کیلومتر مربع) و بزرگ ( $\leq 1000$  کیلومتر مربع) تقسیم شده‌اند. همچنین مخروط‌افکنه‌ها نیز به سه گروه کوچک ( $\geq 100$  کیلومتر مربع)، متوسط ( $400-100$  کیلومتر مربع) و بزرگ ( $\leq 400$  کیلومتر مربع) طبقه‌بندی شدند. تحلیل همبستگی بین مهم‌ترین پارامترهای مورفولوژیک حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های وابسته، نشان می‌دهند که میزان همبستگی بین پارامترهای (۱) مساحت - مساحت، (۲) مساحت - محیط، (۳) مساحت - طول و (۴) مساحت - شیب، به ترتیب در حوضه‌ها - مخروط‌افکنه‌های کوچک‌تر نسبت به حوضه‌های بزرگ در ایران مرکزی، بیشتر است. سایر وابستگی بین پارامترهای حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها در گروه‌های مختلف، در جدول شماره‌ی ۵ نشان داده شده‌اند.

جدول ۵. ارتباط مورفولوژیک گروه‌های مختلف مخروط‌افکنه - حوضه‌ی آبریز

SF-S	SF-M	SF-L	SF-T	ANF-S	ANF-M	ANF-L	ANF-T	LF-S	LF-M	LF-L	LF-T	PF-S	PF-M	PF-L	PF-T	AF-S	AF-M	AF-L	AF-T	
●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	$A_g(T-L-M-S)$
●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	$P_g(T-L-M-S)$
●	●	●	●	○	●	○	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	$L_g(T-L-M-S)$
●	○	●	○	○	○	○	○	●	●	●	●	○	○	○	○	○	○	○	○	$S_g(T-L-M-S)$
<p>راهنمای علائم: ○ &lt; 15    ● ≤ 0.30    ● ≤ 0.45    ● ≤ 0.75    ● ≤ 0.75    ● ≥ 0.75</p>																				
<p>در جدول فوق حرف T نشان دهنده بررسی همبستگی بین کل حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها؛ حرف L نشان دهنده حوضه‌ها و مخروط‌های بزرگ، و حروف S حوضه و مخروط کوچک را نشان می‌دهند</p>																				

برای آشنایی با علائم اختصاری به کار رفته به جدول ۱ مراجعه شود

### ارتباط پارامترهای مورفولوژیک حوضه‌ی زهکشی - مخروط‌افکنه در مناطق مختلف ایران مرکزی

برای بررسی تأثیر و نقش تفاوت‌های مکانی - فضایی در همبستگی و ارتباط پارامترهای مورفولوژیک، بین حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های وابسته به آنها در قلمرو ایران مرکزی، با توجه به تفاوت‌های موجود بین مناطق مختلف ایران مرکزی، نخست این ناحیه به شش منطقه‌ی کمابیش متجانس اقلیمی - اکولوژیکی زیر تقسیم شدند و سپس همبستگی و ارتباط بین پارامترها، در درون هر منطقه مورد بررسی قرار گرفته است (جدول شماره ۶).

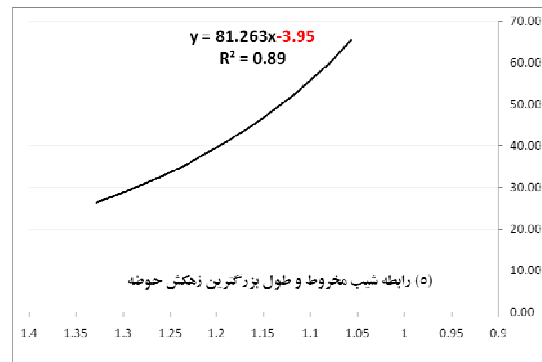
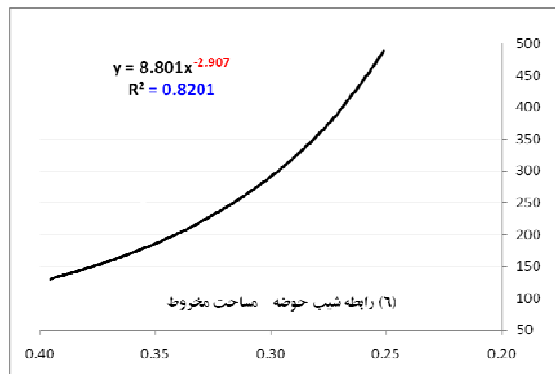
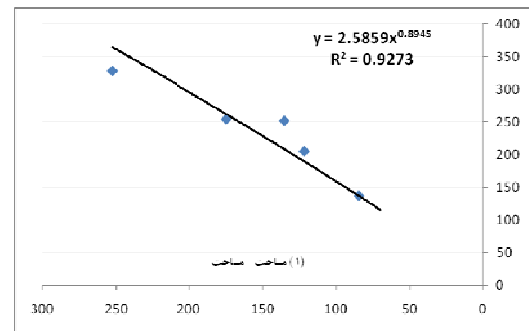
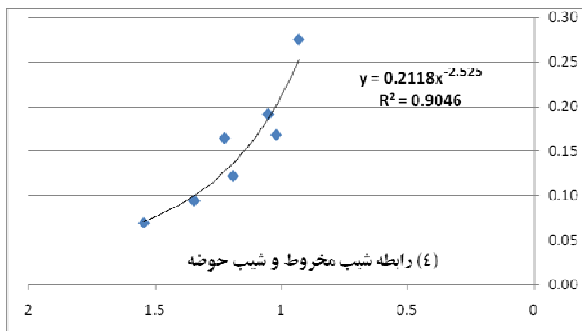
- ۱) دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز (شامل مجموعه مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌های: جاجرود، گرمسار، سرخه، دامغان، و سمنان)؛
- ۲) غرب ایران مرکزی یا دامنه‌های داخلی پیش‌کوه‌های ایران مرکزی (شامل مجموعه مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌های: اردستان، ناین، ابرقو، بوانات و بردسیر)؛
- ۳) میان ایران مرکزی (شامل مجموعه مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌های نواحی: طبس، خور و بجنستان)؛
- ۴) شمال - شمال شرق ایران مرکزی (شامل مجموعه مخروط‌افکنه‌ها و حوضه‌های ناحیه‌ی فردوس و تربت)؛
- ۵) منطقه‌ی غرب لوت؛
- ۶) منطقه‌ی زاهدان تقسیم شده‌اند.

همبستگی و درجه اطمینان بین مساحت - مساحت در حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌های دامنه‌های جنوبی رشته‌کوه البرز (گروه ۱، شامل جاجرود، گرمسار، سمنان، سرخه و دامغان)  $0.92/0$  است، به گونه‌ای که با افزایش مساحت حوضه، مساحت مخروط‌افکنه‌های ناحیه با تابع نمایی ( $A_B = 2.5859A_F^{0.8945}$ ) افزایش می‌یابد (جدول شماره ۶). این ارتباط برای سایر مناطق همگون‌تر در ایران مرکزی، نسبت به کل ناحیه بیشتر است (جدول شماره ۶). با افزایش شیب حوضه‌ها در منطقه‌ی شمال - شمال شرق ایران مرکزی (گروه ۴)، شیب مخروط‌افکنه‌های وابسته به آنها به صورت نمایی ( $S_F = 0.2118S_B^{-2.5}$ ) کاهش می‌یابد (درجه اطمینان  $0.46/0$ ). با افزایش شیب حوضه‌ها در ناحیه‌ی زاهدان (گروه ۶)، مساحت مخروط‌افکنه‌های وابسته به آنها به صورت نمایی ( $S_B = 8.8 A_F^{-2.9}$ ) کاهش یافته است. در منطقه‌ی غرب لوت (گروه ۵) هر چه طول بزرگ‌ترین زهکش حوضه‌ی زهکشی افزایش یابد شیب مخروط‌افکنه‌های مرتبط با آن با درجه اطمینان  $0.89/0$  کاهش می‌یابد (جدول شماره ۶).

### نتیجه‌گیری

این بررسی به ارتباط کمی بین ۲۱ پارامتر در ۳۰ حوضه‌ی زهکشی - مخروط‌افکنه در ایران مرکزی اختصاص یافته است (شکل شماره ۱). مطالعات مورفومتریک که در واحدهای حوضه‌های زهکشی انجام می‌شوند، پیشینه و قدمت زیادی دارند که از پیشگامان آن می‌توان به هورتون، استرالز، شرو، زاویانو و ... اشاره کرد. حاصل نتایج بررسی‌های این پژوهشگران که به کمی کردن ارتباط پارامترهای ژئومورفیک بین حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های وابسته به آنها منتج شده، به صورت روابطی ارائه شده‌اند (علیزاده، ۱۳۸۹: ۴۲۰; French, 1987: 218; Harvey, 2005: 155; Bull, 2009: 176). در این روابط، ارتباط و همبستگی بین پارامترهای حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های وابسته

به آنها، به صورت توابع خطی ( $Y = \alpha x + B$ )، نمایی ( $Y = \alpha x^\beta$ )، لگاریتمی ( $y = \alpha \ln(x + b)$ ) و چند جمله‌ای ( $y = ax^2 - b + z$ ) بیان شده‌اند. چنانچه بخواهیم این روابط را برای بررسی ارتباط حوضه و مخروط‌افکنه‌ای خاص به کار بریم، مستلزم اعمال ضرایبی خاص ( $\alpha$ ،  $\beta$ ، ...) هستیم. در اکثر موارد اختصاص این ضرایب به حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌هایی خاص، بر اساس طبقه‌بندی‌های اقلیمی مختلف (خشک، نیمه خشک، مرطوب، ...) انجام می‌گیرد. برای نمونه، ارتباط مساحت حوضه ( $A_B$ ) و مساحت مخروط‌افکنه ( $A_F$ ) به صورت تابع  $AF = c[AB]^n$  بیان شده است (Harvey, 2005: 155) که در این رابطه، ضرایب C و n به ترتیب بین  $2/3 - 1/2$  و  $1/10 - 0/75$  تغییر می‌کنند، ولی چنانچه منطقه دارای اقلیم خشک باشد، ضرایب می‌توانند به ترتیب  $1/5$  و  $1$  اعمال شوند (جدول شماره ۶). این توابع برای سایر همبستگی‌های حوضه و مخروط‌افکنه نیز بیان شده است. مشکل اصلی اینجاست که در تعمیم ضرایب کمی از واژه‌های کیفی (خشک، نیمه خشک و...) استفاده شده است. در این پژوهش با بررسی همبستگی پارامترهای متقابل ۳۰ حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های وابسته به آن در ایران مرکزی، ضمن تعیین کمیّت ضرایب، نتایج زیر حاصل آمده‌اند.



اعداد (۱)، (۴)، (۶) و (۵) موقعیت را نشان می‌دهند، به متن مراجعه شود.



بر اساس نتایج پژوهش، همبستگی پارامترهای بیست‌ویک‌گانه‌ی ژئومورفیک بین حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها در ایران مرکزی، تفاوت چشمگیری دارند، به گونه‌ای که برخی از همبستگی‌ها بسیار بالا و برخی بسیار پایین هستند. بنابراین نتایج حاصل از روابط بین پارامترهای ژئومورفیک حوضه و مخروط‌افکنه در ایران مرکزی نشان می‌دهند که می‌توان پارامترهای مورد بررسی را به دو دسته پارامترهای وابسته (به عنوان مثال؛ مساحت - مساحت، مساحت - شیب و برعکس، مساحت - طول و برعکس و...) و پارامترهای غیر وابسته (محیط - محیط، محیط - طول و برعکس، ارتفاع - ارتفاع، مساحت ارتفاع و برعکس و...) تقسیم کرد (جدول ۵-۱).

الگوی کلی همبستگی بین پارامترهای بیست‌ویک‌گانه‌ی مورد بررسی (جدول شماره‌ی ۱) با الگوی کلی پژوهش‌های انجام شده یکسان است (جدول ۵-۱).

همبستگی و ارتباط بین پارامترهای؛ مساحت، شیب و طول حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌ها، به شکل زوج‌های مختلف (مساحت - مساحت، مساحت - شیب، شیب - مساحت و...) نسبت به پارامترهای دیگر ژئومورفیک بیشتر است (جدول شماره‌ی ۴).

همبستگی بین پارامترهای حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های وابسته در ایران مرکزی بین حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌هایی که مساحت کمتری دارند، نسبت به مخروط‌افکنه‌های بزرگ‌تر، بیشتر است (جدول شماره‌ی ۵).

همبستگی بین پارامترهای حوضه‌های زهکشی و مخروط‌افکنه‌های وابسته در مناطق کمابیش همگون اقلیمی - اکولوژیکی در ایران مرکزی بین حوضه‌ها و مخروط‌افکنه‌ها، نسبت به کل ایران مرکزی بیشتر است. این امر تأثیر مقیاس مورد بررسی در همبستگی بین ویژگی‌های مورفومتری حوضه - مخروط‌افکنه را نشان می‌دهد (جدول شماره‌ی ۶). به گفته‌ی دیگر، درجه اطمینان بین پارامترهای مورفومتری حوضه - مخروط با مقیاس رابطه‌ی مستقیم دارد.

ضرایب فرمول‌های اختصاص یافته به ارتباط مخروط‌افکنه - حوضه‌ی زهکشی در قلمرو ایران مرکزی که در طبقه‌بندی‌های اقلیمی جزء منطقه‌ی خشک و نیمه‌خشک به شمار می‌رود، یکسان نبوده و تفاوت‌های چشمگیری دارند. چنانچه خواهیم در تحلیل روابط از این فرمول‌ها استفاده کنیم، بهتر است از حوضه‌های مجاور و حتی‌الامکان منطقه‌ای استفاده کنیم.

مقایسه‌ی نتایج حاصل از بررسی کل ایران مرکزی (در مقیاس وسیع‌تر، جدول شماره‌ی ۴) و مناطق کمابیش متجانس اقلیمی - اکولوژیکی هفت‌گانه (جدول شماره‌ی ۶) به وضوح تأثیر همگونی و ناهمگونی ویژگی‌های حوضه و مخروط‌افکنه بر سطح کارایی و ضریب اطمینان روابط تجربی حاصل از همبستگی بین پارامترهای مختلف مورفولوژیکی را نشان می‌دهد.

در بررسی همبستگی و ارتباط پارامترهای حوضه و مخروط‌افکنه در ایران مرکزی مشخص شد که بین برخی از پارامترهای ژئومورفیک حوضه و مخروط‌افکنه (ارتفاع حوضه یا مخروط، زاویه‌ی رفت‌وروب مخروط‌افکنه، شاخص سینوسی حوضه، ضریب فشردگی حوضه و جدول شماره‌ی ۶) همبستگی معناداری وجود ندارد.

در اینجا به این نکته اشاره می‌شود که در بسیاری موارد، نتایج تحلیل‌های کمی بدون توصیف ژئومورفولوژیکی بی‌معنا است. به عبارت دیگر، همبستگی یا عدم همبستگی بدون توجه به تحلیل مورفولوژیکی نتایج مطلوبی در بر نداشته

و در برخی موارد گمراه‌کننده است. همچنین تأثیر متغیرهای زمین‌ساختی که در این پژوهش لحاظ نشده‌اند، بر جوانب مختلف روابط حوضه و مخروط‌افکنه تأثیر شگرفی دارند که باید در موارد خاص به آنها توجهی وافر شود.

## منابع

- Abedini, M. & Rajaie, A., 2006, **Effect of Influencing Factors in the Development and Evolution of Alluvial Fans in the Dareh Dezeh Region By New Methods and Techniques**, Researches in Geography, Vol. 55, No. 2, PP.73-90.
- Alizadeh, A., 2010, **Principle of Applied Hydrology 5<sup>th</sup> ed.**, University of Amam Reza, Meshhad.
- Bull, W. B., 2009, **Tectonically Active Landscapes**, UK, Wiley-Blackwell, Oxford, Retrieved from <http://onlinelibrary.wiley.com/book/10.1002/9781444312003>.
- Dorn, R. I., DeNiro, M., & Ajie, H., 1987, **Isotopic Evidence for Climatic Influence on Alluvial-fan Development in Death Valley, California**, Geology, Vol. 15, No. 2, PP.108-110.
- French, R. H., 1987, **Hydraulic Processes on Alluvial Fans**, Elsevier Science Ltd.
- Giles, P., Nichols, G., & Wilford, D., 2010, **Alluvial Fans: From Reconstructing Past Environments to Identifying Contemporary Hazards**, Geomorphology, Vol. 118, No. 1-2, P. 224, doi:doi: 10.1016/j.geomorph.2010.03.019.
- Goorabi, A., 2009. **Effect of Neotectonics on Evolution of Quaternary landforms in Central Iran (Case Study on Dehshir and Anar Faults)**, University of Tehran, Iran.
- Harvey, A. M., 2005, **Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics**, 1st ed., Geological Society, London.
- Hermas, E. A., Abou El-Magd, I. H., & Saleh, A. S., 2010, **Monitoring the Lateral Channel Movements on the Alluvial Fan of Wadi Feiran Drainage Basin, South Sinai, Egypt using Multi-Temporal Satellite Imagery**, Journal of African Earth Sciences, Vol. 58, No. 1, PP. 89-96.
- Kesel, R., & Spicer, B., 1985, **Geomorphologic Relationships and Ages of Soils on Alluvial Fans in the Rio General Valley, Costa Rica**, Catena, Vol. 12, No. 2-3, PP. 149-165.
- Maghsoudi, M. & Yamani, M., 2003, **Assessments of Evolution of Braided River on the Alluvial Fans (Case Study: Alluvial Fan of Tangoeieh River in Sirjan Depression)**, Physical Geography Research Quarterly, Vol. 35, No. 45, PP.103-114.
- Maghsoudi, M., 2008, **Assessment of Effective Factors on Evolution of Alluvial Fans Case Study: Jajroud Alluvial Fan**, Physical Geography Research Quarterly, Vol. 65, PP.73-92.
- Mokhtari Kashki, D., 2002, **Role of Tectonic Activities on Formation and Extension of South Slope of Misho Dagh**, Geography and Development, Journal of Geographic Space, Vol. 5, No. 1, PP.63-90.
- Mokhtari Kashki, D., 2003, **Analysis of the Morphometric Characteristics Relationships of Alluvial Fans with Basin, Case Study: Basins and Alluvial Fans of the Mishu Dagh Northern Slopes (Azerbaijan, Northwest Iran)**, Geographical Research, Vol. 71, No. 1, PP. 36-46.
- Yamani, M. & Maghsoudi, M., 2003, **The Role of Tectonic and Climatic Changes in the Evolution of Fans, A Case Study: Fans Around Sirjan Playa. Desert (Biaban)**, Vol. 8, No. 1, PP.137-151.