



Research Paper

Analytical Comparison of Morphotectonic Condition of Subsidence Basins using Fractal Geometry Theory a Case Study the Damghan and Jazmourian Playa

Arefe Shabani Eraghi ^a, Mojtaba Yamani ^{a*}

^a Department of Natural Geography, Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran

ARTICLE INFO

Keywords:

Fractal Geometry,
Playa,
Morphotectonics,
Damghan,
Jazmourian.



Received:

06 April 2022

Received in revised form:

10 June 2022

Accepted:

08 August 2022

pp. 133-147

ABSTRACT

Recently, the theory of fractal sets and dimensional fractal measurements have been widely used to describe many tectonic processes. This study aimed to analyze the morphotectonic status of Damghan and Jazmourian playa as two subsidence basins using the fractal dimension results of the fault and drainage, which indicates stagnation or tectonic activity. This study uses the box-counting method, which is the most widely used analysis method in fractal dimension analysis. The data used in this study are the fault system of the studied basins on the scale of 1:250,000 maps of geology and for the model of drainage on the scale of 1:250,000, the Arc Hydro software. The results show that in the Jazmourian region, the southern part of the hole has the highest fractal dimension of the fault and the lowest fractal dimension of the Drainage pattern, which indicates more tectonic activity in this area. After that, the western range and eastern range are located. Finally, according to fractal data, the northern region of Jazmourian experiences more tectonic stillness than other parts. In the Damghan region, the active tectonic zone is the western part with the highest fractal dimension of the fault (1.4034) and the lowest fractal dimension, the Drainage pattern (1.3739). The eastern ranges then show the northern range of the tectonic activity basin, in which many earthquakes confirm this, and finally, the southern range experiences more tectonic stagnation than in other parts.

Citation: Shabani Eraghi, E., & Yamani, M. (2022). Analytical Comparison of Morphotectonic Condition of Subsidence Basins using Fractal Geometry Theory a Case Study the Damghan and Jazmourian Playa. *Geographical planning of space quarterly journal*, 12 (2), 133-147.



<http://doi.org/10.30488/GPS.2022.286229.3404>

*. Corresponding author (E-mail: myamani@ut.ac.ir)

Copyright © 2022 The Authors. Published by Golestan University. This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Extended Abstract

Introduction

The geometry used for phenomena and their incorrect dimensions is called fractal geometry, and it describes self-similar or symmetrical objects. This means that when these objects are magnified, there seems to be a precise resemblance between their components, and this resemblance to the component continues indefinitely. In fact, analyzing waterways and their condensation status can be key to identifying the dynamics of an area if good evidence of the area's tectonics is not available. Waterways with an active fault system show useful structural information. Also, the theory of fractal sets and multi-fractal measurements are widely used to describe many tectonic processes, including fault activity. This study uses fractal geometry to analyze and compare the tectonic condition of subsidized basins (Damghan and Jazmourian) located in the center of these plains. After extracting the drainage pattern lines and faults of the area from the fractal dimension analysis, which indicates the dynamics or tranquility of the tectonics, it has been used to determine the lowest and highest tectonic activity of the basin in its various directions relative to the playa.

Methodology

In this study, to evaluate the regions' tectonic condition (dynamism and calmness), some features, geological structures, and drainage network patterns have been used using fractal geometry and their fractal dimension analysis. Also, due to the fault system and drainage pattern, the box-counting method, which is the most widely used method in fractal analysis, has been exerted. This method is used as a mathematical tool for geomorphological studies. In this study, areas in different directions of Playa have been determined for relative recognition of the number of tectonic movements. Then, using the box-counting method in fractal geometry, the fractal dimension is determined, and its results are accompanied by tables of grid size data columns, grid size reversal, grid size reverse logarithm, number of cells in each box, and number of cells. The

enumerated numbers containing faults and waterways are expressed in different directions of Playa. Then, the results of the logarithm of the number of counted houses containing faults and waterways in different directions and the partial fractal dimension and the fractal dimension of the community have been determined and compared by calculating the slope of the regression line.

Result and discussion

Accordingly, the tectonic state is based on the theory of fractal geometry. In the Jazmorian region, the southern part of the hole has the highest fractal dimension of the fault (1.5978) and the lowest fractal dimension of the drainage (1.5424), which indicates more tectonic activity in this area. The study of seismic maps does not confirm the highest number of earthquakes in this area, but considering that the area under study is in the Subduction plates (Saudi Oceanic crust below the Eurasian plate), this area shows the highest tectonic activity in the region and confirms the results of fractal geometry. After that, the western and eastern ranges are located close to each other with fault figures, and as a result, the area where the fractal dimension of the waterway is less being considered to be the more active area (western area). Also, the more significant number of earthquakes indicates more tectonic activity for the western part, which confirms the above view. Then there is the eastern part, which has the highest number of faults. Finally, according to fractal data, the northern region of Jazmourian experiences more tectonic stillness than other parts. In the Damghan region, the western part with the highest fractal dimension of the fault (1.4034) and the lowest fractal dimension of the drainage network (1.3739) indicates a more technically active area. This region has the highest number of earthquakes compared to other ranges, thus showing more tectonic activity. After that, the eastern ranges are active according to the fault's fractal dimensions and the active area's drainage network. Then, the northern range of the basin shows tectonic activity, in which a large number of earthquakes confirm this,

and finally, the southern range experiences more tectonic stillness than other parts. Also, in Damghan and Jazmourian, the partial fractal dimension of faults in the western part of society is more disturbing. In the community of Astaneh Jazmourian, there is a regular decreasing trend, but in the case of Damghan, there is a repetition of more numbers and a relatively small irregularity.

Conclusion

In the Jazmorian region, the most active tectonic range around the Jazmorian hole with the center of Playa is the southern, western, eastern, and northern regions, respectively. However, in the Damghan region, the most active tectonic range is the western, eastern, northern and southern regions, respectively.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

Authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

Authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

We are grateful to all the scientific consultants of this paper.



مقایسه تحلیلی وضعیت مورفوتکتونیک حوضه‌های فرونشستی با استفاده از نظریه هندسه فرکتالی مطالعه موردی: پلایای دامغان و جازموریان

عارفه شعبانی عراقی - گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران
مجتبی یمانی^۱ - گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران

چکیده

اطلاعات مقاله

امروزه تئوری مجموعه‌های فرکتال و اندازه‌گیری‌های بعد فرکتالی به‌طور گسترده‌ای برای توصیف بسیاری از فرآیندهای تکتونیک به کار می‌رود. این پژوهش باهدف تحلیل وضعیت مورفوتکتونیک پلایاهای دامغان و جازموریان به‌عنوان دو حوضه سوبسیدانی به بررسی نتایج بعد فرکتالی گسل و شبکه زهکشی که بیان‌کننده سکون یا فعالیت تکتونیک است، می‌پردازد. بر این اساس محدوده‌هایی را در همه جهات پلایاها تعیین و به روش مربع شمار که از پرکاربردترین روش آنالیز در تحلیل بعد فرکتالی است اعداد هر دو پارامتر را به دست آورده و مناطق را مقایسه و تحلیل می‌نماید. داده‌های مورد استفاده در این پژوهش سیستم گسلی حوضه‌های مورد مطالعه در مقیاس نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰ زمین‌شناسی و برای الگوی شبکه زهکشی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ از نرم‌افزار آرک هیدرو است. نتایج بیان می‌کنند که در منطقه جازموریان قسمت جنوبی چاله بالاترین بعد فرکتالی گسل و پایین‌ترین بعد فرکتالی شبکه زهکشی را دارا می‌باشد که نشان از فعالیت بیشتر تکتونیک این محدوده است. پس‌از آن محدوده‌های غربی و شرقی با ارقام گسلی نزدیک به هم قرار دارند و از آنجاکه ابعاد فرکتالی گسل این دو محدوده نزدیک است محدوده‌ای که بعد فرکتالی آبراهه آن کمتر باشد محدوده فعال‌تر در نظر گرفته می‌شود (محدوده غربی)، سپس محدوده شرقی قرار دارد که دارای بیشترین رقم گسلی است و در نهایت محدوده شمالی جازموریان نسبت به سایر قسمت‌ها سکون تکتونیک بیشتری را تجربه می‌کند. در منطقه دامغان نیز قسمت غربی با بالاترین بعد فرکتالی گسل ۱/۴۰۳۴ و پایین‌ترین بعد فرکتالی شبکه زهکشی ۱/۳۷۳۹ مؤید منطقه فعال‌تر تکتونیک است. پس‌از آن محدوده‌های شرقی با توجه به ارقام بعد فرکتالی گسل و شبکه زهکشی محدوده فعال است. سپس محدوده شمالی حوضه فعالیت تکتونیک را نشان می‌دهد که در این محدوده نیز تعداد زیاد زلزله مؤید این مطلب است و در نهایت محدوده جنوبی نسبت به سایر قسمت‌ها سکون تکتونیک بیشتری را تجربه می‌کند.

واژگان کلیدی:

مورفوتکتونیک، هندسه فرکتال، پلایا، دامغان، جازموریان.



تاریخ دریافت:

۱۴۰۱/۰۱/۱۷

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۱/۰۳/۲۰

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۱/۰۵/۱۷

صص. ۱۴۷-۱۳۳

استناد: شعبانی عراقی، عارفه و یمانی، مجتبی. (۱۴۰۱). مقایسه تحلیلی وضعیت مورفوتکتونیک حوضه‌های فرونشستی با استفاده از نظریه هندسه فرکتالی مطالعه موردی: پلایای دامغان و جازموریان. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۲ (۲)، ۱۴۷-۱۳۳.

 <http://doi.org/10.30488/GPS.2022.286229.3404>

مقدمه

هندسه‌ای که برای پدیده‌ها و ابعاد ناصحیح آن‌ها به کار می‌رود هندسه فرکتال نامیده می‌شود و درواقع به توصیف اشیایی می‌پردازد که خود متشابه یا متقارن هستند (Bass, 2002: 314). واژه فرکتال برای اولین بار توسط مندلبروت از ریشه لاتین فراکتوس به معنای شکسته شده برای محاسبه بعد جدیدی علاوه بر سه بعد مکانی موجود در نظر گرفته شده است (Mandelbrot, 1977: 1976). این هندسه فرکتال است که مشخصه شکل‌های نامنظم را شامل می‌شود و از ساختارهای هندسه نا اقلیدسی تبعیت می‌کند و اجازه می‌دهد تا بینشی عمیق نسبت به اشکال پیدا نمود (Angeles et al, 2004: 264). در فرکتال‌ها بعد فرکتال مهم است و نه مقیاس، زیرا در هراندازه‌ای بعد فرکتال حفظ می‌شود و بیانگر خاصیت اصلی فرکتال است (علمی زاده و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۳۳). فرکتال یک روش مناسب و کارآمد در تشریح محیط‌های جغرافیایی است (میرکتولی و همکاران، ۱۳۹۳: ۵۵). هندسه فرکتال که عنوان زبان طبیعت بر آن نهاده شده می‌تواند ابزاری کمی مناسب جهت بررسی‌های ژئومورفولوژیکی باشد (ایلدرمی و سپهری، ۱۳۹۷: ۸۸). اندازه‌گیری‌های کمی عوارض زمین این امکان را به ژئومورفولوژیست‌ها می‌دهد، تا نقش تکتونیک فعال را در تغییر شکل چشم‌اندازها بررسی کنند (تقوی مقدم و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۰۳). از این رو تحلیل فرکتالی برخی عوارض و ساختارهای زمین‌شناسی می‌تواند برای تعیین پویایی تکتونیکی یک منطقه استفاده شود و این روش از مهم‌ترین روش‌های ساختاری است که با تعیین بعد فرکتال ساختارهای خطی مثل گسل‌ها، آبراهه‌ها و مسیر پریچ‌وخم رودخانه‌ها می‌تواند بسیاری از خصوصیات آن‌ها (میزان جابه‌جایی، شناسایی میزان تغییرات و ...) را تخمین زند (Turcotte, 1992: 121). درواقع هدف از محاسبه بعد فرکتالی شناخت و پیش‌بینی تغییرات ژئومورفولوژیکی رودخانه طی سالیان متمادی است و این یکی از روش‌های جدیدی است که می‌تواند در علم ژئومورفولوژی به کار گرفته شود (رضایی مقدم و همکاران، ۱۳۹۱: ۱۱۹). درواقع تحلیل آبراهه‌ها و وضعیت تراکم آن‌ها در صورتی که شواهد مناسبی از تکتونیک ناحیه در دسترس نباشد می‌تواند کلیدی برای شناسایی پویایی یک منطقه باشد (چرچی و همکاران، ۱۳۹۰: ۳۷). همچنین تئوری مجموعه‌های فرکتال و اندازه‌گیری‌های مولتی فرکتال به‌طور گسترده‌ای برای توصیف بسیاری از فرآیندهای تکتونیکی از جمله فعالیت گسل‌ها به کار می‌رود (Ayunova et al, 2007: 593). فعالیت‌های نو زمین‌ساختی می‌تواند با مفاهیم فرکتال بررسی شود، زیرا رفتار گسل‌ها قطعاً غیرخطی هستند و این نظریه یک روش برای تشخیص و پیش‌بینی رفتار دینامیک پیچیده غیرخطی است (Yang et al, 2007: 8). امروزه پژوهشگران زیادی از این روش برای بررسی وضعیت‌های تکتونیکی استفاده کرده‌اند مانند: بارتولو^۱ و همکاران (۲۰۰۶) بعد فرکتالی را برای ۶ رودخانه در جنوب ایتالیا بررسی نمودند و نشان دادند که وجود بی‌نظمی باعث افزایش پیچیدگی تحلیل سری‌های زمانی شده است. بی^۲ و همکاران (۲۰۱۲) از یک مدل سلولی فرکتالی برای تعیین بعد فرکتالی شبکه‌های رودخانه‌ای استفاده کردند و نشان دادند که این روش می‌تواند تغییرات ویژه خواص فرکتالی پستی و بلندی‌ها را نشان دهد. کوساک^۳ (۲۰۱۴) با مطالعه الگوی آبراهه‌ها نتیجه گرفت که با افزایش بعد فرکتالی یک الگوی آبراهه‌ای از یک مرتبه $x+1$ تعداد و یا طول آبراهه‌ها از مرتبه $x+1$ افزایش می‌یابد. کرم و صابری (۱۳۹۴) به محاسبه بعد فرکتال در حوضه‌های زهکشی و رابطه آن با برخی خصوصیات ژئومورفولوژیکی حوضه آبریز شمال تهران پرداختند. عزیززاده و ماه‌پیکر (۱۳۹۶) به بررسی نظریه فرکتال در رودخانه زرینه‌رود با استفاده از روش

1 Bartolo

2 Bi

3 Kusak

مربع شمار^۱ پرداخت و نتایج نشان داد بعد فرکتالی پایین رودخانه زرینه‌رود می‌تواند وجود فرآیندهای کنترلی تکتونیک روی تکامل الگوی زهکشی مورد مطالعه باشد. گورابی و همکاران (۱۳۹۹) به ارزیابی و مقایسه کارایی روش‌های فرکتال و فازی در تحلیل وضعیت تکتونیکي زاگرس شمال غرب پرداختند و نتایج نشان داد مناطق دارای بعد فرکتالی بالای گسل و پایین زهکشی فعالیت تکتونیکي بیشتری دارند. در این پژوهش برای تحلیل و مقایسه وضعیت تکتونیکي حوضه‌های سوبسیدانسی (دامغان و جازموریان) که در مرکز این حوضه‌ها پلایا قرار دارد از هندسه فرکتال استفاده شده است، در این راستا پس از استخراج خطوط الگوی زهکشی و گسل‌های منطقه از تحلیل بعد فرکتالی که نشان‌دهنده پویایی یا آرامش تکتونیکي است، برای تعیین کمترین و بیشترین فعالیت تکتونیکي حوضه در جهات گوناگون آن نسبت به پلایا در محدوده‌های تعیین شده استفاده شده است.

روش پژوهش

در این پژوهش برای ارزیابی وضعیت تکتونیکي (پویایی و آرامش) مناطق از برخی عوارض و ساختارهای زمین‌شناسی و الگوی شبکه زهکشی با استفاده از هندسه فرکتال و تحلیل بعد فرکتالی آن‌ها استفاده شده است. روش این پژوهش محاسبه‌ای و تحلیلی است و برای استخراج سیستم گسلی حوضه‌های مورد مطالعه از نقشه‌های ۱/۲۵۰۰۰۰ زمین‌شناسی و برای الگوی شبکه زهکشی در مقیاس ۱/۲۵۰۰۰۰ از نرم‌افزار Arc Hydro استفاده گردیده است. هندسه فرکتال نمایش کمی الگوی پیچیده گسل‌ها را می‌سازد (۱ سدی قجرو و همکاران، ۱۳۹۴: ۵). درواقع رفتار لرزه‌ای در یک گسل می‌تواند با بینظمی‌های هندسی آن گسل مرتبط باشد. گسل‌های اصلی و یا قطعات گسلی همواره در طول مناطقی از طول خود که دارای هندسه بی‌قاعده‌ای هستند، دچار گسیختگی می‌شوند (Schwartz & Coopersmith, 1984: 17). تحلیل بعد فرکتالی اهمیت زیادی در شناخت رفتار و پیش‌بینی تغییرات آبراهه‌ها دارد (علمی زاده و همکاران، ۱۳۹۳: ۱۳۳). که منجر به شناخت وضعیت تکتونیک حوضه می‌شود. درواقع بدون در نظر گرفتن مقیاس، سیمای ناهموار سیستم‌های گسلی در گسل‌ها می‌تواند تابع هندسه فرکتالی باشد، بنابراین این بی‌نظمی هندسی می‌تواند به صورت بعد فرکتالی (D) بررسی شود که مقادیر (D) بزرگ‌تر نشان‌دهنده بی‌نظمی هندسی بیشتر می‌باشد و برعکس است (Suk moon et al, 1996: 5). تحلیل فرکتالی آبراهه‌ها و شکستگی‌ها ابزار مؤثری در تعیین بلوغ ساختاری یک گستره است. مناطق دارای بعد فرکتالی بالا برای گسل و پایین برای زهکشی فعالیت تکتونیکي بیشتری دارند. بعد فرکتال^۲ درواقع یک مقیاس عددی برای میزان پرشدگی فضا توسط یک الگو می‌باشد، از مهم‌ترین روش‌های محاسبه بعد فرکتال مربع شمار و بعد همبستگی^۳ می‌باشد. در این پژوهش به دلیل استفاده از سیستم گسلی و الگوی زهکشی از روش مربع شمار که از پرکاربردترین روش آنالیز در تحلیل فرکتالی است، استفاده شده است. این روش به عنوان ابزاری در زمینه ریاضیات جهت مطالعات ژئومورفولوژی کاربرد دارد و توسط هیراتا^۴ (۱۹۸۹) برای سیستم گسلی در ژاپن، توسط آنگولو^۵ و همکاران (۱۹۹۸) برای مطالعه توزیع گسل‌ها، شکستگی‌ها و خطواره‌ها در منطقه‌ای در سواحل مکزیک و توسط سوک مون^۶ و همکاران (۱۹۹۶) برای محاسبه هندسه فرکتالی سیستم گسلی سوماترا و ... نیز بکار گرفته شده است. طبق این معادله در

- 1 Box-counting method
- 2 Fractal Dimension
- 3 Correlation Dimension
- 4 Hirata
- 5 Angulo
- 6 Suk moon

یک پدیده، تعداد رویدادهای به وقوع پیوسته در یک واحد سطحی معین متناسب با ابعاد آن رویداد است. بر اساس آنچه بیان شد می‌توان معادله تعداد-اندازه را طبق این رابطه تشریح کرد: رابطه (۱)

$$\text{Log}(Ns) = a + K \text{Log}(S)$$

در این معادله: Ns تعداد پدیده‌ها (در این پژوهش تعداد گسل-ها و آبراهه‌ها)، S اندازه شبکه و K ضریب زاویه خط یا همان بعد فرکتال می‌باشد. اصول این روش ترسیم نمودارهای لگاریتمی می‌باشد که در آن تعداد مربع‌های حاوی آبراهه و گسل NS ، برحسب طول شبکه اندازه‌گیری S رسم می‌شود. در این پژوهش طول ضلع تا حد (۱۲ مرحله) کاهش یافته است و در محیط GIS نقشه را به شبکه‌های مختلف تقسیم و تعداد مربع‌های حاوی ساختار آبراهه N و اندازه مربع S را محاسبه و نمودار $(\text{Log}N)$ در برابر $(\text{Log}1/S)$ ترسیم شده است که ضریب x در معادله خط به دست آمده از این نمودار همان بعد فرکتالی است.

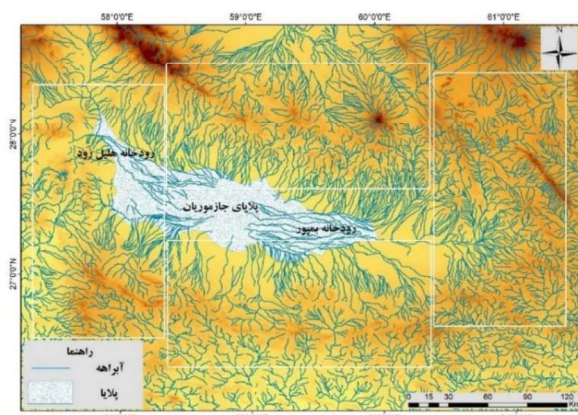
جدول شماره ۱. ابعاد شبکه پوشش داده شده بر روی مناطق و سائز کوچک شده شبکه‌ها

ردیف	۱	۲	۳	۴	۵	۶
ابعاد شبکه	۱۰۰	۵۰	۲۵	۱۲/۵	۶/۲۵	۳/۱۲۵
ردیف	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲
ابعاد شبکه	۱/۵۶۲۵	۰/۷۸۱۲۵	۰/۳۹۰۶۲۵	۰/۱۹۵۳۱۲۵	۰/۰۹۷۶۵۶۲۵	۰/۰۴۸۸۲۸۱۲۵

بحث و یافته‌ها

در این پژوهش محدوده‌هایی در جهات مختلف پلایا برای شناخت نسبی میزان حرکات تکتونیکی تعیین شده است. سپس با استفاده از روش مربع شمار در هندسه فرکتالی بعد فرکتالی مشخص و نتایج آن همراه با جداولی از ستون‌های داده‌های سائز شبکه، معکوس سائز شبکه، لگاریتم معکوس سائز شبکه، تعداد خانه‌های هر جعبه، تعداد خانه‌های شمارش شده حاوی گسل و آبراهه در جهات گوناگون پلایا بیان گردیده است. در مرحله بعد نتایج لگاریتم تعداد خانه‌های شمارش شده حاوی گسل، آبراهه‌ها در جهات گوناگون، بعد فرکتالی جزئی و بعد فرکتالی جامعه از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون تعیین، مقایسه و تحلیل نتایج صورت گرفته است. پس از تنظیم سه نوع جامعه شامل زمینه، آستانه، ناهنجاری، باید بیان کرد تمامی اعداد دارای ابعاد فرکتالی جزئی بزرگ‌تر از این عدد جامعه زمینه بوده به این معنی که از نظر بعد فرکتالی خارج از نظم متناظر است و تغییرات آن جزئی و با آشفتگی کم است. تمامی اعداد کوچک‌تر از شیب خط رگرسیون یا همان بعد فرکتالی جامعه آستانه ما را تشکیل می‌دهند. همچنین جامعه سوم دارای بعد فرکتالی بزرگ‌تر از ۱۳ است و این تغییر در بعد فرکتالی ناگهانی است و نشان دهنده آشفتگی در توسعه جامعه فرکتالی است و درواقع جامعه اغتشاش ما را تشکیل می‌دهد. بررسی بعد فرکتال الگوی زهکشی (آبراهه‌ها) برای شناخت وضعیت تکتونیکی در حوضه جازموریان و دامغان: در ابتدا محدوده‌هایی برای مشخص کردن بعد فرکتالی آبراهه در منطقه جازموریان در (شکل شماره ۲) مشخص شده است. بعد فرکتالی کلی الگوی زهکشی در جازموریان برای محدوده شرق ۱/۶۵، شمال ۱/۵۸، غرب ۱/۵۵ و جنوب ۱/۵۴ است. ابعاد فرکتالی شبکه‌های زهکشی محدوده جازموریان نشان می‌دهد که تا حدودی جامعه زمینه دارای آشفتگی است اما ابعاد فرکتالی جامعه آستانه به صورت منظم هستند با این وجود تکرار مؤلفه‌ها کمتر صورت گرفته، این جامعه بیانگر جامعه فرکتالی با رفتار قابل پیش‌بینی است. آشفتگی در محدوده شرق بیش از سایر قسمت‌ها است اما به‌طور کلی اعداد به هم نزدیک هستند و تغییرات پایین ابعاد فرکتالی جزئی را نشان می‌دهند. مشاهده ابعاد فرکتالی کلی برای همه محدوده‌ها تفاوت آشکار محدوده شرق با سایر محدوده‌ها را نشان می‌دهند، به‌طوری که ابعاد فرکتالی آبراهه‌ها برای محدوده‌های

مختلف عدد ۱/۵ را نشان می‌دهد و برای محدوده شرق این رقم به ۱/۶ افزایش می‌یابد. بنابراین به لحاظ آبراهه‌ای محدوده‌های مختلف بعد فرکتالی نزدیک به هم دارند و بر اساس نظریه فرکتال محدوده‌های دارای بیشترین آرامش تکتونیک به ترتیب مناطق شرق، شمال، غرب و جنوب است. اما این نتایج قطعی نبوده و برای تفسیر باید با نتایج الگوی گسلی و دیگر داده‌های محیطی تفسیر گردد.



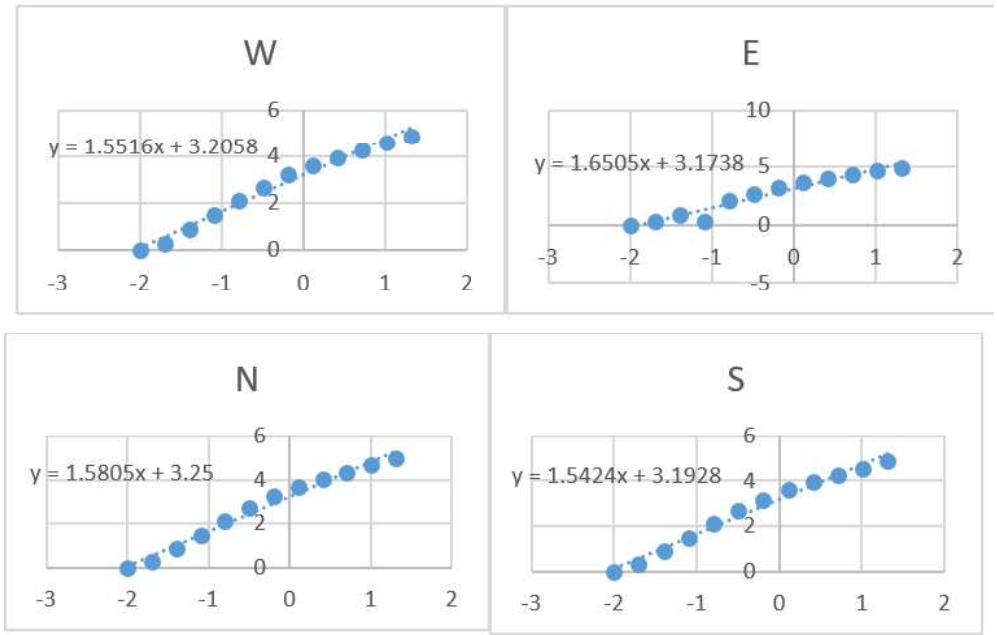
شکل شماره ۲. نقشه محدوده‌های مورد بررسی برای بعد فرکتالی آبراهه‌های جازموریان

جدول شماره ۲. خانه‌های شمارش شده آبراهه جازموریان

size	۱/سایز	$\text{Log}(1/\text{size})$	تعداد خانه هر جعبه	شرق	جنوب	شمال	غرب
۱۰۰	۰/۰۱۰۰	-۲	۱	۱	۱	۱	۱
۵۰	۰/۰۲۰۰	-۱/۶۹۹	۲	۲	۲	۲	۲
۲۵	۰/۰۴۰۰	-۱/۳۹۸	۸	۸	۸	۸	۸
۱۲/۵	۰/۰۸۰۰	-۱/۰۹۷	۳۲	۲	۳۲	۳۲	۳۲
۶/۲۵	۰/۱۶۰۰	-۰/۷۶۹	۱۲۸	۱۲۸	۱۲۸	۱۲۸	۱۲۷
۳/۱۲۵	۰/۳۲۰۰	-۰/۵۹۵	۵۱۲	۵۰۰	۴۸۳	۵۰۴	۴۸۴
۱/۵۶۲۵	۰/۶۴۰۰	-۰/۱۹۴	۲۱۴۵	۱۷۳۴	۱۵۲۶	۱۷۲۹	۱۷۸
۱/۷۸۱۲۵	۱/۲۸۰۰	۰/۱۰۷	۸۳۸۵	۴۷۹۴	۳۹۵۴	۴۷۸۵	۴۱۳۳
۰/۳۹۰۶۲۵	۲/۵۶۰۰	۰/۴۰۸	۳۳۱۵۳	۱۰۸۵۹	۸۷۹۸	۱۰۹۱۵	۹۲۳۱
۰/۱۹۵۳۱۲۵	۵/۱۲۰۰	۰/۷۰۹	۱۳۱۸۴۱	۲۲۷۷۴	۱۸۳۹۰	۲۲۸۰۰	۱۹۳۰۸
۰/۰۹۷۶۵۶۲۵	۱۰/۲۴۰۰	۱/۰۱۰	۵۳۱۹۹۶	۴۶۴۰۹	۳۷۳۸۵	۴۶۳۵۳	۳۹۳۲۸
۰/۰۴۸۸۲۸۱۳	۲۰/۴۸۰۰	۱/۳۱۱	۳۱۷۱۵۲۸	۹۳۸۳۰	۷۵۴۷۴	۹۳۵۹۳	۷۹۵۶۲

جدول شماره ۳: لگاریتم معکوس طول شبکه، لگاریتم تعداد خانه‌های حاوی شبکه زهکشی و بعد فرکتالی جزئی شبکه زهکشی جازموریان

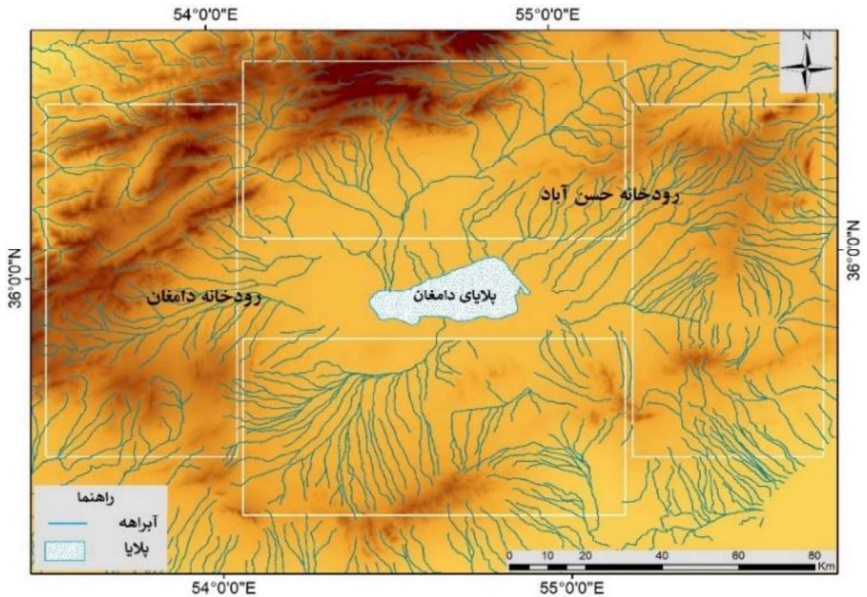
بعد فرکتالی ی جامعه	بعد فرکتالی جزئی غرب	Log Number غرب	بعد فرکتالی ی جامعه	بعد فرکتالی جزئی شمال	Log Number شمال	بعد فرکتالی ی جامعه	بعد فرکتالی جزئی جنوب	Log Number جنوب	بعد فرکتالی ی جامعه	بعد فرکتالی جزئی شرق	Log Number شرق
جامعه زمینه	۱	۰	جامعه زمینه	۱	۰	جامعه زمینه	۱	۰	جامعه زمینه	۱	۰
	۲	۰/۳۰۱		۲	۰/۳۰۱		۲	۰/۳۰۱		۲	۰/۳۰۱
	۲	۰/۹۰۳		۲	۰/۹۰۳		۲	۰/۹۰۳		۲	۰/۹۰۳
	۱/۹۸۹	۱/۵۰۵		۲	۱/۵۰۵		۲	۱/۵۰۵		۲	۰/۳۰۱
	۱/۹۳۰	۲/۱۰۴		۱/۹۷۷	۲/۱۰۷		۱/۶۱۹	۲/۱۰۷		۱/۹۶۶	۲/۱۰۷
جامعه آستانه	۱/۷۰۵	۲/۶۸۵	جامعه آستانه	۱/۷۷۸	۲/۷۰۲	جامعه آستانه	۱/۶۶۰	۲/۶۸۴	جامعه آستانه	۱/۸۰۲	۲/۶۹۹
	۱/۳۸۹	۳/۱۹۸		۱/۴۶۹	۳/۲۳۸		۱/۳۷۴	۳/۱۸۴		۱/۴۶۰	۳/۲۴۱
	۱/۱۵۹	۳/۶۱۶		۱/۱۹۰	۳/۶۸۰		۱/۱۵۴	۳/۵۹۷		۱/۱۸۰	۳/۶۸۱
	۱/۰۶۵	۳/۹۶۵		۱/۰۶۳	۴/۰۳۸		۱/۰۶۴	۳/۹۴۴		۱/۰۶۸	۴/۰۳۶
	۱/۰۲۶	۴/۲۸۶		۱/۰۲۴	۴/۳۵۸		۱/۰۲۴	۴/۲۶۵		۱/۰۲۷	۴/۳۵۷
جامعه آستانه	۱/۰۱۷	۴/۵۹۵	جامعه آستانه	۱/۰۱۴	۴/۶۶۶	جامعه آستانه	۱/۰۱۴	۴/۵۷۳	جامعه آستانه	۱/۰۱۶	۴/۶۶۷
	۱/۰۱۶	۴/۹۰۱		۱/۰۱۴	۴/۹۷۱		۱/۰۱۳	۴/۸۷۸		۱/۰۱۵	۴/۹۷۲



شکل شماره ۳. نمودار بعد فرکتالی کلی جعبه‌های آبراهه‌های جازموریان (ستون عمودی Log N، ستون افقی Log 1/Size)

سپس محدوده‌های موردبررسی بعد فرکتالی آبراهه در منطقه دامغان در (شکل شماره ۴) مشخص شده است. در این منطقه بعد فرکتالی الگوی شبکه زهکشی در شرق، ۱/۴۴، شمال ۱/۴۳، جنوب ۱/۳۹ و غرب ۱/۳۷ است. در منطقه دامغان، روند تغییرات ابعاد فرکتالی جزئی جامعه زمینه به محدوده جازموریان بسیار نزدیک است. با مشاهده تغییرپذیری ابعاد فرکتالی مشاهده می‌شود که محدوده شمال دارای بیشترین مؤلفه‌های خود تشابه از نظر گسترش آبراهه‌ها می‌باشد به عبارتی بیش از سایر قسمت‌ها گسترش آبراهه‌ها به صورت خود متشابه یا تکرار است. در منطقه دامغان نیز جوامع مختلف بر حسب شیب خط رگرسیون که همان بعد فرکتالی کلی است مشخص شده‌اند و نتایج نشان می‌دهد که محدوده شرقی

دارای بالاترین بعد فرکتالی برای آبراهه‌ها یا به عبارتی بالاترین سکون تکتونیک یا تشابه سنگ‌شناسی است که منجر به محاسبه بعد فرکتالی بالاتری نسبت به سایر قسمت‌ها شده است. ارقام محدوده شمالی نیز از این نظر به محدوده شرق بسیار نزدیک است. به عبارت دیگر محدوده‌های شرقی و شمالی نسبت به محدوده‌های جنوبی و غربی به ترتیب دارای ابعاد فرکتالی بالاتر و در نتیجه سنگ‌شناسی یکنواخت‌تر و یا آرامش تکتونیک بیشتری را تجربه می‌کند.



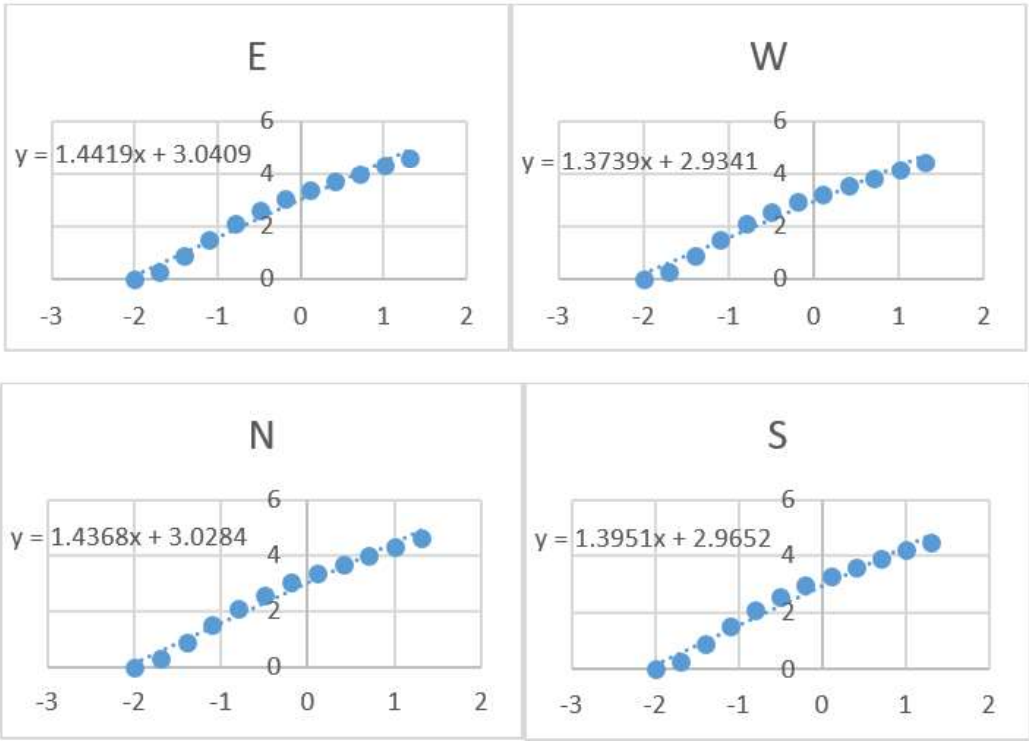
شکل شماره ۴. محدوده‌های مورد بررسی بعد فرکتالی آبراهه‌های دامغان

جدول شماره ۴. خانه‌های شمارش شده آبراهه دامغان

جنوب	شمال	غرب	شرق	تعداد خانه هر جعبه	$\text{Log}(1/\text{size})$	$1/\text{size}$	size
۱	۱	۱	۱	۱	۲-	۰/۰۱۰۰	۱۰۰
۲	۲	۲	۲	۲	۱/۶۹۹-	۰/۰۲۰۰	۵۰
۸	۸	۸	۸	۸	۱/۳۹۸-	۰/۰۴۰۰	۲۵
۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۳۲	۱/۰۹۷-	۰/۰۸۰۰	۱۲/۵
۱۲۲	۱۲۱	۱۲۸	۱۲۵	۱۲۸	۰/۷۶۹-	۰/۱۶۰۰	۶/۲۵
۳۷۱	۳۹۰	۳۵۳	۴۱۰	۵۱۲	۰/۵۹۵-	۰/۳۲۰۰	۳/۱۲۵
۹۱۶	۱۰۷۳	۸۳۹	۱۱۲۸	۲۱۴۵	۰/۱۹۴-	۰/۶۴۰۰	۱/۵۶۲۵
۱۹۳۹	۲۳۹۴	۱۷۴۱	۲۴۹۵	۸۳۸۵	۰/۱۰۷	۱/۲۸۰۰	۱/۷۸۱۲۵
۳۹۲۴	۴۹۶۸	۳۵۲۱	۵۱۳۲	۳۳۱۵۳	۰/۴۰۸	۲/۵۶۰۰	۰/۳۹۰۶۲۵
۷۹۱۱	۱۰۰۰۵	۷۰۳۶	۱۰۳۳۳	۱۳۱۸۴۱	۰/۷۰۹	۵/۱۲۰۰	۰/۱۹۵۳۱۲۵
۱۵۹۴۷	۲۰۱۴۷	۱۴۱۹۶	۲۰۷۵۱	۵۳۱۹۹۶	۱/۰۱۰	۱/۲۴۰۰	۰/۰۹۷۶۵۶۲۵
۳۲۲۵۶	۴۰۷۵۸	۲۸۶۶۱	۴۱۹۹۹	۳۱۷۱۵۲۸	۱/۳۱۱	۲۰/۴۸۰۰	۰/۰۴۸۸۲۸۱۳

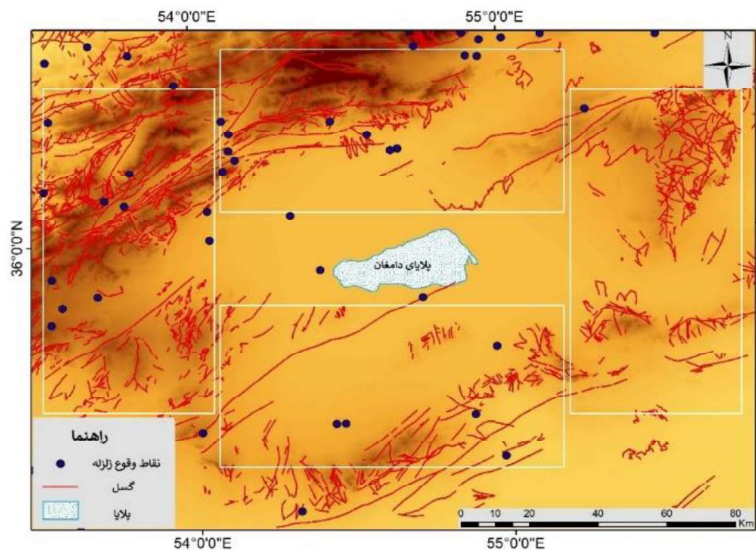
جدول شماره ۵. لگاریتم معکوس طول شبکه، لگاریتم تعداد خانه‌های حاوی شبکه زهکشی و بعد فرکتالی جزئی شبکه زهکشی دامغان

بعد فرکتال ی جامعه	بعد فرکتالی جزئی جنوب	Log Number جنوب	بعد فرکت الی جامعه	بعد فرکتالی جزئی شمال	Log Number شمال	بعد فرکت الی جامعه	بعد فرکتالی جزئی غرب	Log Number غرب	بعد فرکتنا لی جامعه	بعد فرکتالی جزئی شرق	Log Number شرق
جامعه زمینه	۱	۰	جامعه زمینه	۱	۰	جامعه زمینه	۱	۰	جامعه زمینه	۱	۰
	۲	۰/۳۰۱		۲	۰/۳۰۱		۲	۰/۳۰۱		۲	۰/۳۰۱
	۲	۰/۹۰۳		۲	۰/۹۰۳		۲	۰/۹۰۳		۲	۰/۹۰۳
	۱/۹۳۱	۱/۵۰۵		۱/۹۱۹	۱/۵۰۵		۲	۱/۵۰۵		۱/۹۶۶	۱/۵۰۵
	۱/۶۰۵	۲/۰۸۶		۱/۶۸۸	۲/۰۸۳		۱/۴۶۴	۲/۱۰۷		۱/۷۱۴	۲/۰۹۷
جامعه آستانه	۱/۳۰۴	۲/۵۶۹	جامعه آستانه	۱/۴۶۰	۲/۵۹۱	جامعه آستانه	۱/۲۴۹	۲/۵۴۸	جامعه آستانه	۱/۴۶۰	۲/۶۱۳
	۱/۰۸۲	۲/۹۶۲		۱/۱۵۸	۳/۰۳۱		۱/۰۵۳	۲/۹۲۴		۱/۱۴۵	۳/۰۵۲
	۱/۰۱۷	۳/۲۸۸		۱/۰۵۳	۳/۳۷۹		۱/۰۱۶	۳/۲۴۱		۱/۰۴۰	۳/۳۹۷
	۱/۰۱۲	۳/۵۹۴		۱/۰۱۰	۳/۶۹۶		۰/۹۹۹	۳/۵۴۷		۱/۰۱۰	۳/۷۱۰
	۱/۰۱۱	۳/۸۹۸		۱/۰۱۰	۴/۰۰۰		۱/۰۱۳	۳/۸۴۷		۱/۰۰۶	۴/۰۱۴
جامعه آستانه	۱/۰۱۶	۴/۲۰۳	جامعه آستانه	۱/۰۱۷	۴/۳۰۴	جامعه آستانه	۱/۰۱۴	۴/۱۵۲	جامعه آستانه	۱/۰۱۷	۴/۳۱۷
	۱/۰۱۵	۴/۵۰۹		۱/۰۱۶	۴/۶۱۰		۱/۰۱۲	۴/۴۵۷		۱/۰۱۶	۴/۶۲۳



شکل شماره ۵. نمودار بعد فرکتالی کلی جعبه‌های آبراهه‌های دامغان (ستون عمودی Log N ستون افقی Log 1/Size)

بررسی بعد فرکتال گسل برای شناخت وضعیت تکتونیکی حوضه جازموریان و دامغان
محدوده‌های موردبررسی بعد فرکتالی گسل در منطقه دامغان در (شکل شماره ۶) مشخص شده است که مشابه با محدوده‌های بررسی الگوی شبکه زهکشی در این منطقه است.



شکل شماره ۶. محدوده‌های مورد بررسی بعد فرکتالی گسل‌های دامغان

بعد فرکتالی محدوده‌های دامغان از بیشترین به ترتیب غرب $1/49$ ، شرق $1/40$ ، شمال $1/36$ و جنوب $1/33$ است. در بین محدوده‌های مطالعاتی دامغان، بعد فرکتالی جزئی در تمام محدوده‌ها روند مشابهی را در مورد جامعه زمینه نشان می‌دهد، با این حال در مورد محدوده غربی آشفتگی اعداد جامعه زمینه بیش از سایر محدوده‌ها است. در مورد جامعه آستانه که همان جامعه فرکتالی است نیز اعداد تقریباً با تفاوت اندکی تکرار شده‌اند که نشان از وجود مؤلفه‌های خود تشابه در روند تغییرات زمین‌ساختی است. همه محدوده‌ها دارای جامعه ناهنجار با بعد فرکتالی بزرگ‌تر از ۳ هستند، که این ناهنجاری در محدوده غربی بیش از سایر محدوده‌ها است. در مورد بعد فرکتالی کلی و مقایسه گسل‌ها در محدوده‌های مختلف دامغان نتایج نشان می‌دهند که محدوده‌های غرب، شرق، شمال و جنوب به ترتیب دارای فعالیت بیشتری از نظر سیستم گسلی هستند. در این بین محدوده غربی بالاترین میزان را دارا است. البته این ترتیب در صورتی صرفاً از لحاظ گسلی منطقه بررسی شود، در صورتی که باید ارقام الگوی شبکه زهکشی و گسلی باید با هم مورد بررسی قرار گیرد. در شکل شماره ۶ نقاط وقوع لرزه‌ای به عنوان نقاط دارای فعالیت تکتونیک درج گردیده است و می‌تواند به تفسیر بهتر برای تعیین نقاط دارای فعالیت تکتونیک در منطقه دامغان کمک کند.

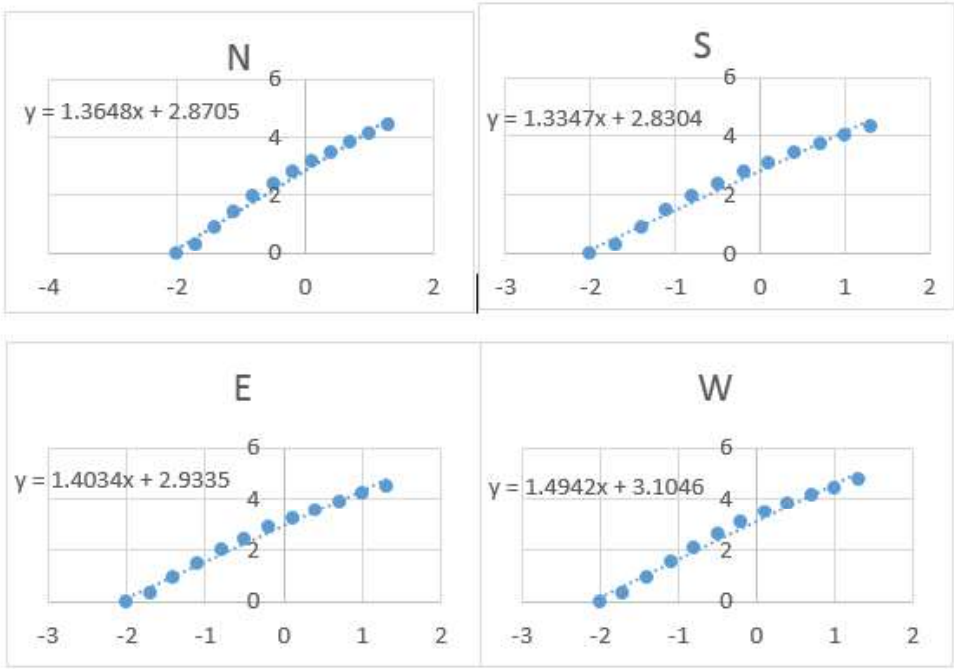
جدول شماره ۶. خانه‌های شمارش شده گسل دامغان

جنوب	شمال	غرب	شرق	تعداد خانه هر جعبه	$\text{Log}(1/\text{size})$	$1/\text{size}$	size
۱	۱	۱	۱	۱	-۲	۰/۱۰۰	۱۰۰
۲	۲	۲	۲	۲	-۱/۶۹۹	۰/۰۲۰۰	۵۰
۸	۸	۸	۸	۸	-۱/۳۹۸	۰/۰۴۰۰	۲۵
۲۹	۲۸	۳۲	۲۹	۳۲	-۱/۰۹۷	۰/۰۸۰۰	۱۲/۵
۹۲	۹۰	۱۱۸	۹۴	۱۲۸	-۰/۷۶۹	۰/۱۶۰۰	۶/۲۵
۲۴۹	۲۵۰	۳۹۲	۲۶۷	۵۱۲	-۰/۵۹۵	۰/۳۲۰۰	۳/۱۲۵
۵۸۶	۶۴۰	۱۱۵۷	۷۲۹	۲۱۴۵	-۰/۱۹۴	۰/۶۴۰۰	۱/۵۶۲۵
۱۲۷۴	۱۴۶۱	۲۹۲۳	۱۷۷۷	۸۳۸۵	-۰/۱۰۷	۱/۲۸۰۰	۱/۷۸۱۲۵

۰/۳۹۰۶۲۵	۲/۵۶۰۰	۰/۴۰۸	۳۳۱۵۳	۳۸۶۶	۶۶۳۰	۳۱۲۰	۲۶۸۶
۰/۱۹۵۳۱۲۵	۵/۱۲۰۰	۰/۷۰۹	۱۳۱۸۴۱	۸۰۲۲	۱۳۹۱۶	۶۴۲۵	۵۴۴۳
۰/۰۹۷۶۵۶۲۵	۱۰/۲۴۰۰	۱/۰۱۰	۵۳۱۹۹۶	۱۶۳۳۶	۲۸۳۵۰	۱۲۹۶۰	۱۰۹۵۳
۰/۰۴۸۸۲۸۱۳	۲۰/۴۸۰۰	۱/۳۱۱	۳۱۷۱۵۲۸	۳۳۱۱۵	۵۷۵۴۰	۲۶۱۵۵	۲۲۱۶۹

جدول شماره ۷. لگاریتم معکوس طول شبکه، لگاریتم تعداد خانه‌های حاوی گسل و بعد فرکتالی جزئی شبکه گسل دامغان

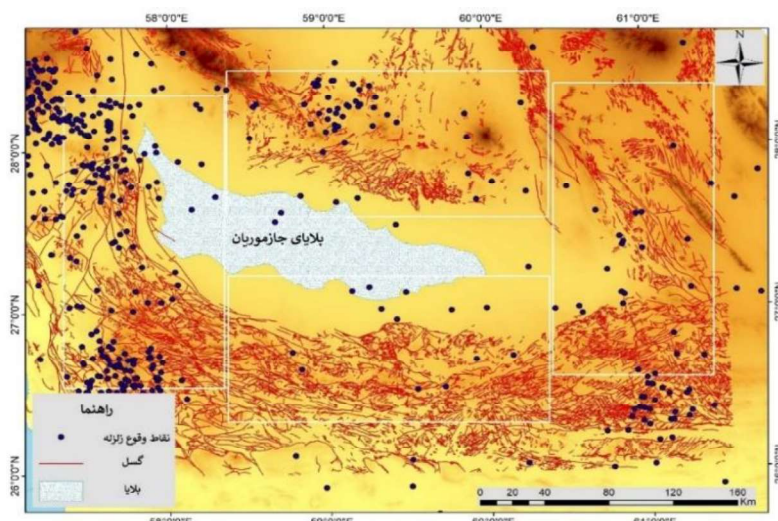
بعد فرکتالی جامعه	بعد فرکتالی جزئی جنوب	Log Number جنوب	بعد فرکتالی جامعه	بعد فرکتالی جزئی شمال	Log Number شمال	بعد فرکتالی جامعه	بعد فرکتالی جزئی غرب	Log Number غرب	بعد فرکتالی جامعه	بعد فرکتالی جزئی شرق	Log Number شرق
جامعه زمینه	۱	۰	جامعه زمینه	۱	۰	جامعه زمینه	۱	۰	جامعه زمینه	۱	۰
	۲	۰/۳۰۱		۲	۰/۳۰۱		۲	۰/۳۰۱		۲	۰/۳۰۱
	۱/۸۵۸	۰/۹۰۳		۱/۸۰۷	۰/۹۰۳		۲	۰/۹۰۳		۱/۸۵۸	۰/۹۰۳
	۱/۶۶۶	۱/۴۶۲		۱/۶۸۴	۱/۴۴۷		۱/۸۸۳	۱/۵۰۵		۱/۶۹۷	۱/۴۶۲
	۱/۴۳۶	۱/۹۶۴		۱/۴۷۴	۱/۹۵۴		۱/۷۳۲	۲/۰۷۲		۱/۵۰۶	۱/۹۷۳
جامعه آستانه	۱/۲۳۵	۲/۳۹۶	جامعه آستانه	۱/۳۵۶	۲/۳۹۸	جامعه آستانه	۱/۵۶۱	۲/۵۹۳	جامعه آستانه	۱/۴۴۹	۲/۴۲۷
	۱/۱۲۰	۲/۷۶۸		۱/۱۹۱	۲/۸۰۶		۱/۳۳۷	۳/۰۶۳		۱/۲۸۵	۲/۸۶۳
	۱/۰۷۶	۳/۱۰۵		۱/۰۹۵	۳/۱۶۵		۱/۱۸۲	۳/۴۶۶		۱/۱۲۱	۳/۲۵۰
	۱/۰۰۹	۳/۴۲۹		۱/۰۴۲	۳/۴۹۴		۱/۰۷۰	۳/۸۲۲		۱/۰۵۳	۳/۵۸۷
	۱/۰۱۷	۳/۷۳۶		۱/۰۱۲	۳/۸۰۸		۱/۰۲۷	۴/۱۴۴		۱/۰۲۶	۳/۹۰۴
۱/۰۱۶	۴/۳۴۶	۴/۱۱۳	۱/۰۱۱	۴/۴۱۸	۴/۴۱۸	۱/۰۲۰	۴/۷۶۰	۴/۷۶۰	۱/۰۱۸	۴/۵۲۰	۴/۵۲۰



شکل شماره ۷. نمودارهای بعد فرکتالی کلی جعبه‌های گسل دامغان (ستون عمودی Log N، ستون افقی Log 1/Size)

محدوده‌های موردبررسی بعد فرکتالی گسل در منطقه جازموریان در (شکل شماره ۸) مشخص شده است که این محدوده‌ها با محدوده‌های الگوی شبکه زهکشی مشابه است. بعد فرکتالی گسل در جازموریان از بی‌شترین به ترتیب، جنوب ۱/۵۹، شرق ۱/۵۷، غرب ۱/۵۶ و شمال ۱/۵۰ است. بررسی ابعاد فرکتالی جزئی و کلی در این محدوده نشان

می‌دهد که تمامی اعداد دارای ابعاد فرکتالی جزئی بزرگ‌تر از این عدد جامعه زمینه ما خواهند بود یعنی از نظر بعد فرکتالی خارج از نظم متناظر هستند و تغییرات آن‌ها جزئی و با آشفستگی جزئی است. همان‌طور که در جدول نیز مشاهده می‌شود این اعداد بین ۱ و ۲ و مقادیر بالاتر از ۱/۵ تغییر می‌کنند. جامعه زمینه در تقریباً تمامی محدوده‌ها برای گسل جازموریان از عدد ۲ شروع شده و به بعد فرکتالی کلی ختم شده است. اما وجود اعداد ۱ پیش از عدد ۲ نشان از اندکی آشفستگی دارد. تمامی اعداد کوچک‌تر از شیب خط رگرسیون یا همان بعد فرکتالی کلی، جامعه آستانه ما را تشکیل می‌دهند. اعداد در جامعه دوم شبیه به هم تکرار شده‌اند و روندی کاهشی دارند، بنابراین تغییرات بعد فرکتالی در اینجا جزئی است. این جامعه نسبت به جامعه زمینه آشفستگی کمتری دارد. اگر اعداد در این قسمت شبیه به هم تکرار شوند بیانگر افزایش خواص فرکتالی و توسعه منظم و قانونمند گسل‌ها است. در این بخش است که می‌توان رفتار گسل‌ها را در آینده پیش‌بینی کرد. طبق جدول تغییرات بعد فرکتالی در این جامعه اندک است. ناهنجاری در جامعه جنوبی بیش از سایر جوامع است. پس از آن جامعه شرقی و غربی و در انتها جامعه شمالی به ترتیب دارای بیشترین آنومالی هستند. مقایسه بعد فرکتالی گسل‌ها در محدوده‌های مختلف جازموریان نشان می‌دهد جامعه جنوبی دارای بالاترین و جامعه شمالی دارای پایین‌ترین بعد فرکتالی است. در شکل شماره ۸ نقاط وقوع لرزه‌ای به عنوان نقاط دارای فعالیت تکتونیک درج گردیده است و می‌تواند به تفسیر بهتر برای تعیین نقاط دارای فعالیت تکتونیک در منطقه جازموریان کمک کند.



شکل شماره ۸. محدوده‌های مورد بررسی بعد فرکتالی گسل‌های جازموریان

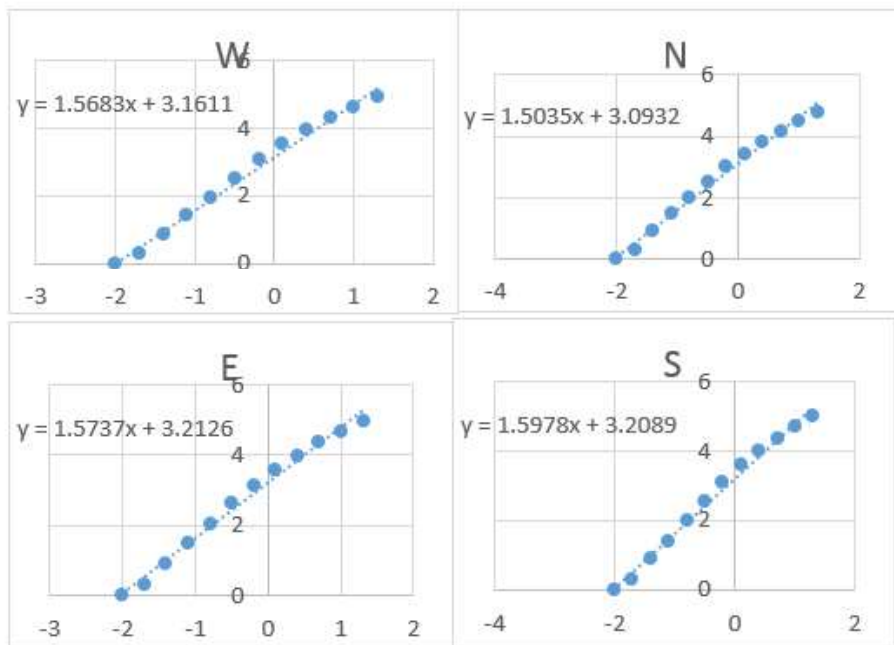
جدول شماره ۸. تعداد خانه‌های شمارش شده گسل جازموریان

جنوب	شمال	غرب	شرق	تعداد خانه هر جعبه	$\text{Log}(1/\text{size})$	$1/\text{size}$	size
۱	۱	۱	۱	۱	-۲	۰/۰۱۰۰	۱۰۰
۲	۲	۲	۲	۲	-۱/۶۹۹	۰/۰۲۰۰	۵۰
۸	۸	۷	۸	۸	-۱/۳۹۸	۰/۰۴۰۰	۲۵
۲۵	۳۰	۲۸	۳۱	۳۲	-۱/۰۹۷	۰/۰۸۰۰	۱۲/۵
۹۳	۱۰۶	۹۱	۱۱۵	۱۲۸	-۰/۷۶۹	۰/۱۶۰۰	۶/۲۵
۳۴۲	۳۴۱	۳۳۰	۴۱۳	۵۱۲	-۰/۵۹۵	۰/۳۲۰۰	۳/۱۲۵
۱۲۴۷	۹۹۱	۱۱۲۹	۱۳۴۰	۲۱۴۵	-۰/۱۹۴	۰/۶۴۰۰	۱/۵۶۲۵
۳۹۷۵	۲۶۶۴	۳۴۲۹	۳۹۲۶	۸۳۸۵	-۰/۱۰۷	۱/۲۸۰۰	۱/۷۸۱۲۵
۱۰۴۴۸	۶۵۰۰	۸۸۳۸	۹۸۳۷	۳۳۱۵۳	-۰/۴۰۸	۲/۵۶۰۰	۰/۳۹۰۶۲۵

۰/۱۹۵۳۱۲۵	۵/۱۲۰۰	۰/۷۰۹	۱۳۱۸۴۱	۲۱۹۹۳	۱۹۸۷۲	۱۴۶۴۶	۲۳۸۹۷
۰/۰۹۷۶۵۶۲۵	۱۰/۲۴۰۰	۱/۰۱۰	۵۳۱۹۹۶	۴۵۴۶۱	۴۱۶۶۰	۳۰۳۰۴	۵۰۱۳۲
۰/۰۴۸۸۲۸۱۳	۲۰/۴۸۰۰	۱/۳۱۱	۳۱۷۱۵۲۸	۹۱۷۲۴	۸۵۰۶۱	۶۰۹۷۹	۱۰۱۷۷۵

جدول شماره ۹. لگاریتم معکوس طول شبکه، لگاریتم تعداد خانه‌های حاوی گسل و بعد فرکتالی جزئی شبکه گسل جازموریان

بعد فرکتالی جزئی شرق	بعد فرکتالی جامعه	Log Number غرب	بعد فرکتالی جزئی غرب	بعد فرکتالی جامعه	Log Number شمال	بعد فرکتالی جزئی شمال	بعد فرکتالی جامعه	Log Number جنوب	بعد فرکتالی جزئی جنوب	بعد فرکتالی جامعه
۰	۱	۰	۱	۰	۰	۱	۰	۰	۱	۰
۰/۳۰۱	۲	۰/۳۰۱	۱/۸۰۷	۰/۳۰۱	۰/۳۰۱	۲	۰/۳۰۱	۰/۳۰۱	۲	۰/۳۰۱
۰/۹۰۳	۱/۹۵۴	۰/۸۴۵	۲	۰/۸۴۵	۰/۹۰۳	۱/۹۱	۰/۹۰۳	۰/۹۰۳	۱/۶۴۴	۰/۹۰۳
۱/۴۹۱	۱/۸۹۱	۱/۴۴۷	۱/۷۰۰	۱/۴۴۷	۱/۴۷۷	۱/۸۲	۱/۴۷۷	۱/۳۹۸	۱/۸۹۵	۱/۳۹۸
۲/۰۶۱	۱/۸۴۵	۱/۹۵۹	۱/۸۵۹	۱/۹۵۹	۲/۰۲۵	۱/۶۹	۲/۰۲۵	۱/۹۶۸	۱/۸۷۹	۱/۹۶۸
۲/۶۱۶	۱/۶۹۸	۲/۵۱۹	۱/۷۷۵	۲/۵۱۹	۲/۵۳۳	۱/۵۴	۲/۵۳۳	۲/۵۳۴	۱/۸۶۶	۲/۵۳۴
۳/۱۲۷	۱/۵۵۱	۳/۰۵۳	۱/۶۰۳	۳/۰۵۳	۲/۹۹۶	۱/۴۳	۲/۹۹۶	۳/۰۹۶	۱/۶۷۲	۳/۰۹۶
۳/۵۹۴	۱/۳۲۵	۳/۵۳۵	۱/۳۶۶	۳/۵۳۵	۳/۴۲۶	۱/۲۹	۳/۴۲۶	۳/۵۹۹	۱/۳۹۴	۳/۵۹۹
۳/۹۹۳	۱/۱۶۱	۳/۹۴۶	۱/۱۶۹	۳/۹۴۶	۳/۸۱۳	۱/۱۷	۳/۸۱۳	۴/۰۱۹	۱/۱۹۴	۴/۰۱۹
۴/۳۴۲	۱/۰۴۸	۴/۲۹۸	۱/۰۶۸	۴/۲۹۸	۴/۱۶۶	۱/۰۵	۴/۱۶۶	۴/۳۷۸	۱/۰۶۹	۴/۳۷۸
۴/۶۵۸	۱/۰۱۳	۴/۶۲۰	۱/۰۳۰	۴/۶۲۰	۴/۴۸۱	۱/۰۱	۴/۴۸۱	۴/۷۰۰	۱/۰۲۲	۴/۷۰۰
۴/۹۶۲	۱/۰۱۲	۴/۹۳۰	۱/۰۲۰	۴/۹۳۰	۴/۷۸۵	۱	۴/۷۸۵	۵/۰۰۸	۱/۰۲۰	۵/۰۰۸



شکل شماره ۹. نمودارهای بعد فرکتالی کلی جعبه‌های گسل جازموریان (ستون عمودی Log N ستون افقی 1/Size)

نتیجه‌گیری

مقایسه نتایج بعد فرکتالی گسل و شبکه زهکشی می‌تواند بیان‌کننده سکون یا فعالیت تکتونیکی منطقه باشد. بر این

اساس مطالعات انجام شده محدوده‌هایی که دارای بعد فرکتالی بالاتری برای گسل و بعد فرکتالی پایین‌تری برای شبکه زهکشی هستند محدوده‌های فعال‌تری به حساب می‌آیند. حال با مقایسه ارقام بعد فرکتالی کلی گسل‌ها و شبکه‌های زهکشی برای هر منطقه می‌توان تفاوت در فعالیت زمین‌ساختی را در چهارسوی چاله‌ها مقایسه نمود. در منطقه جازموریان قسمت جنوبی چاله بالاترین بعد فرکتالی گسل (۱/۵۹۷۸) و پایین‌ترین بعد فرکتالی شبکه زهکشی (۱/۵۴۲۴) را دارا می‌باشد که نشان از فعالیت بیشتر تکتونیک این محدوده است. بررسی نقشه نقاط لرزه‌ای مؤید بیشترین آمار زلزله در این محدوده نیست اما با توجه به اینکه محدوده موردبررسی در حیطه صفحات فرورازشی (پوسته اقیانوسی عربستان به زیر صفحه اوراسیا) است در نتیجه این محدوده بیشترین فعالیت تکتونیک در منطقه را نشان می‌دهد و نتایج هندسه فرکتال را تأیید می‌کند. پس‌از آن محدوده‌های غربی و شرقی با ارقام گسلی نزدیک به هم قرار دارند و از آنجا که ابعاد فرکتالی گسل این دو محدوده نزدیک است محدوده‌ای که بعد فرکتالی آبراهه آن کمتر باشد محدوده فعال‌تر در نظر گرفته می‌شود (محدوده غربی). همچنین برای محدوده غربی تعداد بیشتر نقاط وقوع زمین‌لرزه نیز نشان از فعالیت تکتونیک بیشتر و این عامل هم‌نظر فوق را تأیید می‌کند. سپس محدوده شرقی قرار دارد که دارای بیشترین رقم گسلی است و در نهایت محدوده شمالی جازموریان نسبت به سایر قسمت‌ها سکون تکتونیک بیشتری را طبق داده‌های فرکتالی تجربه می‌کند. در منطقه دامغان نیز قسمت غربی با بالاترین بعد فرکتالی گسل (۱/۴۰۳۴) و پایین‌ترین بعد فرکتالی شبکه زهکشی (۱/۳۷۳۹) مؤید منطقه فعال‌تری از نظر تکتونیک است. این منطقه از دارای بیشترین تعداد وقوع زمین‌لرزه نسبت به سایر محدوده‌ها بوده در نتیجه فعالیت تکتونیک بیشتری را نشان می‌دهد. پس‌از آن محدوده‌های شرقی با توجه به ارقام بعد فرکتالی گسل و شبکه زهکشی محدوده فعال است. سپس محدوده شمالی حوضه فعالیت تکتونیک را نشان می‌دهد که در این محدوده نیز تعداد زیاد زلزله مؤید این مطلب است. در نهایت محدوده جنوبی نسبت به سایر قسمت‌ها سکون تکتونیک بیشتری را تجربه می‌کند. همچنین در دامغان و جازموریان بعد فرکتالی جزئی گسل‌ها در جامعه زمینه قسمت‌های غربی آشفتگی بیشتری دارد. در جامعه آستانه جازموریان روند کاهش منظم اما در مورد دامغان تکرار اعداد بیشتر و بی‌نظمی نسبتاً جزئی مشاهده می‌شود.

تقدیر و تشکر

این مقاله از رساله دکتری مصوب در دانشکده جغرافیای دانشگاه تهران استخراج شده است و تحت حمایت مالی صندوق حمایت از پژوهشگران و فناوران کشور (INSF) انجام شده است بدین وسیله از حمایت این صندوق تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع

- ۱) اسدی قجزلو، مسلم؛ خطیب، محمد مهدی؛ موسوی، سید مرتضی و یزدان پناه، حسام. (۱۳۹۴). بررسی فعالیت زمین‌ساختی قطعات گسلی با استفاده از شاخص‌های ریخت زمین‌ساختی و فرکتال آبراهه‌ها مطالعه موردی (گسل فعال اسماعیل‌آباد شرق ایران). فصلنامه زمین‌ساخت، ۱ (۴)، ۸-۱.
- ۲) ایلدرمی، علیرضا و سپهری، مهدی. (۱۳۹۷). فرسایش‌پذیری سازندهای زمین‌شناسی با استفاده از تحلیل بعد فرکتال شبکه زهکشی (مطالعه موردی، دامنه‌های شمالی همدان). پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی، ۶ (۴)، ۷۰-۸۸.
- ۳) تقوی مقدم، ابراهیم؛ بهرامی، شهرام و زنگنه اسدی، محمدعلی. (۱۳۹۶). کارایی شاخص‌های ژئومورفومتری شبکه زهکشی جهت ارزیابی تکتونیک فعال در حوضه‌های باغرود، بوژان، زاوین و سررود در شمال شرق کشور. مجله آمایش جغرافیایی فضا،

۷ (۲۵)، ۱۰۳-۱۲۰.

- (۴) چرچی، عباس؛ خطیب، محمدمهدی؛ مظفر خواه، محمد و برجسته، آرش. (۱۳۹۰). استفاده از تحلیل فرکتالی برای تعیین پویایی تکتونیک شمال منطقه لالی در شمال خاور خوزستان، *مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته*، ۱ (۱)، ۳۷-۴۲.
- (۵) رضایی مقدم، محمدحسین؛ ثروتی، محمدرضا و اصغری سرا سکانرودی، صیاد. (۱۳۹۱). بررسی تغییرات الگوی هندسی رودخانه قزل‌اوزن با استفاده از تحلیل هندسه فرکتال. *نشریه جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۱۶ (۴۰)، ۱۳۹-۱۱۹.
- (۶) صدر، امیرحسین؛ علی‌پور، رضا و قمریان، سحر. (۱۳۹۷). بررسی نقش ساختارهای فعال زمین‌ساختی در ابعاد فرکتالی شکستگی‌ها و آبراهه‌های پهنه گسل حسن‌آباد (جنوب باختر قزوین). *فصلنامه زمین‌ساخت*، ۲ (۵)، ۱۶-۳.
- (۷) علمی زاده، هیوا؛ ماهیکر، امید و سعادت‌مند، مریم. (۱۳۹۳). بررسی نظریه فرکتال در ژئومورفولوژی رودخانه‌ای: مطالعه موردی زربینه‌رود. *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، ۲، ۱۴۱-۱۳۰.
- (۸) کرینزلی، دانیل. (۱۳۸۸). *کویرهای ایران و خصوصیات ژئومورفولوژیکی و پالتوکلیما/تولوژی آن*. ترجمه عباس پاشایی، چاپ دوم، تهران: سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح.
- (۹) کرم، امیر و صابری، میترا. (۱۳۹۴). محاسبه بعد فرکتال در حوضه‌های زهکشی و رابطه آن با برخی خصوصیات ژئومورفولوژیکی حوضه (مطالعه موردی حوضه آبریز شمال تهران). *پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی*، شماره ۱۵، صص. ۱۵۳-۱۶۷.
- (۱۰) کمالی، زهرا؛ هیهات، محمود رضا؛ نظری، حمید و خطیب، محمدمهدی. (۱۳۹۷). تحلیل ناهمسانی جنبشی گسل دورود (جنوب باختر ایران) با استفاده از فرکتال و شواهد ریخت زمین‌ساختی. *مجله علوم زمین*، ۲۸ (۱۰۹)، ۲۲-۷.
- (۱۱) گورابی، ابوالقاسم؛ زمانزاده، سید محمد؛ یمانی، مجتبی و پیرانی، پریرسا. (۱۳۹۹). ارزیابی و مقایسه کارایی روش‌های کمی فرکتال و فازی در تحلیل وضعیت تکتونیکی زاگرس شمال غرب. *برنامه‌ریزی و آمایش فضا*، ۲۴ (۴)، ۶۷-۲۹.
- (۱۲) میرکتولی، جعفر؛ بارگاهی، رضا و عقیلی، سیده زهرا. (۱۳۹۳). تبیین ابعاد استفاده از هندسه فرکتال در تحلیل‌های جغرافیا و برنامه‌ریزی شهری. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۴ (۱۴)، ۸۲-۵.
- (۱۳) هوشمندزاده، عبدالرحیم؛ علوی نایینی، منصور و حق‌پور، عبدالعظیم. (۱۳۵۷). *تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ناحیه تروند (از پرممبرین تا عهد حاضر)*. تهران: سازمان تحقیقات زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

- 1) Angeles. G., Perillo, G., & Pierini. J. (2004). Fractal analysis of tidal channels in the Bahía Blanca Estuary (Argentina). *Geomorphology*, 57 (3-4), 263-274.
- 2) Angulo-Brown, F., Ramirez-Guzman, A. H., Yezpez, E., Rudoif-Nvarro, A., & Paviamiller, C.G. (1998). Fractal Geometry and Seismicity in the Mexican Subduction Zone. *Geofisica Internacional*, 37, 29-33.
- 3) Asady G., Khatib, M., Mousavi, S. M., & Yazdanpanah, H. (2015). The morphotectonic and drainage fractal constrains for the faults activity, case study of Esmaeil abad fault, Eastern Iran. *Tectonics Journal*, 1 (4), 1-9. [in Persian].
- 4) Ayunova, O. D., Kalush, Y. A., & Loginov, V. M. (2007). Relationship of the seismic activity of the Tuvian and adjacent Mongolian areas with the fractal dimensionality of a fault system. *Russian Geology and Geophysics*, 48 (7), 593-597.
- 5) Baas, A.C.W. (2002). Chaos, Fractals and Self-Organization in Coastal Geomorphology: Simulating Dune Landscapes in Vegetated Environments. *Geomorphology*, 48 (1-3), 309-328.
- 6) Bartolo, S.G., Veltri, M., & Primavera, L., (2006). Estimated generalized dimensions of river networks. *Journal of Hydrology*, 322, 181-191.
- 7) Bi, L., He, H., Wei, Z., & Shi, F. (2012). Fractal properties of landform in the Ordos block and surrounding areas. *Journal of China Geomorphology*, 175, 151-162.
- 8) Charchi, A., Khatib, M. M., Mozafarkhah, M., & Bargeste, A. (2012). Using fractal analysis to determine the tectonic dynamics of the northern Lali region in northern Khuzestan. *Journal of Advanced Applied Geology*, 1 (1), 42-37. [in Persian].
- 9) Cowie, P. A., Sornette, D., & Vanneste, C. (1995). Multifractal scaling properties of a growing fault population. *Geophysic Journal International*, 122, 457-469.
- 10) Elmizadeh, H., Mahpeykar, O., & Sa'adatmand, M. (2015). Investigation of fractal theory in river

- geomorphology. *Quantitative Geomorphological Research*, 3(10), 130-141. [in Persian].
- 11) Goorabi A., Zamanzadeh, S. M., Yamani, M., & Pirani, P. (2020.) Evaluation and comparison of fractal and fuzzy quantitative methods efficiency in analysis of northwest Zagros tectonic situation. *Journal of Spatial Planning*, 4 (24), 29-67. [in Persian].
 - 12) Hirata, T. (1989). Fractal Dimension of Fault Systems in Japan: Fractal Structure in Rock Fracture Geometry at Various Scales. *Pure and applied Geophysics*, 131 (1-2), 157-170.
 - 13) Hoshmandzadeh, A., Alavi Naiini, M., & Haghipour, A. (1978). *Evolution of geological phenomena in the Troud region (from Precambrian to the present)*. Tehran: Geological Survey and Mineral Exploration of Iran. [in Persian].
 - 14) Ildormi, A., & Sepehri, M. (2018). Relationship of Quantitative Geomorphological Indices Using Fractal Dimension. *Quantitative Geomorphological Research*, 6 (24), 70-87. [in Persian].
 - 15) Kamali, Z., Hayhat, M., Nazari, H., & Khatib, M. M.. (2018). Kinematic dissimilarity analyses Dorod fault(southwestern Iran), using by Fractal, kernel and Morphotectonic. *Journal of Geosciences*, 28, 109, 7-22. [in Persian].
 - 16) Karam, A., & Saberi, M. (2016). Calculation of fractal dimension in drainage basins and its relationship with some geomorphological characteristics of the basin (Case study: North Tehran catchments). *Quantitative Geomorphological Research*, 4 (15), 153-167. [in Persian].
 - 17) Klinsky, D. (2002). *Deserts of Iran*, Translated into Persian by Dr. Abbas Pashaei, Tehran: Geographical Organization of the Armed Forces. [in Persian].
 - 18) Kusak, M. (2014). Methods of fractal geometry used in the study of complex geomorphic networks. *AUC Geographica*, 49 (2), pp. 99-110.
 - 19) Mandelbrot, B. (1967). How long is the coast of Britain Statistical self-similarity and fractiona dimension. *Science*, 156(3775), 636-638.
 - 20) Mandelbrot, B.B. (1977). *Fractals: Form, Chance and Dimension*, W.H. Freeman and Co, San Francisco.
 - 21) Mirkatouli, J., Bargahi, R., Aghili, S. Z. (2014). Explanation of Fractal Geometry in Geography and Urban Planning. *Geographical Planning of Space*, 4 (14), 55-82. [in Persian].
 - 22) Rezayee Moghadam, M., Servati, M. R. & Asghari Sarsekanrod, S. (2012). Investigation of Gezel Ozan River Pattern Changes by Fractal Geometry. *Journal of Geography and Planning*, 16 (40), 119-139. [in Persian].
 - 23) Sadr, A. H., Alipoor, R., & Ghamarian, S. (2018). Analysis (Investigating) the role of active structures of tectonic in fractal dimension of fractures and drainages of the Hassanabad fault zone (SW Qazvin). *Tectonics Journal*, 2 (5), 3-16. [in Persian].
 - 24) Schwartz, D., & Coopersmith, K. J. (1984). Fault Behavior and Characteristic Earthquakes: Examples from the Wasach and San Andreas Faults. *Journal of Geophysics Reserch*, 89 (7), 5681-5698. [in Persian].
 - 25) Suk Moon, S., Zen, M. T., Kadir, W. G. A., Hendrajaya, L., Santoso, D., & Dubios, J. (1996). Fractal Geometry of the Sumatra Active Fault System and its Geodynamical Implications. *Journal of Geodynamic*, 22(1-2), 1-9. [in Persian].
 - 26) Taghavi Moghadam, E., Bahrami, S., & Zangeneh Asadi, M. A. (2017). Efficiency of Indicators to Geomorphometry Drainage Basins for Evaluate the Tectonic Active Baghrod Basins, Bojan, Zavin and Sarrod of North East Iran. *Journal of Geographical Planning of Space*, 7 (25), 120-130. [in Persian].
 - 27) Turcotte, D.L. (1992). *Fractal and Chaos in Geology and Geophysics*. Geophysics Combridge University Press, Combridge, P 121. [in Persian].
 - 28) Yang, J., Zhang, Y., & Zhu, Y. (2007). Intelligent fault diagnosis of rolling element bearing based on SVMs and fractal dimension. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 5 (21), 2012-2024. [in Persian].