



<https://sppl.ui.ac.ir/?lang=en>

Spatial Planning  
E-ISSN: 2476-3357

Document Type: Research Paper

Vol. 12, Issue 1, No.44, Sprig 2022, pp. 1- 4

Received: 25/10/2021 Accepted: 22/05/2022

## The Ordering Analysis of Waterways Drainage Basins of Iran

Gholam Hassan Jafari <sup>1</sup>\*, Kazhal Qafoori <sup>2</sup>

1- Associate Professor, Department of Geography, Faculty of Literature, Zanjan University, Zanjan, Iran  
jafarihas@yahoo.com

2- MA, Department of Geography, Faculty of Literature, Zanjan University, Zanjan, Iran  
kazhal.qafoori.eng@gmail.com

### Abstract

Physiography is a part of earth science studies in which the physical characteristics of the drainage basin such as area, perimeter and relief, slope, direction, etc. are studied. The studies that examine the physical characteristics and shape of a basin are called Physiography. Knowledge of the physiographic characteristics of a basin along with information about the climatic conditions of the region can provide us with a relatively accurate image of the quantitative and qualitative function of the hydrological system of that basin (Pitlick, 1994). The increase in the rank of waterways in a drainage basin is under the influence of various geomorphological, geological, and climatological ecosystems and contexts. In dealing with open systems, the researchers' assumption is usually on the effectiveness of specific and accessible vectors and the evaluation of the system's behavior in relation to those vectors. The area of study in this research includes Iran. Iran with an area of about 1648195 square kilometers is approximately located between 25-40 degrees north latitude and 44-64 degrees east longitude.

### Materials and Methods

In this study, the accuracy of physiographic relationships in the basins was discussed. The existing relationships and the connection between them represent the relation of physiographic characteristics of the basin. In dealing with open systems, the researchers' assumption is usually on the effectiveness of specific and accessible vectors and the evaluation of the system's behavior in relation to those

---

\*Corresponding Author

Jafari, G., Qafoori, K. (2022). The ordering analysis of waterways drainage basins of Iran. *Spatial Planning*, 12 (1), 1 -4.



2476-3357 / © 2022. Published by University of Isfahan

This is an open access article Under the by-nc-nd/4.0/ License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>).



<http://dx.doi.org/10.22108/sppl.2022.131181.1619>



[20.1001.1.22287485.1401.12.1.3.3](https://doi.org/10.22108/sppl.2022.131181.1619)

vectors. Accordingly, in this study, the increase in the rank of the waterways drainage basin of Iran in the form of 984 sub-basins was investigated in terms of the bifurcation ratio, total length of waterways, the total average of waterways, and basin area. The relation between the equal rank of waterway and drainage basin area and also the relation between specific retention constant and slope and drainage density are among the physiographic characteristics of the drainage basin that were evaluated in this study. For this purpose, first, the layer of main rivers and waterways was prepared from DEM 30\*30 extracted from the SRTM satellite. After extraction of the waterway in Arc GIS 10.3 software, Iran's rivers were ranked based on the Horton-Strahler theory. The relation between the equal rank of waterway and drainage basin area and also the relation between specific retention constant and slope and drainage density are among the physiographic characteristics of the drainage basin that were evaluated in this essay.

### Discussion

In the drainage basin of Iran, a regression equation was established between the 'area' as an independent variable and the sum of flow ranks as a dependent variable, and the obtained equation responded positively to this hypothesis with a favorable level of significance. The amount of the explanation coefficient of most sub-basins is more than 0.99, which indicates the great effectiveness of the expanse of the basins on the sum of the ranks of rivers flow. The lowest explanation coefficient is in the Abarkooh-Sirjan basin (0.89) and then in Dar-Anjir Desert sub-basins (0.92) (probably due to the basins being dry and playa), Aras (due to having just one bank) And Haraz-Qarah Su (0.96), and Sefidrud-Haraz (0.97) (due to the different climate of the basins), respectively. The bifurcation ratio has an inverse relationship with the ranks so that as the waterway rank increases, the bifurcation ratio coefficient decreases.

The highest percentage belongs to the Sefidrud-Haraz (82%), Gavkhouni (72%), and Namak Lake (62%) basins. The common feature of the three basins is that their final drain is located in a corner of the basin and not in the center. Siahkuh Desert sub-basins (35%), Bandar Abbas-Sadich (36%), Karkheh and Abarkooh-Sirjan (37%) have the lowest frequency percentage of high ranks. In the drainage basin, a regression equation was established between the area and equal ranks according to their frequency. In this equation, the area was the independent variable and the bifurcation ratio was the dependent variable and according to the level of significance obtained from the equation, the drainage basin responded positively to the hypothesis. Basins with smaller areas also had smaller bifurcation ratios. The highest explanation coefficients belong to Qarah-Su- Gorganrood (99%) and Dur-Anjir Desert (98%) sub-basins, and the lowest explanation coefficients belong to Sefidrud and Hamun-e Jaz-Murian (50%), Hamun-e Mashekl (54%), Urmia (59), and Helleh (62%) sub-basins.

The flow length of each rank is measured and categorized in all basins. The prevailing result is the existence of a negative relationship between total flow length and rank. A regression equation was established between retention constant and slope, and regression equations were estimated with a positive procedure. In this examination, the slope was considered the independent variable and the retention constant was considered the dependent variable. Some basins were excluded from the examination, most likely due to the topographic and lithological effects of the basins that have

changed the specific retention constant. Basins may be more expanded in the mound area, reducing drainage density in these areas. Even among the basins where acceptable regression equations have been obtained, the explanation coefficient varied between 50% (Hamun-Helmand, Abarkooh-Sirjan, Sefidrud) up to a maximum of 79% (Gavkhouni) and most of them had been between 50% and 60%.

### Conclusion

There is a direct relationship between the two parameters that is, the sum of the rank of waterways in a drainage basin and the area of the drainage basin of Iran so that in most drainage basins the explanation coefficient of these two parameters is estimated to be 99%. In the drainage basin of Iran, the amount of the explanation coefficient of the bifurcation ratio and increasing the rank of rivers varies from 35% in the Siahkuh Desert basin to 82% in the Sefidrud drainage basin. The area of the basin with a 99% explanation coefficient may affect the bifurcation ratio. In some basins of Iran that have active tectonics or rivers are captured or diverted, sometimes the flow length is fewer in the lower ranks than in the higher ranks. Provided that the topography of the basin is balanced over time, by increasing the rank of waterways, the flow length average increases in the same rank. The assumption that as much as the retention constant of the basin increases then the drainage density of the basin decreases, can be generalized in most of the drainage basins of Iran with an explanation coefficient higher than 90%.

**Keywords:** Physiography, Specific Retention, River Ranking, Drainage Basin.

### References

- Ali, U., & Ali, S. A. (2014). Analysis of drainage morphometry and watershed prioritization of Romushi-Sasar catchment, Kashmir valley, India using remote sensing and GIS technology. *International Journal of Advanced Research*, 2(12), 5-23.
- Elmi Zadeh, H., Mah Peykar, O., & Sadatmand, M. (2014). Investigation of fractal theory in river geomorphology (case study: Zarrineh River). *Journal of Quantitative Geomorphological Research*, 3(2), 130-141 (in Persian).
- Hack, J. T. (1975). Dynamic equilibrium and landscape evolution. *Theories of Landform Development*, 1, 87-102.
- Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydro physical approach to quantitative morphology. *Journal of Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275-370.
- Lanzoni, S., Ferdousi, A., & Tambroni, N. (2017). River banks and channel axis curvature: Effects on the longitudinal dispersion in alluvial rivers. *Journal of Advances in Water Resources*, 113, 55-72.
- Nautiyal, M. D. (1994). Morphometric analysis of a drainage basin using aerial photographs: A case study of Khairkuli Basin, District Dehradun, UP. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 22(4), 251-261.

- Oruonye, E. D., Ezekiel, B. B., Atiku, H. G., Baba, E., & Musa, N. I. (2016). Drainage basin morphometric parameters of River Lamurde: Implication for hydrologic and geomorphic processes. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 5(2), 1-11.
- Perasad, G. (2009). *Trends and techniques of geomorphology*. Translated by Mehran Maghsoudi and Mohammad Taher Khani. Tehran: Selected Publications (in Persian).
- Pitlick, J. (1994). Relation between peak flows, precipitation, and physiography for five mountainous regions in the western USA. *Journal of Hydrology*, 158(3-4), 219-240.
- Raj, P. N., & Azeez, P. A. (2012). Morphometric analysis of a tropical medium river system: A case from Bharathapuzha River Southern India. *Open Journal of Modern Hydrology*, 2(4), 91-98.
- Schumm, S. A. (1956). Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey. *Geological Society of America Bulletin*, 67(5), 597-646.
- Singh, V., & Singh, U. C. (2011). Basin Morphometry of Maingra River, district Gwalior, Madhya Pradesh, India. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 1(4), 891-902.
- Wang, G., Gertner, G., Fang, S., & Anderson, A. B. (2003). Mapping multiple variables for predicting soil loss by geostatistical methods with TM images and a slope map. *Journal of Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 69(8), 889-898.

## تحلیل رتبه‌بندی آبراهه‌های حوضه‌های آبریز ایران

غلام‌حسن جعفری\*، دانشیار گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

jafarihas@yahoo.com

کزال غفوری، کارشناسی ارشد گروه جغرافیا، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

kazhal.qafoori.eng@gmail.com

### چکیده

افزایش رتبه آبراهه‌های حوضه‌ای آبریز بر کانتکست‌های مختلف ژئومورفولوژیکی، ژئولوژیکی، کلیماتولوژی، اکولوژیکی و ... اثر می‌گذارد. به‌طور معمول، محققان در بررسی سیستم‌های باز، فرض را بر اثرگذاری بردارهای مشخص و در دسترس قرار می‌دهند و رفتار سیستم را در ارتباط با آنها ارزیابی می‌کنند. در این پژوهش، افزایش رتبه آبراهه‌های حوضه‌های آبریز ایران در غالب ۹۸۴ زیر حوضه در ارتباط با نسبت انشعاب، طول و میانگین کل آبراهه‌ها و مساحت حوضه بررسی شده است. به این منظور، ابتدا لایه رودخانه‌های اصلی و آبراهه‌ها از DEM ۳۰\*۳۰ مستخرج از ماهواره SRTM تهیه شد. پس از استخراج آبراهه در نرم‌افزار ArcGIS 10.3، براساس نظریه هورتن-استرالر رتبه‌بندی شد. رابطه بین رتبه برابر آبراهه با مساحت حوضه آبریز و همچنین ارتباط بین ثابت نگهداشت ویژه با شیب و تراکم زهکشی، به‌عنوان خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز ارزیابی شد. بین دو پارامتر، مجموع رتبه آبراهه‌ها و مساحت حوضه آبریز، رابطه مستقیمی وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که در بیشتر حوضه‌های آبریز، ضریب تبیین این دو پارامتر ۹۹ درصد برآورد شده است. در حوضه‌های آبریز ایران مقدار ضریب، تبیین نسبت انشعاب و افزایش رتبه رودخانه‌ها از ۳۵ درصد در حوضه کویر سیاه کوه تا ۸۲ درصد در حوضه آبریز سفیدرود متغیر است. مساحت حوضه آبریز امکان دارد بر نسبت انشعاب با ضریب تبیین ۹۹ درصد اثر بگذارد. در برخی از حوضه‌های آبریز ایران، که تکنونیک فعال دارند یا رودخانه‌ها منحرف شده‌اند، گاه طول جریان در رتبه‌های پایین کمتر از رتبه‌های بالاتر است؛ به‌شرط آنکه توپوگرافی حوضه طی زمان، متعادل شده باشد. با افزایش رتبه آبراهه‌ها، میانگین طول جریان در همان رتبه افزایش می‌یابد. این فرض که هرچه ثابت نگهداشت حوضه بیشتر شود تراکم زهکشی حوضه کاهش می‌یابد، در بیشتر حوضه‌های آبریز ایران با ضریب تبیین بیشتر از ۹۰ درصد قابل تعمیم است.

واژه‌های کلیدی: فیزیوگرافی، نگهداشت ویژه، رده‌بندی رودخانه، حوضه آبریز.

\*نویسنده مسئول

جعفری، غلام‌حسن، غفوری، کزال. (۱۴۰۱). تحلیل رتبه‌بندی آبراهه‌های حوضه‌های آبریز ایران. *برنامه‌ریزی فضایی*، ۱۲ (۱)، ۹۸-۸۱.



## مقدمه

فیزیوگرافی، بخشی از مطالعات مربوط به علوم زمین است که در آن، ویژگی‌های فیزیکی حوضه آبریز از قبیل مساحت، محیط، پستی و بلندی، شیب، جهت شیب و ... مطالعه و بررسی می‌شود. به آن دسته از مطالعات که خصوصیات فیزیکی و شکل حوضه بررسی می‌شود، فیزیوگرافی می‌گویند. آگاهی از خصوصیات فیزیوگرافی یک حوضه همراه با اطلاعاتی از شرایط آب‌وهوایی منطقه، تصویر به‌نسبت دقیقی از کارکرد کمی و کیفی سیستم هیدرولوژیک آن حوضه در اختیار ما قرار می‌دهد (Pitlick, 1994). برای بررسی هرچه بهتر و دقیق‌تر، یک حوضه آبریز، به واحدهای هیدرولوژی کوچک‌تری با عنوان زیر حوضه تقسیم می‌شود تا هر یک به‌طور مجزا تحلیل شود. برخی از خصوصیات فیزیوگرافی و توپوگرافی از جمله ارتفاع و شیب بسیاری از عوامل آب‌وهوایی مانند درجه حرارت و نوسان‌های آن، نوع و میزان بارندگی سالانه، میزان تبخیر و تعرق را تشدید یا تعدیل می‌کند و باعث پیدایش انواع آب‌وهوای موضعی یا منطقه‌ای می‌شود (Wang & et al., 2003).

مطالعات فیزیوگرافی در شناخت، برنامه‌ریزی و مدیریت حوضه‌های آبریز نقش اساسی دارد؛ زیرا دیگر مطالعات همچون فرسایش و رسوب، هیدرولوژی و هواشناسی و ... بدان وابسته است و بیشتر پارامترهای حاصل شده در شناخت فیزیوگرافیک حوضه، در فرمول‌ها و روابط تجربی استفاده می‌شود. از این رو، مطالعات فیزیوگرافی حوضه مورد مطالعه با استفاده از آخرین توانمندی‌های نرم‌افزار ArcGIS انجام شده است. با توجه به وابستگی پارامترهای هیدرولوژیکی حوضه‌ها از جمله میزان آبدهی و دبی اوج سیل، به شدت پارامترهای سطح زمین مانند توپوگرافی، شکل، شیب حوضه و ... استفاده از ArcGIS در جمع‌آوری و پردازش اطلاعات مربوط به این مطالعات بسیار ضروری است. تأثیر و مقایسه بین این فاکتورها در میزان اثربخشی بر شناخت ویژگی‌های حوضه آبریز تأثیر دارد. بررسی فیزیوگرافی و هیدرولوژی از مهم‌ترین پارامترها در بررسی وضعیت حوضه آبریز است؛ برای تعیین خصوصیات هیدرولوژیکی یک حوضه کلیه عوامل در نظر گرفته نمی‌شود، بلکه باید خصوصیات مهمی را انتخاب و بررسی کرد که اهمیت و اثر بیشتری داشته باشد. در این پژوهش خصوصیات فیزیوگرافی و هیدرولوژیکی حوضه‌ها مثل سطح حوضه، محیط حوضه، شکل حوضه، شیب، جهت شیب، هیپسومتری، شبکه و رتبه‌بندی آبراهه‌ها در پهنه ایران زمین بررسی شده است.

## پیشینه

هورتن (۱۹۴۵) جزء اولین کسانی است که وضعیت شبکه‌های زهکشی را با پارامتر نسبت انشعابات بررسی کرده است. هاک<sup>۱</sup> (۱۹۷۵) پژوهشی درباره چشم‌اندازهای ژئومورفولوژیکی آبراهه تحت عنوان لندفرم‌های ترکیبی حوضه در حالت‌های ناعادلی، تعادل و نبود تعادل انجام داده و تأیید کرده که هرکدام از وضعیت‌های مذکور ناشی از رفتار رودخانه است. سینگ<sup>۲</sup> و سینگ (۲۰۱۱) در پژوهش مورفومتری حوضه رودخانه ماینگرا، در ماهیای هندوستان

1. Hack  
2. Singh

با استفاده از پارامترهای مورفومتری مانند طول جریان، تراکم زهکشی، فرکانس جریان، بافت زهکشی، نسبت تراکم شکل، نسبت طول، نسبت فشردگی نتیجه گرفتند که حوضه ماینگرا الگوی دندریتیکی دارد. این حوضه زهکشی، خروجی رتبه چهارم دارد. راج و عزیز<sup>۱</sup> (۲۰۱۲) از پژوهش تجزیه و تحلیل مورفومتریکی سیستم رودخانه براتاپوزا در جنوب هند دریافتند که رودخانه اصلی با رتبه هفتم در چندین جریان پایین تر تشکیل شده که نشان‌دهنده یک الگوی جریان دندریتی است. زمین‌شناسی حوضه، شیب و الگوهای بارندگی حوضه، ویژگی‌های مورفومتری حوضه را تعیین می‌کند. جنبه‌های خطی حوضه از جمله نسبت طول جریان و انشعاب، نشان‌دهنده کشیدگی در حوضه است. میرعلی و احمدعلی<sup>۲</sup> (۲۰۱۴) در پژوهش تجزیه و تحلیل مورفومتری زهکشی و رتبه‌بندی حوضه آبخیز رودخانه رومشی - ساسار، در هند با استفاده از سنجش از دور و ArcGIS نتیجه گرفتند که حوضه آبریز RSMW4 و RSMW5 در رتبه بسیار بالا قرار دارد که واحدهای کوچک هیدرولوژیکی یعنی حوضه‌های کوچک برای شروع اقدامات حفاظت از خاک و آب در حوضه آبریز در اولویت است. این حوضه‌ها که رتبه بسیار بالا دارد، دارای نسبت انشعاب، ارتفاع و شیب زیاد بوده است و توپوگرافی دره عمیق دارد که نشان‌دهنده ساختار قوی در زهکشی است و بیشتر در معرض عوامل و بلایای طبیعی قرار می‌گیرد. ارونی<sup>۳</sup> و همکاران (۲۰۱۶)، پارامترهای مورفومتری حوضه زهکشی رودخانه لامورده را با تأثیرات آب‌وهوایی و آبخیزداری فرایندهای ژئومورفیک مطالعه کردند که با استفاده از شاخص‌های مورفومتری و پارامترهای شکل حوضه بیان‌کننده آن بود که حوضه، پهنای بیشتر و طولانی‌تر دارد. لانزونی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۷)، در مطالعه پراکندگی در رودخانه‌های آبرفتی دریافتند که رابطه حاصل از مدل‌سازی فیزیکی رفتار رودخانه‌ها طبیعی و عملکرد پارامترهای مرتبط هیدرولیکی و مورفولوژیکی بیان‌کننده ضریب پراکندگی طولی است.

رضایی مقدم (۱۳۷۷) در مطالعات داخلی، تحلیل شبکه آبراهه‌ای حوضه‌های دامنه جنوبی میشوداغ را به روش هورتن بررسی کرد. مطابق بررسی‌های انجام‌شده در دامنه جنوبی میشوداغ، قوانین هورتن در ارتباط با ترکیب شبکه آبراهه‌ای صادق است. پارامترهای قوانین هورتن از یک حوضه به حوضه دیگر و از یک نوع زمین‌شناسی به نوع دیگر، اختلاف اندکی دارد. بین پارامترهای به‌دست‌آمده، روابط خطی خوبی برقرار است. قنبرزاده و همکاران (۱۳۸۵) علل و عوامل ناپایداری دامنه‌ها را در حوضه آبریز رودخانه تبارک‌آباد قوچان بررسی کردند. نتایج به‌دست‌آمده از بررسی‌های لیتولوژی، سیستم‌های زهکشی و ژئومورفولوژی حوضه نشان‌دهنده آن بود که وجود سازنده‌های زمین‌شناسی و شرایط مساعد فیزیوگرافی همراه با کاربری غیراصولی زمین، مهم‌ترین علل ناپایداری دامنه‌ها محسوب می‌شود. خرمی و همکاران (۱۳۹۳)، ویژگی‌های فیزیوگرافی و هیدروگرافی حوضه آبریز قره‌سو را در شمال غرب ایران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بررسی کردند. در این پژوهش، خصوصیات فیزیوگرافی از جمله سطح حوضه، محیط حوضه، شکل حوضه، شیب، جهت شیب، هیپسومتری، شبکه و رتبه‌بندی آبراهه‌ها با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی بررسی شده است. نتایج نشان‌دهنده آن است که علاوه بر وسعت زیاد حوضه، شکل آن کشیده

1. Raj and Azeez

2. Umair Ali and Ahmad Ali

3. Oruonye

4. Lanzoni

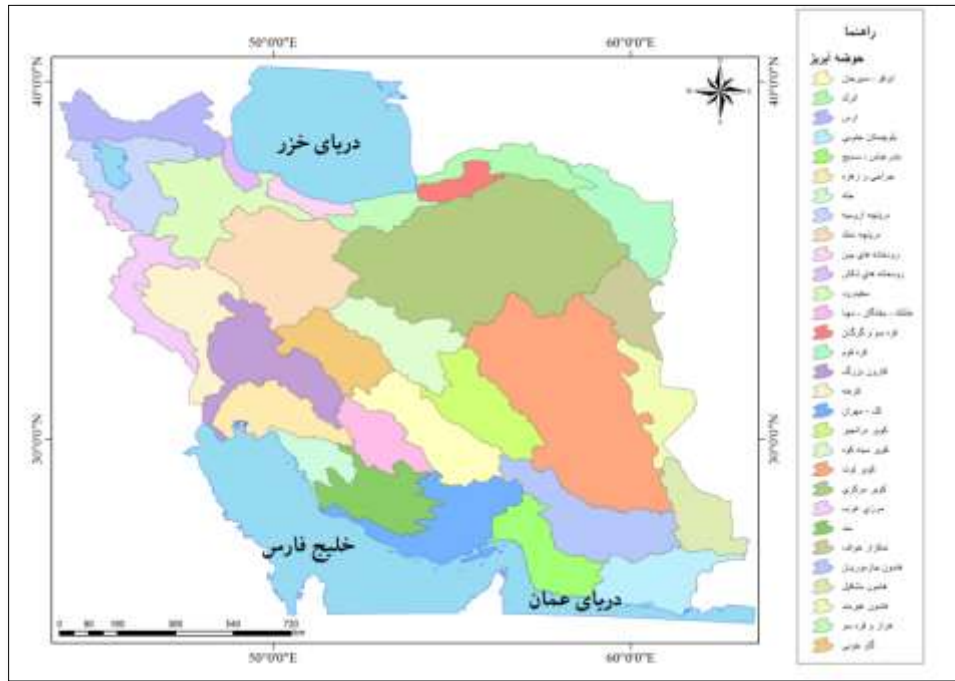
بوده و به تبع آن، زمان تمرکز زیاد و فرصت نفوذ نیز بیشتر شده و این موضوع از لحاظ مدیریت رواناب مهم است. مختاری (۱۳۹۴) در بررسی اثر سیستم‌های شکل‌زا بر مورفولوژی حوضه‌های آبریز ایران، وجود روابط آلومتریک را بین دو مؤلفه، طول رود اصلی و مساحت حوضه در سیستم‌های شکل‌زا تأیید کرد. اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۳۹۴)، خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز دره سیر را واقع در استان چهارمحال و بختیاری بررسی کردند. در این راستا، مساحت و محیط حوضه، ضریب فرم، ابعاد مستطیل معادل، زمان تمرکز و ... محاسبه و نقشه‌های شیب، جهت، هیپسومتری و ... با نرم‌افزار ArcGIS تهیه شد. نتایج به دست آمده نشان‌دهنده آن بود که این حوضه به علت شیب زیاد برای کاربرهای کشاورزی و مسکونی مناسب نبوده است، به علت تراکم زهکشی بالا، قدرت فرسایش هیدرولوژی زیادی دارد و از نظر شکل حوضه مساعد سیل نیست. طیبیان (۱۳۹۶) خصوصیات فیزیوگرافی و مورفومتری حوضه آبریز بقمچ را با استفاده از نرم‌افزار ArcGIS بررسی کرد. خصوصیات فیزیوگرافی این حوضه (پارامترهای مساحت، محیط، شکل حوضه، مدل ارتفاع رقومی و شیب) برآورد شد. ضریب شکل، ضریب فشردگی و نسبت دایره‌ای برای این حوضه به ترتیب ۰/۲۶، ۱/۶۸ و ۰/۳۵ به دست آمده است؛ همچنین شیب متوسط آن ۳۰/۳۳ درصد است که گواه بر کوهستانی بودن و پرشیب بودن دامنه‌های این حوضه است. شمسی و همکاران (۱۳۹۶) مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز سنندج را با استفاده از ArcGIS بررسی کردند. با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی، مدل رقومی ارتفاعی در محیط نرم‌افزار ILWIS تهیه و به کمک آن پارامترهای فیزیوگرافی حوضه از جمله زمان تمرکز، ضریب شکل، تراکم آبراهه‌ها، ارتفاع ماکزیمم و مینیمم و ... به طور دقیق محاسبه شد. در تمام مواردی که پیش‌تر گفته شد، نتایج ارائه شده براساس زیر حوضه‌های محدود بوده و این موضوع کمتر در سطح ملی بررسی شده است. در این پژوهش، چند پارامتر از خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز در سطح ملی ایران بررسی می‌شود.

### منطقه مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در این پژوهش، شامل پهنه ایران است. کشور ایران با مساحتی حدود ۱۶۴۸۱۹۵ کیلومتر مربع به طور تقریبی بین مدار ۴۰-۲۵ درجه عرض شمالی و ۶۴-۴۴ درجه طول شرقی قرار دارد (علایی طالقانی، ۱۳۹۲: ۵؛ آزادبخت و نوروزی، ۱۳۸۷: ۱؛ جداری عیوضی، ۱۳۸۹: ۱۱؛ زمریان، ۱۳۹۲: ۲۷). ایران سرزمینی ناهموار است؛ به طوری که بخش‌های شمالی، شرقی، غربی و مرکزی آن را کوه‌های به نسبت مرتفع می‌پوشاند. عواملی همچون عرض جغرافیایی، پستی و بلندی‌های گوناگون و سازنده‌های مختلف زمین‌شناسی، سبب توزیع نابرابر بارندگی و منابع آب کشور می‌شود که در ۶ حوضه آبریز اصلی متمرکز است (ولایتی، ۱۳۹۲: ۲). تقسیم‌بندی و کدگذاری حوضه‌های آبریز ایران، اولین بار در سال ۱۳۳۵ در بنگاه مستقل آبیاری و با همکاری سازمان خواروبار و کشاورزی جهان (F.A.O) صورت گرفت. در این تقسیم‌بندی، سیستم اعشاری «ده‌دهی» مبنای کار قرار گرفت و تعداد تقسیمات در هر مرحله از ۹ تجاوز نمی‌کند. از این تقسیم‌بندی برای مطالعه آب‌های زیرزمینی نیز استفاده می‌شود (وزارت نیرو، ۱۳۸۳: ۱). حوضه‌های آبریز شش‌گانه کشور، در واقع مساحت کل کشور ایران را در برمی‌گیرد (ولایتی، ۱۳۹۲: ۲). این حوضه‌ها با توجه به اهمیت و ارزش اقتصادی آب به این شرح اولویت‌بندی شد. ۱. حوضه آبریز دریای مازندران؛ ۲.



حوضه آبریز خلیج فارس و دریای عمان؛ ۳. حوضه آبریز دریاچه ارومیه؛ ۴. حوضه آبریز کویر مرکزی ایران؛ ۵. حوضه آبریز رودخانه‌های شرق کشور؛ ۶. حوضه آبریز کویر قره‌قوم (ولایتی، ۱۳۹۲: ۸۶). حوضه‌های آبریز اصلی نیز به ۳۰ حوضه آبریز فرعی و درجه‌دو تقسیم می‌شود (شکل ۱)، (وزارت نیرو، ۱۳۸۳: ۱).



شکل (۱) پراکندگی حوضه‌های آبریز ایران

Figure (1) Distribution of Iranian basins

## مواد و روش

با توجه به اهمیت خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌ها، حجم زیاد اطلاعات و زمان‌بر بودن تجزیه و تحلیل این اطلاعات، استفاده از روش‌هایی برای انجام سریع و دقیق این مطالعات لازم است. افزایش رتبه آبراهه‌های یک حوضه آبریز بر کانتکست‌های مختلف ژئومورفولوژیکی، ژئولوژیکی، کلیماتولوژی، اکوسیستمی و ... اثر می‌گذارد که هرکدام به‌نوبه خود سیستم‌های باز وسیعی دارد. به‌طور معمول، محققان در برخورد با چنین سیستم‌هایی فرض را بر اثرگذاری بردارهای مشخص و در دسترس می‌گذارند و رفتار سیستم را در ارتباط با آنها ارزیابی می‌کنند. بر این اساس، در این پژوهش، افزایش رتبه آبراهه‌های حوضه‌های آبریز ایران در غالب ۹۸۴ زیر حوضه در ارتباط با نسبت انشعاب، طول و میانگین کل آبراهه‌ها و مساحت حوضه بررسی شده است. رابطه بین رتبه آبراهه با مساحت حوضه آبریز و همچنین ارتباط بین ثابت نگهداشت ویژه با شیب و تراکم زهکشی نیز از جمله خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز است که در این پژوهش ارزیابی شد. قابلیت‌های سیستم اطلاعات جغرافیایی، سبب شده است متخصصان هیدرولوژی در سال‌های اخیر به استفاده از آن و سنجش از دور روی آورند. برای بررسی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز ایران، لایه رودخانه‌های اصلی و آبراهه‌ها از  $30^*30$  DEM مستخرج از ماهواره SRTM استخراج و

پس از آن در نرم‌افزار ArcGIS 10.3 براساس نظریه هورتن-استرالر رودخانه‌ها رتبه‌بندی شد. در سیستم هورتن تمام شعباتی که از خط‌الرأس‌ها به شاخه زیرین متصل می‌شود، به‌عنوان آبراهه رتبه اول شناخته می‌شود. بدین صورت در محل اتصال هر دو شاخه رتبه اول، آبراهه رتبه دوم می‌ایجاد و به سمت پایین تا نقطه‌ای توسعه می‌یابد که در آنجا به آبراهه رتبه دوم دیگری متصل شود؛ در نتیجه شاخه رتبه سوم و همین‌طور چهارم پدید می‌آید. (Elmi Zadeh & et al., 1393: 134) (شکل ۲). براساس محاسبات انجام‌گرفته برای شناخت رفتار رودخانه فاکتورهای مساحت، نسبت انشعاب و مجموع رتبه‌های جریان و برای دست آوردن خصوصیات فیزیوگرافی حوضه‌های آبریز، فاکتورهای جدول (۱) محاسبه شد. برای هرکدام از فاکتورها پیش‌فرض‌های حاکم بر حوضه‌های آبریز مدنظر قرار گرفت و در تمامی زیر حوضه‌ها تجزیه و تفسیر شد.

جدول (۱) فاکتورهای فیزیوگرافی

Table (1) Physiographic factors

مرجع	توضیحات	رابطه	پارامترها	
(Horton, 1945)	مساحت سطح حوضه به کیلومتر مربع	-	(A)	رتبه‌بندی رودخانه‌ها
(Horton, 1945)	رتبه‌بندی سلسله‌مراتبی	-	(U)	
(Schumm, 1956)	تعداد آبراهه‌های یک رده (Nu) به تعداد آبراهه‌های رده بعدی (Nu+1)، نسبت انشعاب Br	$B_r = N_u / N_u + 1$	(Br)	بازرسی رودخانه‌ها و رتبه‌بندی
(Horton, 1945)	Lu مجموع طول کلیه آبراهه‌ها برحسب کیلومتر، A مساحت حوضه به کیلومتر مربع،	$D_d = \frac{\sum Lu}{A}$	(Dd)	
(Perasad, 2009)	مساحت حوضه، Lu مجموع طول آبراهه‌ها، C ثابت نگهداشت آبراهه	$C = \frac{A}{\sum Lu}$	(C)	
(Nautiyal, 1994)	$\Delta H$ اختلاف ارتفاع حوضه، A مساحت به کیلومتر مربع، Sm شیب	$sm = \frac{\Delta H}{\sqrt{A}} \times 100$	(S)	

## یافته‌ها (نتایج)

پهنه مورد مطالعه در این پژوهش، حوضه‌های آبریز درجه دو ایران است. هر حوضه آبریز از مجموعه‌ای از زیر حوضه‌ها تشکیل و هر زیر حوضه به نوبه خود به واحدهای کوچک‌تر تقسیم می‌شود. به علت گستردگی منطقه مورد مطالعه حوضه‌های آبریز درجه دو، به ۹۸۴ زیر حوضه تقسیم شد که براساس سیستم رتبه‌بندی هورتن استرالر از میان حوضه‌های مورد مطالعه، رتبه خروجی حوضه‌ها و فراوانی آنها در جدول (۲) مشخص شد.

1. Basin Area (A)
2. Stream order (U)
3. Bifurcation ratio (Rb)
4. Drainage density (Dd)
5. constant of channel maintenance (C)
6. Slope (S)



شکل (۲) نقشه رتبه‌بندی ایران به روش هورتن-استرال

Figure (2) Ranking map of Iranian rivers by Horton- Straler method

### رابطه مساحت و مجموع رتبه‌های جریان

براساس مطالعه مقایسه‌ای که بین حوضه‌ها و اجزای جریان آنها صورت گرفته است، این فرض وجود دارد که باید بین مساحت حوضه‌ها و تعداد کل جریان‌ها رابطه‌ای مثبت وجود داشته باشد. تعداد اجزای جریان با افزایش وسعت حوضه افزایش می‌یابد؛ به طوری که حوضه‌هایی با وسعت بیشتر دارای بیشترین اجزای جریان است (پراساد، ۱۳۸۸: ۶۲). در مجموع، در بررسی حوضه‌ها از این منظر، نتایج پیچیده‌ای منتج شده است؛ زیرا اجزای یک حوضه در عین وابستگی به شکل و اندازه حوضه زهکشی، از ارتفاع، ساختار زمین‌شناسی، اقلیم و پوشش گیاهی و ... متأثر می‌شود. برای آزمون این فرض در حوضه‌های آبریز ایران، رابطه رگرسیونی بین مساحت به‌عنوان متغیر مستقل و مجموع رتبه‌های جریان به‌عنوان متغیر وابسته، برقرار و در روابط به‌دست‌آمده از جدول (۳) با سطح معناداری مطلوبی به این فرض پاسخ مثبت داده شد. مقدار ضریب تبیین بیشتر زیر حوضه‌ها بیش از ۰/۹۹ است که دال بر اثرگذاری بسیار زیاد وسعت حوضه‌ها بر مجموع رتبه‌های جریان رودخانه‌هاست. کمترین ضریب تبیین در زیر حوضه ابرکو-سیرجان (۰/۸۹) و بعد به‌ترتیب در زیر حوضه‌های کویر درانجیر (۰/۹۲) به‌احتمال زیاد به دلیل خشکی و پلایابودن حوضه‌ها، ارس (به دلیل یک ساحل بودن)، هراز قره‌سو (۰/۹۶) و سفیدرود هراز (۰/۹۷) (به دلیل اقلیم متفاوت حوضه‌ها) است.

جدول (۲) فراوانی رتبه‌های رودخانه‌ای در حوضه‌های ایران

Table (2) Frequency of river ranks in Iranian basins

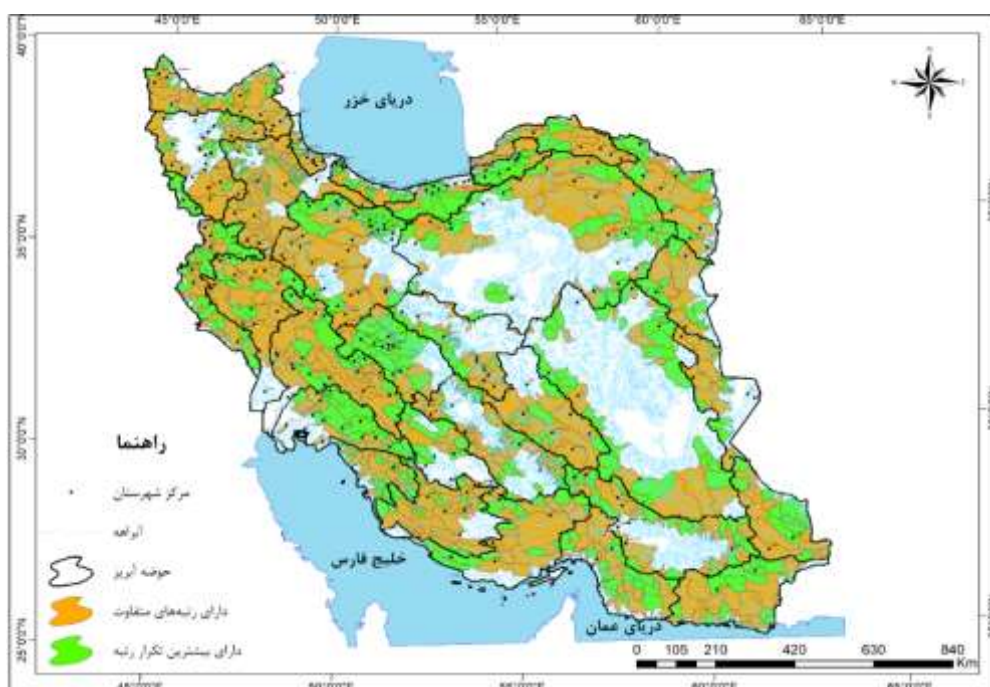
رتبه ۷	رتبه ۶	رتبه ۵	رتبه ۴	رتبه ۳	رتبه ۲	کل زیر حوضه	حوضه آبریز
—	—	۳	۹	۳۱	۵۱	۹۴	سفیدرود
—	—	۳	۲۲	۳۷	۱۳	۷۵	ابرقو-سیرجان
—	۳	۳	۱۱	۱۶	۵	۳۸	ارس
—	—	۵	۷	۵	۱	۱۹	اترک
—	—	۱	۸	۱۸	۱۲	۳۹	جنوبی بلوچستان
—	—	۳	۱۱	۱۶	۱۴	۴۴	بندرعباس
—	—	—	۵	۶	۱۸	۲۹	دریاچه نمک
—	۲	۴	۱۲	۲۱	۱	۴۰	حله
—	۲	۴	۲۶	۲۵	۲	۵۹	هامون-جازموریان
—	—	۵	۴	۶	۱۰	۲۱	هامون-هیرمند
—	—	۱	۵	۱۲	۷	۲۵	هامون-ماشکل
—	—	—	۱	۶	۲	۹	هراز-قره‌سو
—	۲	۵	۱۴	۶	۲	۲۹	جراحی-زهره
—	۲	۱	۷	۱۶	۴	۳۰	کل-مهران
—	—	۴	۱۰	۱۱	۲	۲۷	ارومیه
—	۱	۳	۶	۷	۲	۱۹	کرخه
۱	۵	۸	۱۴	۵	۱	۳۴	کارون
—	۳	۷	۸	۲	۱	۲۱	کویر درانجیر
—	—	۳	۴	۲۹	۷	۴۳	کویر لوت
—	۱	۵	۱۱	۱۱	۳	۳۱	کویر سیاه کوه
—	۱	۲	۲۱	۳۵	۸	۶۷	کویر مرکزی
—	—	۲	۸	۳	۱	۱۴	بختگان-مهارلو
—	۱	۳	۱۸	۱۴	۲	۳۸	مرزی غرب
—	—	—	۱	۷	۹	۱۷	نمکزار خواف
—	—	—	۵	۱۲	۹	۲۶	قره‌قوم
—	—	—	—	۳	۳	۶	قره‌سو
—	—	—	—	۳	۱۴	۱۷	سفیدرود-هراز
—	—	۱	۲	۳	۱	۷	تالش-مرداب انزلی
—	۱	۷	۱۷	۱۸	۱	۴۴	مند
—	—	—	۱۵	۶	۱	۲۲	گاوخونی

جدول (۳) روابط لگاریتمی بین مساحت و مجموع رتبه‌های جریان  
Table (3) Logarithmic relationships between area and sum of flow ranks

R <sup>2</sup>	رابطه لگاریتمی مساحت و مجموع رتبه‌های جریان	حوضه آبریز	R <sup>2</sup>	رابطه لگاریتمی مساحت و مجموع رتبه‌های جریان	حوضه آبریز
۰/۹۹	$y = ۰/۴۶x + ۳/۳۸۸۷$	بختگان-مهارلو	۰/۹۹	$y = ۰/۰۵۰۶x + ۱/۷۵۳۶$	گاوخونی
۰/۹۹	$y = ۰/۴۶۱x + ۰/۳۶$	سفیدرود	۰/۹۹	$y = ۰/۴۳۷x + ۲/۵۹۳۹$	دریاچه ارومیه
۰/۸۹	$y = ۰/۴۹۷x + ۳/۳۱۸۸$	ابرقو-سیرجان	۰/۹۹	$y = ۰/۴۴۶x + ۷/۲۷۸۲$	کرخه
۰/۹۶	$y = ۰/۶۸۵x - ۱۲/۵۶۶$	ارس	۰/۹۹	$y = ۰/۴۴۸x + ۵/۳$	کارون
۰/۹۹	$y = ۰/۴۶۲x + ۱/۲۱۸۸$	اترک	۰/۹۲	$y = ۰/۵۰۹x + ۲۵/۹۸۲$	کویر درانجیر
۰/۹۹	$y = ۰/۴۴۳x + ۶/۱۳۷$	بلوچستان جنوبی	۰/۹۹	$y = ۰/۴۶۵x + ۶/۸۷۸۵$	کویر لوت
۰/۹۹	$y = ۰/۴۸۵x - ۱/۳۴۴۶$	بندرعباس-سدیج	۰/۹۹	$y = ۰/۴۸۱x + ۴/۵۷۷۱$	کویر مرکزی
۰/۹۹	$y = ۲۰/۴۵۳x - ۱۲۱/۱۶$	دریاچه نمک	۰/۹۹	$y = ۰/۵۳۳x - ۱/۷۳۸۳$	کویر سیاه کوه
۰/۹۹	$y = ۰/۴۷x + ۲/۹۱۵۲$	حله	۰/۹۸	$y = ۰/۴۳۳x + ۱/۶۷۷۹$	مرزی غرب
۰/۹۹	$y = ۰/۵۱۴x - ۰/۳۰۵۱$	هامون-جازموریان	۰/۹۹	$y = ۰/۵۰۸x + ۳/۵$	نمکزار خواف
۰/۹۹	$y = ۰/۵۳۷x - ۲/۲۵۴۸$	هامون-هیرمند	۰/۹۹	$y = ۰/۴۷۷x - ۰/۳۳۶۶$	قره‌قوم
۰/۹۹	$y = ۰/۴۹۷x - ۳/۶۶۱۵$	هامون-ماشکل	۰/۹۹	$y = ۰/۴۴۶x + ۰/۹۶۱۳$	قره‌سو-گرگانرود
۰/۹۶	$y = ۰/۴۲۶x - ۴/۸۱۹$	هراز-قره‌سو	۰/۹۷	$y = ۰/۴۳۱x + ۰/۸۰۸۴$	سفیدرود-هراز
۰/۹۹	$y = ۰/۴۵۳x + ۲/۶۴۹۱$	جراحی-زهره	۰/۹۹	$y = ۰/۴۴x + ۱/۶۰۳۳$	تالش-مرداب انزلی
۰/۹۹	$y = ۰/۵۰۷x + ۶/۳۲۹$	کل-مهران	۰/۹۹	$y = ۰/۴۹۸x + ۳/۳۵۸۳$	مند

### رابطه نسبت انشعاب و افزایش رتبه‌ها

نسبت انشعاب در یک ناحیه با افزایش تعداد رتبه‌ها، تمایل به کاهش دارد؛ زیرا با افزایش رتبه‌ها، درصد تلاقی جریان‌ها به نسبت رتبه‌های بالاتر نیز افزایش می‌یابد (پراساد، ۱۳۸۸: ۶۶). برای آزمون این فرض در حوضه‌های آبریز، سنجش بر پایه فراوانی بیشترین رتبه گذاشته شد و با استفاده از بیشترین رتبه، آبراهه در حوضه آبریز برای محاسبه نسبت انشعاب، درصدگیری شد. نتایج دال بر این است که نسبت انشعاب با رتبه‌ها رابطه معکوس دارد؛ به طوری که هرچه رتبه آبراهه افزایش یابد، ضریب نسبت انشعاب کاهش می‌یابد (شکل ۳؛ جدول ۴). با توجه به محاسبات صورت‌گرفته، حوضه‌های آبریز در این پژوهش پاسخ مثبتی به این فرض داشته است. بیشترین درصد، متعلق به حوضه‌های سفیدرود هرز (۸۲ درصد)، گاوخونی (۷۲ درصد) و دریاچه نمک (۶۲ درصد) است که ویژگی مشترک سه حوضه قرارگیری آبریز نهایی آنها در گوشه‌ای از حوضه است نه در مرکز آن. زیر حوضه‌های کویر سیاه کوه (۳۵ درصد)، بندرعباس سدیم (۳۶ درصد)، کرخه و ابرقو-سیرجان (۳۷ درصد) کمترین درصد فراوانی رتبه‌های بالا را داشته است.



شکل (۳) پراکندگی حوضه‌های آبریز ایران در رابطه نسبت انشعاب و افزایش رتبه آبراهه‌ها

Figure (3) Dispersion of Iranian catchments in relation to branching and increase of waterways

جدول (۴) وضعیت حوضه‌های آبریز ایران در رابطه نسبت انشعاب و افزایش رتبه آبراهه‌ها (برحسب درصد)

Table (4) Status of Iranian catchments in relation to branching ratio and increase of waterways rank (percentage)

حوضه آبریز	رتبه	فرآوانی	درصد	حوضه آبریز	زیر حوضه	رتبه	فرآوانی	درصد
گاوخونی	۵	۱۶	۷۲	بختگان-مهارلو	۱۴	۴	۸	۵۷
دریاچه ارومیه	۳	۱۱	۴۰	سفیدرود	۹۴	۲	۵۱	۵۴
کرخه	۴	۷	۳۷	ابرقو-سیرجان	۷۵	۳	۳۷	۴۹
کارون	۴	۱۴	۴۱	ارس	۳۸	۳	۱۶	۴۲
کویر درانجیر	۴	۸	۳۸	اترک	۱۹	۴	۶	۳۱
کویر لوت	۴	۲۹	۶۷	بلوچستان جنوبی	۳۹	۴	۱۸	۴۶
کویر مرکزی	۴	۳۵	۵۲	بندرعباس-سدیچ	۴۴	۴	۱۶	۳۶
کویر سیاه کوه	۴	۱۱	۳۵	دریاچه نمک	۲۹	۴	۱۸	۶۲
مرزی غرب	۴	۱۸	۴۷	حله	۴۰	۳	۲۱	۵۲
نمکزار خواف	۴	۹	۵۳	هامون-جازموریان	۵۹	۴	۲۶	۴۴
قره‌قوم	۴	۱۲	۴۶	هامون-هیرمند	۲۱	۳	۱۰	۴۸
قره‌سو-گرگانرود	۵	۳	۵۰	هامون-مانشکل	۲۵	۴	۱۲	۴۸
سفیدرود-هراز	۳	۱۴	۸۲	هراز-قره‌سو	۹	۴	۶	۶۶
تالش-مرداب انزلی	۳	۳	۴۳	جراحی-زهرة	۲۹	۴	۱۵	۵۲
مند	۳	۱۸	۴۱	کل-مهران	۳۹	۴	۱۶	۵۳

## رابطه مساحت و رتبه‌های برابر

به‌طور طبیعی حوضه‌های آبریز با رتبه برابر، مساحت متفاوتی دارد. کمترین نسبت انشعاب متعلق به کم وسعت‌ترین آنهاست. نسبت انشعاب با افزایش مساحت حوضه افزایش می‌یابد؛ اما بعد از یک مساحت مشخص نسبت انشعاب افزایش نمی‌یابد و ثابت می‌ماند (پراساد، ۱۳۸۸: ۶۶). رتبه رودخانه به مساحت حوضه، شیب رودخانه و پستی و بلندی حوضه وابسته است (مقیم، ۱۳۸۸: ۱۱۸). برای آزمون این فرضیه در حوضه‌های آبریز بین مساحت و رتبه‌های برابر، با توجه به فراوانی آنها که در جدول (۴) بیان شد، از رابطه رگرسیونی استفاده شد که در این رابطه مساحت متغیر مستقل و نسبت انشعاب متغیر وابسته در نظر گرفته و با توجه به سطح معناداری حاصل از رابطه، در حوضه‌های آبریز پاسخ مثبتی به فرض داده شد. حوضه‌هایی که مساحت کمتر داشت، نسبت انشعاب آنها نیز کمتر بود. در جدول (۵) روابط خطی و سطح معناداری آنها نشان داده شده است. بیشترین ضریب تبیین به زیر حوضه‌های قره‌سو-گرگان رود (۹۹ درصد)، کویر درانجیر (۹۸ درصد)، کویر سیاه کوه (۹۷ درصد) و بندرعباس-سدیج (۹۴ درصد) و کمترین ضریب به زیر حوضه‌های سفیدرود و هامون جازموریان (۵۰ درصد)، هامون مشکیل (۵۴ درصد)، ارومیه (۵۹ درصد) و حله (۶۲ درصد) تعلق داشته است.

جدول (۵) روابط خطی بین مساحت و نسبت انشعاب (رتبه دارای بیشترین تکرار)

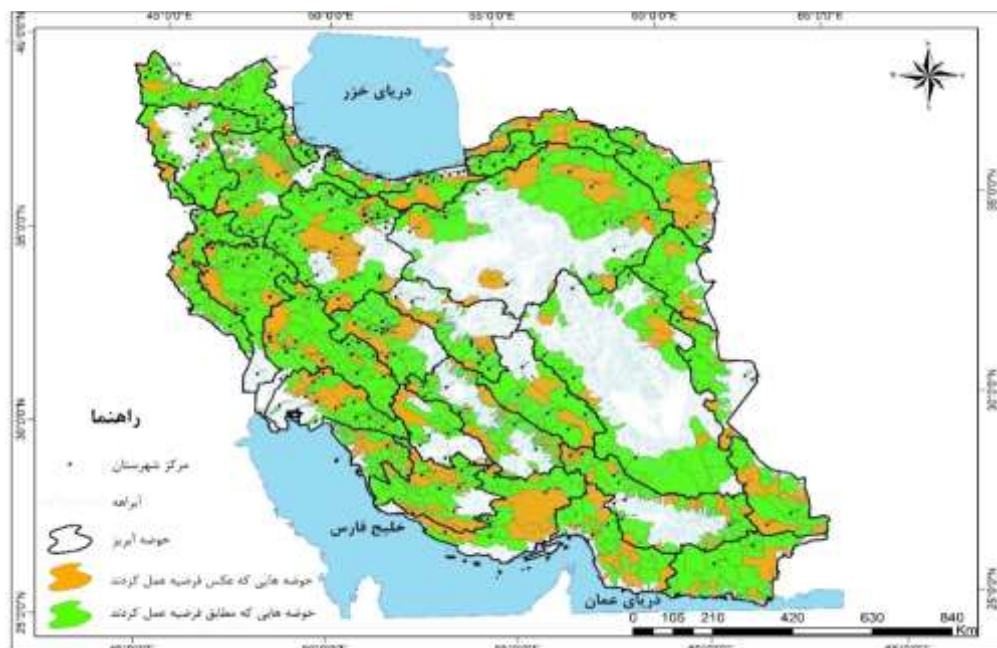
Table (5) Linear relationships between area and branching ratio (rank with the most repetition)

R <sup>2</sup>	رابطه خطی مساحت و نسبت انشعاب	حوضه آبریز	R <sup>2</sup>	رابطه خطی مساحت و نسبت انشعاب	حوضه آبریز
۰/۸۸	$y = ۰/۰۰۰۸x + ۲/۵۳۸۲$	بختگان-مهارلو	۰/۸۸	$y = ۰/۰۰۰۱x + ۳/۰۷۹۳$	گاوخونی
۰/۵	$y = ۰/۰۱۶۱x + ۱/۶۳۴۴$	سفیدرود	۰/۵۹	$y = ۰/۰۰۳۱x + ۲/۷۱۴۸$	دریاچه ارومیه
۰/۹	$y = ۰/۰۰۱۱x + ۲/۳۱۲۸$	ابرقو-سیرجان	۰/۷۸	$y = ۰/۰۰۱x + ۲/۳۳۴۴$	کرخه
۰/۸۹	$y = ۰/۰۰۴۸x + ۱/۸۲۳۵$	ارس	۰/۹۲	$y = ۰/۰۰۰۵x + ۳/۰۶۶۵$	کارون
۰/۸۷	$y = ۰/۰۰۱۴x + ۲/۱۳۸$	اترک	۰/۹۸	$y = ۰/۰۰۱۲x + ۱۶۶۶/۲$	کویر درانجیر
۰/۸۷	$y = ۰/۰۰۰۸x + ۲/۶۶۶۲$	بلوچستان جنوبی	۰/۷۶	$y = ۰۰۰۵/۰x + ۹۶۰۸/۲$	کویر لوت
۰/۹۴	$y = ۰/۰۰۰۸x + ۲/۵۷۴۳$	بندرعباس-سدیج	۰/۸۸	$y = ۰۰۰۷/۰x + ۷۵۲۲/۲$	کویر مرکزی
۰/۸۲	$y = ۰/۰۰۰۸x + ۲/۶۲۱۲$	دریاچه نمک	۰/۹۷	$y = ۰/۰۰۱۲x + ۲/۱۶۲۸$	کویر سیاه کوه
۰/۶۲	$y = ۰/۰۰۴۱x + ۲/۱۸۷۳$	حله	۰/۸۸	$y = ۰/۰۰۰۷x + ۲/۷۸۴۸$	مرزی غرب
۰/۵	$y = ۰/۰۰۰۵x + ۳/۲۶۲۷$	هامون جازموریان	۰/۸۹	$y = ۰/۰۰۱۱x + ۲/۳۲۷۹$	نمکزار خواف
۰/۹	$y = ۰/۰۰۰۹x + ۲/۵۳۱$	هامون-هیرمند	۰/۹۳	$y = ۰/۰۰۰۸x + ۲/۶۳۱۴$	قره‌قوم
۰/۵۴	$y = ۰/۰۰۰۳x + ۲/۶۲۲۹$	هامون-ماشکل	۰/۹۹	$y = ۰/۰۰۰۱x + ۳/۳۴۱۶$	قره‌سو-گرگانرود
۰/۷۵	$y = ۰/۰۰۰۵x + ۳/۱۵۶۳$	هراز-قره‌سو	۰/۷۴	$y = ۰/۰۰۴۸x + ۱/۶۷$	سفیدرود-هراز
۰/۸۶	$y = ۰/۰۰۰۶x + ۲/۸۸۹۸$	جراحی-زهره	۰/۸	$y = ۰/۰۰۴۹x + ۱/۸۵۴۷$	تالش-مرداب انزلی
۰/۹۴	$y = ۰/۰۰۰۸x + ۲/۶۰۴۸$	کل-مهران	۰/۹	$y = ۰/۰۰۴۷x + ۲/۲۰۹۶$	مند

## طول کل اجزای جریان و افزایش رتبه‌ها

طول زهکشی، پارامتر مورفومتریکی مهمی برای تعیین تراکم زهکشی و ناهمواری حوضه است. طول کل جریان رتبه‌های متفاوت حوضه‌ها با افزایش رتبه، در شرایطی که توپوگرافی متجانس باشد، تمایل به کاهش دارد؛ شایان ذکر است که تحت شرایط توپوگرافی نامتجانس ممکن است حالت فوق دیده نشود (پراساد، ۱۳۸۸: ۷۴). طول جریان هر رتبه در تمام حوضه‌ها اندازه‌گیری و دسته‌بندی شد که در کل، وجود روابط منفی را بین کل طول جریان و رتبه تأیید

می‌کند؛ حوضه‌هایی که عکس فرضیه فوق عمل کرده، ممکن است به دلیل ناهمواری نامتجانس حوضه باشد که بیشتر بر اثر اسارت و انحراف، مقاومت لیتولوژی یا تکتونیک فعال حوضه شکل گرفته است (شکل ۴؛ جدول ۶).



شکل (۴) پراکندگی حوضه‌های آبریز در ارتباط با طول کل جریان و افزایش رتبه آبراهه‌ها

Figure (4) Dispersion of catchments in relation to the total length of the stream and increase the order of waterways

جدول (۶) طول جریان‌ها رتبه‌های مختلف در حوضه آبریز که عکس فرضیه عمل کردند

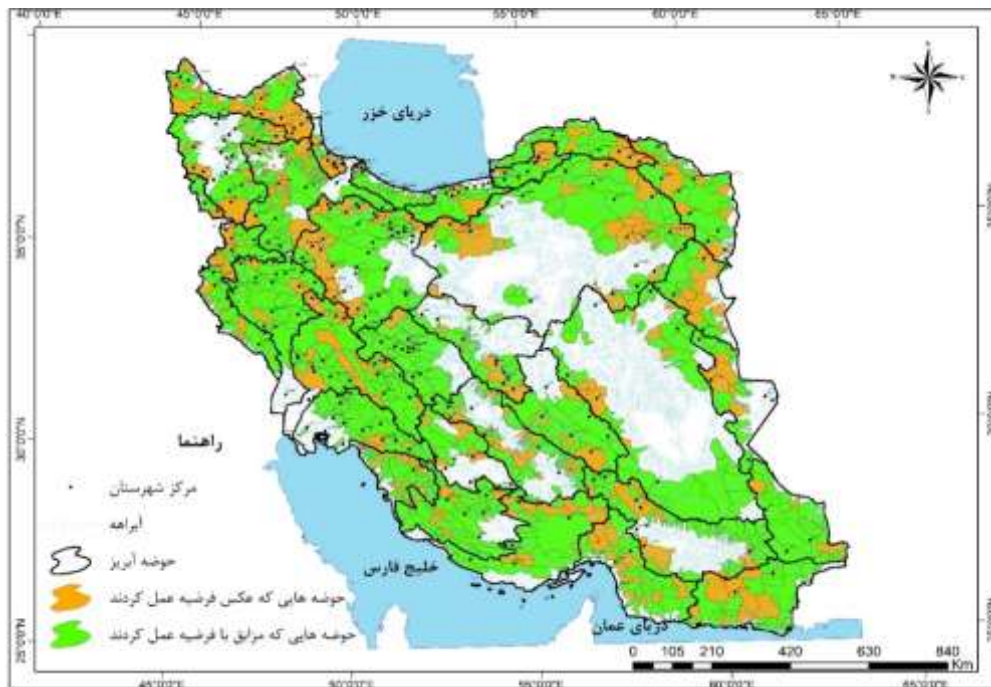
Table (6) The lengths of the flows of different ranks in the catchment that acted contrary to the hypothesis

حوضه آبریز	تعداد کل زیر حوضه		حوضه آبریز	زیر حوضه آبریز		تعداد کل زیر حوضه	حوضه آبریز
	تعداد	درصد		تعداد	درصد		
گاوخونی	۲۲	۱۸	۴	۲۰	۶	۲۰	دریاچه نمک
دریاچه ارومیه	۲۷	۱۴	۴	۲۵	۱۰	۲۵	حله
سفیدرود	۹۴	۲۶	۲۵	۵۹	۱۹	۳۲	هامون-جازموریان
ابرقو-سیرجان	۷۶	۳۰	۲۳	۲۱	۱	۴	هامون-هیرمند
ارس	۳۸	۱۵	۶	۲۵	۱۰	۴۰	هامون-مشکیل
اترک	۱۹	۴۲	۸	۹	۴	۴۴	هراز-قره‌سو
بلوچستان جنوبی	۳۹	۱۷	۷	۲۹	۹	۳۱	جراحی-زهره
بندرعباس-سدیچ	۴۴	۳۱	۱۴	۳۰	۸	۲۶	کل-مهران
نمکزارخواف	۱۷	۱۷	۳	۱۹	۶	۳۱	کرخه
قره‌قوم	۲۶	۲۶	۷	۳۴	۷	۲۰	کارون
قره‌سو-گرگانرود	۶	-	-	۲۱	۴	۱۹	کویر درانجیر
سفیدرود-هراز	۱۷	۳۵	۶	۴۳	۱	۲	کویر لوت
تالش-مرداب انزلی	۷	۵۷	۴	۶۷	۲۱	۳۱	کویر مرکزی
مند	۴۴	۳۱	۱۴	۳۱	۱۱	۳۵	کویر سیا کوه
طشک-بختگان	۱۴	۲۸	۴	۳۸	۸	۲۱	مرزی غرب



## میانگین کل اجزای جریان و افزایش رتبه‌ها

متوسط طول جریان‌های هر رتبه در حوضه زهکشی به‌طور تقریبی با تصاعد هندسی مستقیم همراه است. در واقع متوسط طول جریان‌ها با افزایش رده‌ها افزایش می‌یابد (پراساد، ۱۳۸۸: ۷۵). میانگین طول جریان‌های هر رتبه در حوضه آبریز محاسبه و بررسی شد؛ حوضه‌هایی شناسایی شده که با فرضیه فوق هم‌خوانی نداشت و نشان‌دهنده روابط معکوس بود. (شکل ۵؛ جدول ۷). روابط معکوس در این حوضه‌ها ممکن است به عوامل محیطی از جمله توپوگرافی منطقه مربوط باشد.



شکل (۵) پراکنندگی حوضه‌های حذف‌شده در رابطه میانگین طول کل جریان و افزایش رتبه آبراهه‌ها

Figure (5) Scattering of eliminated basins in relation to the average total length of the stream and increasing the order of waterways

جدول (۷) تعداد و درصد حوضه‌های آبریز عکس فرضیه رابطه بین میانگین طول کل جریان و افزایش رتبه آبراهه‌ها

Table (7) Number and percentage of catchments Photo Hypothesis Relationship between the mean of the total length of the stream and the increase in the order of waterways

حوضه آبریز	تعداد کل زیر حوضه		حوضه آبریز	زیر حوضه آبریز		تعداد کل زیر حوضه	حوضه آبریز
	تعداد	درصد		تعداد	درصد		
گاوخونی	۱۲	۴۱	دریاچه نمک	۲	۹	۲۲	گاوخونی
دریاچه ارومیه	۱۲	۳۰	حله	۸	۲۶	۲۷	دریاچه ارومیه
سفیدرود	۱۲	۲۰	هامون-جازموریان	۲۳	۲۴	۹۴	سفیدرود
ابرقو-سیرجان	۵	۲۳	هامون-هیرمند	۲۲	۲۸	۷۶	ابرقو-سیرجان
ارس	۴	۱۶	هامون-مشکیل	۱۵	۳۹	۳۸	ارس
اترک	۲	۲۲	هراز-قره‌سو	۵	۲۶	۱۹	اترک
بلوچستان جنوبی	۳	۱۰	جراحی-زهره	۱۳	۳۳	۳۹	بلوچستان جنوبی

۴۳	۱۳	۳۰	کل-مهران	۳۸	۱۷	۴۴	بندرعباس-سدیچ
۱۵	۳	۱۹	کرخه	۴۷	۸	۱۷	نمکزارخواف
۲۹	۱۰	۳۴	کارون	۳۴	۹	۲۶	قره‌قوم
۳۸	۸	۲۱	کویر درانجیر	۵۰	۳	۶	قره‌سو-گرگانرود
۱۶	۷	۴۳	کویر لوت	۱۷	۳	۱۷	سفیدرود-هراز
۴۱	۲۸	۶۷	کویر مرکزی	۴۲	۳	۷	تالش-مرداب انزلی
۲۲	۷	۳۱	کویر سیا کوه	۲۲	۱۰	۴۴	مند
۳۱	۱۲	۳۸	مرزی غرب	۳۵	۵	۱۴	طشک-بختگان

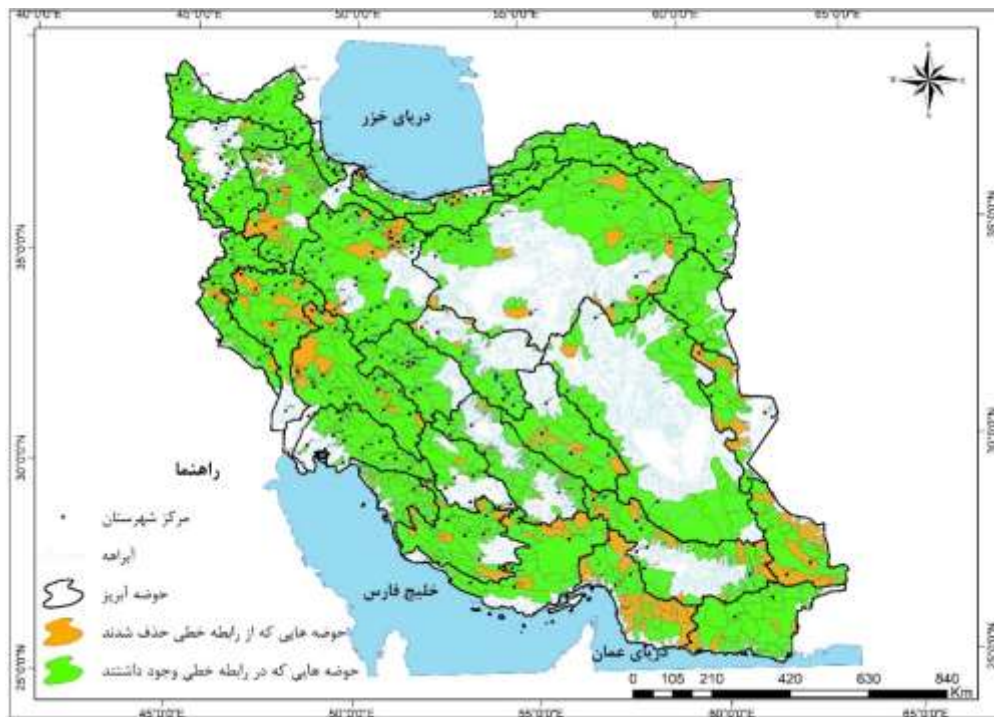
### ثابت نگهداشت و شیب

مقادیر ثابت نگهداشت از حوضه‌ای به حوضه دیگر متفاوت است؛ این مقادیر به شدت تحت تأثیر عوامل ناهمواری‌ها و تأثیرات محیطی است. این فرض وجود دارد که هرچه شیب کمتر باشد، مقدار ثابت نگهداشت بیشتر می‌شود. برای آزمون این فرض، رابطه رگرسیونی بین ثابت نگهداشت و شیب برقرار و روابط رگرسیونی با روند مثبت برآورد شد (جدول ۸؛ شکل ۶). در این آزمون، شیب مستقل و ثابت نگهداشت وابسته در نظر گرفته و بعضی از حوضه‌ها از آزمون حذف شد که به احتمال قوی ناشی از شرایط توپوگرافی و لیتولوژیکی حوضه‌ها بوده که بر نگهداشت ویژه اثر گذاشته است. حوضه‌هایی با توسعه بیشتر در فضای تپه‌ماهوری، به‌طور معمول تراکم زهکشی کمتری دارد؛ البته در حوضه‌هایی هم که روابط رگرسیونی پذیرفتنی به دست آمده، ضریب تبیین‌ها بین ۵۰ (هامون هیرمن، ابرقو- سیرجان، سفیدرود) تا ۷۹ درصد (گاوخونی) متغیر و در بیشتر حوضه‌ها بین ۵۰ تا ۶۰ درصد بوده و برخلاف ضرایب قبلی آن‌چنان قوی نبوده است و در مجموع تبعیت نگهداشت ویژه را از سایر عوامل تأیید می‌کند.

جدول (۸) رابطه خطی میانگین شیب و ضریب نگهداشت و تعداد زیر حوضه‌های حذف شده

Table (8) Linear relationship between mean slope and retention coefficient and number of deleted sub-basins

حوضه‌های حذف شده	R <sup>۲</sup>	رابطه خطی میانگین شیب و ضریب نگهداشت	حوضه آبریز	حوضه‌های حذف شده	R <sup>۲</sup>	رابطه خطی میانگین شیب و ضریب نگهداشت	حوضه آبریز
۱	۰/۵۳	$y = ۰.۰۷۴۲x + ۳۹/۲$	بختگان-مهارلو	۰	۰/۷۹	$Y = ۰.۱۲۴۷x + ۱/۸۱۷۴$	گاوخونی
۳۱	۰/۵	$y = ۰.۰۴۲۱x + ۶۹۸/۲$	سفیدرود	۲	۰/۵۴	$y = ۰.۰۷۹۹x + ۲/۱۰۰۷$	دریاچه ارومیه
۱۱	۰/۵	$y = ۰.۱۱۴۷x + ۲/۱۰۸$	ابرقو-سیرجان	۷	۰/۵۹	$y = ۰.۰۲۱۱x + ۳/۳۸۷۵$	کرخه
۰	۰/۵۲	$y = ۰.۰۳۹۱x + ۲/۸۱۱۸$	ارس	۷	۰/۵۷	$y = ۰.۰۱۳۷x + ۳/۴۵۶۴$	کارون
۰	۰/۵۶	$y = ۰.۰۶۹۷x + ۲/۶۱۸$	اترک	۲	۰/۵۸	$y = ۰.۱۰۳۷x + ۹۸۳۷/۱$	کویر درانجیر
۵	۰/۵۲	$y = ۰.۰۶۴۲x + ۲/۵۷۵۵$	بلوچستان جنوبی	۱	۰/۵۶	$y = ۰.۰۴۳۳x + ۲/۶۶۶۲$	کویر لوت
۲۱	۰/۵۴	$y = ۰.۰۶۱۸x + ۲/۲۹۲۶$	بندرعباس-سدیچ	۱۰	۰/۵۱	$y = ۰.۰۶۰۷x + ۲/۴۴۱۷$	کویر مرکزی
۶	۰/۵۳	$y = ۰.۰۴۹۶x + ۲/۵۳۹۲$	دریاچه نمک	۵	۰/۵۲	$y = ۰.۱۰۳۱x + ۱/۹۲۳۲$	کویر سیا کوه
۲	۰/۵۹	$y = ۰.۰۶۷۲x + ۲/۱۶۵۲$	حله	۳	۰/۵۸	$y = ۰.۰۴۳۱x + ۲/۸۳۳$	مرزی غرب
۱۵	۰/۵۳	$y = ۰.۰۴۳۴x + ۲/۵۶۱۴$	هامون-سبزه‌ساز	۰	۰/۵۵	$y = ۰.۱۲۷۳x + ۱/۹۱۸۶$	نمکزارخواف
۹	۰/۵	$y = ۰.۰۴۸۴x + ۲/۷۷۱۹$	هامون-هیرمند	۲	۰/۵۲	$y = ۰.۰۳۹۶x + ۲/۶۷۴$	قره‌قوم
۱۱	۰/۵۶	$y = ۰.۰۲۰۱x + ۳/۰۳۹۲$	هامون-ماشکل	۰	۰/۶۱	$y = ۰.۰۳۰۶x + ۲/۹۶۹۵$	قره‌سو-گرگانرود
۱	۰/۷۱	$y = ۰.۰۸۲۴x + ۱/۱۹۷۱$	هراز-قره‌سو	۱	۰/۵۷	$y = ۰.۰۵۱۶x + ۲/۰۰۲۸$	سفیدرود-هراز
۰	۰/۶۸	$y = ۰.۰۳x + ۲/۸۹۷۷$	جراحی-زهره	۰	۰/۷۸	$y = ۰.۰۶۰۸x + ۱/۵۴۰۴$	تالش-مرداب انزلی
۸	۰/۵۱	$y = ۰.۰۵۳۵x + ۲/۳۶۲۷$	کل-مهران	۱۱	۰/۵۳	$y = ۰.۰۶۵۸x + ۲/۵۱۸۸$	مند



شکل (۶) پراکندگی زیر حوضه‌های حذف‌شده در رابطه بین میانگین شیب و ضریب نگهداشت

Figure (6) Dispersion of deleted sub-basins in the relationship between mean slope and retention coefficient

### ثابت نگهداشت و تراکم زهکشی

مقدار ثابت نگهداشت کانال با کاهش تراکم زهکشی افزایش می‌یابد؛ بنابراین بین ثابت نگهداشت کانال و تراکم زهکشی رابطه معکوس وجود دارد (پراساد، ۱۳۸۸: ۸۴). برای آزمون این فرضیه بین ثابت نگهداشت و تراکم زهکشی، رابطه رگرسیونی برآورد شد. تراکم زهکشی متغیر مستقل و ثابت نگهداشت متغیر وابسته بود. این فرض، در حوضه‌های آبریز با سطح معناداری مناسب تعمیم‌شدنی است (جدول ۹). در حوضه آبریز سفیدرود، یک زیر حوضه با این فرض همخوانی نداشت و از رابطه رگرسیونی حذف شد؛ در حالی که بیشترین ثابت نگهداشت و کم‌ترین تراکم زهکشی متعلق به همین زیر حوضه بود.

جدول (۹) روابط خطی ضریب نگهداشت و تراکم زهکشی

Table (9) Linear relationships of maintenance coefficient and drainage density

$R_r$	رابطه خطی ضریب نگهداشت و تراکم زهکشی	حوضه آبریز	$R_r$	رابطه خطی ضریب نگهداشت و تراکم زهکشی	حوضه آبریز
۰/۹۷	$y = -13/544x + 7/4284$	بختگان-مهارلو	۰/۹۸	$y = -10/43x + 6/526$	گاوخونی
۰/۸۵	$y = -10/516x + 6/6449$	سفیدرود	۰/۹۴	$y = -9/7796x + 6/3796$	دریاچه ارومیه
۰/۹۱	$y = -7/6255x + 5/3116$	ابرقو-سیرجان	۰/۹۹	$y = -13/742x + 7/4235$	کرخه
۰/۸۹	$y = -7/757x + 5/8255$	ارس	۰/۹۸	$y = -16/029x + 8/038$	کارون
۰/۹۶	$y = -9/2599x + 6/2118$	اترک	۰/۸۶	$y = -5/1277x + 4/7789$	کویر درانجیر

۰/۹۸	$y = -۱۰/۵۷۸x + ۶/۵۵۲۲$	بلوچستان جنوبی	۰/۵۶	$y = ۰/۰۴۳۳x + ۲/۶۶۶۲$	کوبر لوت
۰/۹۸	$y = -۹/۹۳x + ۶/۳۳۸۲$	بندرعباس-سدیج	۰/۹۵	$y = -۸/۵۱۳۵x + ۵/۹۰۹۴$	کوبر مرکزی
۰/۵۹	$y = -۰/۹۹۲۷x + ۳/۵۰۰۴$	دریاچه نمک	۰/۹۱	$y = -۶/۹۰۵۵x + ۵/۴۷۷۱$	کوبر سیاه کوه
۰/۹۴	$y = -۹/۱۷۸۹x + ۶/۱۵۲۷$	حله	۰/۹۷	$y = -۱۲/۷۹۶x + ۷/۲۱۸$	مرزی غرب
۰/۹۶	$y = -۱۰/۰۳۸x + ۶/۴$	هامون-جازموریان	۰/۹۷	$y = -۸/۹۲۳۹x + ۶/۰۳۴۸$	نمکزار خواف
۰/۹۶	$y = -۸/۸۵۵۱x + ۶/۰۱۳$	هامون-هیرمند	۰/۹۸	$y = -۱۱/۳۸۳x + ۶/۸۲۲$	قره‌قوم
۰/۹۶	$y = -۹/۲۵۶۱x + ۶/۱۳۵۵$	هامون-ماشکل	۰/۹۹	$y = -۱۱/۳۰۵x + ۶/۷۵۱$	قره‌سو-گرگانرود
۰/۹۵	$y = -۴/۱۸۱x + ۴/۹۶۴۹$	هراز-قره‌سو	۰/۹۷	$y = -۱۳/۴۲۳x + ۷/۴۱۳$	سفیدرود-هراز
۰/۹۸	$y = -۱۰/۸۹۶x + ۶/۴۷۷۶$	جراحی-زهره	۰/۹۹	$y = -۱۲/۱۶۳x + ۷/۰۴۴۱$	تالش-مرداب انزلی
۰/۹۸	$y = -۱۰/۳۸۷x + ۶/۴۷۴۷$	کل-مهران	۰/۹۳	$y = -۱۲/۴۹۲x + ۷/۱۱۰۵$	مند

### بحث و نتیجه‌گیری

در این پژوهش به صحت روابط فیزیوگرافی حوضه‌ها توجه شد. بررسی‌های به‌عمل‌آمده دال بر وجود ارتباط خصوصیات فیزیوگرافی حوضه است. افزایش رتبه آبراهه‌های یک حوضه آبریز بر کانتکست‌های مختلف ژئومورفولوژیکی، ژئولوژیکی، کلیماتولوژی، اکولوژیکی و ... اثر می‌گذارد که هرکدام به‌نوبه خود سیستم‌های باز وسیعی دارد که در آنها هر خروجی به‌عنوان ورودی سیستم تلقی می‌شود و تابع قوانین ریاضی محض نیست. به‌طور معمول محققان در برخورد با چنین سیستم‌هایی فرض را بر اثرگذاری بردارهای مشخص و در دسترس می‌گذارند و رفتار سیستم را در ارتباط با آنها ارزیابی می‌کنند. در این پژوهش، افزایش رتبه آبراهه‌های حوضه‌های آبریز ایران در غالب ۹۸۴ زیر حوضه در ارتباط با نسبت انشعاب، طول و میانگین کل آبراهه‌ها و مساحت حوضه بررسی شد. رابطه بین رتبه برابر آبراهه با مساحت حوضه آبریز و همچنین ارتباط بین ثابت نگهداشت ویژه با شیب و تراکم زهکشی نیز از جمله خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز است که در این پژوهش ارزیابی شد. نتایج دال بر این است که رودخانه‌های سیمره، کرخه، زراب، فلاسرخه، کارون، کرخه نور، اروندرود، شور، کل، کال شور و ارس در ایران با رتبه ۷ به آبریز نهایی خود می‌پیوندند. یکی از عوامل اثرگذار بر مجموع رتبه آبراهه‌های یک حوضه آبریز، مساحت حوضه آبریز است که بین این دو پارامتر در تمامی حوضه‌ها رابطه مستقیمی وجود دارد؛ به‌گونه‌ای که در بیشتر حوضه‌های آبریز با ضریب تبیین ۹۹ درصد مجموع رتبه آبراهه‌ها از مساحت حوضه تبعیت کرده است؛ حتی در حوضه سیرجان که این همبستگی کاهش یافته، به ضریب تبیین ۸۹ درصد رسیده است. بین نسبت انشعاب و افزایش رتبه رودخانه‌های هر حوضه نیز وابستگی معکوسی وجود دارد. در حوضه‌های آبریز ایران مقدار ضریب تبیین این دو پارامتر از ۳۵ درصد در حوضه کویر سیاه کوه تا ۸۲ درصد در حوضه آبریز سفیدرود متغیر است. بررسی ضریب تبیین نسبت انشعاب با افزایش رتبه آبراهه‌ها دال بر این است که افزایش رتبه آبراهه‌ها فقط از نسبت انشعاب متأثر نیست و در بسیاری از زیر حوضه‌ها، عوامل دیگری بر این بردار اثر می‌گذارد. نسبت انشعاب یک حوضه آبریز به‌شدت به مساحت حوضه بستگی دارد؛ به‌گونه‌ای که امکان دارد مساحت حوضه با ضریب تبیین ۹۹ درصد بر نسبت انشعاب اثر بگذارد (حوضه آبریز قره‌سو - گرگان رود)؛ ولی ضریب تبیین ۵۰ درصد در برخی از حوضه‌ها (حوضه‌های آبریز

سفیدرود و هامون (جازموریان) دال بر اثرگذاری سایر عوامل بر روی این پارامتر است. طول جریان در رتبه‌های پایین بیشتر از رتبه‌های بالاتر است. در حوضه‌های آبریز ایران گاه این مسئله به صورت عکس درمی‌آید. این وضعیت به خصوص در رودخانه‌های واحد مورفوتکتونیک زاگرس، سفیدرود و گاه البرز که تکتونیک فعال دارند یا منحرف شده‌اند، بسیار بارز است. با افزایش رتبه آبراهه‌ها میانگین طول جریان در همان رتبه افزایش می‌یابد. این فرض نیز به شرط آنکه عوامل ذکر شده در فرض قبلی، بر توپوگرافی حوضه اثر نگذاشته باشد، با حوضه‌های آبریز ایران همخوانی دارد. سطوح شیب‌دار اجازه نفوذ آب را کاهش می‌دهد و ثابت نگهداشت را کمتر می‌کند. با بررسی این فرض در بسیاری از حوضه‌های آبریز ایران، ضریب تبیین پذیرفتنی‌ای برآورد نشد و در حوضه‌هایی هم که این فرض تأیید شد، بیشتر با حذف زیر حوضه‌هایی ضریب تبیین حداکثر به ۷۹ درصد رسید (حوضه آبریز گاوخونی). این فرض که هرچه ثابت نگهداشت حوضه بیشتر شود تراکم زهکشی حوضه کاهش می‌یابد، برای بیشتر حوضه‌های آبریز ایران با ضریب تبیین بالاتر از ۹۰ درصد تعمیم‌شدنی است.

## منابع

- آزادبخت، بهرام و نوروژی، غلام‌رضا (۱۳۸۷). **جغرافیای آب‌های ایران**، تهران: انتشارات سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، ص ۳۰۳.
- اسفندیاری درآباد و همکاران (۱۳۹۴). **بررسی خصوصیات فیزیوگرافی حوضه آبریز دره سیر، اولین کنگره بین‌المللی زمین، فضا و انرژی پاک**.
- پراساد، گوویند (۱۳۸۸). **روش‌ها و تکنیک‌ها در ژئومورفولوژی**، مترجم: مهران مقصودی و محمد طاهر خانی، انتشارات انتخاب، ص ۲۷۲.
- جداری عیوضی، جمشید (۱۳۸۹). **ژئومورفولوژی ایران**، تهران: انتشارات دانشگاه پیام نور، چاپ هشتم، ص ۱۰۶.
- خرمی، کیوان و همکاران (۱۳۹۳). **بررسی ویژگی‌های فیزیوگرافی و هیدروگرافی حوضه آبریز قره‌سو در شمال غرب ایران با استفاده از سامانه اطلاعات جغرافیایی**، نشریه منابع آب و توسعه، سال دوم، شماره ۲.
- رضایی مقدم، محمدحسین (۱۳۷۷). **تحلیل شبکه آبراهه‌ای حوضه‌های میشوداغ به روش هورتون**، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، دانشگاه تبریز، شماره ۱۶۶، صص ۱۴۸-۱۳۳.
- زمردیان، محمدجعفر (۱۳۹۲). **ژئومورفولوژی ایران (فرآیندهای اقلیمی و دینامیک‌های بیرونی)**، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. جلد دوم، چاپ هفتم، ۲۶۸ ص.
- شمسی، احمد طاهر و همکاران (۱۳۹۶). **تعیین مشخصات فیزیوگرافی حوضه آبریز با استفاده از GIS (مطالعه موردی سنندج)**، شانزدهمین کنفرانس هیدرولیک ایران، دانشکده فنی مهندسی، دانشگاه محقق اردبیلی، صص ۸-۱.
- طیبیان، سیده اعظم (۱۳۹۶). **بررسی خصوصیات فیزیوگرافی و مورفومتری حوضه آبریز بقمچ با استفاده از نرم‌افزار GIS**، پنجمین همایش ملی ژئومورفولوژی و چالش‌های محیطی.

- علایی طالقانی، محمود (۱۳۹۲). ژئومورفولوژی ایران. تهران: انتشارات قومس، ص ۴۰۴.
- قنبرزاده، هادی و همکاران (۱۳۸۵). بررسی علل و عوامل ناپایداری دامنه‌ها در حوضه آبریز تبارک آباد قوچان، مجله علوم جغرافیایی، شماره ۲، صص ۱۰۲-۱۲۱.
- مختاری، لیلا گلی (۱۳۹۴). بررسی اثر سیستم‌های شکل‌زا در ژئومورفولوژی حوضه‌های آبریز ایران، جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی، سال بیست‌وشش، پیاپی ۵۹، شماره ۳، صص ۲۳۸-۲۲۵.
- مقیم، ابراهیم (۱۳۸۸). اکوژئومورفولوژی و حقوق رودخانه، انتشارات دانشگاه تهران، ۲۹۶ ص.
- وزارت نیرو، دفتر برنامه‌ریزی کلان آب و ایفا، (۱۳۹۰-۱۳۸۹)، سالنامه آماری آب کشور، ص ۳۳۴.
- ولایتی، سعدالله (۱۳۹۲). منابع و مسائل آب در ایران با تأکید بر بحران آب، موسسه آموزش عالی بینالود، ص ۳۲۰.
- Ali, U., & Ali, S. A. (2014). **Analysis of drainage morphometry and watershed prioritization of Romushi-Sasar catchment, Kashmir valley, India using remote sensing and GIS technology.** Journal 16. Advanced Research, 2(12), pp 5-23.
- Elmi Zadeh, H., Mah Peykar, O., & Sadatmand, M. (2014). **Investigation of fractal theory in river geomorphology (Case study: Zarrineh River),** Quantitative geomorphological research, 3 (2), pp 130-141. (In Persian).
- Hack, J. T. (1975). **Dynamic equilibrium and landscape evolution.** Theories of landform development, 1, pp 87-102.
- Horton, R. E. (1945). **Erosional development of streams and their drainage basins; hydro physical approach to quantitative morphology.** Geological society of America bulletin, 56(3), pp 275-370.
- Lanzoni, S., Ferdousi, A., & Tambroni, N. (2017). **River banks and channel axis curvature: effects on the longitudinal dispersion in alluvial rivers.** Advances in Water Resources. 113. pp: 55-72.
- Nautiyal, M. D. (1994). **Morphometric analysis of a drainage basin using aerial photographs: a case study of Khairkuli Basin, District Dehradun, UP.** Journal of the Indian Society of Remote Sensing, 22(4), pp 251-261.
- Oruonye, E. D., Ezekiel, B. B., Atiku, H. G., Baba, E., & Musa, N. I. (2016). **Drainage basin morphometric parameters of River Lamurde: Implication for hydrologic and geomorphic processes.** Journal of Agriculture and Ecology Research International, 5(2), pp 1-11.
- Perasad, G. (2009). **Trends and techniques of geomorphology.** Translator: Mehran Maghsoudi, Mohammad Taher Khani, Selected Publications, P 272. (In Persian).
- Pitlick, J. (1994). **Relation Between Peak Flows, Precipitation, and Physiography for Five Mountainous Regions in The USA,** Journal of Hydrology, v.158,P.219-240.
- Raj, P. N., & Azeez, P. A. (2012). **Morphometric analysis of a tropical medium river system: a case from Bharathapuzha River southern India.** Open Journal of Modern Hydrology, 2(04), pp 91-98.
- Schumm, S. A. (1956). **Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy, New Jersey.** Geological society of America bulletin, 67(5), pp 597-646.
- Singh, V., & Singh, U. C. (2011). **Basin Morphometry of Maingra River, district Gwalior, Madhya Pradesh, India.** International Journal of Geomatics and Geosciences, 1(4), pp 891-902.
- Wang, G., Gertner, G., Fang, S., & Anderson, A. B. (2003). **Mapping Multiple Variables for Predicting Soil by Geostatistical Methods with TM Images and a Slope Map.** Photogrammetric Engineering and Remote Sensing 69:889-898.