

Application of Order Matrix Model to equilibrium analysis for the streams and geological formations in Seymare basin

Zeynab Mohamadkhani¹, Heeva Elmizadeh^{2*}, Ziba Batvandi³

1- Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Science and Technology, Khorramshahr, Iran

2- Department of Marine Geology, Faculty of Marine Natural Resources, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, Khorramshahr, Iran

3- Faculty of Economics and Management, Department of Fundamental Sciences and General Courses, Khorramshahr University of Marine Sciences and Technology, Khorramshahr, Iran

Keywords: Seymare river, Tectonic, Matrix, Order Matrix Model, Equilibrium

1-Introduction

Recognition of the geometry and morphology of a basin, especially a river morphometry and disequilibrium, can help with the effective management and conservation of rivers. Authorities and planners involved in river restoration projects focus on the hydro-geomorphological state of a short reach or aquatic habitats where the deficits are most evident. The order matrix is an appropriate method of analysis for evaluating basin balance, and fluvial dynamics and channel geometry are the products of influxes from the upstream catchment and local geomorphological framework conditions. Over time, discharge, sediment transport, and regional topographic conditions lead to specific channel patterns. A watershed is a geomorphologic unit suitable for managing natural resources and achieving sustainable development. The drainage network is made of a series of streams and rivers that guide and drain surface water flow. These spatial elements play an essential role in physiographic studies, hydrology, erosion, and sedimentation in a catchment. Human interventions in riverine environments always call for unintended side effects and potential long-term legacies that may cause new problems in the upstream or downstream sections. Locally-implemented river restoration projects may also influence the upstream and downstream fluvial processes and, thus, the morphology and geometry of river sections. The drainage network pattern is one of the most prominent landforms on the earth's surface. However, the order and distribution of hydrographic networks are different. This research aims to determine geological formations and factors of equilibrium in the study area and analyze the relationship between the forms and pattern of the drainage network in the Seymareh river basin using the order matrix model.

2- Material and methods

The Seymareh basin is located at 46° 35' 35" to 47° 31' 33" N and 33° 11' 57" to 33° 36' 19" E. To this aim, vector data from 1:50000 topographic maps by the National Geography Organization of Iran, 1:100000 geologic maps by Iran's Geological Survey, and a DEM of the region were imported into ArcGIS. According to the Horton-Strahler method, streams were ranked, and a map of streams in the region was prepared. The basin was evaluated in ArcGIS using the order matrix method. In this method, the network of channels in the basins is classified according to the Strahler model, and then the drainage network is divided into three parts including right, center, and left. The basin dividing line is the line in the drainage network with the largest category. Continuing this stream, the mainline between the right and left sides of the basin divides the basin into two parts. Eventually, streams are counted and recorded in a square array whose number of rows and columns equals the largest category in the river basin. Data was derived from satellite imagery and a DEM of the study area. For this purpose, vector data of the stream network were derived from the DEM of the study area; in Global

*Corresponding author: elmizadeh@kmsu.ac.ir

DOI: 10.22055/AAG.2020.32511.2091

Received 2020-02-03

Accepted 2020-06-12

Mapper, the Strahler classification was applied, and metadata graph lines were drawn. The drainage network (category 1-5 streams) was drawn in Curvexpert and Grapher. After acquiring and storing satellite images, images were georeferenced with high-precision in ArcGIS, and all existing streams in the images were aligned and saved in the shapefile format.

3- Results and discussion

The results show that the number of waterways in the correct zone is much smaller than the left, and the number of waterways on both sides is low. Also, the length ratio and the number of waterways on the right is lower than on the left. The longest waterway and the most significant number of waterways on both sides of the main river belong to first-order waterways. The Seymareh basin consists of 15 geological formations; the Gachsaran and Asmari-Shahbazan Formations cover the most extensive areas, and the Ilam and Tale-Zang Formations are the smallest. The Imam Hassan limestone Formation and alluvial sediments have the highest drainage density, and the lowest density is observed in the Sarvak and Tale-Zang Formations. The drainage density for the whole basin is 0.42 percent (0.33 percent on the right side and 0.44 percent on the left side). Also, the most substantial length of the main river flows over alluvial sediments and the smallest on the Amiran Formation. The waterways which have joined the main river in the correct zone have travelled a smaller distance and joined the Seymareh river with a steeper slope (average slope of 25 degrees) than the left side (average slope of 19 degrees). Based on the model results, the Seymareh basin is active in terms of geomorphological developments, showing irregularity and disequilibrium due to factors such as tectonics and geology at the basin level. The hierarchical order in the basin was low, which shows tectonic activity in the basin. Finally, it was concluded that the changes in the basin exhibit a form of disorder indicative of disequilibrium in the form of the drainage network. The disequilibrium in the form of the drainage network is due to active tectonics in the basin.

4- Conclusion

The Order Matrix Model results show that the patterns of drainage networks are not similar on the left and right sides; the number of streams on the left side is more than twice the number of streams on the right side, indicating disequilibrium and inequality between the two sides. In general, in basins located in the Zagros Mountains, such as the Seymareh basin, drainage networks have different patterns and forms due to the impact of active tectonics and differences in tectonic status. Based on the model results, the irregularity of the drainage network is reduced at higher orders. There is also a linear correlation between the number of waterways in orders 1 to 5, indicating that the basin drainage network is downstream and that the outlet is evolving. However, the correlation between the length of waterways in the right and left sections is low compared to the number of waterways. Due to the different performance of geological formations, an undeveloped drainage pattern is seen on the right side, which is almost parallel; on the left side, the pattern is tree-shaped. Also, the number of waterways in formations such as alluvial sediments and Gachsaran sediments is higher than in other formations. Resistant formations reduce the permeability and moisture of the soil, indicated by small vegetation cover. As a result, erosional processes increase as runoff is generated, and sediment is taken up. Accumulation of sediment changes the course of the river. The Imam Hassan hard limestone Formation, despite its small size, has the highest drainage density due to its very low permeability.

References

- Abbasi, A., 2007. Order Matrix Analysis of Stream Network in Geomorphology, Proceedings of the Second 21st Century Geography Conference, Islamic Azad University of Najafabad. p. 593-584.
- Asghari Saraskanrood, P., Zinnali, B., 2015. Investigation of the meander pattern of the Garmichai River in East Azarbaijan province using geomorphology and fractal analysis. Geographical Researches Quarterly Journal 4 (119), 78-64.
- Biswas, S.S., 2016. Analysis of GIS Based Morphometric Parameters and Hydrological Changes in Parbati River Basin, Himachal Pradesh, India. Journal of Geography Natural Disasters 6(2), 1-8.
- Elamizadeh, H., Abbasi, A.R., 2018. Geomorphologic Analysis of Micro-Stream Order Matrix of Dry Lake of Urmia Lake. Quantitative Geomorphological Research 6(4), 159-147.
- Fatahi, M.E., Kamiab, S.A., 2018. Adaptation of the geomorphological properties of the Basin and the multifractal characteristics of the Stream. Water Resources Research 19(5), 326-311.

- Plint, A.G., Krawetz, J.R., Buckley, R.A., Vannelli, K.M., Walaszczyk, I., 2017. Tectonic, eustatic and climatic controls on marginal-marine sedimentation across a flexural depocentre: Paddy Member of Peace River Formation (Late Albian), Western Canada Foreland Basin. *The Depositional Record* 4(1), 4–58.
- Sepehr, A., Khosravi, A., Abdollahzadeh, Z., 2016. Fractal behavior and its relationship with hydromorphometric characteristics of the northern slope catchments. *Hydrogeomorphology* 9, 1-20.
- Soltani, S.H., Ghahroodi Tali, M.H., Sadogh, H.H., 2019. Application of Remote Sensing and Fractal Mathematical Model to Investigation of the Behavior and Changes of Geomorphological Landscapes of Aras River. *Quantitative Geomorphology Research* 7(4), 92-72.
- Yang, H., Shi, C.H., 2017. The Fractal Characteristics of Drainage Networks and Erosion Evolution Stages of Ten Kongduis in the Upper Reaches of the Yellow River, China. *Journal of Resources and Ecology* 8(2), 165-173.
- Yu, F., Serena C., Kyungrock, P., Gavan, M.G., Suresh, P., Rao, C., Montanari, A., Jawitz, J.W., 2018. Globally Universal Fractal Pattern of Human Settlements in River Networks. *American Geophysical Union*, p. 1-20.

HOW TO CITE THIS ARTICLE:

Mohamadkhani, Z., Elmizadeh, H., Batvandi, Z., 2021. Application of Order Matrix Model to equilibrium analysis for the streams and geological formations in Seymare Basin. *Adv. Appl. Geol.* 11(2), 282-297.

DOI: 10.22055/AAG.2020.32511.2091

url: https://aag.scu.ac.ir/article_15866.html?lang=en

کاربرد مدل Order Matrix در تحلیل تعادل آبراهه‌ها و سازندهای زمین‌شناسی

حوزه سیمره

زینب محمدخانی

دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

هیوا علمیزاده*

دانشکده منابع طبیعی دریا، دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

زیبا بتوندی

دانشکده اقتصاد و مدیریت دانشگاه علوم و فنون دریایی خرمشهر، خرمشهر، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۳/۲۳

* elmizadeh@kmsu.ac.ir

چکیده

شبکه آبراهه‌ها به واسطه ویژگی پویای آن و تحت تأثیر پارامترها و متغیرهای مختلفی چون زمین‌شناسی، تکتونیک، هیدرولوژی، اقلیم و پوشش گیاهی، همواره از نظر فرم و الگو در معرض تغییر و تحول قرار دارند. تکنیک Order Matrix یک روش را عرضه می‌کند که درجه‌ی بی‌نظمی شبکه‌های رودخانه‌ای را بررسی نموده و پیچیدگی شبکه آبراهه‌ها را مستقل از اندازه آن‌ها، به صورت کمی ارائه و تحلیل می‌کند. در این پژوهش با هدف بررسی تعادل بین فرم‌ها و الگوی شبکه آبراهه‌ها و سازندهای حوزه سیمره، از مدل Order Matrix استفاده شده است. در مرحله اول پژوهش با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای لندست سال ۲۰۱۷، نقشه‌های زمین‌شناسی، نقشه‌های توپوگرافی و DEM منطقه مورد مطالعه، مرز و شبکه‌های آبراهه‌های حوزه استخراج و در محیط نرم افزار ArcGIS 10.5 پردازش و مورد تحلیل قرار گرفتند. نتایج مدل Order Matrix نابرابری و ناعادلی در دو سمت حوزه را نشان می‌دهد. به دلیل عملکرد متفاوت سازندهای زمین‌شناسی، در سمت راست یک الگوی زهکشی تکامل نیافته و تقریباً موازی شکل گرفته است، در حالی که در سمت چپ الگوی آبراهه‌ها به سمت نزدیک شدن به یک الگوی درختی می‌باشند. همچنین نظم سلسله مراتبی درحوزه کم بوده که نشان‌دهنده فعالیت‌های تکتونیکی می‌باشد. وضعیت تکتونیکی و یکسان نبودن مقاومت سنگ‌ها در حوزه سیمره عامل اصلی ایجاد نابرابری و ناعادلی در سطح منطقه بوده و در نتیجه باعث طولانی‌تر شدن زمان تأخیر شده و نوعی بی‌نظمی و عدم هماهنگی بین فرم و فرآیندهای حوزه ایجاد نموده است.

کلمات کلیدی: رودخانه سیمره، تکتونیک، ماتریس، مدل Order Matrix، تعادل

مقدمه

آبراهه‌ها به عنوان یک هویت سیستمی و یکی از بارزترین فرم‌ها و الگوهای هندسی بخش مهم و پویای محیط طبیعی هستند که در واکنش به ناعادلی‌های ناشی از عوامل طبیعی و انسانی، مورفولوژی بستر خود را برای رسیدن به تعادل مجدد تغییر می‌دهند. آثار متقابل پیچیده‌ای بین متغیرهای مورفولوژی رودخانه از جمله دبی جریان، بار رسوب، شیب و نیمرخ طولی وجود دارد. بنابراین هر تغییری در هر کدام از این متغیرها، مشخصاً به صورت عکس‌العمل مورفولوژی رودخانه منعکس خواهد شد. مسیر رودخانه‌ها نشان دهنده تعادل هستند، تعادلی که به طور پیوسته در طول زمان و مکان در اثر نوساناتی در دبی و بار رسوبی ایجاد می‌شوند. در حالی که نتیجه این نوسانات با تغییر عمودی و افقی نمایان می‌شوند؛ این تغییر دینامیکی که ضامن قدرت و تنوع سیستم‌های طبیعی است، رودخانه را برای رسیدن به تعادل تحریک می‌کند. بنابراین تغییر یک امر طبیعی و جزء حیاتی یک سیستم رودخانه‌ای پویاست (Zhou et al., 2017).

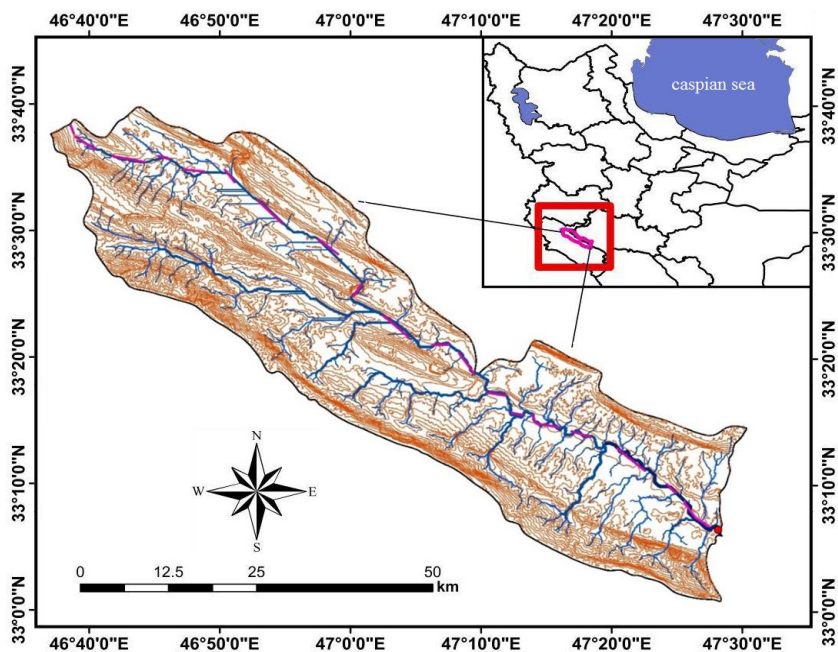
رقابت بی‌پایان میان فرآیندهای تکتونیکی مولد ناهم‌واری‌ها و فرآیندهای فرسایشی، گرچه از نظر وقوع کند به نظر می‌رسد، هسته اصلی تغییرات بنیادی در تعادل هیدرولوژیکی، ژئومورفولوژیکی و زیست محیطی است (Burbank and Anderson, 2012). در این میان تجزیه و تحلیل‌های عددی از شبکه‌های زهکشی بر پایه سیستم رده‌بندی شاخه‌های رودخانه در علوم زمین به شناخت کمی شبکه آبراهه‌ها کمک نموده و به یافته‌های جدید درباره تعادل حوزه منجر می‌شود. یکی از کاربردهای مدل‌سازی شبکه‌های آبراهه‌ای در تعریف کمی پراکندگی و تحلیل مفهوم تعادل زمین‌ریختی آبراهه‌های حوزه است که اغلب از آن به عنوان شاخصی برای بیان وضعیت آبراهه‌ها، بارندگی، رواناب، ظرفیت‌یابی، تکامل توپوگرافی، تکتونیک و فرسایش حوزه استفاده می‌شود و تعادل بین نیروهای فرسایش و مقاومت مواد تشکیل‌دهنده‌ی سطح زمین را نشان می‌دهد (Jafarzadeh Khatibani, 2016).

به منظور شناخت روند تکاملی و تعادل بین فرم‌ها و الگوی شبکه آبراهه‌ها و سازندهای حوضه و برنامه‌ریزی و بازسازی رودخانه‌ها شناخته شده است (Carke, 2015; Hosseinzadeh et al., 2016). بنابراین مطالعه پارامترهای کمی رودخانه جهت برنامه‌ریزی و مدیریت هرچه بهتر از اهمیت ویژه‌ای بالایی برخوردار می‌باشد. لازمه‌ی این شناخت از رودخانه شناسایی پارامترهای تأثیرگذار بر هر حوضه است. از این‌رو این پژوهش با هدف بررسی وضعیت سازندهای زمین‌شناسی و تحلیل ارتباط بین فرم‌ها و الگوی شبکه آبراهه‌های حوضه رودخانه سیمره از مدل Order Matrix استفاده شده است. این مدل به عنوان تکنیکی ارزشمند یک روش را عرضه می‌کند که درجه‌ی بی‌نظمی شبکه‌های رودخانه‌ای را بررسی نموده و پیچیدگی شبکه آبراهه‌ها را مستقل از اندازه آن‌ها، به صورت کمی ارائه و تحلیل می‌کند.

منطقه مورد مطالعه

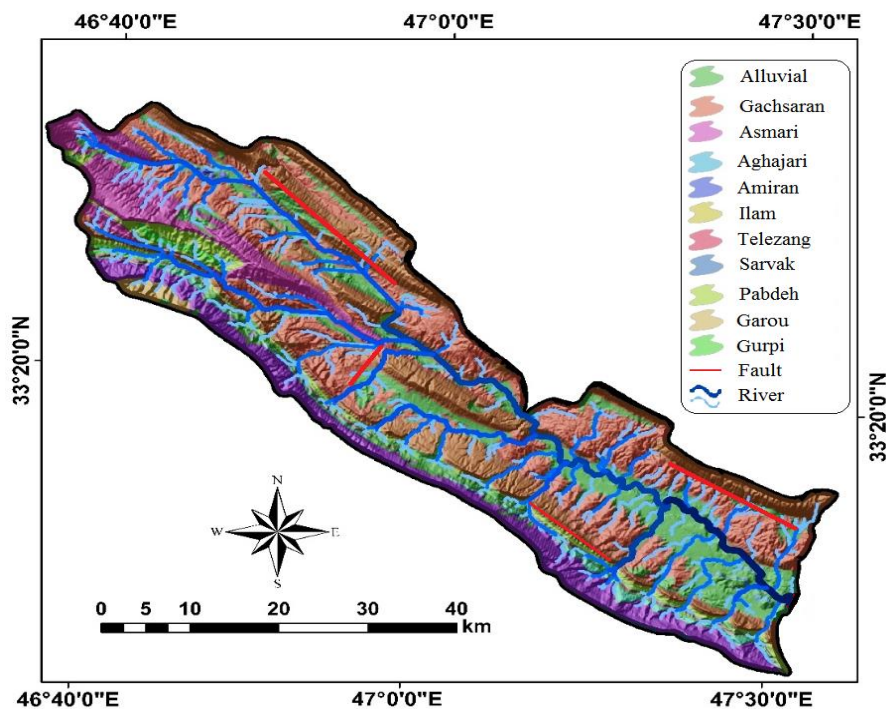
حوضه سیمره در محدوده جغرافیایی ۴۶ درجه و ۳۵ دقیقه و ۳۵ ثانیه تا ۴۷ درجه و ۳۱ دقیقه و ۳۳ ثانیه عرض شمالی و ۳۳ درجه و ۱۱ دقیقه و ۵۷ ثانیه تا ۳۳ درجه و ۳۶ دقیقه و ۱۹ ثانیه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). این حوضه از نظر تقسیمات سیاسی بین دو استان لرستان و ایلام قرار گرفته و به عنوان یک پدیده طبیعی این دو استان را از یکدیگر تفکیک نموده است. رودخانه سیمره بخش میانی سیستم زهکشی عظیم کرخه است که دارای روند شمال غربی - جنوب شرقی و شیب عمومی آن از شمال به جنوب می‌باشد و از نظر جغرافیایی در ارتفاعات حاشیه غربی فلات ایران و بخش جنوب غربی زون زاگرس چین خورده قرار دارد. مساحت منطقه مورد مطالعه ۲۰۹۴ کیلومتر مربع و طول رودخانه اصلی ۱۲۷ کیلومتر می‌باشد. از دیدگاه زمین‌شناسی حوضه سیمره در یک پهنه فعال گسلی و ساختگاه کمربند چین خورده رانده شده زاگرس، در جنوب شرقی تاقدیس راوندی واقع است و سرشاخه‌های فرعی آن از ارتفاعات کبیرکوه در جنوب غرب و ارتفاعات پیشکوه در شمال شرق به صورت عمودی با زاویه ۹۰ درجه به رودخانه سیمره ملحق می‌شوند. رشته کوه‌های نسبتاً مرتفع حوضه با روند کلی شمال غربی - جنوب شرقی تشکیل شده و توالی تاقدیس‌ها و ناودیس‌های منظم و کشیده در منطقه به وفور یافت می‌شود. در این میان بیشترین مساحت حوضه را سازندهای گچساران، آسماری - شهبازان و آبرفتهای دوران چهارم به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۲). همچنین آب‌وهوای منطقه دارای میانگین دمای سالانه ۲۲ درجه و میزان بارندگی به طور متوسط ۶۰۶ میلی‌متر می‌باشد. با توجه به قرار گرفتن حوضه آبریز سیمره در بین رشته کوه‌های زاگرس، اقلیم این حوضه در نقاط مختلف آن متفاوت بوده، به طوری که از نظر طبقه‌بندی اقلیمی حاشیه شمال غربی حوضه دارای آب و هوای مرطوب می‌باشد و در سایر قسمت‌ها شرایط نیمه مرطوب حاکم است.

امروزه بسیاری از پژوهشگران علوم زمین در پی یافتن روش‌های نوین جهت بررسی رابطه فرم و الگوی شبکه‌های رودخانه‌ای می‌باشند و مطالعات زیادی بر روی الگوی شبکه آبراهه‌ها انجام شده است. از جمله این پژوهش‌ها می‌توان به Asghari Sraskanrood and Zeinali (2015), Sepehr et al. (2016), Karami et al. (2018), Fatahi and Kamiab (2018) و Soltani and Partners (2019) اشاره نمود. همچنین در سطح جهان Sompamilk (2014), Gupta and Mesa (2014), Rozo et al. (2014), Tunas et al. (2016), Kabanov and Gouwy (2017), Plint et al. (2017), Yang and Shi (2017), Kycl et al. (2017), Ortega-Becerril et al. (2018), Yu et al. (2018), Mixner (2019), Avsin et al. (2019) و Gao et al. (2020) پژوهش‌هایی در این رابطه انجام داده‌اند؛ از جمله Azizian و Shokoohi (۲۰۱۳) با بررسی فرم و آستانه شکل‌گیری آبراهه‌های حوضه کسلیان در سوادکوه مازندران نتیجه گرفتند که با کاهش ابعاد سلولی DEM تعداد آبراهه‌های هر رده به ویژه در رتبه ۱ و ۲ افزایش معنی‌دار پیدا می‌کند و تراکم زهکشی کمتر می‌شود. Bahrami (۲۰۱۵) با استفاده از شاخص‌های ژئومورفیک و سلسله مراتبی، فرم شبکه زهکشی ده حوضه آبریز زاگرس را بررسی و نتیجه گرفت تغییر فرم شبکه آبراهه‌ها، کاملاً تحت تأثیر جنس سازندها، درصد کج شدگی و کشیدگی حوضه قرار دارد. Biswas (۲۰۱۶) با استفاده از شاخص‌های مورفومتری، تغییرات هیدرولوژیکی حوضه رودخانه پارتاتی هند را بررسی نمود. نتایج نشان داد تحول فرم شبکه زهکشی و افزایش تعداد آبراهه‌های حوضه در مراحل اولیه تحت تأثیر جنس سازندهای سست و فعالیت نفوتکتونیک قرار گرفته است. Elmizadeh و Abbasi (۲۰۱۸) با تحلیل شبکه آبراهه‌های شمال دریاچه ارومیه با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای نتیجه گرفتند که دلیل شیب کم، آبراهه‌ها از حساسیت و درجه تغییر پذیری بالایی برخوردار می‌باشند و بافت رسوبات نقش تعیین‌کننده در تغییرات و فرم بستر آبراهه‌ها ایفا می‌کند. همچنین Mohammadi و همکاران (۲۰۱۹) با استفاده از شاخص‌های مورفومتری و بُعد فراکتال به تحلیل حساسیت پذیری سازندهای زمین‌شناسی حوضه آبخیز دشت یزد - اردکان پرداختند. یافته‌ها نشان داد هر چه سن سازند بیشتر باشد، منجر به تشکیل آبراهه‌های مترکم‌تر با شاخه‌های متعدد شده است. شبکه آبراهه‌ها به واسطه ویژگی پویای آن و تحت تأثیر پارامترها و متغیرهای مختلفی چون زمین‌شناسی، تکتونیک، هیدرولوژی، اقلیم و پوشش گیاهی، همواره از نظر فرم و الگو در معرض تغییر و تحول قرار دارند (Piri et al., 2014)؛ به همین دلیل، تکامل این شبکه‌ها یک پدیده تدریجی و پیچیده بوده که تحت تأثیر فرآیندهای طبیعی و انسانی طی دوره‌های زمانی کوتاه‌مدت و بلندمدت دچار تغییر مسیر و تغییر الگو می‌شوند (Bartolini, 2012). در این راستا توصیف پیچیدگی‌ها و تغییرات اجزای شبکه زهکشی و روابط آن با عوامل تأثیرگذار طبیعی و انسانی، به طور گسترده‌ای به عنوان یک ابزار مفید



شکل ۱- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه.

Fig. 1. Geographical location of the study area.



شکل ۲- نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه.

Fig. 2. Geological map of the study area.

نقشه‌ای از یک شبکه کامل شاخه‌های رود را می‌توان با تقسیمات فرعی به کانال‌های طولی مجزا یا اجزای کانال تقسیم کرد و با توجه به رتبه اهمیت هر یک، رتبه آن‌ها را به کمک اعداد متوالی تعیین نمود. به این ترتیب برای تحلیل روابط غالب و تعادل در شبکه آبراهه‌های محدوده‌ی مورد مطالعه از تکنیک Order Matrix

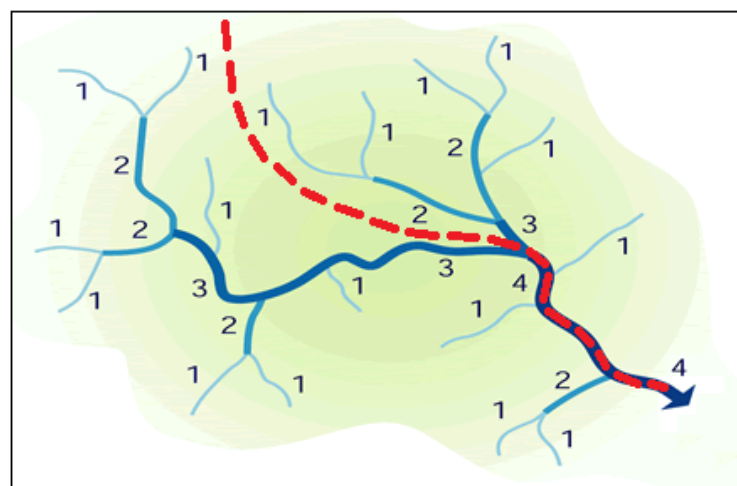
مواد و روش‌ها

مبانی هرگونه تجزیه و تحلیل کمی ویژگی‌های شبکه آبراهه‌ها، با مفهوم رتبه‌بندی رودخانه ارتباط دارد. در نتیجه اولین گام در مطالعه ویژگی‌های خطی سیستم رود، تجزیه و تحلیل ترکیب کانال‌ها و در نظر گرفتن آن‌ها به عنوان خطوطی در یک سطح مستوی می‌باشد.

و حوضه را به دو نیمه تقسیم می‌کند، در نتیجه شبکه آبراهه‌ها به سه بخش راست، مرکز و چپ تقسیم می‌شود. نتایج مدل Order Matrix به این صورت حاصل شده‌اند که ابتدا رتبه یک آبراهه‌ها که همان سرشاخه هستند (یک به یک، دو به دو و...)، برای کل حوضه شمارش و در ردیف‌های وسط جداول قرار گرفته‌اند. روی قطر آرایه یعنی درایه‌های $[1,1]$ ؛ $[2,2]$ ؛ $[3,3]$ ؛ $[4,4]$ ؛ $[5,5]$ و $[6,6]$ تعداد رتبه‌هایی که با برخورد آن‌ها رده بالاتری تشکیل می‌شود، ثبت می‌گردد. لازم به ذکر است که همواره آخرین درایه قطر $[n,n]$ همیشه برابر صفر خواهد بود و درایه $[n-1,n-1]$ نیز معادل ۱ می‌گردد. به این ترتیب قسمت‌های بالای ماتریس به سمت راست حوضه و قسمت پایین به سمت چپ حوضه تعلق گرفته‌اند. نحوه تقسیم حوضه به راست و چپ به این شکل است که در امتداد رودخانه اصلی اگر به طرف نقطه ورودی حوضه بایستیم، دست راست، پهنه سمت راست حوضه (مشخصات در بالای جدول) و دست چپ، پهنه سمت چپ حوضه (مشخصات در پایین جدول) محسوب می‌شود. در ادامه باتوجه به اهمیت منطقه از نظر تنوع سازندها، اقدام به محاسبات تراکم زهکشی و شاخص انشعابات از شاخصه‌های تعیین آنومالی سیستم زهکشی، در سازندهای پهنه راست و چپ حوضه گردید. بعد از مشخص کردن سازندهای منطقه، رخساره‌ها و همین‌طور رتبه آبراهه‌ها، پارامترهای مورد نیاز و آرایه‌های رده‌ها در ماتریس، به صورت تعداد رده‌ها، طول درازای رده‌ها و میانگین طول با استفاده از نرم‌افزار CurveExpert محاسبه و ترسیم می‌گردد و تحلیل‌های بعدی را براساس آن انجام داده و تعداد رتبه‌های سمت راست در بخش بالایی جداول و آبراهه‌های سمت چپ در قسمت پایین پردازش شده و در نهایت نتایج داده‌ها مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند.

استفاده شده است. در این راستا داده‌های وکتوری به دست آمده از نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور و DEM منطقه در محیط نرم افزار Arc GIS 10.5 فراخوان شده و با بهره‌گیری از روش هورتون - استرالر، آبراهه‌ها رده‌بندی شده و نقشه شبکه آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه تدوین گردید. در این سیستم تمام شعباتی که شاخه‌های فرعی به آنها متصل نمی‌شوند، به عنوان کانال‌های رتبه اول شناخته می‌گردند. به عبارت دیگر ابتدای هر کانال به عنوان شاخه رتبه اول تعیین می‌شود. هرگاه دو شاخه رتبه اول به یک دیگر متصل شوند، یک شاخه رتبه دوم تشکیل می‌گردد. بدین صورت در محل اتصال هر دو شاخه رتبه اول، کانال رتبه دومی ایجاد و به سمت پایین، تا نقطه‌ای توسعه می‌یابد که در آنجا به کانال رتبه دوم دیگر متصل شود و در نتیجه شاخه رتبه سوم و همین‌طور چهارم پدید می‌آید. در صورتی که یک شاخه رتبه اول به یک کانال رتبه دوم وارد شود، هیچ تغییری در رتبه بندی شاخه‌های رتبه دوم حاصل نمی‌شود. پس این احتمال وجود دارد که یک کانال رتبه اول به یک شاخه رتبه دوم یا سوم وصل و هیچ افزایش رتبه در نقطه اتصال پدید نیاید. افزایش رتبه در شاخه‌های رود فقط در زمانی حادث می‌شود که دو شاخه رود با رتبه‌ای برابر به یکدیگر بپیوندند. در کل سیستم رتبه بندی، شاخه اصلی هر حوضه زهکشی بالاترین رتبه را دارا می‌باشد (Elamizadeh and Abbasi, 2018).

جهت محاسبات مدل Order Matrix و در راستای آبراهه‌ی اصلی و خط تقسیم حوضه، محدوده مطالعاتی به دو قسمت راست و چپ تقسیم شد (شکل ۳) و شبکه آبراهه‌های آن رتبه بندی و ماتریس‌های مربوطه به روش استرالر محاسبه شد. در ادامه این آبراهه به خط الراس اصلی بین دو بخش راست و چپ حوضه پیوسته



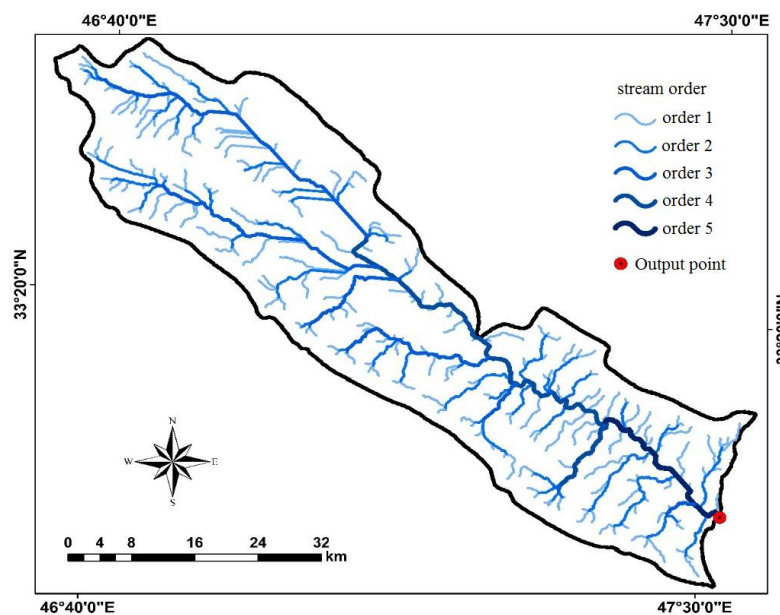
شکل ۳- مدل رده‌بندی و تقسیم حوضه به دو نیمه راست و چپ.

Fig. 3. Diagram model showing the stream order into two right and left zones.

نتایج و بحث

در راستای شناسایی و بررسی تعادل حوضه با استفاده از تکنیک Order Matrix، داده‌های هر کدام از بخش‌های راست و چپ و سازندهای پهنه پژوهش مورد پردازش قرار گرفتند و نقشه شبکه آبراهه‌های پهنه پژوهش ترسیم گردید (شکل ۴). در این راستا تعداد آبراهه‌های حوضه با استفاده از روش استرال (Strahler) در (جدول ۱) نشان داده شده است. مطابق نتایج تعداد آبراهه‌های پهنه راست خیلی کمتر از پهنه چپ حوضه می‌باشد و تعداد آبراهه در دو سمت راست و چپ سیر نزولی دارند. همچنین براساس نتایج (جدول ۲)، نسبت طول آبراهه‌ها در سمت راست هم مانند تعداد آن کمتر از سمت چپ می‌باشد. طولانی‌ترین درازای آبراهه و همچنین بیشترین تعداد آبراهه در هر دو سمت رودخانه اصلی را آبراهه‌های رتبه ۱ و کمترین طول آبراهه در پهنه راست رتبه ۳ و در پهنه سمت چپ آبراهه رتبه ۴ تشکیل داده‌اند. با استفاده از ماتریس شبکه آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه، فراداده‌های تعداد، طول و میانگین درازای آبراهه‌ها بر پایه رده آن‌ها به دست آمده و در (جدول‌های ۳، ۴ و ۵) ارائه شد. با توجه به فراداده‌های به دست آمده (جدول ۳) تعداد آبراهه‌های رده یکی که در سمت راست به هم پیوسته و آبراهه‌های رده دو را پدید می‌آورند ۳۲ آبراهه و در بخش چپ برابر ۷۸ می‌باشد.

تعداد آبراهه‌های رده ۱ نیمه راست که به رده‌های ۲ تا ۵ پیوسته‌اند، به ترتیب برابر با ۱۷، ۵، ۶ و ۶ است. این تعداد در نیمه چپ نیز به ترتیب برابر با ۴۰، ۳۱، ۱۵ و ۲ است. براین اساس می‌توان گفت که بین آبراهه‌های رده یکی که در دوسوی رودخانه به هم پیوسته‌اند، اختلاف زیادی وجود دارد و تعادلی از این نظر در حوضه دیده نمی‌شود؛ زیرا آبراهه‌های رده یکی که در سمت چپ به هم پیوسته‌اند، بیش از دوبرابر آبراهه‌های رده یک به هم پیوسته در نیمه راست می‌باشند. علاوه بر این، آبراهه‌های رده یک پیوسته به رده‌های بالاتر در دو سوی راست و چپ نیز با هم اختلاف دارند. در دو پهنه هر اندازه که به آخرین رده نزدیک می‌شویم، تعداد آبراهه‌ها حالت نزولی داشته، بجز تعداد آبراهه رتبه یکی که در سمت راست به آخرین رده پیوسته است و سه برابر آبراهه‌های سمت چپ می‌باشد. در نیمه راست ۴ آبراهه رده دو به هم پیوسته‌اند، ولی در نیمه چپ این تعداد به ۱۶ آبراهه می‌رسد که نسبت به سمت راست ۴ برابر می‌باشد؛ این ناعادلی در ارتباط شبکه آبراهه‌های حوضه نیز وجود دارد، به طوری - که طولانی‌ترین آبراهه در کل حوضه که به رودخانه اصلی می‌پیوندد، آبراهه رده سه در پهنه چپ می‌باشد که به آبراهه رده ۴ در پهنه چپ پیوسته است. این رود در فصل زمستان و بهار پرآب (شکل ۵a) و در فصل تابستان کاملاً خشک می‌باشد (شکل ۵b).



شکل ۴- رتبه‌بندی شبکه آبراهه‌های حوضه رودخانه سیمره به روش استرال.

Fig. 4. Classification of the the Strahler stream order Seymare river basin.

جدول ۱- تعداد آبراهه‌های حوضه سیمره.

Table 1. Number of stream in the Seymare basin.

Number of stream	Order 5	Order 4	Order 3	Order 2	Order 1	Orders
86	1	1	3	15	66	Right streams
217	1	2	7	41	166	Left streams
300	1	2	10	55	282	Seymare basin

جدول ۲- طول آبراهه‌های حوضه سیمره به کیلومتر.

Table 2. The length of the stream in the Seymare basin in kilometers.

Number of stream	Order 5	Order 4	Order 3	Order 2	Order 1	Orders
258	24	54	45	68.73	144.18	Right streams
706	24	67	132	183.58	367.87	Left streams
988	24	67	133	252	512	Seymare basin

جدول ۳- ماتریس تعداد رده‌های آبراهه‌های راست، مرکز و چپ حوضه سیمره.

Table 3. Matrix of the number of categories of right, center and left the stream in the Seymare basin.

Order	1	2	3	4	5
1	78+32	17	5	6	6
2	40	4+16	3	4	4
3	31	19	2+2	1	0
4	15	3	4	0+2	0
5	2	3	1	0	1



شکل ۵- آبراهه رده سه در پهنه چپ (a: فصل بهار و b: فصل تابستان).

Fig. 5. Stream three order on the left zone (a: Spring and b: Summer).

کاهش می‌یابد و در محدوده سد به حدود ۶۵۱ متر و در قسمت انتهایی به ۵۲۹ متر از سطح دریا می‌رسد. کمترین ارتفاع منطقه مطالعاتی مربوط به قسمت کناره‌های رود سیمره با ۵۲۹ متر و مرتفع‌ترین آن مربوط به ارتفاعات کبیرکوه در حاشیه سمت چپ حوضه با ارتفاع ۲۷۷۹ متر می‌باشد. جمع درازای آبراهه‌های رده یک که به هم پیوسته‌اند، در نیمه راست ۶۰ کیلومتر و در نیمه چپ ۱۳۱ کیلومتر است (جدول ۴). همچنین درازای همه آبراهه‌های رده یک که به رده‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ پیوسته‌اند، در نیمه راست به ترتیب ۳۳، ۱۳، ۱۷ و ۲۰ کیلومتر و در نیمه چپ ۹۷، ۸۸، ۴۴ و ۵ کیلومتر است. روند تغییر درازای آبراهه‌ها در نیمه راست بجز رده ۲ روندی افزایشی می‌باشد، ولی در نیمه چپ درازای آبراهه‌های رده یک که به رده‌های

همچنین نتایج نشان می‌دهد هیچ آبراهه رده ۳ به رده ۵ در نیمه راست نپیوسته و در نیمه چپ تنها یکی می‌باشد (جدول ۳). در سمت راست هیچ آبراهه رده ۴ به هم نپیوسته است و در نیمه چپ هم ۲ آبراهه به هم پیوسته، ولی هیچ آبراهه رده ۴ به آبراهه رده ۵ در دو سمت راست و چپ به هم نپیوسته و تنها دو آبراهه با رده ۴ در حوضه پدید آمده و به هم پیوسته‌اند تا در نهایت یک آبراهه رده ۵ را پدید آورند. آبراهه‌های رده ۱ بیشتر در شیب ۱۴ تا ۳۵ درجه، آبراهه‌های رده ۲ در شیب بین ۱۴ تا ۲۹ درجه، آبراهه‌های رده ۳ در شیب بین ۱۴ تا ۱۹ درجه، آبراهه‌های رده ۴ در شیب ۹ درجه و نهایتاً آبراهه‌های رده ۵ در شیب بین ۰ تا ۹ درجه پراکنده شده‌اند. ارتفاع منطقه در ورودی ۱۱۵۳ متر از سطح دریا و به سمت جنوب شرقی

اصلی را نشان می‌دهد. درازای آبراهه‌های رده سه که در نیمه راست به هم پیوسته‌اند ۴۵ کیلومتر است که در نیمه چپ این رقم به ۱/۸۶ کیلومتر می‌رسد. در نیمه چپ این عدد برابر با ۸۱ و آبراهه رده ۳ پیوسته به رده ۵ حدود ۵ کیلومتر می‌باشد. آبراهه‌های رده چهار در نیمه راست برابر صفر و در نیمه چپ ۶۵ کیلومتر درازا داشته و درازای آبراهه رده پنج در حوضه نیز برابر با ۲۴ کیلومتر است (جدول ۴).

۲، ۳، ۴ و ۵ پیوسته‌اند، برابر ۹۷، ۸۸، ۴۴ و ۵ کیلومتر است که این روند برعکس نیمه راست کاهشی است. درازای همه آبراهه‌های رده دو که به هم پیوسته‌اند، در نیمه راست ۱۳ کیلومتر و در نیمه چپ ۴۵ کیلومتر می‌باشد، بنابراین در این بخش هم تعادل وجود ندارد. آبراهه‌های رده دویی که به رده‌های ۳، ۴ و ۵ منتهی شده‌اند، به ترتیب در نیمه راست ۱۶، ۱۷ و ۲۰ کیلومتر و در نیمه چپ ۷۷، ۲۳ و ۳۶ کیلومتر می‌باشد که نابرابری درازا و روند در دو سوی رودخانه

جدول ۴- جمع درازای آبراهه‌های راست، مرکز و چپ پهنه مورد پژوهش به کیلومتر.

Table 4. Total length of right, center and left stream of the study area in kilometers.

Order	1	2	3	4	5
1	60.01+13.93	33.96	13.03	17.1	20.08
2	97.44	13.21+45.87	16.99	17.68	20.85
3	88.75	77.61	45+1.86	0.25	0
4	44.58	23.31	81.34	0+65	0
5	5.17	36.79	4.98	0	24

راست و چپ به هم پیوسته‌اند، برابر ۳/۳ و ۲/۸۶ کیلومتر است. در نیمه راست آبراهه‌های رده ۲ که به رده‌های ۳، ۴ و ۵ پیوسته‌اند، از ۵/۶۶ به ۴/۴۲ رسیده و سپس به ۵/۲۱ کیلومتر افزایش می‌یابد. در نیمه چپ این ارقام در رده‌های ۳، ۴ و ۵ به ترتیب برابر ۴/۰۸، ۷/۷۷ و ۱۲/۲۶ کیلومتر می‌باشد که روندی کاملاً افزایشی داشته است (جدول ۵).

میانگین درازای آبراهه‌های رده یک که به هم پیوسته‌اند، در دو نیمه راست و چپ حوضه برابر با ۱/۸۷ و ۱/۶۹ کیلومتر است (جدول ۵). همچنین میانگین درازای آبراهه‌های رده یک که به رده‌های ۲، ۳، ۴ و ۵ پیوسته‌اند در نیمه راست به ترتیب ۱/۹۹، ۲/۶، ۲/۸۵ و ۳/۳۴ کیلومتر و در نیمه چپ ۲/۴۳، ۲/۸۶، ۲/۹۷ و ۲/۵۸ کیلومتر می‌باشد. میانگین درازای آبراهه‌های رده دو که در نیمه

جدول ۵- میانگین درازای رده‌های آبراهه‌های راست، مرکز و چپ پهنه مورد پژوهش به کیلومتر.

Table 5. Average length of right, center and left stream in the study area in kilometers.

Order	1	2	3	4	5
1	1.87+1.63	1.99	2.6	2.85	3.34
2	2.43	3.3+2.86	5.66	4.42	5.21
3	2.86	4.08	22.99+0.93	0.25	0
4	2.97	7.77	20.33	0+32.5	0
5	2.58	12.26	4.98	0	24

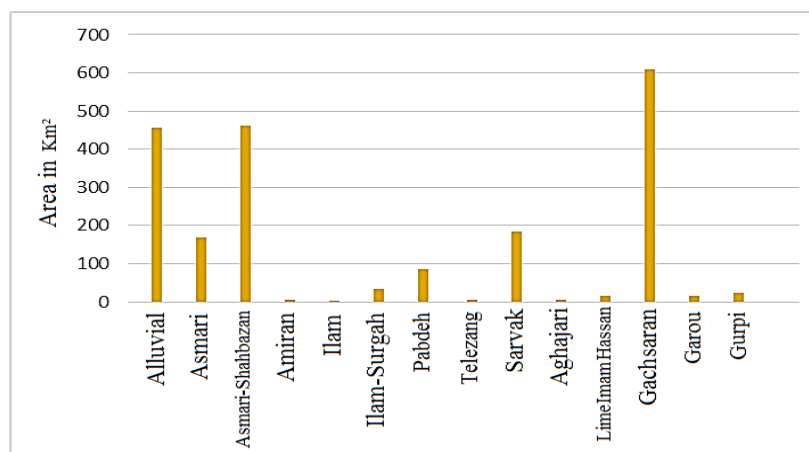
با توجه به (جدول ۷) بیشترین تعداد آبراهه رتبه یک به ترتیب در آبرفت‌ها و سازند گچساران جریان دارند؛ همچنین سازند گچساران بیشتر از سازندهای دیگر دارای آبراهه رتبه دو می‌باشد. تعداد آبراهه رتبه سه و چهار در آبرفت‌ها بیشتر از دیگر سازندهای حوضه می‌باشد. در نهایت تعداد آبراهه‌های رتبه پنج فقط در آبرفت‌ها و سازندهای گچساران، آجاجاری و آسماری شهبازان جریان یافته است. نتایج نسبت انشعاب در سازندها نیز نشان می‌دهد که بیشترین انشعابات در سازند سروک و گچساران بوده و همچنین براساس نتایج بیشترین طول آبراهه رتبه یک در سازند گچساران با ۱۷۰ کیلومتر می‌باشد (جدول ۸). آبرفت‌ها بیشترین طول آبراهه‌های رتبه دو، سه، چهار و پنج به ترتیب با ۹۸، ۵۰، ۴۴ و ۲۰ کیلومتر را دارا می‌باشد.

حوضه سیمره شامل ۱۵ سازند می‌باشد که بیشترین مساحت حوضه را به ترتیب سازند گچساران و آسماری - شهبازان به خود اختصاص داده‌اند و کمترین مربوط به سازند ایلام و تله زنگ می‌باشد (جدول ۶). تراکم زهکشی به دست آمده در هر سازند نشان می‌دهد که سازند آهک امام حسن و آبرفت‌ها بیشترین تراکم زهکشی را دارند و کمترین تراکم را سازندهای سروک و تله زنگ به خود اختصاص داده‌اند. میزان تراکم زهکشی برای کل حوضه برابر با ۰/۴۲ و برای پهنه سمت راست ۰/۳۳ و در سمت چپ حوضه ۰/۴۴ درصد می‌باشد. همچنین بیشتر طول جریان اصلی رودخانه در رسوبات آبرفتی بوده و کمترین آن را در سازند امیران داشته است (شکل ۶).

جدول ۶- رابطه تراکم زهکشی و سازندهای زمین شناسی حوضه سیمره (بر اساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ منطقه).

Table 6. Relationship between drainage density and geological formations of the Seymare basin.

Length %	Main streams length (km)	Drainage density	Length of streams (km)	Area (km)	Facies	Formation
71	92.16	0.82	375	456	Quaternary sediments (Sand, gravel, silt, clay)	Alluvial
-	-	0.31	54	169	shale and limestone	Asmari
14.3	17.2	0.24	112	460	Limestone and dolomite	Asmari-Shahbazan
0.4	0.65	1.4	7	5	Conglomerate, sandstone and shale	Amiran
-	-	-	-	0.04	Limestone	Ilam
-	-	0.47	16.07	34	Limestone and shale	Ilam-Surgah
0.9	1.05	0.69	60	86	Limestone and shale	Pabdeh
1.1	1.36	0.6	0.6	1	Lime neritic	Telezang
-	-	-	29	185	Lime clay	Sarvak
2.3	2.55	0.46	2.8	6	Marble and calcareous sandstone	Aghajari
-	-	0.93	15	16	Limestone	Lime of Imam Hassan
10	11.66	0.47	288	609	Red marls, gypsum and anhydrite	Gachsaran
-	-	0.27	4	16.32	Limestone and shale	Garou
-	-	0.73	24.16	33	limestone and marl	Gurpi
100	127	-	988	2083	Total	



شکل ۶- وسعت سازندهای حوضه برحسب کیلومتر مربع.

Fig. 6. Area of the basin's formations in km².

(شکل ۷). بر این اساس میان فراداده‌های آبراهه‌ها همبستگی خطی بالایی (۰/۹۹۹۸) برقرار می‌باشد. همچنین همبستگی میان درازای آبراهه‌های منطقه مورد مطالعه (۰/۹۶۴۷) (شکل ۸) و روند تغییرات میانگین درازای آبراهه‌های دو نیمه راست و چپ شبکه آبراهه‌های حوضه نسبت به تعداد آبراهه و درازای آبراهه‌ها از همبستگی بالا (۰/۹۹۳۵) برخوردار است (شکل ۹).

در ادامه برای تحلیل مفهوم تعادل در پراکنش آبراهه‌ها، به بررسی واکاوی نموداری پارامترهای تأثیرگذار در دو پهنه راست و چپ اقدام گردیده که در قالب فراداده‌های تعداد، درازا و میانگین درازای آبراهه‌های رده‌های مختلف حوضه سیمره در (جدول ۹) ارائه شده است. در این رابطه نمودار فراداده‌های تعداد آبراهه‌های راست و چپ رده‌های ۱ تا ۵ در بستر نرم‌افزار CurveExpert ترسیم گردید

جدول ۷- تعداد آبراهه و نسبت انشعاب در هر سازند.

Table 7. Number of stream and bifurcation ratios in each formation.

Bifurcation Ratio (BR)	Total	Order 5	Order 4	Order 3	Order 2	Order 1	Formation
4.89	281	2	3	43	83	150	Gachsaran
1.79	55	-	-	12	12	31	Asmari
1.42	357	17	25	65	71	179	Alluvial
2.4	130	3	15	21	37	54	Asmari-Shahbazan
1	1	-	-	-	-	1	Telezang
1.33	9	-	-	3	2	4	Amiran
7	74	-	-	2	24	48	Gurpi
2.23	42	-	-	-	13	29	Lime of Imam Hassan
4.14	36	-	-	-	7	29	Ilam-Surgah
2.81	99	-	3	13	38	45	Pabdeh
9.66	32	-	-	-	3	29	Sarvak
0.625	6	4	-	-	1	1	Aghajari
4	5	-	-	-	1	4	Garou
-	-	-	-	-	-	-	Ilam

جدول ۸- مجموع طول آبراهه و تراکم زهکشی در هر سازند به کیلومتر.

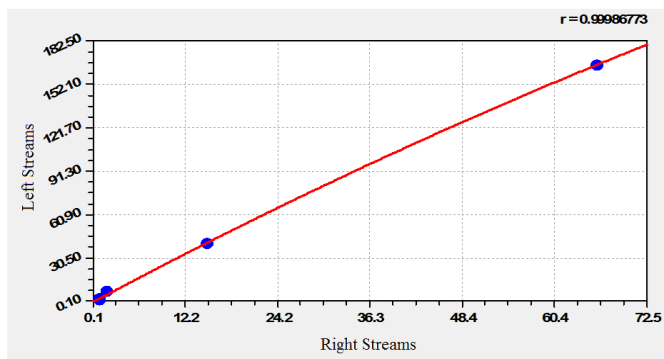
Table 8. Total length of stream and drainage density in each formation in kilometers.

drainage density	total	Order 5	Order 4	Order 3	Order 2	Order 1	Formation
0.47	288	0.8	2	40	75	170	Gachsaran
0.31	54	-	-	12	9	33	Asmari
0.82	375	20	44	50	98	164	Alluvial
0.24	112	1	18	19	32	42.18	Asmari-Shahbazan
0.6	0.6	-	-	-	-	0.6	Telezang
1.4	7	-	-	4	2	0.6	Amiran
0.73	24.16	-	-	0.16	10	14	Gurpi
0.93	15	-	-	-	3.35	11.25	Lime of Imam Hassan
0.47	16.07	-	-	-	0.69	15.34	Ilam-Surgah
0.69	60	-	2	9	19	30	Pabdeh
0.15	29	-	-	-	3.34	26	Sarvak
0.46	2.8	2	-	-	0.44	0.33	Aghajari
0.27	4	-	-	-	0.31	3.36	Garou
-	-	-	-	-	-	-	Ilam
	988	24	66	134	253	511	Total

جدول ۹- تعداد، جمع و میانگین درازای آبراهه‌های راست، مرکز و چپ حوضه به کیلومتر.

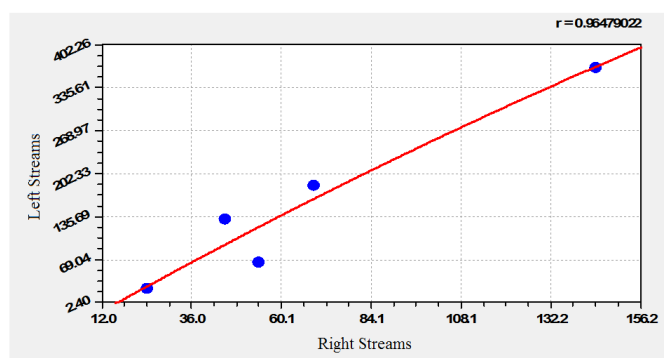
Table 9. Number, sum and average length of right, center and left Stream in kilometers

Order	Number of right streams	Number of left streams	Length of right streams	Length of left streams	Average length of right streams	Average length of left streams
1	66	166	144.18	367.8	2.18	2.21
2	15	41	68.73	183.58	4.58	4.47
3	3	7	45	132	15	14
4	1	2	54	65	54	32.5
5	1	1	24	24	24	24



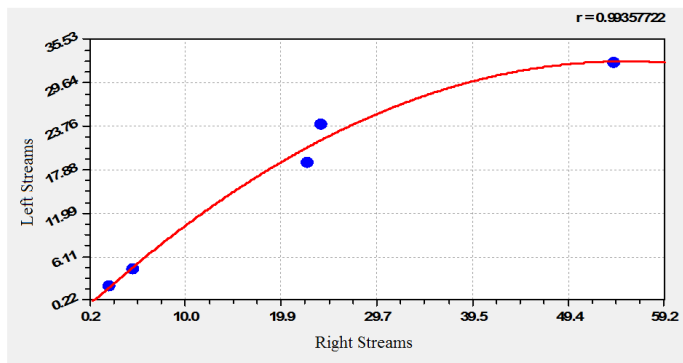
شکل ۷- آرایش تعداد آبراهه‌های حوضه سیمره.

Fig. 7. Arrangement of the number of stream in the Seymare basin.



شکل ۸- آرایش درازای آبراهه‌های حوضه سیمره.

Fig. 8. Arrangement of the length of stream in the Seymare basin.



شکل ۹- آرایش میانگین درازای آبراهه‌های حوضه سیمره.

Fig. 9. Arrangement of average stream length in the Seymare basin.

نتیجه‌گیری

نتایج مدل Order Matrix نشان می‌دهد الگوی شبکه زهکشی حوضه در دو بخش راست و چپ یکسان نیست و تعداد آبراهه‌های سمت چپ بیش از دو برابر سمت راست بوده که نابرابری و ناتعادلی در دو سمت حوضه را نشان می‌دهد. به طور کلی در حوضه‌های زهکشی واقع در رشته کوه‌های زاگرس مانند حوضه سیمره، به علت تأثیرپذیری از تکتونیک فعال و تفاوت در وضعیت تکتونیک، شبکه‌های زهکشی الگو و فرم‌های متفاوتی دارند. براساس نتایج مدل، بی-نظمی شبکه زهکشی در رده‌های بالاتر کاهش پیدا می‌کند. همچنین بین تعداد آبراهه‌های رده ۱ تا ۵ همبستگی خطی برقرار است که نشان می‌دهد شبکه زهکشی حوضه به سمت پایین دست و نقطه خروجی در حال تکامل می‌باشد. این درحالی است که بین درازای آبراهه‌ها در دو بخش راست و چپ، همبستگی نسبت به تعداد آبراهه‌ها کاهش یافته است. به دلیل عملکرد متفاوت سازندهای زمین‌شناسی، در سمت راست یک الگوی زهکشی تکامل نیافته و تقریباً موازی شکل گرفته است، در حالی که در سمت چپ الگوی آبراهه‌ها به سمت نزدیک شدن به یک الگوی درختی می‌باشند. همچنین نتایج بررسی تعداد آبراهه در سازندها نشان می‌دهد تعداد آبراهه‌ها در سازندهای سست از جمله رسوبات آبرفتی و گچساران از دیگر سازندها بیشتر است. از طرفی سازندهای مقاوم باعث کاهش نفوذپذیری و رطوبت خاک شده که این عوامل باعث محدودیت پوشش گیاهی شده است. در نتیجه با ایجاد رواناب، فرسایش و تولید رسوب افزایش پیدا کرده و در بازه‌هایی از رودخانه انباشت رسوبات باعث تغییر مسیر رود می‌شود. در این میان سازند سخت آهک امام حسن با وجود وسعت کم، به دلیل میزان نفوذپذیری بسیار کم این سازند، بیشترین تراکم را به خود اختصاص داده است.

ایجاد تعادل در نیمرخ طولی رودخانه نیازمند برقراری حالت تعادل بین نیروی حمل و بار رسوبی از یک طرف و کاوش و رسوب‌گذاری از طرف دیگر است و ساختمان زمین‌شناسی و جنس سنگ‌ها و نسبت مقاومت آن‌ها نقش تعیین‌کننده‌ای در توجیه مسیر شبکه آب‌ها و الگوی زهکشی به عهده دارند. در این رابطه آبراهه‌هایی که در پهنه سمت راست به رودخانه اصلی پیوسته‌اند، فاصله کمتری را طی کرده و با شیب تندتری (میانگین شیب ۲۵ درجه) نسبت به پهنه سمت چپ (شیب ۱۹ درجه) به رود سیمره پیوسته و در هنگام بارندگی رسوبات بیشتری را وارد رودخانه می‌کنند، زیرا فرصتی برای انباشت رسوبات ایجاد شده، وجود ندارد و از طرفی کاربری غالب مرتع در این بخش و آفتابگیر بودن دامنه‌ها، سرعت تبخیر را بالا برده و با کاهش رطوبت، از پوشش گیاهی کم تراکم‌تری برخوردار بوده و توانایی زیادی در جذب آب ندارد. همچنین فاصله کم تا رودخانه اصلی،

فرصت برای تشکیل آبراهه با رتبه بالاتر را محدود نموده و باعث بی‌نظمی و عدم تکامل در این پهنه از حوضه شده‌است. بالعکس در آبراهه‌های سمت چپ حوضه، مسافت طی شده تا رودخانه اصلی زیادتر بوده و باعث انباشت رسوبات قبل از ورود به رودخانه اصلی می‌شود. در این پهنه دامنه‌ها بیشتر پشت به آفتاب می‌باشند و تا هشت ماه از سال نیز در بلندترین ارتفاعات برف دیده می‌شود. ارتفاعات پوشیده از برف در پهنه چپ حوضه مطالعاتی باعث تشکیل آبراهه‌های بیشتری (به‌ویژه رتبه ۱) می‌گردد و ذوب برف در فصل گرم، باعث تداوم جریان آب در آبراهه‌های این پهنه می‌شود، این امر باعث شده است که در زمان بارندگی شدت فرسایش کم و به تبع آن رسوبات کمتری به رودخانه و سد سیمره بریزد.

به خوبی می‌توان دریافت که با توجه به پیچیدگی‌های محیطی، جهت بررسی و تحلیل هر چه بهتر رفتارهای الگوی شبکه زهکشی نیاز به استفاده از روش‌های نوین از جمله Order Matrix وجود دارد. براساس نتایج به دست آمده از این مدل، حوضه آبخیز سیمره از نظر تحولات ژئومورفولوژیکی فعال است و دارای بی‌نظمی و ناتعادلی می‌باشد و علت آن نیز به خاطر تأثیر عوامل مختلف از جمله تکتونیک و زمین‌شناسی در سطح حوضه می‌باشد. با توجه به این نتایج، نظم سلسله مراتبی درحوضه کم بوده که نشان دهنده فعالیت‌های تکتونیکی در حوضه سیمره می‌باشد، وضعیت تکتونیکی در حوضه سیمره عامل اصلی ایجاد نابرابری و ناتعادلی در سطح منطقه بوده است و ناتعادلی در شبکه زهکشی به دلیل فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه و یکسان نبودن مقاومت سنگ‌ها در حوضه به وجود آمده است و این بی‌نظمی برای آبراهه‌های سمت چپ بیشتر است. در نهایت این نتیجه حاصل می‌شود که تغییر و تحول ایجاد شده در حوضه نشان دهنده نوعی بی‌نظمی است که این بی‌نظمی بیانگر وجود ناتعادلی در فرم شبکه زهکشی می‌باشد. علت ناتعادلی در فرم شبکه زهکشی به این دلیل می‌باشد که حوضه از لحاظ تکتونیکی فعال بوده و زمان طی شده جهت تعادل بین فرم حاصل از فرآیند تکتونیکی و عوامل موثر در این تعادل با تأخیر زمانی زیادی اتفاق افتاده است، در نتیجه نوعی عدم هماهنگی بین فرم و فرآیندهای حوضه وجود دارد؛ زیرا، فرم در برابر فرآیندهایی که بر فرم حوضه تحمیل شده، مقاوم بوده و باعث طولانی‌تر شدن زمان تأخیر شده و نوعی بی‌نظمی را در فرم حوضه ایجاد نموده است.

سیاسگزاری

این مقاله مستخرج از پایان‌نامه کارشناسی ارشد می‌باشد. همچنین از داوران محترم که با نظرات کارشناسی به ارتقای کیفیت علمی پژوهش یاری رساندند، کمال تشکر را داریم.

منابع

Abbasi, A., 2007. Order Matrix Analysis of Stream Network in Geomorphology, Proceedings of the 2st Century Geography Conference, Islamic Azad University of Najafabad, p. 593-584.

- Asghari Saraskanrood, P., Zinnali, B., 2015. Investigation of the meander pattern of the Garmichai River in East Azarbaijan province using geomorphology and fractal analysis. *Geographical Researches Quarterly Journal*, 4(119), 78-64.
- Avsin, N., Vandenberghe, J., van Balen, R., Kıyak, N.G., Ozturk, T., 2019. Tectonic and climatic controls on Quaternary fluvial processes and river terrace formation in a Mediterranean setting, the Göksu River, southern Turkey. *Quaternary Research* 91(2), 533–547.
- Azizian, A., Shokoohi, A. 2013. An Investigation on the Effects of DEM Resolution and Stream Delineation Thresholds on the Performance of the Kinematic-wave-based GIUH Model. *Hydraulic Journal* 8(3), 1-18.
- Bahrami, S., 2015. Quantitative analysis of hierarchical anomaly of drainage network and its relationship with tectonics. *Geography and Environmental Planning* 26(1), 15-34.
- Bartolini, C., 2012. Is the morphogenetic role of tectonic overemphasized at times? *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata* 53(4), 459–470.
- Biswas, S.S., 2016. Analysis of GIS Based Morphometric Parameters and Hydrological Changes in Parbati River Basin, Himachal Pradesh, India, *Journal of Geography Natural Disasters* 6(2), 1-8.
- Burbank Douglas, W., Anderson, Robert, S., 2012. *Tectonic Geomorphology*. Second Edition, Wiley-Blackwell, p. 454.
- Carke, J., Aher, P.D., Adinarayana, A., Gorantivar, J., 2015. Prioritization of Watersheds Using Multicriteria Evaluation Through Fuzzy Analytical Hierarchy Process. *Agricultural Engineering Int: CIGR Journal* 15(1), 11-18.
- Elamizadeh, H., Abbasi, A.R., 2018. Geomorphic Analysis of Micro- Stream Order Matrix of Dry Lake of Urmia Lake. *Quantitative Geomorphological Research* 6(4), 159-147.
- Fatahi, M.E., Kamiab, S.A., 2018. Adaptation of the geomorphological properties of the Basin and the multifractal characteristics of the Stream. *Water Resources Research* 19(5), 326-311.
- Gao, H., Li, Z., Liu, F., Wu, Y., Li, P., Zhao, X., Jia, H., 2020. Terrace formation and river valley development along the lower Taohe River in central China. *Geomorphology* 348, 106885.
- Gupta, V.K., Mesa, O.J., 2014. Horton laws for hydraulic–geometric variables and their scaling exponents in self-similar Tokunaga river networks, *Nonlin. Processes Geophysics* 21, 1007-1025.
- Hosseinzadeh, S.R., Sepehr, A., Rashidi, M., Zarei, H., Khanebad, M., 2016. Study of geomorphological changes of Karun River bed and its causes from 1954 to 2011. *Quantitive Geomorphological Research* 5(1), 59-43.
- Jafarzadeh Khatibani, K., Moeini, A., Ahmadi, H., 2016. Investigation of the relationship between soil and geological variables with drainage density, *Journal of Soil and Water Conservation* 6(1), 107-100.
- Kabanov, P., Gouwy, S.A., 2017. The Devonian Horn River Group and the basal Imperial Formation of the central Mackenzie Plain, N.W.T., Canada: multiproxy stratigraphic framework of a black shale basin. *Canadian Journal of Earth Sciences* 54(4), 409–429.
- Karami, F., Rajabi, M., Abazari, K., 2018. Analysis of drainage network anomalies and their relation to neotectonics in North Tabriz catchments. *Quantitative Geomorphological Research* 7(1), 47-37.
- Kycl, P., Rapprich, V., Verner, K., Novotny, J., Hroch, T., Misurec, J., Goslar, T., 2017. Tectonic control of complex slope failures in the Ameka River Valley (Lower Gibe Area, central Ethiopia): Implications for landslide formation. *Geomorphology* 288, 175–187.
- Meixner, T., Williams, Z.C., Pelletier, J.D., 2019. Self-affine fractal spatial and temporal variability of the San Pedro River, Southern Arizona, *American Geophysical Union*, p. 1-20.
- Mohammadi, M., Ekhtesasi, M., Talebi, A., 2019. The Application of fractal dimension and morphometric properties of drainage networks in the analysis of formation sensibility in arid areas (Case Study, Yazd-Ardakan Basin). *Desert Ecosystem Engineering Journal* 9 (4), 374-391.
- Ortega-Becerril, J.A., Garzón, G., Tejero, R., 2018. Controls on strath terrace formation and evolution: The lower Guadiana River, Pulo do Lobo, Portugal. *Geomorphology* 319, 62–77.
- Piri, Z., Rezaei Moghaddam, M.H., Ashouri, M., 2014. Investigating the Impact of Dam Construction on Route and River Pattern Change Using GIS and Remote Sensing (Case Study: Ahar River). *Geography and Environmental Planning* 56(4), 68-57.
- Plint, A.G., Krawetz, J.R., Buckley, R.A., Vannelli, K.M., Walaszczyk, I., 2017. Tectonic, eustatic and climatic controls on marginal- marine sedimentation across a flexural depocentre: Paddy Member of Peace River Formation (Late Albian), Western Canada Foreland Basin. *The Depositional Record* 4(1), 4–58.

- Rozo, G.A., Nogueira, C., Soto, C., 2014. Remote sensing-based analysis of the planform changes in the Upper Amazon River. *Journal of Arid Environments* 19, 425-439.
- Sepehr, A., Khosravi, A., Abdollahzadeh, Z., 2016. Fractal behavior and its relationship with hydromorphometric characteristics of the northern slope catchments. *Hydrogeomorphology* 9, 1-20.
- Soltani, S.H., Ghahroodi Tali, M.H., Sadogh, H.H., 2019. Application of Remote Sensing and Fractal Mathematical Model to Investigation of the Behavior and Changes of Geomorphological Landscapes of Aras River. *Quantitative Geomorphology Research* 7(4), 92-72.
- Sowpamilk, M., 2014. Implication of fractal dimension on properties of rivers and river basins. *International Journal of Civil Engineering and Technology* 5(12), 155-164.
- Tunas, I., Anwar, N., Lasminto, U., 2016. Fractal Characteristic Analysis of Watershed as Variable of Synthetic Unit Hydrograph Model. *The Open Civil Engineering Journal* 10(1), 706-718.
- Yang, H., Shi, C.H., 2017. The Fractal Characteristics of Drainage Networks and Erosion Evolution Stages of Ten Kongduis in the Upper Reaches of the Yellow River, China. *Journal of Resources and Ecology* 8(2), 165-173.
- Yu, F., Serena, C., Kyungrock, P., Gavan, M.G., Suresh, P., Rao, C., Montanari, A., Jawitz, J.W., 2018. Globally Universal Fractal Pattern of Human Settlements in River Networks. *American Geophysical Union*, p. 1-20.
- Zhou, Z., Zhihui, N., Lichun, W., Liang, Z., 2017. Fractal research of transverse sections of a long river channel below a dam. *Environment Earth Science* 76, 1-11.

