



شاپا چاپی: ۲۲۵۱-۷۴۸۰  
شاپا الکترونیکی: ۲۲۵۰-۷۴۰۰

نشریه حفاظت منابع آب و خاک

آدرس تارنما:

<https://wsrj.srbiau.ac.ir>

پست الکترونیک:

[iauwsrcj@srbiau.ac.ir](mailto:iauwsrcj@srbiau.ac.ir)

[iauwsrcj@gmail.com](mailto:iauwsrcj@gmail.com)

سال یازدهم

شماره سه

بهار ۱۴۰۱

تاریخ دریافت:

۱۳۹۹/۰۷/۲۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۱۰/۱۶

صفحات: ۴۷-۵۸

## رابطه بعدهای فرکتالی آبراهه با خصوصیات مورفومتری حوضه

سپیده مفیدی<sup>۱</sup>، ابوالفضل معینی<sup>۲</sup>، علی محمدی ترکاشوند<sup>۳\*</sup>، ابراهیم پذیرا<sup>۴</sup> و حسن احمدی<sup>۵</sup>

(۱) دانشجوی دکتری فیزیک و حفاظت خاک، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(۲) استادیار، گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(۳) دانشیار گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(۴) استاد گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

(۵) استاد گروه جنگل، مرتع و آبخیزداری، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

\* ایمیل نویسنده مسئول: [m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)

### چکیده:

**زمینه و هدف:** رفتار رودخانه، از دو دسته عوامل طبیعی و عوامل انسانی تأثیر می‌پذیرد. عوامل طبیعی مانند وقوع سیل، فرسایش خاک، حرکت توده‌ای و عوامل انسانی مانند ساخت‌وساز تأسیسات، تغییر کاربری اراضی و برداشت شن و ماسه از بستر، نقش اساسی در رفتار و تشدید تغییرات رودخانه دارد. خطرات جدی و جبران‌ناپذیری که جابه‌جایی‌ها و تغییرات رودخانه‌ها ممکن است به دنبال داشته باشد، ضرورت بررسی مورفولوژی آن را در مرحله مطالعات، قبل از هرگونه اقدامی نمایان می‌سازد. شبکه آبراهه‌ها پیوسته مکان خود را بر اساس زمان، عوامل محیطی و دخالت بشر تغییر می‌دهند. مطالعه تغییرات آبراهه‌ها به منظور ارائه راه‌کارهای مدیریتی برای حفاظت خاک از اهمیت بسزایی برخوردار است. یکی از روش‌های نوین در این رابطه، استفاده از هندسه فرکتال می‌باشد. هدف از این پژوهش، محاسبه بعدهای فرکتالی آبراهه و بررسی رابطه آن با خصوصیات مورفومتری حوضه بود.

**روش پژوهش:** بدین منظور نقشه توپوگرافی حوضه مزداران شهرستان فیروزکوه استان تهران تهیه و با استفاده از نرم‌افزار ARC GIS 10.3 نقشه آبراهه‌ها تهیه و خصوصیات مورفومتری حوضه تعیین گردید. سپس سه بعد فرکتالی شبکه زهکشی (انشعاب آبراهه)، تراکم زهکشی و مساحت حوضه محاسبه شد. در نهایت با وارد کردن داده‌های به‌دست آمده از محاسبات در نرم‌افزارهای SPSS 18 و Curve Expert روابط خصوصیات مورفومتری حوضه با ابعاد فرکتالی بررسی گردید.

**یافته‌ها:** نتایج نشان داد کم‌ترین و بیش‌ترین بعد فرکتالی نسبت انشعاب ۰/۲۵ و ۲/۹۹، بعد فرکتالی تراکم زهکشی ۰/۱۹ و ۲/۳۴ و بعد فرکتالی مساحت ۰/۷۶ و ۲/۶۰ می‌باشد. میزان بعد فرکتالی نسبت انشعاب، بعد فرکتالی تراکم زهکشی و بعد فرکتالی مساحت کل حوضه به ترتیب برابر ۱/۸۴، ۰/۷۱ و ۱/۴۶ به‌دست آمد. رابطه بین بعد فرکتالی نسبت انشعاب با مساحت زیر حوضه‌ها با ضریب تبیین ۰/۹۰، معکوس و رابطه بین بعد فرکتالی تراکم زهکشی با مساحت و بعد فرکتالی مساحت با مساحت زیر حوضه‌ها به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۸۸ و ۰/۸۷، مستقیم می‌باشد. هرچه حوضه کشیده‌تر و ضریب شکل، گردی و کشیدگی کوچک‌تری داشته باشد، بعد انشعاب کوچک‌تری خواهد داشت. بعد فرکتالی مساحت با ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، ضریب شکل، نسبت انشعاب، عرض مستطیل معادل و طول مستطیل معادل رابطه مستقیم و با سایر متغیرها رابطه معکوس دارد. بر این اساس هرچه حوضه کشیده‌تر باشد و ضریب شکل و کشیدگی کوچک‌تری داشته باشد، بعد مساحت کوچک‌تری خواهد داشت. بعد فرکتالی تراکم زهکشی با ضریب گردی، ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، ضریب شکل، نسبت مساحت، نسبت انشعاب، عرض مستطیل معادل و طول مستطیل معادل رابطه مستقیم و با سایر متغیرها رابطه معکوس دارد؛ بنابراین با گردتر شدن حوضه، بعد فرکتالی تراکم زهکشی افزایش می‌یابد.

**نتایج:** با توجه به ضریب تبیین مدل‌های به‌دست‌آمده برای رابطه ابعاد فرکتالی و خصوصیات مورفومتری، می‌توان ابعاد فرکتالی مورد بررسی را با استفاده از خصوصیات مورفومتری به‌راحتی محاسبه و به تحلیل آن‌ها پرداخت. با توجه به اهمیت خصوصیات آبراهه در مدیریت حوزه‌های آبخیز از نظر سیل، فرسایش و حفاظت خاک، می‌توان از مدل‌های فرکتالی جهت تصمیم‌گیری سریع و دقیق‌تر برای مدیریت آبراهه‌ها استفاده کرد. در آخر با توجه به اینکه استفاده از هندسه فرکتالی روشی نوین در بررسی خصوصیات شبکه آبراهه‌ها می‌باشد پیشنهاد می‌شود در مناطق مختلف با شرایط مورفومتری متفاوت‌تر، حوضه‌ها مورد تحلیل فرکتالی قرار گیرند.

**کلیدواژه‌ها:** استراهلر، شبکه زهکشی، ضریب شکل، نسبت انشعاب، هندسه فرکتالی



## مقدمه

محاسبه و یافتن بعد فرکتالی برای مطالعه بهتر و پیش‌بینی رفتار آینده مجموعه‌ای از داده‌ها است ( Xu *et al.*, 2013; Petrisor *et al.*, 2016). هندسه فرکتالی بیانگر یک الگوی تکرارشونده در اشیاء و تصاویر می‌باشد. یعنی اگر هر تصویر یا شکلی که دارای این خاصیت است به بخش‌های کوچکتر (بر اساس تناسب خاص) تقسیم شود، هرکدام از این بخش‌ها خود یک کپی کوچک شده از شکل اولیه می‌باشد (Agaard and Hartvigsen, 2014; Long *et al.*, 2014). هندسه اقلیدسی (کره‌ها، هرم‌ها، مکعب‌ها و استوانه‌ها) عناصر طبیعی را به‌خوبی نشان نمی‌دهند (Long *et al.*, 1999; Enquist *et al.*, 2014). بر اساس مشاهدات تجربی، هندسه فرکتالی نسبت به هندسه اقلیدسی برای توصیف پدیده‌های طبیعی مانند ابرها، کوه‌ها، خطوط ساحلی و تنه درختان کارآمدتر است (Mandelbrot, 1982; Hekmatzadeh *et al.*, 2018).

امروزه تجزیه و تحلیل فرکتالی در علوم طبیعی مختلف مانند مطالعات جغرافیایی مربوط به جنگل‌زدایی و تکامل جنگل‌ها به‌منظور ارزیابی تراکم توده، توالی جنگل و توصیف و تحلیل فرم درختان (Andronache *et al.*, 2016a,b; Petrisor *et al.*, 2016; Diaconu, 2016; Pintilii *et al.*, 2016; Long *et al.*, 2014; Enquist *et al.*, 1997; Peterson, 2000; West *et al.*, 1999)، ارزیابی مدل‌های زهکشی و مدیریت منابع آب با استفاده از سیستم اطلاعات جغرافیایی (Gavrila *et al.*, 2011; Valjarević *et al.*, 2015; Kršák, 2016) موجود در توصیف پدیده‌های طبیعی در علوم زیستی و اکولوژی (Kutlu *et al.*, 2008; Agaard and Hartvigsen, 2014; Long *et al.*, 2014)، کاربرد پیدا کرده است. شن و همکاران (۲۰۱۱) در دامنه شمالی بینالود به بررسی خصوصیات مورفومتری حوزه‌های آبریز پرداختند و بیان کردند حوضه هرچه کشیده‌تر، تراکم زهکشی کم‌تر خواهد شد. خواص فرکتالی لندفرم‌ها مانند دامنه‌ها، زمین‌های لسی و بیابانی منطقه ارداس بلوک در چین در پژوهشی توسط لیبسی و همکاران (۲۰۱۲) بررسی شد و اثرات فرایندهای زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی بر خواص

کنترل فرسایش، سیل و دیگر مخاطرات طبیعی که به خاک و آب مربوط است، به‌صورت مستقیم نیاز به صرف وقت و هزینه زیاد دارد و همچنین احتمال موفقیت آن نیز کم است. به همین خاطر باید به دنبال راه‌حلی بود که این مخاطرات با درصد اطمینان بالایی کنترل شود (Agus *et al.*, 2016; Nur *et al.*, 2016; Cui *et al.*, 2019). یکی از این راه‌ها مدیریت خصوصیات حوزه آبخیز می‌باشد. امروزه میزان فرسایش در جهان رو به افزایش است و هرساله مقدار زیادی از خاک حاصلخیز از بین رفته و برای تجدید آن سال‌های زیادی زمان لازم است (Ding and Huang, 2017). همچنین هرساله با جاری شدن سیل خسارات مالی و جانی بسیار زیادی به کشورهای مختلف به‌خصوص ایران وارد می‌گردد. بنابراین یافتن راه‌حلی که بتواند با کمترین هزینه بیشترین تأثیر را در هدف مورد نظر داشته باشد بسیار مهم و ضروری است.

نظم و تکرار موجود در بسیاری از پدیده‌های طبیعی همچون شکل آبراهه‌ها، رشته کوه‌ها و گیاهان، بشر را بر آن داشت تا با مطالعه این موارد، روابطی ریاضی میان این الگوهای تکرارشونده بیابد (Xia *et al.*, 2015; Yu *et al.*, 2015). مندلیبرات (۱۹۸۲) هنگام اندازه‌گیری طول خط ساحلی انگلستان دریافت که با تغییر مقیاس، طول خط ساحلی به‌دست آمده تغییر می‌کند. نظریه وی منجر به ایجاد دانشی بنام هندسه فرکتالی شد. مندلیبرات (۱۹۸۲) واژه فرکتال را از واژه لاتین فرکتوس به معنی سنگی که به شکل نامنظم شکسته و خرد شده باشد، برگزید. واژه فرکتال از واژه لاتینی فرکتوس (به معنی سنگی که شکسته و خرد شده است) مشتق شده و به‌عنوان زیرشاخه‌ای از آنالیز مختلط برای رفع ضعف‌های هندسه اقلیدسی در مدل‌سازی از پدیده‌های طبیعی، بسط و گسترش یافته است (Lyu *et al.*, 2015). اشیای فرکتالی خودهمانند بوده، بعد آن‌ها عددی غیر صحیح است و در مقیاس‌های ریز بسیار پیچیده می‌باشند (مفیدی و همکاران، ۱۳۹۶; Mohammadi *et al.*, 2019). هدف هندسه فرکتالی،

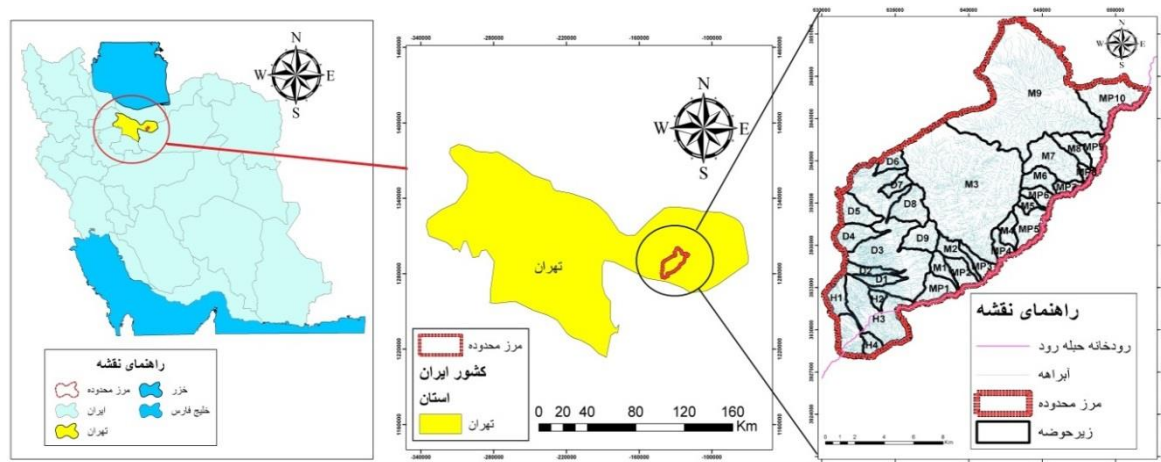
خصوصیات هندسی یک شبکه آبراهه‌ای به دنبال فرآیند انشعاب یا شاخه‌شاخه شدن می‌تواند به آسانی با رشد گام به گام درخت فرکتالی تشریح شود (Yang et al., 2017). این فرآیند با یک الگوی شاخه‌ای واحد به نام آغازگر فرکتال شروع می‌شود و طی فرآیند همانندسازی بر پایه الگوی اولیه، شکل کلی یک شبکه رودخانه‌ای را در طول زمان در یک حوضه آبریز ایجاد می‌کند (Sivakumar and Berndtsson, 2010; Bartolo et al., 2006; Khan et al., 2005; Bi et al., 2012; Kusak, 2014). حوزه زهکشی، منطقه‌ای با شبکه رودخانه‌ای و آبراهه‌هایی است که آب از آن عبور می‌کند. این مجموعه شبکه‌های آبی، از یک جریان خطی مرکب و منظمی شکل گرفته‌اند که متناسب با ویژگی‌های اقلیمی، توپوگرافی، سنگ‌شناسی و شیب محل در وسعت مشخصی گسترش یافته‌اند و همه آب‌های جاری محدوده خود را از طریق آبراهه اصلی، برای تخلیه به انتهای حوضه هدایت می‌کنند (Khanbabaie et al., 2013). با توجه به اهمیت مطالعه حوزه‌های آبخیز در مدیریت خاک و آب، هدف از این پژوهش محاسبه بعدهای فرکتالی آبراهه و بررسی رابطه آن با خصوصیات مورفومتری حوضه می‌باشد تا با بررسی و یافتن این رابطه در مطالعات آینده بتوان راهکارهای مدیریتی سریع و کارآمد برای مدیریت آبراهه به‌دست آورد.

#### مواد و روش‌ها

##### منطقه مورد مطالعه

محدوده مطالعاتی مزاران به مساحت ۲۳۱۶۵ هکتار و محیط ۱۲۸/۱۹۱ کیلومتر، بیش‌ترین ارتفاع منطقه ۴۰۵۷ متر و کم‌ترین ارتفاع معادل ۱۴۰۰ متر از سطح دریا با مختصات جغرافیایی ۲۰ ۲۶ ۵۲ تا ۴۰ ۵۹ ۵۰ طول شرقی و ۳ ۲۹ ۳۵ تا ۳۵ ۴۲ ۱۵ عرض شمالی، در استان تهران و شهرستان فیروزکوه واقع گردیده است. مناطق مسکونی داخل حوضه شامل امین‌آباد، انزها، مزاران، سیمین دشت، حصاربن، مشهد فیروزکوه می‌باشد. شکل (۱) موقعیت حوزه آبخیز را در کشور و استان نشان می‌دهند.

فرکتال تعیین گردید. بعد فرکتالی حوزه‌های آبریز کارون، واقع در رشته کوه زاگرس توسط خانابایی و همکاران (۲۰۱۳) بررسی و رابطه بین ابعاد فرکتال شبکه زهکشی و خصوصیات ژئومورفولوژیک این حوضه‌ها تعیین گردید. ژئوسیستم‌ها دارای اشکال فرکتالی هستند و از نظمی خاص، لیکن پیچیده پیروی می‌کنند (Singh, 1992, 1995). مرزهای آن‌ها نیز از همین هندسه در ارتباط با برهم‌کنش نیروهای درونی و بیرونی در طول دوره‌های زمینی متفاوت شکل می‌گیرند. اغلب ژئوسیستم‌ها از اشکال متضاد دوگانه در چارچوب هندسه فرکتالی متقارن ساخته شده‌اند که از جمله این الگوها می‌توان به شبکه رودخانه‌ای، خطوط ساحلی و پهنه‌های ماسه‌ای اشاره کرد (Kršák, 2016). شبکه رودخانه‌ای به‌عنوان یک هویت ژئوسیستمی، یکی از بارزترین الگوهای فرکتالی در طبیعت به‌شمار می‌روند. این الگو به‌شکل قابل توجهی ساختارهای درخت ماندی را ایجاد می‌کند که در جهت ایجاد تعادل در سیستم رودخانه‌ای، امکان حمل رسوب و رواناب را تا پایدارترین قسمت یک سیستم آبریز (خروجی حوضه) فراهم کرده و رفتارهای فرکتالی را در این فرآیند از خود بروز می‌دهند (Rodriguez and Rinaldo, 1997; Kusak, 2014). به عبارتی بر طبق قوانین ترمودینامیک، رفتار فرکتالی جریان آب در بالادست حوزه‌های آبریز که متأثر از متغیرهای مستقل (ناهمواری اولیه، زمین‌شناسی، اقلیم و زمان) و متغیرهای وابسته ژئوسیستم نظیر مورفومتری، مورفولوژی دامنه‌ها، مورفولوژی مواد رسوبی، مورفولوژی شبکه زهکشی، جنس بستر و سایر خصوصیات وابسته است، در جهت رسیدن به یک نقطه تعادل با حداقل انرژی (خروجی حوضه) با آزاد کردن انرژی و افزایش آنتروپی ترمودینامیک، الگوهای آبراهه‌ای را بر بستر حوضه سازماندهی کرده و بسته به میزان انرژی خود بر تراکم زهکش اثرگذار خواهد بود (Valjarević et al., 2015; Kršák, 2016; Gavrilina et al., 2011; Cleveringa and Oost, 1999; Strahler, 1952, 1957, 1958, 1964; Morisawa, 1962; Chorley and Kennedy, 1971).



شکل ۱. نقشه موقعیت محدوده مورد مطالعه در کشور و استان

آبراه‌های حوضه تهیه شد. از روی نقشه به‌دست آمده، به روش استراهلر (Strahler, 1957)، آبراه‌های هر زیرحوضه رده‌بندی و نسبت انشعاب آن‌ها از رابطه زیر تعیین شد:

$$R_B = \frac{N_{u-1}}{N_u} \quad (1)$$

که در آن  $R_B$  نسبت انشعاب،  $N_{u-1}$  تعداد انشعاب آبراهه با رده  $u-1$  و  $N_u$  تعداد انشعاب آبراهه با رده  $u$  می‌باشد. بعد از محاسبه نسبت انشعاب، تراکم زهکشی از رابطه زیر تعیین شد:

$$Dd = \frac{\sum Li}{A} \quad (2)$$

که در آن  $L_i$  طول آبراهه با رده  $i$  برحسب کیلومتر،  $A$  مساحت محدوده مورد نظر بر حسب کیلومتر مربع و  $Dd$  تراکم زهکشی بر حسب کیلومتر به کیلومتر مربع می‌باشد. در نهایت با استفاده از روابط زیر به ترتیب سه بعد فرکتالی شبکه زهکشی (انشعاب آبراهه)  $D_b$ ، تراکم زهکشی  $D_{Dd}$  و مساحت حوضه  $D_a$  از روابط زیر به‌دست آورده شد (Turcotte, 2007):

$$D_b = \frac{\ln R_B}{\ln R_L} \quad (3)$$

که در آن  $D_b$  بعد فرکتالی انشعاب آبراهه،  $R_B$  ضریب هورتون برای تعداد انشعاب که از رابطه ۱ محاسبه گردید و  $R_L$  نسبت انشعاب بوده که از رابطه زیر به‌دست آمد:

بارندگی متوسط سالیانه در حوضه ۴۴۰/۳ میلی‌متر و دمای میانگین سالانه ۱۳/۹ درجه سانتی‌گراد است. قدیمی‌ترین سازندها در حوزه آبخیز مزاران دارای سن تریاس (مزوزوئیک) می‌باشند. حوضه مورد نظر در زون ساختاری البرز مرکزی قرار دارد. قدیمی‌ترین سازند رخنمونی در حوضه، سازند آهکی و دولومیتی الیکا (TR1) می‌باشد. از لحاظ زمین‌ساختی، گسل مهم و تأثیرگذاری در حوضه مشاهده نشده ولی دارای چندین گسل و چین‌خوردگی (تاقدیس و ناودیس‌هایی با محورهای عموماً غربی-شرقی) می‌باشد. محدوده مورد مطالعه در واحدهای اصلی ژئومورفولوژی، شامل کوهستان (M)، تپه‌ماهور (H)، رودخانه (Qal)، مخروط‌افکنه (Qf)، پلاتو (PL)، پادگانه آبرفتی (Qt) و دامنه‌های لغزشی و ریزشی (Ls) قرار گرفتند. بیش‌ترین قسمت محدوده در واحد کوهستان با مساحت ۱۰۵۸۴/۷۳ هکتار و ۴۵/۷۱ درصد از کل منطقه می‌باشد. بیش‌ترین سطح محدوده به اراضی مرتعی و کم‌ترین به اراضی صنعتی اختصاص دارد. رژیم رطوبتی خاک‌های منطقه زریک و رژیم حرارتی آن مزیک می‌باشد. خاک‌های حوضه در دو رده انتی‌سول و اینسپتی‌سول قرار دارد.

#### روش کار

ابتدا نقشه توپوگرافی حوضه مورد بررسی تهیه گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS 10.3 نقشه

خصوصیات مورفومتری حوضه نیز که شامل تراکم زهکشی، ضریب شکل (فرم)، ضریب گردی، ضریب کشیدی، ضریب فشردگی، نسبت انشعاب، طول مستطیل معادل و عرض مستطیل معادل با استفاده از معادلات ریاضی مربوطه که در جدول ۱ آورده شده است، محاسبه گردید. در نهایت با وارد کردن داده‌های به دست آمده از محاسبات در نرم‌افزارهای SPSS 18 و Curve Expert روابط خصوصیات مورفومتری حوضه با ابعاد فرکتالی بررسی گردید. در نرم‌افزار Curve Expert مدل‌های نمایی، لگاریتمی، خطی و توانی بین متغیر وابسته (بعد فرکتالی) و متغیر وابسته (خصوصیات مورفومتری) بررسی گردید و مدلی که دارای ضریب تبیین (رابطه ۸) بالاتری بود و در نرم‌افزار SPSS 18 در بررسی رگرسیون تک متغیره غیرخطی معنی‌دار بود، به عنوان مدل مناسب برای رابطه دو متغیر مورد بررسی انتخاب و معرفی گردید.

$$R^2 = \frac{(\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y}))^2}{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2} \quad (8)$$

که در آن  $R^2$  ضریب تبیین،  $X$  و  $Y$  متغیرهای مورد بررسی و  $\bar{X}$  میانگین متغیر  $X$  و  $\bar{Y}$  میانگین متغیر  $Y$  می‌باشد.

$$R_L = \frac{L_u}{L_{u-1}} \quad (4)$$

که در آن  $R_L$  نسبت انشعاب،  $L_u$  طول آبراهه با رده  $u$  و  $L_{u-1}$  طول آبراهه با رده  $u-1$  می‌باشد.

$$D_{Dd} = \frac{\ln R_B}{\ln Dd} \quad (5)$$

که در آن  $R_B$  نسبت انشعاب که از رابطه ۱ به دست آمد،  $Dd$  تراکم زهکشی بر حسب کیلومتر به کیلومتر مربع که از رابطه ۲ تعیین شد و  $D_{Dd}$  بعد فرکتالی تراکم زهکشی می‌باشد.

$$D_a = \frac{\ln R_B}{\ln R_A} \quad (6)$$

که در آن  $R_B$  نسبت انشعاب که از رابطه ۱ به دست آمد،  $D_a$  بعد فرکتالی مساحت حوضه کیلومتر مربع و  $R_A$  ضریب مساحت شبکه آبراهه‌ای می‌باشد که از رابطه زیر محاسبه گردید.

$$R_A = \frac{A_u}{A_{u-1}} \quad (7)$$

که در آن  $R_A$  ضریب مساحت شبکه آبراهه‌ای،  $A_u$  میانگین مساحت آبراهه‌های با رتبه  $u$  و  $A_{u-1}$  میانگین مساحت آبراهه‌های با رتبه  $u-1$  می‌باشد.

جدول ۱. پارامترهای هندسی حوضه

ردیف	توضیحات	رابطه	توضیحات	منابع
۱	تراکم زهکشی	$D = \frac{\sum L}{A}$	مساحت حوضه=A، طول آبراهه=L	Horton (1932)
۲	ضریب شکل (فرم)	$F.F = \frac{A}{L^2}$	مساحت حوضه=A، طول آبراهه=L	Horton (1932)
۳	ضریب گردی	$Rc = \frac{4\pi A}{P^2}$	مساحت حوضه=A، محیط حوضه=p	Miller (1953)
۴	ضریب کشیدیگی	$E = \frac{2\sqrt{A}}{L}$	مساحت حوضه=A، طول آبراهه=L	Schumms (1956)
۵	ضریب فشردگی	$c.c = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$	مساحت حوضه=A، محیط حوضه=p	Strahler (1964)
۶	نسبت انشعاب	$Rb = \frac{N_{u-1}}{N_u}$	تعداد آبراهه نام $N_u$ ، تعداد آبراهه‌ی $u-1$ نام $N_{u-1}$	Schumms (1956)
۷	طول مستطیل معادل	$(\frac{c\sqrt{A}}{1.12})(1 + \sqrt{1 - (\frac{1.12}{c})^2})$	مساحت حوضه=A، ضریب گراولوس=C	Schumms (1956)
۸	عرض مستطیل معادل	$(\frac{c\sqrt{A}}{1.12})(1 - \sqrt{1 - (\frac{1.12}{c})^2})$	مساحت حوضه=A، ضریب گراولوس=C	Schumms (1956)

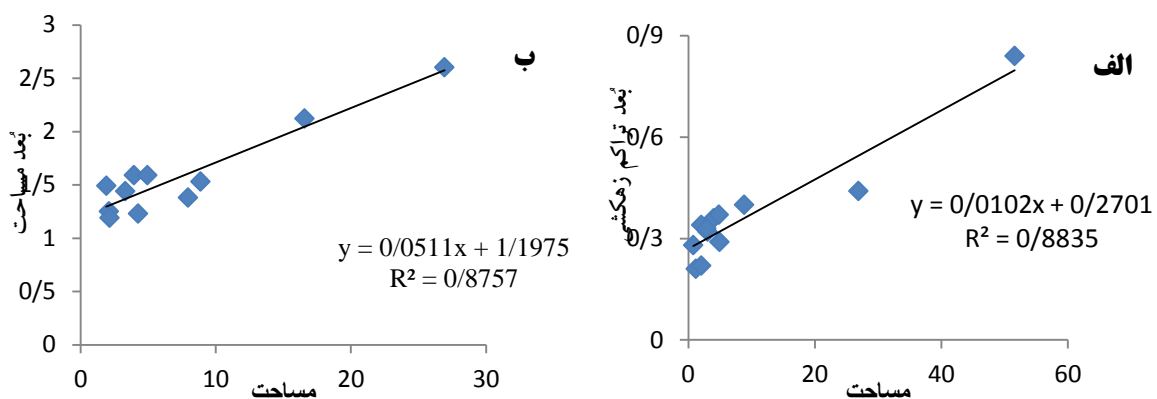
## نتایج و بحث

این جدول نشان می‌دهد که زیرحوضه M3 بیشترین ضریب شکل، ضریب کشیدگی و عرض مستطیل معادل و زیرحوضه M2 کمترین ضریب شکل، ضریب کشیدگی و ضریب گردی را دارند. میزان بعد فرکتالی نسبت انشعاب، بعد فرکتالی تراکم زهکشی و بعد فرکتالی مساحت کل حوضه به ترتیب برابر ۱/۸۴، ۰/۷۱ و ۱/۴۶ به دست آمد.

کمترین و بیشترین مقدار متغیرهای مورد بررسی شامل نسبت انشعاب، ضریب گردی، ضریب شکل، ضریب کشیدگی، ضریب فشردگی، تراکم زهکشی، طول و عرض مستطیل معادل، نسبت طول، نسبت مساحت و بعد فرکتالی مساحت، بعد فرکتالی تراکم زهکشی و بعد فرکتالی نسبت انشعاب در جدول ۲ ارائه شده‌اند. بررسی

جدول ۲. کمیت‌های آماری متغیرهای مورد بررسی

ردیف	پارامتر	کمیت آماری	نام زیرحوضه	مقدار
۱	نسبت انشعاب	کمترین	MP8	۲/۳۳
		بیشترین	M4	۷/۶۷
۲	ضریب شکل (فرم)	کمترین	M2	۰/۰۵
		بیشترین	M3	۰/۴۴
۳	ضریب کشیدگی	کمترین	M2	۰/۲۵
		بیشترین	M3	۰/۷۵
۴	ضریب فشردگی	کمترین	M1	۱/۱۴
		بیشترین	M2	۱/۹۴
۵	ضریب گردی	کمترین	M2	۰/۲۷
		بیشترین	H2	۰/۶۱
۶	طول مستطیل معادل	کمترین	M1	۱/۷۰
		بیشترین	M9	۱۷/۳۹
۷	عرض مستطیل معادل	کمترین	D2	۰/۴۶
		بیشترین	M3	۳/۹۲
۸	تراکم زهکشی	کمترین	MP7	۴/۱۲
		بیشترین	D1	۱۸/۸۳
۹	نسبت طول	کمترین	D3	۱/۴۴
		بیشترین	D5	۲۰/۱۹۰
۱۰	نسبت مساحت	کمترین	MP8	۱/۴۳
		بیشترین	M8	۵/۵۷
۱۱	بعد فرکتالی انشعاب	کمترین	D5	۰/۲۵
		بیشترین	MP6	۲/۹۹
۱۲	بعد فرکتالی تراکم زهکشی	کمترین	H4	۰/۱۹
		بیشترین	D5	۲/۳۴
۱۳	بعد فرکتالی مساحت	کمترین	D2	۰/۷۶
		بیشترین	D3	۲/۶۰



شکل ۲. نمودار رابطه مساحت با الف) بعد فرکتالی نسبت انشعاب، ب) بعد فرکتالی تراکم زهکشی

متغیر بعد فرکتالی مساحت و عرض مستطیل معادل بوده است.

بر اساس جدول ۳ بعد فرکتالی نسبت انشعاب با ضریب گردی، ضریب کشیدگی، ضریب شکل و نسبت انشعاب رابطه مستقیم و با سایر متغیرها رابطه معکوس دارد. بر این اساس هرچه حوضه کشیده‌تر باشد و ضریب شکل، گردی و کشیدگی کوچکتری داشته باشد، بعد انشعاب کوچکتری خواهد داشت که این نتایج با پژوهش فرونتیر (۱۹۹۰) که بیان کرد ضریب شکل و کشیدگی ارتباط معکوس دارند، همخوانی دارد. همچنین با پژوهش شن و همکاران (۲۰۱۱) که در دامنه شمالی بینالود به بررسی خصوصیات مورفومتری حوضه‌های آبریز پرداختند و بیان کردند حوضه هرچه کشیده‌تر، تراکم زهکشی کم‌تر همخوانی دارد.

همچنین بر اساس یافته‌های این جدول، مشخص گردید بعد فرکتالی مساحت با ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، ضریب شکل، نسبت انشعاب، عرض مستطیل معادل و طول مستطیل معادل رابطه مستقیم و با سایر متغیرها رابطه معکوس دارد. بر این اساس هرچه حوضه کشیده‌تر باشد و ضریب شکل و کشیدگی کوچکتری داشته باشد، بعد مساحت کوچکتری خواهد داشت. بعد فرکتالی تراکم زهکشی با ضریب گردی، ضریب فشردگی، ضریب کشیدگی، ضریب شکل، نسبت مساحت، نسبت انشعاب، عرض مستطیل معادل و طول مستطیل معادل

در شکل ۲، الف رابطه بین بعد فرکتالی تراکم زهکشی با مساحت زیرحوضه‌های حوزه آبخیز مزداران نشان داده شده است. بر اساس این شکل رابطه بین این دو متغیر مستقیم می‌باشد به طوری که با افزایش مساحت، بعد فرکتالی تراکم زهکشی زیرحوضه‌ها افزایش یافته است. به عنوان مثال زیرحوضه D1 با مساحت ۱/۹۴ هکتار دارای بعد انشعاب ۰/۳۷ و زیرحوضه D6 با مساحت ۲/۱۸ هکتار دارای بعد ۰/۹۹ می‌باشد. در شکل ۲-ب رابطه بین بعد فرکتالی مساحت با مساحت زیرحوضه‌های حوزه آبخیز مزداران نشان داده شده است. بر اساس این شکل رابطه بین این دو متغیر مستقیم می‌باشد به طوری که با افزایش مساحت، بعد فرکتالی مساحت زیرحوضه‌ها افزایش یافته است. به عنوان مثال زیرحوضه D3 با مساحت ۲۶/۹۲ هکتار دارای بعد انشعاب ۲/۶ و زیرحوضه M7 با مساحت ۷/۹۴ هکتار دارای بعد ۱/۳۸ می‌باشد. با توجه به ضریب تبیین بالا مدل‌های خطی به دست آمده بین مساحت و ابعاد فرکتالی می‌توان به منظور محاسبه بعد فرکتالی از مساحت استفاده کرد.

در جدول ۳ رابطه بعد فرکتالی نسبت انشعاب، بعد فرکتالی تراکم زهکشی و بعد فرکتالی مساحت با سایر خصوصیات مورفومتری به همراه ضریب تبیین این روابط ارائه شده است. همان‌طور که در جدول مشخص است بیش‌ترین ضریب تبیین ۰/۸۸ و بین دو متغیر بعد فرکتالی مساحت و ضریب شکل و بعد فرکتالی مساحت و نسبت طول و کم‌ترین ضریب تبیین به مقدار ۰/۶۱ بین دو

رابطه مستقیم و با سایر متغیرها رابطه معکوس دارد. بنابراین با گردتر شدن حوضه، بعد فرکتالی تراکم زهکشی افزایش می‌یابد که این نتیجه با پژوهش فتاحی و طالب‌زاده (۱۳۹۶) که ارتباط بین ضریب فشردگی حوضه آبریز با ویژگی‌های فرکتالی آن را بررسی و بیان کردند شکل حوضه تأثیر فراوانی بر روی رواناب سطحی و هیدروگراف سیلاب دارند، همخوانی دارد.

جدول ۳. رابطه بعد فرکتالی نسبت انشعاب، بعد فرکتالی تراکم زهکشی و بعد فرکتالی مساحت با سایر خصوصیات مورفومتری

رابطه	ضریب تبیین	نوع رابطه	متغیر مستقل	متغیر وابسته
$y=3/40e^{0.07x}$	۰/۷۶	معکوس نمایی	تراکم زهکشی	بعد فرکتالی نسبت انشعاب
$y=5/19x-0/88$	۰/۷۶	مستقیم خطی	ضریب گردی	
$y=26/75e^{-1/96x}$	۰/۷۲	معکوس نمایی	ضریب فشردگی	
$y=0/6e^{1/60x}$	۰/۸۳	مستقیم نمایی	ضریب کشیدگی	
$y=0/81\ln x+2/63$	۰/۸۶	مستقیم لگاریتمی	ضریب شکل	
$y=-0/43x+3/65$	۰/۸۳	معکوس خطی	نسبت مساحت	
$y=4/04x^{-0/92}$	۰/۸۳	معکوس توانی	نسبت طول	
$y=2/51\ln x-2/02$	۰/۶۲	مستقیم لگاریتمی	نسبت انشعاب	
$y=-1/65x+3/71$	۰/۷۶	معکوس خطی	عرض مستطیل معادل	
$y=-2/40\ln x+4/66$	۰/۶۴	معکوس لگاریتمی	طول مستطیل معادل	
$y=12/28x^{-1/54}$	۰/۸۵	معکوس توانی	تراکم زهکشی	بعد فرکتالی تراکم زهکشی
$y=0/07e^{4/56x}$	۰/۸۶	مستقیم نمایی	ضریب گردی	
$y=0/52\ln x+0/04$	۰/۷۱	مستقیم لگاریتمی	ضریب فشردگی	
$y=0/17e^{1/98x}$	۰/۷۱	مستقیم نمایی	ضریب کشیدگی	
$y=0/18e^{5/73x}$	۰/۸۳	مستقیم نمایی	ضریب شکل	
$y=0/09x^{-1/33}$	۰/۷۶	مستقیم توانی	نسبت مساحت	
$y=0/46x^{-0/27}$	۰/۶۴	معکوس توانی	نسبت طول	
$y=0/14e^{0/22x}$	۰/۷۷	مستقیم نمایی	نسبت انشعاب	
$y=0/12e^{0/97x}$	۰/۷۷	مستقیم نمایی	عرض مستطیل معادل	
$y=0/07x+0/01$	۰/۸۱	مستقیم خطی	طول مستطیل معادل	
$y=-0/08x+2/12$	۰/۷۱	معکوس خطی	تراکم زهکشی	بعد فرکتالی مساحت
$y=0/53x^{-1/19}$	۰/۸۳	معکوس توانی	ضریب گردی	
$y=0/31e^{1/06x}$	۰/۶۷	مستقیم نمایی	ضریب فشردگی	
$y=2/14x^{-1/90}$	۰/۷۷	مستقیم توانی	ضریب کشیدگی	
$y=2/37x^{-1/44}$	۰/۷۴	مستقیم توانی	ضریب شکل	
$y=3/84x^{-1/04}$	۰/۷۶	معکوس توانی	نسبت مساحت	
$y=4/17x^{-1/28}$	۰/۸۸	معکوس توانی	نسبت طول	
$y=0/40e^{0/32x}$	۰/۷۶	مستقیم نمایی	نسبت انشعاب	
$y=0/50e^{0/97x}$	۰/۶۱	مستقیم نمایی	عرض مستطیل معادل	
$y=0/87x^{-1/25}$	۰/۸۸	مستقیم توانی	طول مستطیل معادل	



که به بررسی ژئومورفولوژی و عوامل مؤثر در فرسایش کناری رودخانه در لرستان پرداختند، مطابقت دارد

### نتیجه گیری

رفتار رودخانه، از دو دسته عوامل طبیعی و عوامل انسانی تأثیر می‌پذیرد. عوامل طبیعی مانند وقوع سیل، فرسایش خاک، حرکت توده‌ای و عوامل انسانی مانند ساخت‌وساز تأسیسات، تغییر کاربری اراضی و برداشت شن و ماسه از بستر، نقش اساسی در رفتار و تشدید تغییرات رودخانه دارد. خطرات جدی و جبران‌ناپذیری که جابه‌جایی‌ها و تغییرات رودخانه‌ها ممکن است به دنبال داشته باشد، ضرورت بررسی مورفولوژی آن را در مرحله مطالعات، قبل از هر گونه اقدامی نمایان می‌سازد. در این پژوهش سعی گردید تا با استفاده از ابعاد فرکتالی آبراهه و تعیین رابطه آن‌ها با خصوصیات مورفومتری حوضه، به تحلیل و بررسی مشخصات حوزه آبخیز پرداخته شود تا با استفاده از این ارتباط، بتوان راهکارهای مدیریتی به‌منظور کنترل فرسایش، سیل و مدیریت خاک ارائه داد. نتایج به‌دست آمده مشخص کرد که دامنه سه بعد فرکتالی مورد بررسی در این پژوهش در تمام زیرحوضه‌ها کم‌تر از ۳ بوده و از خواص فرکتالی برخوردار می‌باشند و نیاز به بررسی چند فرکتالی ندارد. همچنین مشخص گردید، هرچه حوضه کشیده‌تر باشد و ضریب شکل، گردی و کشیدگی کوچکتری داشته باشد، بعد فرکتالی کوچکتری خواهد داشت. با توجه به ضریب تبیین مدل‌های به‌دست آمده برای رابطه ابعاد فرکتالی و خصوصیات مورفومتری، می‌توان ابعاد فرکتالی مورد بررسی را با استفاده از خصوصیات مورفومتری به‌راحتی محاسبه و به تحلیل آن‌ها پرداخت. در آخر با توجه به اینکه استفاده از هندسه فرکتالی روشی نوین در بررسی خصوصیات شبکه آبراهه‌ها می‌باشد پیشنهاد می‌شود در مناطق مختلف با شرایط مورفومتری متفاوت‌تر، حوضه‌ها مورد تحلیل فرکتالی قرار گیرند.

از آنجا که مفهوم بعد فرکتالی بیانگر میزان آشوب و بی‌نظمی در شبکه آبراهه می‌باشد (Xia *et al.*, 2015) هرچه به یک نزدیک‌تر یعنی شکل آبراهه به خط شبیه‌تر می‌باشد (Cui *et al.*, 2019). هر چه بعد بیشتر باشد، نشان‌دهنده بی‌نظمی بیشتر شبکه آبراهه خواهد بود (طهماسبی و همکاران، ۱۳۹۴) و به نظر می‌رسد فرسایش شیاری و به‌دنبال آن فرسایش خندقی افزایش می‌یابد (Ahmadi *et al.*, 2011). ویژگی‌های جریان مانند تداوم جریان، میزان دبی جریان، شدت جریان و تغییرات آن، از عوامل مهم تأثیرگذار بر مورفولوژی آبراهه‌ها می‌باشد (علیمرادی و همکاران، ۱۳۹۷). وقوع سیلاب‌های شدید و استثنایی، معمولاً باعث عریض‌تر شدن بستر رودخانه می‌گردد؛ لیکن بروز سیلاب‌های متوالی و کوچکتر، در اثر رسوب‌گذاری متناوب، به تدریج عرض بستر رودخانه را محدود می‌کند (قهرودی تالی و درفشی، ۱۳۹۴). شکل بستر، بر روی ضریب زبری، مشخصات هیدرولیکی همچون سرعت و عمق جریان و در نتیجه میزان انتقال رسوبات تأثیر می‌گذارد. هندسه آبراهه و دبی جریان، تأثیر معنی‌داری در این رابطه دارند (اسدزاده و همکاران، ۱۳۹۶). از این رو، اگر هندسه آبراهه و مشخصات الگوهای ساختاری مسیر رودخانه تغییر نمایند، تغییرات مربوط به عمق جریان و توزیع انرژی جریان، موجب تغییر الگوی بستر و آرایش مواد بستر می‌گردند (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۰). برحسب نوع رسوبات و خصوصیات فیزیکی آب جاری در رودخانه، سطوح تماس بستر و جریان رودخانه، شکل‌های مختلفی را به خود می‌گیرند که این اشکال مختلف ایجاد شده، تابعی از رژیم جریان می‌باشند (شقایق‌یان و طالب بیدختی، ۱۳۸۸). همچنین پدیده ماریپچی شدن رودخانه خود باعث از بین رفتن خاک و تغییر مسیر اصلی رودخانه سبب افزایش فرسایش کنار رودخانه‌ای می‌شود که فرسایش کناره رودخانه‌ای هرساله خسارات زیادی به زمین‌های کشاورزی، ساختمان‌ها، سازه‌های کنار رودخانه، جاده‌ها و پل‌ها وارد میکند که این یافته‌ها با پژوهش یمانی و شرفی (۱۳۹۱)

**Reference:**

- Agaard, K. and G. Hartvigsen. 2014. Assessing spatial patterns of plant communities at varying stages of succession. *Applied Mathematics*. 5: 1842-1851.
- Agus Nur, A., Syafri, I., Muslim, D., Hiranawan, F., Raditya, P.P., Sulastrri, M. and Abdulah, F. 2016. Earth and Environmental Science. International Symposium on Geophysical Issues.
- Ahmadi, A., Neyshabouri, M.R., Rouhipour, H., and Asadi, H. 2011. Fractal dimension of soil aggregates as an index of soil erodibility. *Journal of Hydrology* 400 (3-4): 305-311.
- Alimoradi, M., Ekhtesasi, M.R., Tazeh, M. and Karimi, H. 2018. Calculation of Fractal Dimension of the Geological Formations and Their Relationship to the Formation Sensibility. *Physical Georaphy Research Quarterly*. 50 (2): 241-253. [in Persian]
- Andronache I., Peptenatu D., Ciobotaru A.M., Gruia A.K., Gropoșila N.M. 2016. Using Fractal Analysis in Modeling Trends in the National Economy, *Procedia Environmental Sciences* 32: 344-351.
- Andronache, I., Ahammer, H., Jelinek, H.F., Peptenatu, D., Ciobotaru, A.M., Drăghici, C.C., Pintilii, R.D., Simio, n A.G., Teodorescu, C. 2016. Fractal analysis for studying the evolution of forests. *Chaos, Solitons & Fractals*. 91: 310-318.
- Asadzadeh, F., Jalalzadeh, S. and Samadi A. 2017. Comparison of the physical and chemical properties of the bed and suspended sediments of the Roze-Chay river. *Journal of Water and Soil Conservation*. 24(2): 273-288. [in Persian]
- Bartolo, S.G., Veltri, M. and Primavera L., 2006, Estimated generalized dimensions of river networks. *Journal of Hydrology*. 322, 181-191.
- Bi, L., He, H., Wei, Z., Shi, F., 2012, Fractal properties of landform in the Ordos Block and surrounding areas, China. *Geomorphology*. 175, 151-162.
- Chorley R.J., Kennedy B.A. 1971. *Physical geography: a systems approach*. Prentice-Hall International, 370, London.
- Cui, Y., Li, J., Chen, A., Wu, J., Luo, Q., Rafay, L., He, J., Liu, Y., Wang, D., Lin, Y. and Wu, Ch. 2019. Fractal dimensions of trapped sediment particle size distribution can reveal sediment retention ability of common plants in a dry-hot valley. *Catena*. 180: 252-262.
- Diaconu, D., Drăghici, CC., Pintilii, R.D., Peptenatu, D., Grecu, A. 2016. Management of the Protection Forest Areas in Region Affected by Aridity in Oltenia Southwestern Development Region (Romania), 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference-SGEM, Vienna, Austria, 477-483.
- Ding, W.F., Huang, C.H., 2017. Effects of soil surface roughness on interrill erosion processes and sediment particle size distribution. *Geomorphology* 295, 801-810. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2017.08.033>.
- Enquist, B. J., G. B. West, E. L. Charnov and J. H. Brown. 1999. Allometric scaling of production and life-history variation in vascular plants. *Nature*. 401(6756): 907-911.
- Fattahi, M.H. and Talebzadeh Z. 2017. The Relationship Between Watershed Compactness Coefficient and the Fractal Characteristics. *Iran-Water Resources Research*. 13 (1): 191-203. [in Persian]
- Frontier, S. 1990. Applications of Fractal Theory to Ecology, In P. Legendre and C. Legendre (Eds.), *Developments in Numerical Ecology: NATO ASI Series*, Springer, Berlin.
- Gavrila I.G., Man T., Surdeanu V. 2011. Geomorphological heritage assessment using GIS analysis for geotourism development in Măcin Mountains, Dobrogea, Romania, *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 2 (8): 198-205.
- Ghahroudi Tali M, and Derafshi K. 2015. The study of chaos in the flood risk pattern of Tehran. *Journal of Spatial Analysis Environmental Hazards*. 2 (2):1-16
- Hekmatzadeh, A.A., Torabi Haghighi, Hosseini, K. and Klove, B. 2018. Fractal analysis of river flow time series: a case study on Shapur river. *Geophysical Research Abstracts*. 20.
- Horton, R.E. 1932. Drainage Watershed characteristics. *Am Geophys Union Trans*. 13: 348-352.
- Khan S. Ganguly A.R. and Saigal S. 2005. Detection and Predictive Modeling of Chaos In Finite Hydrological Time Series, *Nonlinear Processes in Geophysics*. 12: 41-53.
- Khanbabaei, Z., Karam, A. and Rostamizad, G. 2013. Studying Relationships between the Fractal Dimension of the Drainage Basins and Some of Their Geomorphological Characteristics. *International Journal of Geosciences*. 4: 636-642.
- Krřák B., Blistan P., Pauliková A., Puřkárovác P., Kovanič L., Palková J., Zelizňaková V. 2016. Use of low-cost UAV photogrammetry to analyze the accuracy of a digital elevation model in a case study. *Measurement*, 91, 276-287.
- Kusak, M., 2014, Methods of fractal geometry used in the study of complex geomorphic networks, *AUC. Geographica*. 49 (2): 99-110.
- Kutlu T, Ersahin S and Yetgin B, 2008. Relations between solid fractal dimension and some physical properties of soils formed over alluvial and colluvial deposits. *Journal of Food, Agriculture and Environment*. 6: 445-449.
- Lisi B., Honglin., H, Zhanyu, W. and Feng, S. 2012. Fractal Properties of Landforms in the Ordos Block and Surrounding Areas, China. *Geomorphology*. PP. 151-162.
- Long, C. Y., Y. Zhao and H. Jafari. 2014. Mathematical models arising in the fractal forest Gap via local fractional calculus. *Hindawi Publishing Corporation. Abstract and Applied Analysis*. 6 pages.
- Lyu, X., Yu, J., Zhou, M., Ma, B., Wang, C., Han, G., Guan, B., Wu, H., Li, Y., Wang, D., 2015. Changes of soil Particle Size Distribution in Tidal Flats in the Yellow River Delta. *J. Plos One*. 10(3), e0121368.
- Mandelbrot, B.B. 1982. *The fractal geometry of nature*. W.H. Freeman and Company. New York. 468 p.

- Miller, V.C. 1953. A quantitative geomorphologic study of drainage watershed characteristics in the Clinch Mountain area. Virginia and Tennessee, Project Nr 389042, Tech Report 3. Columbia University Department of Geology, ONR Geography Branch, New York.
- Mofidi, S., Eskandari, M., Pazira, E., Homaei, M., 2018. Using fractal models for quantifying soil structure and comparison with classical methods. *water soil Resour. Conserv.* 7, 89–101
- Mohammadi, M., Shabanpour, M., Mohammadi, M.H. and Davatgar, N. 2019. Characterizing Spatial Variability of Soil Textural Fractions and Fractal Parameters Derived from Particle Size Distributions. *Pedosphere.* 29 (2): 224-234.
- Morisawa, M.E. 1962. Quantitative Geomorphology of Some Watersheds in the Appalachian Plateau. *Geological Society of America Bulletin*, 73, 1025-1046.
- Peterson, G. 2000. Scaling ecological dynamics: self-organization, hierarchical structure, and ecological resilience. *Climatic Change.* 44(3): 291-309.
- Petrisor, A.I., Andronache, I., Petrișor, L.E., Ciobotaru, A.M., Peptenatu, D. 2016. Assessing the fragmentation of the green infrastructure in Romanian cities using fractal models and numerical taxonomy, Edited by: Ioja, I.C.; Comanescu, L.; Dumitrache, L.; Nedelea, A.; Nita, M.R., *Ecosmart - Environment at Crossroads: Smart Approaches for a Sustainable Development*, *Procedia Environmental Sciences*, 32, 110-123.
- Pintilii, R.D., Diaconu, D.C., Dobrea, R.C., Gruia, A.K. 2016. Dynamics of the deforested areas in regions affected by aridity in Romania, 16th International Multidisciplinary Scientific Geoconference-SGEM, Vienna, Austria, 401-407.
- Rezaei Moghadam, M.H., Sarvati, M.R. and Asghari Sareskanrood S. 2010. Compared Investigation Meandering Pattern by Fractal Geometrical Analysis and Central Angles and Sinuosity Ratio Indices. *Journal of Watershed Management Research.* 2 (3). [in Persian]
- Rodriguez, I., and Rinaldo, A. 1997. *Fractal River Basins: Chance and Self-Organization*. Cambridge Univ. Press, Cambridge. 547 p.
- Schumm, S.A. 1956. Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geol Soc Am Bull.* 67: 597-646.
- Shaghaghian, M.R. and Taleb Bidokhti, N. 2008. Existence of turbulence in the river at various time scales. *Quarterly journal on Water Engineering.* 2: 1-8. [in Persian]
- Shen, X.H., Zou, L.J., Zhang, G.F. Su, N. Wu, W.Y. and Yang., S.F. 2011. Fractal Characteristics of the Main Channel of Yellow River and Its Relation to Regional Tectonic Evolution, *Geomorphology* 127: 64-70
- Singh, S. 1992. Quantitative geomorphology of the drainage basin. In: Chouhan TS, Joshi KN (eds) *Readings on remote sensing applications*. Scientific Publishers, Jodhpur.
- Singh, S. 1995. Quantitative analysis of watershed geomorphology using remote sensing techniques. *Ann Arid Zone.* 34 (4), 243–251.
- Sivakumar, B., and Berndtsson, R. 2010. *Advances in Data-based Approaches for Hydrologic Modeling and Forecasting*, World Scientific, Singapore. 441 pp.
- Strahler, A.N. 1952 Hypsometric (Area-Altitude) analysis of erosional topography, *Geological Society of America Bulletin*, 63; 1117-1142.
- Strahler, A.N. 1957. Quantitative analysis of watershed geomorphology, *Eart&Space Science News*, 38, 6; 913-920.
- Strahler, A.N. 1958. Quantitative slope analysis, *Geological Society of America Bulletin*, 69, 3; 279-300.
- Strahler, A.N. 1964. Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. In *Handbook of Applied Hydrology*, edited by V. T. Chow, 4-39/4-76. McGraw-Hill, New York.
- Tahmasebi, Z., Zal, F. and Ahmadi Khalaji, A. 2015. Morphology of Tourmaline in the Mashhad granites (g2) with using fractal analysis and Diffusion-Limited Aggregation. *The Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy.* 23 (3):417-428. [in Persian]
- Turcotte, D.L. 2007. Self-organized Complexity in Geomorphology: Observations and Models. *Geomorphology.* 91: 302-310.
- Valjarević A., Srećković-Batočanin D., Živković D., Perić M. 2015. GIS analysis of dissipation time of landscape in the Devil's city (Serbia), *Acta Montanistica Slovaca*, 20 (2), 148-155.
- West, G. B., J. H. Brown and B. J. Enquist. 1997. A general model for the origin of allometric scaling laws in biology. *Science.* 276 (5309): 122-126.
- Xia, D., Deng, Y.S., Wang, S.L., Ding, S.W., Cai, C.F., 2015. Fractal features of soil particle-size distribution of different weathering profiles of the collapsing gullies in the hilly granitic region, south China. *Nat. Hazards* 79(1), 455–478.
- Yamani, M. and Sharafi, S. 2012. Geomorphology and effective factors on lateral erosion in Hor Rood River, Lorestan province. *Geography and Environmental Planning Journal.* 45 (1): 15-32. [in Persian]
- Yang, S., Li, Y.H., Gao, Z.L., Niu, Y.B., Bai, H., Wang, K., 2017. Runoff and sediment reduction benefit of hedgerows and fractal characteristics of sediment particles on Loess Plateau slope of engineering accumulation. *Trans. Chin. Soc. Agric. Mach.* 48 (8), 270-278. <https://doi.org/10.6041/j.issn.1000-1298.2017.08.031>. (in Chinese with English abstract).
- Yu, J.B., Lv, X.F., Bin, M., Wu, H.F., Du, S.Y., Zhou, M., Yang, Y.M., Han, G.X., 2015. Soil erosion processes and sediment sorting associated with. *Sci. Rep.* 5, 1–9.



Print ISSN: 2251-7480  
Online ISSN: 2251-7400

Journal of  
**Water and Soil  
Resources Conservation  
(WSRCJ)**

**Web site:**

<https://wsrcj.srbiau.ac.ir>

**Email:**

[iauwsrcj@srbiau.ac.ir](mailto:iauwsrcj@srbiau.ac.ir)  
[iauwsrcj@gmail.com](mailto:iauwsrcj@gmail.com)

**Vol. 11  
No. 3  
Spring 2022**

**Received:  
2020-10-14**

**Accepted:  
2021-12-31**

**Pages: 47-58**



## Relationship Between Fractal Dimensions of Stream and Morphometric Characteristics of Basin

Sepideh Mofidi<sup>1</sup>, Abolfazl Moeini<sup>2</sup>, Ali Mohammadi Torkashvand<sup>\*3</sup>, Ebrahim Pazira<sup>4</sup> and Hassan Ahmadi<sup>5</sup>

- 1) Ph.D. Student Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
  - 2) Assistant Professor, Department of Forests, Range and Watershed Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
  - 3) Associate Professor Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
  - 4) Professor Department of Soil Science, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
  - 5) Professor Department of Forests, Range and Watershed Management, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.
- \*Corresponding author email: [m.torkashvand54@yahoo.com](mailto:m.torkashvand54@yahoo.com)

**Abstract:**

**Background and Aim:** River behavior is affected by two categories of natural, and human factors. Natural factors such as floods, soil erosion, mass movement and human factors such as facility construction, land-use change, and sand removal from the bed, play a key role in the behavior and intensification of river changes. The serious and irreparable dangers that may be posed by river movements and changes indicate the need to study its morphology in the study phase before any action is taken. The network of streams continuously changes its location based on time, environmental factors and human interventions. It is very important to study the stream changes to provide the should be omitted management solutions for the should be omitted soil conservation. One of the new methods in this regard is to use the should be omitted fractal geometry. The purpose of this study was to calculate the fractal dimensions of the stream and to investigate its relationship with the morphometric characteristics of the basin

**Method:** To do this, a should be added topographic map of the should be added basin in Firouzkouh, Tehran province was prepared. The map of the streams was prepared and the morphometric characteristics of the basin were determined by using the ARC GIS 10.3 software. Then, three fractal dimensions of the should be added drainage network (stream branch), drainage density, and basin area were calculated. Finally, the morphometric characteristics of the basin associated with the fractal dimensions were investigated by entering the data obtained from the calculations in the SPSS 18 and Curve Expert software

**Results:** The results showed that the minimum and maximum fractal dimensions of the bifurcation ratio were 0.25 and 2.99, of should be omitted the drainage density was 0.19 and 2.34, and of should be omitted the area was 0.76 and 2.60. The fractal dimension of the should be added, the should be added dimension of drainage density, and the should be added fractal dimension of the should be added total area of the basin were 1.84, 0.71, and 1.46, respectively. The fractal dimension of the should be added ratio and the sub-basin area were inversely related with the determination coefficient of 0.90, and the fractal dimension of drainage density and the area and the fractal dimension of an should be added area with the sub-basin area was directly related with the determination coefficients of 0.88, and 0.87, respectively. The more elongated the basin and the lower the form, roundness, and elongation factors, the smaller the bifurcation dimension. the fractal dimension of the area is directly related to the compactness factor, elongation factor, form factor, bifurcation ratio, equivalent rectangle width, and equivalent rectangular length, and is inversely related to other variables. Based on the results, the more elongated the basin and the smaller the form, and elongation factors, the lower the area dimension. The fractal dimension of drainage density is directly associated with the circularity factor, compactness factor, elongation factor, form factor, area ratio, bifurcation ratio, equivalent rectangle width and equivalent rectangular length, and is inversely associated with other variables. Therefore, as the basin becomes more circular, the fractal dimension of the drainage density is increased. Therefore, the fractal dimension of drainage density is increased then as the basin becomes more rounded

**Conclusion:** According to the coefficient of explanation of the obtained models for the relationship between fractal dimensions, and morphometric properties, the studied fractal dimensions can be easily calculated and analyzed using morphometric properties. Due to the importance of stream characteristics in the management of watersheds in terms of flood, erosion, and soil conservation, the fractal models can be used to make quick and accurate decisions for the should be omitted management. Finally, considering that the use of fractal geometry is a new method in studying the characteristics of waterway networks, it is suggested that basins be analyzed fractally in different regions with different morphometric conditions.

**Keywords:** Bifurcation Ratio, Drainage Network, Form Factor, Fractal Geometry Strahler