

Spatial Analysis of Zagros Karst Landforms Depending on Altitude and Tectonic Position

Dr. Gholam Hasan Jafari^{1*}, Forouzan Naseri²

1- Associate Professor of Geomorphology, University of Zanjan

2- Master of Hydrogeomorphology, University of Zanjan



Jafari, Gh H & Naseri, F (2021). [Spatial Analysis of Zagros Karst Landforms Depending on Altitude and Tectonic Position]. *Geography and Development*, 18(61), 227-246, <http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2021.5849>

doi: <http://dx.doi.org/10.22111/J10.22111.2021.5849>

Received: 15/03/2020

Accepted: 10/06/2020

Keywords:

Polje, Dolin, Zagros, Karst, Ham.

ABSTRACT

Karst is a result of numerous processes that occur in limestone areas and different climatic, geological and hydrological conditions and its effects in various shapes, such as pits and caves in the ground and underground. We in this article study due to the vast area of the region and the lithology dispersion of lime in various altitudes. Based on documents such as geological maps 1: 100000, the digital model of elevation with a power of 12.5 m and topographic maps of 1: 50,000. The first of the karstic forms Located in Zagros in the Arc GIS software and required data was extracted using Mapper Global, Google Earth software, and their dispersion analyzed in terms of height, seams and cracks (faults) and Excel. The results of the dispersion of karst shapes and complications relative to height indicate. They the density of the forms at different altitude levels has increased with increasing elevation. Their frequency in the upper classes is several times higher than the lower classes, and the dispersion of the karstic forms concerning the distance from the fault shows that all types of karst except Hum, without exception, have the highest density at a distance of fewer than 20 kilometers from of the failure. The dispersion of these forms, including Doline and caves at that space, indicates that Karst's evolution increases according to the gaps and the dissolution process, especially in the deep karst, increases.

Copyright©2021, Geography and Development. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution-noncommercial 4.0 International License which permits copy and redistribute the material just in noncommercial usages, provided the original work is properly cited.

Extended Abstract

1- Introduction

Karst is a result of numerous processes that occur in limestone areas and different climatic, geological and hydrological conditions and its effects in various shapes, such as pits and

caves in the ground and underground. According to White (1988), the requirements for the formation and development of karst are the proper position of lithology and thickness of the carbonate layers, height (longitude), climate (including co₂ pressure, temperature, and precipitation), and tectonic (faults and gaps). The degree of karst development in different regions is due to changes in the above factors, and the higher the effected of these factors in the most intensive areas, the more karst develops. Due to the full extension of the Zagros Mountains along latitude and their trend change, and the effect of the height factor on the elements of water and heat, in this territory, the climate is semi-humid to dry to hot. Due to the full range of high-pressure centers on the north, this territory deprived of western rains except the cold seasons (Alijani,

*Corresponding Author:

Dr. Gholam Hasan Jafari

Address: Department of Geomorphology
University of Zanjan

Tel: +98(9177519227)

E-mail: jafarihas@yahoo.com

1996). Structurally, the Zagros area is the dominant tectonic arena, in which all of the continental-continental integration parameters have formed (Arghashi et al, 2008). Based on this, altitude and faults are expected to play a significant role in the dispersion of karstic landforms such as Strait, Canyon, Doline, Cave, Spring, Limestone basin, Limestone Plain and Hum in Zagros as essential factors in karstification, which discussed in this article.

2-Methodology

We in this article study due to the vast area of the region and the lithology dispersion of lime in various altitudes. The based on documents such as geological maps 1: 100000, the digital model of elevation with a power of 12.5 m and topographic maps of 1: 50,000. The first of the karstic forms Located in Zagros in the Arc GIS software and required data was extracted using Mapper Global, Google Earth software, and their dispersion analyzed in terms of height, seams and cracks (faults) and Excel.

3-Results

In the carbonate rocks of Zagros, karst forms were categorized into three groups of point, linear and superficial. Caves and springs are some of the apparent points in Zagros. Karsting, as defined, results from dissolution, which develops through the formation of corridors and underground corridors, and in this way, underground forms were created. Limestone springs drain karstic areas. In total, in Zagros limestone areas, 80 caves and 4944 springs were identified, and their location analyzed. The valleys formed in the limestone areas due to the dissolution of the water. In case open from both sides, interrupts the anticline and interconnects the two synclinal, as straight, and if one side of it is free and the other hand ends up to the mountain, they are considered as canyons and was surveyed in the group of linear landforms. Doline, Hum and Plains were scanned in a group of surface shapes. Devastations of the Karstic regions in the Zagros range, which are closed at a closed contour and

were covered with drainage internal to the center of a higher altitude, were identified as Doline. Limestone Plain in the Karst regions refers to the impoverished lands, the floor of which is almost flat. Hum is a prominent form in the calcareous plains, which are either perpendicular or conical. After determining the karstic landforms in three groups, the point, line, and surface in the first stage of density and dispersion of each according to the height factor were examined.

4-Discussion & Conclusions

The results of the dispersion of karst shapes and complications relative to height indicate. They the density of the forms at different altitude levels has increased with increasing elevation. Their frequency in the upper classes is several times higher than the lower classes, and the dispersion of the karstic forms concerning the distance from the fault shows that all types of karst except Hum, without exception, have the highest density at a distance of fewer than 20 kilometers from of the failure. The dispersion of these forms, including Doline and caves at that space, indicates that Karst's evolution increases according to the gaps and the dissolution process, especially in the deep karst, increases.

Keywords: Karst, Dissolution, Lime, Climate, Condensation.

5-References

- Alaeitalaghani, M., Rahimzadeh, Z (2010). Investigating the Transformation of Karst in the Zagros Region, National Conference on Applied Resources of Iranian Water Resources, 313-323.
<https://civilica.com/doc/112918/>
- Alijani, B. (2012). Weather of Iran, Tehran, Payame Noor Publications. 11th edition.
- Alipour, A., Hashemi, M., Projhe, F., Naserzadeh, M., (2017). Identification and Comparison of Iranian Deserts in the Field of Geomorphology and Climatology (Case Study: Central and Eastern Deserts of Iran). Regional Planning Quarterly. (27), 21-34.
http://jzpm.miau.ac.ir/article_2453.html

- Alizadeh, A., (2014). Principles of Applied Hydrology. Imam Reza University Publishers. 39nd edition.
- Arghshi, H., Aryan, M., Tabatabaei Raisi, S. (2008). Investigation of Zagros pylons at the interface between Kazeroon and Razak faults, (3), 1-10.
<https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=131376>
- Behnifeer, A., Ghanbarzadeh, H., Farzaneh, A (2009). Geomorphic Characteristic Characteristics of Akhlomed- Karstic Mass in the Northern Slopes of Binalood Highlands, Geography and Development Quarterly (14), 121-140.
https://gdij.usb.ac.ir/article_1220.html
- Chen, W., Zhang, Y., Qin, H., Zhu, D., & Wang, X. (2015). The Karst Geomorphologic Regionalization in China. In From Geoheritage to Geoparks (PP.233-244). Springer, Cham.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-10708-0_16
- Clinsey, D (2009). Iranian Deserts and its Geomorphologic and Paleoclimatics Characteristics, translated by Abbas Pashaei. Geographic Organization of the Armed Forces, 1nd.
- Darvishzadeh, A (1991). Geology Iran. Science Publishing Today, Tehran.
<http://www.lib.ir/book/53766982/%D8%B2%D9%85%DB%8C%D9%86-D8%B4%D9%86%D8%A7%D8%B3%DB%8C-%D8%A7%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D9%86/>
- Ford, D., & Williams, P. D (2013). Karst hydrogeology and geomorphology. John Wiley & Sons.
- Ghassimeefar, E., Naserpour, S. (2011). Climatic zoning of Zagros area, Sepehr Publication (89), 54-60.
http://www.sepehr.org/article_13044.html
- Ghobadi, M. (2009). Karst Engineering Geology. Bu-Ali Sina University Publishers, Hamedan.
- Ghorbani, M., Onagh m (2012). The zoning of kerest's transformation and sensitivity using multivariate linear regression model in Shaho karstic region, Quantitative geomorphology studies (1), 19-20.
http://www.geomorphologyjournal.ir/article_77863.html
- Hariri, M (1990). General Geomorphology of Iran. Islamic Azad University Publishers.
- Karimi verdenjani, H (2015). Hydrology and geomorphology are Karst. Eram Publishing House of Shiraz. 1nd.
- Mahmoudi, F (2007). Climate geomorphology, Payame Noor Publication, 1nd.
- Mahmoudi, F., Maleki, A. (2001). Karst evolution and its role in underground water resources in the Bistoon-Peravo rocks (Kermanshah), geographic research, (40), 93-105.
https://jrg.ut.ac.ir/article_17848.html
- Mazidi, A., Karam, A., Kooravandpur, M. (2016). Potential of Karst Development Using Fuzzy Logic (Case Study: Sosan Plain Basin and Izeh Plain Basin), Quantitative Geomorphology Studies (2), 130-141.
http://www.geomorphologyjournal.ir/article_78047.html
- Miraali Moredi, M., Mirab Shabestari, Gh., Etabari, B., Haiat, M. (2013). Introduction of karst geomorphology of carbonate rocks in Ahangaran region (northeast of Birjand), geography and urban-regional ecology (8), 115-130.
https://gaj.usb.ac.ir/article_1290.html
- Nojavan, M., Shah-Zeidi, S., Ramesht, M. (2017). Karst geomorphology, Samt Publishing.
- Ramasht, M., Kazemi, M. (2007). Glacier works in the field of Eqlid of Fars. Magazine Growth of Geography Education, (4), 9-19.
<https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=142185>
- Ramesht, M. (2013). Geomorphologic Maps (Symbols and Permissions), Samt Publishing, 6nd.
- Zhou, G., He, S., Chen, K., & Yan, H. (2014, July). Risk evaluation of Karst collapse using GIS and RS. In Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International (PP.3089-3092). IEEE.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6947130>



تحلیل فضایی لندفرم‌های کارستی زاگرس با توجه به موقعیت ارتفاعی و تکتونیکی

دکتر غلام‌حسن جعفری^{۱*}، فروزان ناصری^۲

چکیده

کارست حاصل فرایندهای متعددی است که در پهنه‌های آهکی و در شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی گوناگون پدید می‌آید و آثار آن به صورت فرم‌های مختلفی مثل گودال و غار در سطح و زیرزمین دیده می‌شود. در این مقاله با توجه به وسعت زیاد منطقه و پراکندگی لیتولوژی آهک در مناطق ارتفاعی مختلف و با استناد به منابع اسنادی مثل نقشه‌های زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰، لایه مدل رقومی ارتفاع با قدرت تفکیک ۱۲/۵ متر و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰، ابتدا اشکال کارستی واقع در زاگرس در نرم‌افزار Arc GIS شناسایی شد و داده‌های موردنیاز به کمک نرم‌افزارهای Global Mapper، Google earth استخراج و پراکندگی آن‌ها با توجه به ارتفاع و درز و شکافها (گسل‌ها) و در Excel تجزیه و تحلیل شد. نتایج پراکندگی اشکال و عوارض کارستی نسبت به ارتفاع نشان می‌دهد که تراکم اشکال در سطوح ارتفاعی مختلف، با افزایش ارتفاع، بیشتر شده است و تراکم آن‌ها در طبقات بالاتر نسبت به طبقات پایین گاهی چندین برابر شده است و پراکندگی اشکال کارستی با توجه به فاصله از گسل نشان می‌دهد که همه اشکال کارستی به جز هومها، بدون استثنا بیشترین تراکم را در فاصله کمتر از ۲۰ کیلومتر از گسل دارند. پراکندگی این اشکال از جمله دولین‌ها و غارها در این فاصله، دال بر این است که تحول کارست با توجه به درز و شکافها بیشتر می‌شود و فرایند انحلال به خصوص در کارست عمقی، افزایش می‌یابد.

جغرافیا و توسعه، شماره ۶۱، زمستان ۱۳۹۹
تاریخ دریافت: ۹۸/۱۲/۲۵
تاریخ پذیرش: ۹۹/۰۳/۲۱
صفحات: ۲۲۷-۲۴۶



واژه‌های کلیدی:
کارست، انحلال، آهک، اقلیم، تراکم.

مقدمه

وضعیت مناسب سنگ‌شناسی و ضخامت لایه‌های کربناته، ارتفاع (پستی و بلندی)، اقلیم (شامل فشار CO₂، دما و بارش) و تکتونیک (گسل‌ها، درز و شکافها) است. در واقع درجه توسعه کارست در نواحی مختلف ناشی از تغییر عوامل فوق‌الذکر است و هرچه تأثیر این عوامل در ناحیه‌ای فزون‌تر باشد، کارست توسعه بیشتری می‌یابد (علایی/طالقانی و رحیم‌زاده، ۱۳۸۹: ۳۱۵). فرایندهای بیرونی زمین و اشکال ناشی از آن‌ها، اصولاً تابع شرایط اقلیمی حاکم بر هر منطقه در بستر زمان است (رامشت و کاظمی، ۱۳۸۶: ۱۰) و اقلیم در عرض‌های

کارست حاصل فرایندهای متعددی است که در پهنه‌های آهکی و در شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی و هیدرولوژیکی گوناگون پدید می‌آید و آثار آن به صورت فرم‌های مختلفی مثل گودال و غار در سطح و زیرزمین دیده می‌شود. به طور کلی می‌توان پدیده‌های کارستی را حاصل دخالت مشترک مورفودینامیک درونی (ساختار زمین‌شناسی و لیتولوژی) و بیرونی (اقلیم، ارتفاع، پوشش گیاهی و زمان) دانست (نوجوان و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۳). شرایط شکل‌گیری و توسعه کارست، از نظر وایت (۱۹۸۸)،

jafarihas@yahoo.com

۱- دانشیار ژئومورفولوژی دانشگاه زنجان، زنجان، ایران (نویسنده مسئول)

foruzan.nasari@gmail.com

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد هیدروژئومورفولوژی دانشگاه زنجان و دانشجوی دکتری هیدروژئومورفولوژی دانشگاه شهیدبهشتی، تهران، ایران

شدن ارتباط مستقیمی با ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سنگ‌های قابل‌انحلال دارد. از مهم‌ترین ویژگی‌های فیزیکی می‌توان به تخلخل، درز و شکاف، شکستگی‌ها و گسل‌ها اشاره کرد (علیزاده، ۱۳۹۳: ۳۴۹). سنگ‌های کربناتی به‌طور مستقیم نفوذناپذیرند، اما به‌طور غیرمستقیم نیز می‌توان گفت که نفوذپذیر می‌شوند و علت اصلی نفوذپذیری وجود درز و شکاف‌هایی است که امکان ورود آب و جریان یافتن آن را به داخل توده سنگ فراهم می‌کنند. طی فرایندهای تکتونیک با ایجاد درزه‌ها در توده‌های سنگی، کارستی‌شدن در جهت‌های عمودی، افقی و مایل شدت می‌یابد و منجر به شکل‌گیری و توسعه اشکال زیرزمینی مانند مجاری به‌هم‌پیوسته و تشکیل آبخوان‌های کارستی می‌شود (قبادی، ۱۳۸۸: ۴۸-۳۴). علاوه بر این گسل‌ها همواره به‌صورت سیستم گسلی، همراه با سیستم درز و شکاف، پهنه وسیعی از سنگ‌های پیرامون خود را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مسلماً با فاصله از این خطوط، از میزان درز و شکاف کاسته می‌شود؛ از این‌رو فاصله از گسل نیز به‌عنوان یک‌متغیر در کارستی‌شدن مطالعه می‌شود (علایی‌طلقانی و رحیم‌زاده، ۱۳۸۹: ۳۱۷).

در حال حاضر به‌دلیل گستردگی کوه‌های زاگرس در امتداد عرض جغرافیایی و تغییر روند آن‌ها و تأثیر عامل ارتفاع در عناصر آبی و حرارتی، در این قلمرو شرایط اقلیمی نیمه‌مرطوب سرد تا خشک‌گرم حکم‌فرما است. به‌دلیل گستردگی مراکز پرفشار جنب‌حاره‌ای به سمت شمال، این قلمرو به‌استثنای فصول سرد از باران‌های غربی محروم است (علیجانی، ۱۳۹۱: ۱۴۷). از لحاظ ساختاری، سرتاسر زاگرس پهنه نمایش یک رژیم تکتونیک شاخص است که کلیه پارامترهای همگرایی قاره-قاره در آن تشکیل شده‌است (عرقشی و همکاران، ۱۳۸۷: ۳). بر این اساس انتظار می‌رود ارتفاع و گسل به‌عنوان عوامل اثرگذار بر کارستی-فیکاسیون نقش مهمی در پراکندگی لندفرم‌های کارستی همچون

جغرافیایی و مناطق ارتفاعی مختلف، شرایط متفاوتی را به دنبال دارد (محمودی، ۱۳۶۷: ۶). با تأثیر ارتفاع بر اقلیم (دما و بارش)، فرایندهای فرسایشی و به‌تبع آن چهره زمین و پدیده‌های ژئومورفولوژیکی تغییر می‌کند (علیپور و همکاران، ۱۳۹۶: ۲۲)؛ هراندازه ارتفاع افزایش یابد، میزان بخار آب و گردوخاک در هوا کاهش می‌یابد. در این صورت توانایی جذب حرارت هوا نیز کم می‌شود. پس دمای هوا به‌صورتی منظم با ارتفاع کاهش می‌یابد و هنگام سردشدن هوا در شب رطوبت به‌صورت شبنم متراکم شده یا احتمالاً یخ می‌بندد. در چنین شرایطی، بخش سطحی سنگ‌ها و خاک‌ها مرطوب شده و هنگام روز دوباره بر اثر تبخیر خشک می‌شود. این تغییرات غالباً متلاشی‌شدن سنگ‌ها را به‌همراه دارد. در صورتی که شرایط مناسب باشد، سبب انحلال و تجزیه سنگ‌های انحلال‌پذیر می‌شود. تأثیر ارتفاع بر بارش، از سایر عوامل آشکارتر است (محمودی، ۱۳۸۶: ۱۹۴)؛ در مناطق مرتفع‌تر آب دریافتی از طریق بارش بیشتر می‌شود. به‌دلیل سردبودن، رشد گیاهان انبوه و دارای ریشه‌های عمیق محدود می‌شود و در نتیجه تبخیر و تعرق ناشی از گیاهان کم می‌شود؛ از طرفی در مناطق دارای شیب زیاد امکان باقی‌ماندن خاک با ضخامت زیاد و همچنین رویش گیاه فراهم نمی‌شود؛ بنابراین آب باران به‌سرعت جاری می‌شود و فرصت نفوذ کمتری خواهد داشت. بخشی از آب نفوذ کرده نیز در امتداد لایه‌بندی حرکت می‌کند و توسعه کارست به‌صورت عمودی را فراهم می‌کند. در اراضی پست و گود و همچنین زمین‌های مسطح، چون آب حاصل از بارندگی یا ذوب‌شدن برف‌ها و... نمی‌تواند در اثر جریان‌های سطحی از منطقه خارج شود، در سطح زمین جمع شده و میزان آب نفوذ یافته، افزایش می‌یابد و به‌علت بالا بودن ارتفاع، میزان تبخیر کم می‌شود. بیش از ۹۰ درصد بارش می‌تواند به درون سیستم کارست نفوذ کند (کریمی‌وردجانی، ۱۳۹۴: ۲۸). از طرفی سنگ‌های انحلال‌پذیر و به‌دنبال آن کارستی

بهنیافر و قنبرزاده (۱۳۸۸)، با در نظر گرفتن عوامل اقلیمی هیدرولوژیکی و لیتولوژیکی و تهیه نقشه ژئومورفولوژی، ویژگی‌های ژئومورفیک توده کارستی اخلمد در دامنه‌های ارتفاعات بینالود را بررسی کردند. علایی‌طالقانی و رحیم‌زاده (۱۳۸۹)، تحول کارست در زاگرس را با در نظر گرفتن دو متغیر نوع سازند کربناته و فاصله از گسل و سپس انطباق آن‌ها با نقشه‌های پراکندگی غارها و تراکم شبکه زهکشی به عنوان شاخص تحول کارست را بررسی کردند و کارست این منطقه را از نظر تحول به سه قسمت کارست تحول یافته، نارس و بینابین طبقه‌بندی کردند که به ترتیب حدود ۶۹۲۲۸، ۴۱۰۲ و ۳۱۲۰۷ کیلومتر مربع از مساحت زاگرس را در بر می‌گیرند.

قربانی و اونق (۱۳۹۱)، با استفاده از مدل رگرسیونی خطی چندمتغیره، حساسیت کارست منطقه شاهو را پهنه‌بندی کردند. میرعلایی و همکاران (۱۳۹۲)، در بررسی ژئومورفولوژی کارستی سنگ‌های کربناته منطقه آهنگران در شمال شرق بیرجند به این نتیجه رسیدند که وجود شرایط مساعد برای کارست از جمله سنگ‌های آهکی و آهکی- دولومیتی، بارش نسبتاً مناسب در بخش‌هایی از حوضه، گردش آب در درز و درون شکاف سنگ‌ها و فرایند انحلال منجر به عملکرد کارست در بخش‌هایی مختلفی از منطقه شده و تکتونیک فعال مهم‌ترین عامل زمینه‌ساز کارست منطقه است.

مزیدی و همکاران (۱۳۹۵)، پتانسیل‌یابی توسعه کارست حوضه دشت سوسن و دشت ایذه را با استفاده از منطق فازی بررسی کردند. نتایج کار آن‌ها نشان می‌دهد که با کاهش میزان شیب و فاصله از گسل، افزایش رسوبات آهکی، پوشش گیاهی، میزان دما، میزان بارندگی و پوشش سطح خاک شدت کارستی‌شدن افزایش یافته‌است و مناطق مستعد به کارست با

تنگ، کانپون، دولین، غار، چشمه، حوضه آهکی، دشت آهکی (پولیه) و هوم در زاگرس داشته باشند که در این مقاله به بررسی آن‌ها پرداخته می‌شود.

تحقیقات صورت گرفته در زمینه کارست نتایج قابل تأملی در این زمینه داشته‌است؛ از جمله فورد و ویلیامز^۱ (۲۰۱۳)، معتقدند که پدیده‌های کارستی در اثر عمل انحلال در مسیرهایی که به وسیله ساختارها کنترل می‌شوند، ایجاد می‌گردند. کافمن و کوینیف^۲ (۲۰۰۲)، نقشه خطر فروریزش فروچاله‌های جنوب بلژیک را به صورت کیفی تهیه و پالتوکارست در منطقه را مطالعه کردند. ژو و همکاران^۳ (۲۰۱۴)، با استفاده از تکنیک‌های RS و GIS و روش AHP منطقه گوانجی براساس خطر فروپاشی کارست در چهار طبقه با خطر زیاد، متوسط، کم و بی‌خطر پهنه‌بندی کردند. چن و همکاران^۴ (۲۰۱۵)، در منطقه‌ای در چین، انواع ژئومورفولوژیکی کارست را بررسی کردند. آن‌ها در این مطالعه به طور سیستماتیک و جامع لندفرم‌های کارستی را براساس تجزیه و تحلیل داده‌های جغرافیایی و زمین‌شناسی به هشت طبقه تقسیم کردند که بیشتر تفاوت این مناطق در ژئومورفولوژی و آب‌وهوا است.

از تحقیقات صورت گرفته در داخل ایران نیز می‌توان به این موارد اشاره کرد: ملکی و محمودی (۱۳۸۰) در مطالعه‌ای با بررسی چاله‌های بسته سطحی به عنوان شاخص تحول کارست، با در نظر گرفتن هفت عامل ارتفاع، سنگ‌شناسی، زمین ریخت‌شناسی، دما، بارش، تبخیر و شیب، به پهنه‌بندی تحول کارست در استان کرمانشاه پرداختند. براساس نتایج آن‌ها مناطق دارای تحول زیاد، متوسط، کم و سیار کم به ترتیب ۴، کمتر از ۴، حدود ۱۰ و ۸۰ درصد از مساحت استان را در بر می‌گیرد.

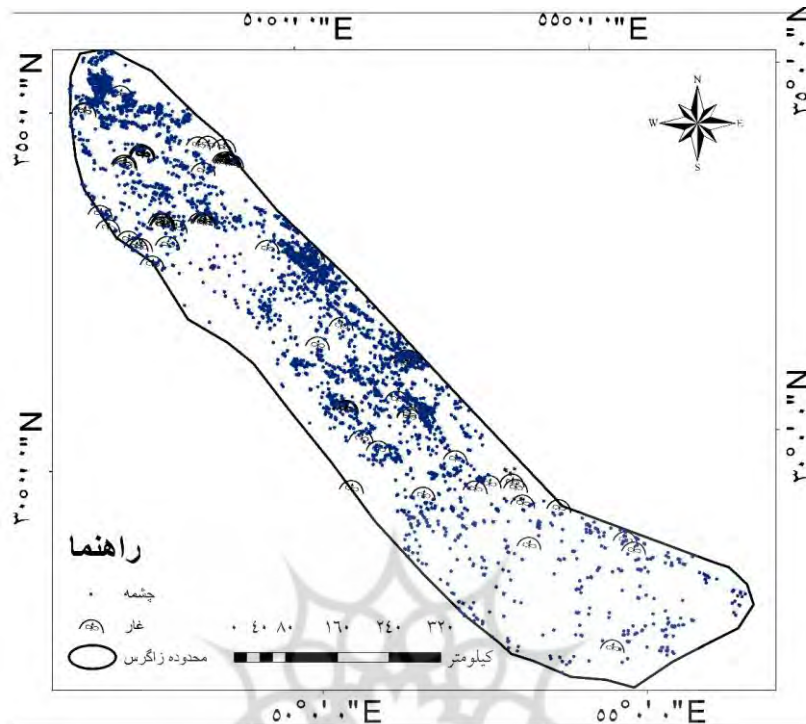
۴۹۴۴ چشمه شناسایی و موقعیت آن‌ها تجزیه و تحلیل شد (شکل ۲). دره‌هایی که در مناطق آهکی در اثر انحلال توسط آب شکل گرفته‌اند، اگر از دو طرف باز بوده، یک طاق‌دیس را قطع کرده و دو ناودیس را به هم متصل می‌کند، به‌عنوان تنگ و اگر یک‌طرف آن باز و طرف دیگر آن به کوه ختم شود، به‌عنوان کانیون در نظر گرفته شده و در گروه لندفرم‌های خطی مورد بررسی قرار گرفته‌اند.

دولین هوم و دشت در گروه اشکال سطحی مورد بررسی قرار گرفته‌اند. فروافتادگی‌های نواحی کارستی در محدوده زاگرس که به‌صورت منحنی میزان‌های بسته هستند و با زهکش داخلی گود هستند و مرکز آن‌ها نسبت به اطراف ارتفاع بیشتری دارند، به‌عنوان دولین شناسایی شدند. پولیه در مناطق کارستی، به اراضی فرورفته‌ای اطلاق می‌شود که کف آن تقریباً مسطح است. آن‌ها ممکن است توسط یک سری کوه احاطه شده باشند که در این صورت به آن‌ها پولیه بسته می‌گویند و با اینکه محلی برای خروج آب داشته باشد، به پولیه‌های باز معروف هستند. هوم به اشکال برجسته در دشت‌های آهکی اطلاق می‌شود که به‌صورت دیوار برجی یا مخروطی شکل باشند. بعد از مشخص شدن لندفرم‌های کارستی در سه گروه نقطه‌ای، خطی و سطحی در مرحله اول تراکم و پراکندگی هر کدام با توجه به عامل ارتفاع مورد بررسی قرار گرفت.

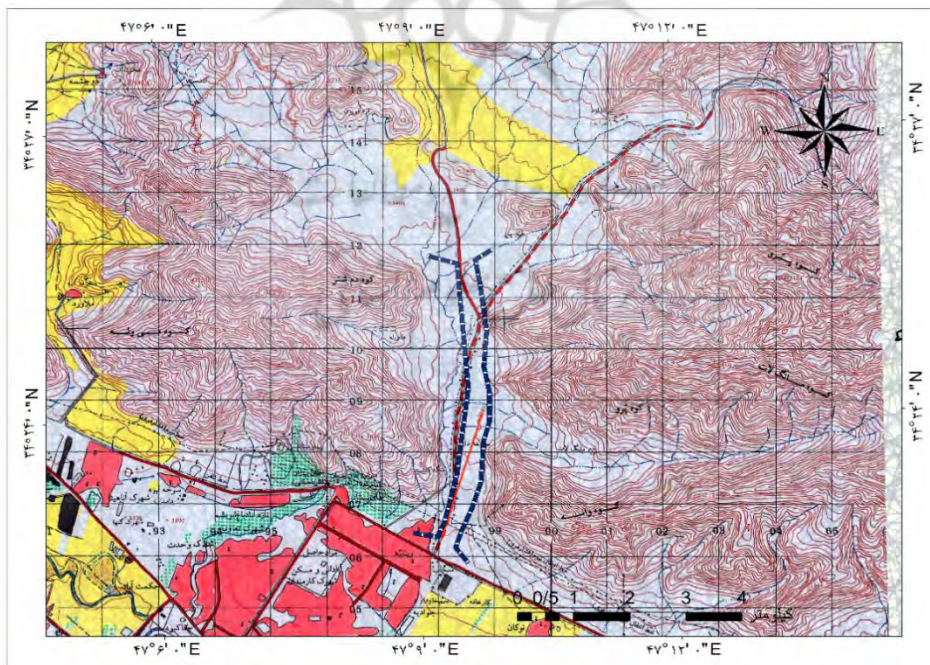
ارضی، فرم نهایی هویت پیدا می‌کند. با تشریح هر یک از عناصر اصلی، زمینه تفسیر مجازی فرم‌ها فراهم می‌شود (رامشت، ۱۳۹۲: ۱۱). در این مقاله ابتدا خطوط منحنی میزان محدوده زاگرس، از لایه مدل رقومی ارتفاعی با قدرت تفکیک ۱۲/۵ متر از ماهواره STREX از سایت <http://earthexplorer.usgs.gov> استخراج شد. لیتولوژی دولومیت و آهک، از لایه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ در نرم‌افزار Arc GIS در محیط Arc Map تفکیک شد؛ سپس اشکال کارستی با استفاده از خطوط منحنی میزان، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ و مدل رقومی ارتفاع در نرم‌افزارهای Arc GIS و Global Mapper، شناسایی و مشخص شد و در نرم‌افزار Google Earth به‌منظور اطمینان از شناسایی دقیق عوارض، موقعیت آن‌ها بازبینی شد و سپس موقعیت و پراکندگی آن‌ها نسبت به لیتولوژی، ارتفاع و گسل تجزیه و تحلیل شد.

بحث و بررسی

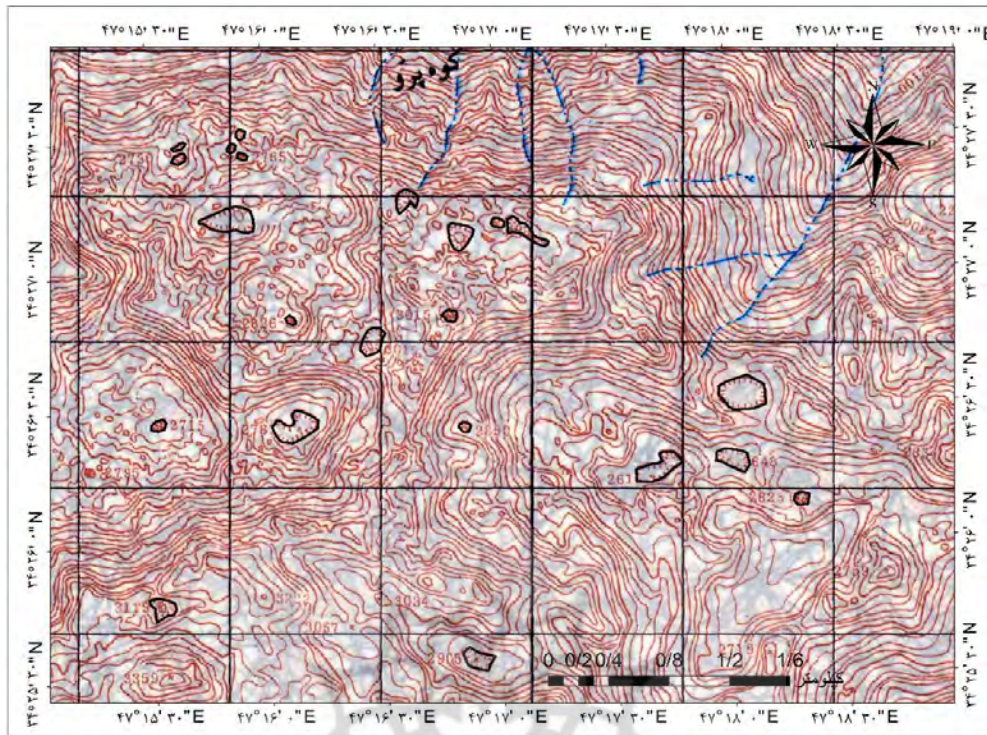
در سنگ‌های کربناته زاگرس اشکال کارستی در سه گروه نقطه‌ای، خطی و سطحی طبقه‌بندی و مورد بررسی قرار گرفت. غارها و چشمه‌ها از جمله اشکال نقطه‌ای شناسایی شده در زاگرس است. کارستی شدن بنا به تعریف صورت گرفته، ناشی از عمل انحلال است که با تشکیل راهروها و دهلیزهای زیرزمینی توسعه می‌یابد و بدین ترتیب اشکال زیرزمینی به‌وجود می‌آید. مناطق کارستی توسط چشمه‌های آهکی زهکشی می‌شوند. در مجموع در مناطق آهکی زاگرس ۸۰ غار و



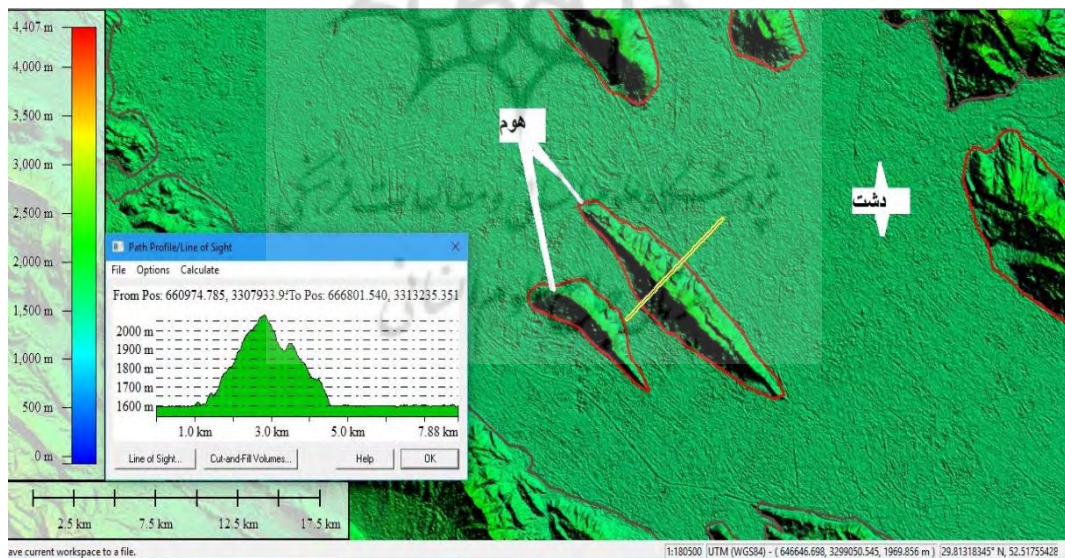
شکل ۲: پراکندگی چشمه‌ها و غارها در زاگرس
تهیه و ترسیم نگارندگان، ۱۳۹۸



شکل ۳: نمایی از تنگ‌کنشت در نقشه توپوگرافی در شهر کرمانشاه
مأخذ: نقشه ۱:۵۰۰۰۰، ۵۴۵۸، III



شکل ۴: نمایی از دولین در زاگرس
 مأخذ: نقشه ۱:۵۰۰۰۰، II، ۵۴۵۸



شکل ۵: نمایی از هوم و دشت و نیمرخ آن در نرم افزار Global mapper

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۸

کاهش می‌یابد. وسعت دشت‌ها از ارتفاع ۲۵۰۰ به بالا به کمترین حد خود می‌رسد (رابطه ۱). دشت‌ها از عوارض سطحی محسوب می‌شوند که نمی‌توان فقط عامل بارش و دما را در توسعه آن‌ها دخیل دانست؛

دشت: به‌طور کلی ۴۱۸۲۰/۱۳ مترمربع از زاگرس را دشت‌ها دربرگرفته‌اند. رابطه به‌دست‌آمده از طریق رگرسیون خطی بین ارتفاع و نسبت تراکم در دشت‌ها دال بر این است که با افزایش ارتفاع، این نسبت

دریاچه‌ها را به وجود آورده‌اند و سپس با گرم شدن هوا و فزونی میزان تبخیر بر بارش خشک شده‌اند (کلینسلی، ۱۳۸۸: ۱). (جدول ۱).

$$Y = -8E - 0.5X + 0.2726 \quad R2 = 0.71 \quad \text{رابطه (۱)}$$

بلکه تجمع رواناب‌ها، یخ‌پوشه‌ها و حتی تشکیل غارهای زیرزمینی و ریزش سقف آن‌ها در توزیع آن‌ها نقش داشته‌است. براساس یافته‌های کلینسلی (۱۳۸۸) بسیاری از دشت‌ها در ابتدا پوشیده شده از یخ و یخچال‌های طبیعی بوده‌اند که در اواخر عصر یخبندان با عقب‌نشینی یخ‌ها در اثر تغییرات جهانی دما،

جدول ۱: نسبت تراکم دشت‌ها در طبقات ارتفاعی در زاگرس

طبقة	مساحت دشت (کیلومتر مربع)	مساحت طبقه ارتفاعی	نسبت تراکم
۵۰۰-۰	۱۳۲۸۱/۷۷	۴۷۶۳۳/۸۴	۰/۲۸
۱۰۰۰-۵۰۰	۵۶۷۴/۲۱	۵۶۷۰۷/۹۴	۰/۱۰
۱۵۰۰-۱۰۰۰	۸۰۷۰/۸۰	۵۳۸۸۵/۸۶	۰/۱۵
۲۰۰۰-۱۵۰۰	۹۲۲۰/۷۰	۶۱۹۱۶/۱۸	۰/۱۵
۲۵۰۰-۲۰۰۰	۳۱۱۶/۶۰	۴۲۹۳۲/۳۵	۰/۰۷
۲۷۵۷-۲۵۰۰	۶/۰۴	۱۴۶۹۷/۸۹	۰/۰۰۰۴

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

افزایش ارتفاع با اینکه مساحت طبقه ارتفاعی کمتر می‌شود، ولی نسبت سطحی دولین افزایش یافته‌است (جدول ۲) و (جدول ۳).

$$Y = 9E - 0.5X - 0.0002 \quad R2 = 0.7531 \quad \text{رابطه (۲)}$$

دولین: در واحد ژئومورفیک زاگرس تعداد ۲۵۲ دولین شناسایی شد. نسبت تراکم دولین‌ها در هر طبقه، با افزایش طبقه ارتفاعی، بیشتر شده‌است. رابطه بین دولین به‌عنوان متغیر وابسته با ارتفاع به‌عنوان متغیر مستقل به شکل رابطه (۲) است و به‌زای

جدول ۲: نسبت تراکم دولین‌ها در طبقات ارتفاعی زاگرس با فاصله طبقاتی ۵۰۰ متر

طبقة	مساحت دولین (کیلومتر مربع)	مساحت طبقه ارتفاعی (کیلومتر مربع)	نسبت تراکم
۰-۵۰۰	۰/۹۴	۴۷۶۳۳/۸۴	۰/۰۰۰۰۱
۵۰۰-۱۰۰۰	۵/۱۵	۵۶۷۰۷/۹۴	۰/۰۰۰۰۹
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۰/۱۴	۵۳۸۸۵/۸۶	۰/۰۰۰۰۰۲
۱۵۰۰-۲۰۰۰	۰/۹۲	۶۱۹۱۶/۱۸	۰/۰۰۰۰۱
۲۰۰۰-۲۵۰۰	۴/۸۴	۴۲۹۳۲/۳۵	۰/۰۰۰۰۱
۲۵۰۰-۳۰۰۰	۴/۰۷	۱۴۶۹۷/۸۹	۰/۰۰۰۰۳
۳۰۰۰-۳۵۰۰	۱/۵۲	۲۵۳۸/۰۵	۰/۰۰۰۰۶
۳۵۰۰-۳۶۸۸	۰/۲۷	۴۳۸/۸۲	۰/۰۰۰۰۶

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

جدول ۳: تراکم دولین‌ها در طبقات ارتفاعی مختلف با فاصله طبقاتی ۱۰۰ متر

طبقه	تعداد	مساحت طبقه ارتفاع (مترمربع)	مساحت دولین‌ها در این طبقه	نسبت (مساحت دولین به مساحت طبقه)
۶۰۰-۵۰۰	۹	۱۰۹۳۵۸۶۴	۶۹۹۴۴۵/۹۳	۰/۰۶۳
۷۰۰-۶۰۰	۲۵	۱۳۰۲۳۷۵۶	۱۹۰۸۴۷۷	۰/۱۴۶
۸۰۰-۷۰۰	۱۲	۱۳۱۶۸۴۹۴	۴۲۸۷۴/۳	۰/۰۰۳
۹۰۰-۸۰۰	۱۴	۱۳۳۷۸۵۱۴	۷۷۸۰۰۶/۶	۰/۰۵۸
۱۰۰۰-۹۰۰	۲	۱۱۲۰۴۲۶۶	۵۰۴۹۰/۱۶	۰/۰۰۴
۱۲۰۰-۱۱۰۰	۳	۱۱۰۸۴۹۰۶	۶۲۹۰۲/۸۳	۰/۰۰۵
۱۴۰۰-۱۳۰۰	۱	۱۲۵۶۰۵۳۱	۲۴۱۹۰/۷۵	۰/۰۰۱
۱۶۰۰-۱۵۰۰	۱	۱۱۹۶۲۴۱۱	۲۰۸۰۵/۳۷	۰/۰۰۱
۱۸۰۰-۱۷۰۰	۲	۱۱۴۲۳۳۵۱	۶۶۳۹۴۰/۴	۰/۰۵۸
۲۰۰۰-۱۹۰۰	۹	۱۰۶۸۷۱۹۵	۵۴۱۶۰۳/۶	۰/۰۵۰
۲۲۰۰-۲۱۰۰	۲۷	۹۳۹۴۷۹۹	۱۵۴۰۱۸۲	۰/۱۶۳
۲۴۰۰-۲۳۰۰	۲۱	۸۳۴۶۲۲۴	۸۴۸۱۳/۴	۰/۰۱۰
۲۵۰۰-۲۴۰۰	۱۷	۶۸۶۸۴۱۳	۹۵۷۰۳۶/۳	۰/۱۳۹
۲۶۰۰-۲۵۰۰	۲۳	۵۳۸۷۲۳۰	۱۷۸۵۶۳۴	۰/۳۳۱
۲۷۰۰-۲۶۰۰	۳۲	۴۱۶۰۳۶۴	۱۱۹۸۲۷	۰/۰۲۸
۲۸۰۰-۲۷۰۰	۱۹	۲۹۳۵۰۵۴	۵۴۶۹۹۰/۳	۰/۱۸۶
۲۹۰۰-۲۸۰۰	۹	۲۰۶۷۵۰۲	۳۴۲۰۸۸/۳	۰/۱۶۵
۳۰۰۰-۲۹۰۰	۷	۱۴۴۴۴۳۷	۲۲۱۳۰۴۱/۵	۱/۵۳
۳۱۰۰-۳۰۰۰	۱	۹۹۲۶۴۲	۵۸۳۱/۱۰	۰/۰۰۵
۳۲۰۰-۳۱۰۰	۱	۶۷۱۹۴۴	۱۷۱۷۵/۲۱	۰/۰۲۵
۳۳۰۰-۳۲۰۰	۱	۴۸۰۹۰۸	۶۲۲۶۲/۷۵	۰/۱۲۹
۳۴۰۰-۳۳۰۰	۳	۳۵۶۵۵۴	۱۴۰۲۴۳۶	۳/۹۳
۳۷۰۰-۳۶۰۰	۳	۱۳۱۸۴۹	۲۷۷۰۵۴/۵	۲/۱

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

هوم: رابطه رگرسیون خطی بین مساحت طبقه ارتفاعی و نسبت تراکم در هوم‌ها به صورتی است که با افزایش ارتفاع، نسبت تراکم افزایش یافته است. توزیع هوم‌ها در دشت‌های زاگرس با فاصله ارتفاعی ۵۰۰ متر تجزیه و تحلیل شد. در ارتفاع پایین‌تر از ۱۰۰۰ متر، تراکم آن‌ها به حداقل خود (۰/۰۰۰۶) تا ۱۵۰۰ کیلومترمربع در واحد سطح) و در ارتفاع ۱۰۰۰ تا ۱۵۰۰ متر، به حداکثر تراکم خود (۰/۰۰۲) کیلومترمربع در واحد سطح) رسیده است. در ارتفاع بین ۱۵۰۰ تا

۲۰۰۰ متر، دوباره نسبت تراکمی آن‌ها کاهش یافته (۰/۰۰۵) و از ارتفاع ۳۰۰۰ متر به بالا نسبت تراکم آن‌ها بیشتر شده است. چنین توزیعی، دال بر این است که عوامل دیگری غیر از کاهش دما در پراکندگی هوم‌ها نقش داشته‌اند؛ چراکه هوم‌ها به عنوان سطوح برجسته مصون مانده از انحلال در دشت‌ها هستند (رابطه ۳) و (جدول ۴).

$$Y=2E-06X-0/0012 \quad R2=0/55 \quad \text{رابطه (۳):}$$

جدول ۴: نسبت تراکمی هومها در زاگرس

طبقه	مساحت هوم (کیلومترمربع)	مساحت طبقه ارتفاعی	نسبت تراکم
۱۰۰۰-۶۳۸	۳۶/۶۶	۵۶۷۰۷/۹۴	۰/۰۰۰۶
۱۵۰۰-۱۰۰۰	۹۰/۴۷	۵۳۸۸۵/۸۶	۰/۰۰۰۲
۲۰۰۰-۱۵۰۰	۳۱۱/۷۶	۶۱۹۱۵/۱۸	۰/۰۰۰۵
۲۵۹۸-۲۰۰۰	۱۳۷/۱۷	۴۲۹۳۲/۳۵	۰/۰۰۰۳

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

غار: با افزایش ارتفاع، تراکم غارها نسبت به مساحت طبقه ارتفاعی افزایش می‌یابد (رابطه ۴) (جدول ۵). هرچند غار به صورت سطحی در زیرزمین گسترش می‌یابد، اما ارزیابی غارها در سطح آهکی به صورت نقطه‌ای تجزیه و تحلیل شد. تراکم غارها در هر کیلومتر مربع، عدد بسیار ناچیزی است؛ ولی تغییر آن با افزایش ارتفاع قابل توجه است. با افزایش ارتفاع، تعداد غارها در سطوح ارتفاعی مختلف زاگرس افزایش داشته‌است که خود دلیلی بر مساعدت بودن شرایط انحلال و کارستی شدن در سطوح مرتفع‌تر زاگرس

نسبت به سطوح کم‌ارتفاع است؛ به طوری که تراکم غارها در سطوح ارتفاع ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ متر، در حدود ۳۰ برابر سطوح ارتفاعی بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بوده‌است. این درحالی که است که در سطوح ارتفاعی ۲۰۰۰ تا ۲۵۰۰ متر، تراکم غارها به حداقل خود (۰/۰۰۰۱۶) رسیده‌است. چنین استدلال می‌شود که هرچند با افزایش ارتفاع تعداد غارها بیشتر می‌شود، ولی در اینکه غار از یک کارست مخفی به کارست آشکار تبدیل شود، سایر عوامل نیز نقش دارند.

$$Y = 2E - 0.6X - 0.0019 \quad R^2 = 0.45 \quad \text{رابطه (۴)}$$

جدول ۵: تراکم غارها در طبقات ارتفاعی در زاگرس

طبقه	تعداد	مساحت طبقه ارتفاعی	تراکم
۵۰۰-۱۰۰۰	۱۳	۵۶۷۰۷/۹۴	۰/۰۰۰۲
۱۰۰۰-۱۵۰۰	۱۶	۵۳۸۸۵/۸۶	۰/۰۰۰۲
۱۵۰۰-۲۰۰۰	۳۳	۶۱۹۱۶/۱۸	۰/۰۰۰۵
۲۰۰۰-۲۵۰۰	۷	۴۲۹۳۲/۳۵	۰/۰۰۰۱
۲۵۰۰-۳۰۰۰	۸	۱۴۶۹۷/۸۹	۰/۰۰۰۵
۳۰۰۰-۳۵۰۰	۳	۴۳۸/۸۲۲	۰/۰۰۰۶

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

چشمه: حضور چشمه‌ها در مناطق مختلف دال بر این است که سطح ایستابی آب‌های زیرزمینی بر اثر شیب یا گسل با سطح زمین هم‌ارتفاع شده‌باشد؛ اما در مناطق آهکی چشمه، نمادی از وجود تشکیلات کارست مخفی دارای آب است که در محل چشمه شرایط

آشکارشدن برایش فراهم شده‌است؛ به همین دلیل حضور آن‌ها به‌عنوان یکی از بردارهای مؤثر در مطالعه کارست قلمداد می‌شود. براساس تعداد چشمه‌های موجود در سطوح ارتفاعی مختلف زاگرس چنین برمی‌آید که با افزایش ارتفاع هرچند تعداد آن‌ها تفاوت

چندانی نداشته‌است؛ ولی با توجه به کاهش سطوح ارضی در طبقات ارتفاعی بالاتر، تراکم آن‌ها افزایش داشته و این افزایش در سطوح ۲۵۰۰ تا ۳۰۰۰ متر

بیش از ده برابر تراکم آن‌ها در سطوح ارتفاعی بین ۰ تا ۵۰۰ متر است (رابطه ۵) و (جدول ۶).

رابطه (۵): $R^2=0/75$ $Y=2E-0.5X-0/0.92$

جدول ۶: تراکم چشمه‌ها در طبقات ارتفاعی در زاگرس

تراکم	تعداد چشمه‌ها	مساحت طبقه ارتفاعی	طبقه
۰/۰۰۶	۲۹۳	۴۷۶۳۳/۸۴	۵۰۰-۰
۰/۰۰۷	۴۵۲	۵۶۷۰۷/۹۴	۱۰۰۰-۵۰۰
۰/۰۰۸	۴۷۶	۵۳۸۸۵/۸۶	۱۵۰۰-۱۰۰۰
۰/۰۱۵	۹۹۰	۶۱۹۱۶/۱۸	۲۰۰۰-۱۵۰۰
۰/۰۳۹	۱۷۰۶	۴۲۹۳۲/۳۵	۲۵۰۰-۲۰۰۰
۰/۰۶۲	۹۲۰	۱۴۶۹۷/۸۹	۳۰۰۰-۲۵۰۰
۰/۰۴۲	۱۰۷	۲۵۳۸/۰۵۶	۳۵۰۰-۳۰۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

دره‌های U شکل و بن‌بست آهکی اطلاق می‌شود، افزایش تراکم کانیون‌ها در هر کیلومترمربع در طبقات ارتفاعی، دال بر این است که انحلال یکی از عوامل مهم در توسعه آن‌ها باشد؛ در صورتی که در شکل‌گیری تنگ‌ها عواملی غیر از انحلال نیز می‌تواند نقش داشته‌باشد. هرچند با کاهش ارتفاع، دما افزایش پیدا کرده و مقدار بارش نیز کم می‌شود، ولی افزایش دبی رودخانه‌ها و موازی بودن چین‌خوردگی‌های زاگرس منجر به افزایش تنگ‌ها با کاهش ارتفاع شده‌است. ضریب تبیین اثرگذاری ارتفاع بر تراکم کانیون‌ها (روابط ۶ و ۷) و تنگ‌ها (جدول ۷ و ۸) در هر دو بیشتر از ۰/۷ (۷۰ درصد)، در دو جهت مخالف هم است.

$$Y=1E-0.6X+0/0.05 \quad R^2=0/80 \quad \text{رابطه (۶)}$$

$$Y=-0/0.252X+89/1 \quad R^2=0/7 \quad \text{رابطه (۷)}$$

کانیون و تنگ: نتیجه حاصل از رابطه همبستگی رگرسیونی کانیون‌ها یک رابطه مثبت (صعودی) است که نشان می‌دهد با افزایش ارتفاع، نسبت تراکم آن‌ها بیشتر می‌شود؛ ولی در تنگ‌ها برخلاف کانیون‌ها، با افزایش ارتفاع تراکم تنگ‌ها کمتر می‌شود؛ هرچند کانیون و تنگ، لندفرم خطی هستند، ولی باید به این نکته توجه داشت که عوامل غیر از کارستی-فیکاسیون در شکل‌گیری تنگ‌ها بیشتر از کانیون‌ها نقش دارند. در شکل‌گیری تنگ‌ها علاوه بر عوامل محلی، شرایط حوضه‌های بالادست نیز بسیار مؤثر است؛ به‌همین دلیل با کاهش ارتفاع و افزایش سطح حوضه بالادست، امکان ایجاد و گسترش تنگ‌ها بیشتر شده‌است. از طرفی نباید از نظر دور داشت که بسیاری از تنگ‌ها از ادغام کانیون‌ها به‌وجود آمده‌اند.

با توجه به اثری که ارتفاع بر کاهش دما و افزایش بارش می‌گذارد و با توجه به مفهوم کانیون که به

جدول ۷: تراکم کانیون‌ها در طبقات ارتفاعی در زاگرس

تراکم	مساحت طبقه ارتفاعی	تعداد کانیون‌ها	طبقه
۰/۰۰۰۹	۴۷۶۳۳/۸۴	۴۳	۵۰۰-۰
۰/۰۰۲۶	۵۶۷۰۷/۹۴	۱۴۹	۱۰۰۰-۵۰۰
۰/۰۰۲	۵۳۸۸۵/۸۶	۱۱۱	۱۵۰۰-۱۰۰۰
۰/۰۰۲۸	۶۱۹۱۶/۱۸	۱۷۹	۲۰۰۰-۱۵۰۰
۰/۰۰۳	۴۲۹۳۲/۳۵	۱۳۱	۲۵۰۰-۲۰۰۰
۰/۰۰۴۹	۱۴۶۹۷/۸۹	۷۳	۳۰۰۰-۲۵۰۰

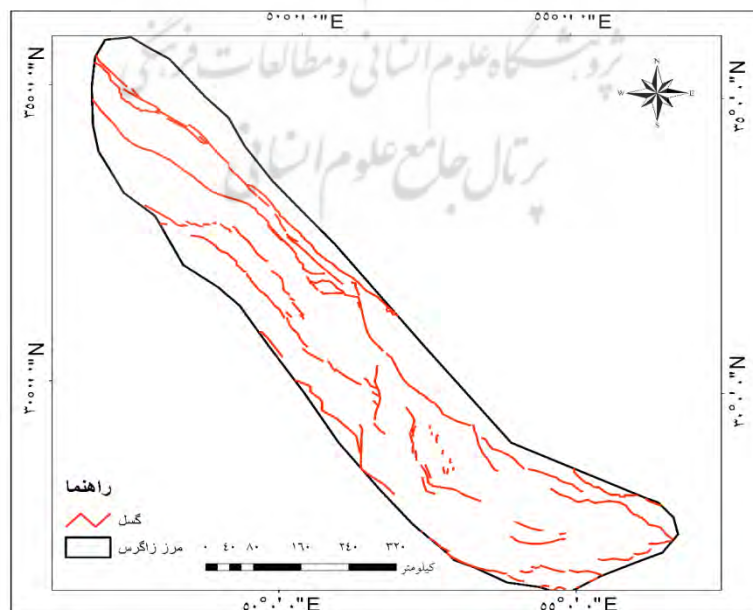
مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

جدول ۸: تراکم تنگ‌ها در طبقات ارتفاعی در زاگرس

تراکم	مساحت طبقه ارتفاعی	تعداد تنگ‌ها	طبقه
۰/۰۰۰۵	۶۳۳/۸۴	۲۷	۵۰۰-۰
۰/۰۰۱	۵۶۷۰۷/۹۴	۶۷	۱۰۰۰-۵۰۰
۰/۰۰۰۷	۵۳۸۸۵/۸۶	۴۰	۱۵۰۰-۱۰۰۰
۰/۰۰۰۸	۶۱۹۱۶/۱۸	۵۲	۲۰۰۰-۱۵۰۰
۰/۰۰۰۴	۴۲۹۳۲/۳۵	۲۱	۲۵۰۰-۲۰۰۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

علاوه بر ارتفاع، گسل نیز می‌تواند بر پراکندگی اسپس پراکندگی اشکال کارستی براساس فاصله از فرم‌های کارستی اثرگذار باشد. به این منظور نقشه گسل‌های موجود در زاگرس رقومی شد (شکل ۶):



شکل ۶: نقشه پراکندگی گسل‌ها در زاگرس

تهیه و ترسیم: نگارندگان، ۱۳۹۸

و تحول کارست نسبت به درز و شکافها و شکستگیها است؛ به طوری که نفوذپذیری را افزایش داده و عمل انحلال را سرعت می بخشد و به تحول کارست، به خصوص کارست عمقی کمک کرده است. همچنین وجود درز و شکافها، موجب نفوذ آب به درون زمین و انباشت آن بر روی لایه های غیرقابل نفوذ می شود که از طریق چشمه تخلیه می گردد و در مناطق کارستی چشمه ها و سراب های وکلوزین را شکل می دهد. در اینجا نیز فراوانی چشمه ها در فاصله نزدیک به گسل دال بر اثرپذیری آنها از درز و شکافها است.

درصد فراوانی از اشکال مورد مطالعه به استثنای هوم، در فاصله ۲۰ کیلومتری از گسلها قرار دارند (جداول ۹ تا ۱۱). هومها در واقع اشکال برجسته آهکی هستند که به عنوان شواهدی از وجود آهک انحلال یافته در دشتها باقی مانده اند. با توجه به اینکه درز و شکافها موجب افزایش انحلال در سطح و عمق زمین می شوند، فاصله هومها از این شکستگیها مهم ترین عامل در شکل گیری آنها بوده است؛ چراکه انحلال در عمق در محدوده هومها، به دلیل نبود درز و شکافها و نفوذناپذیری منطقه، به حداقل خود رسیده است. فراوانی غارها و دولینها در فاصله نزدیک نشان دهنده اثرپذیری

جدول ۹: پراکندگی اشکال نقطه ای کارستی با توجه به گسل در زاگرس

فاصله از گسل	چشمه		غار	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد
کمتر از یک کیلومتر	۲۴۶	۵/۰۲	۹	۱۱/۲۵
یک تا ۵ کیلومتر	۱۰۶۸	۲۱/۸	۲	۲/۵
۵-۱۰ کیلومتر	۹۲۸	۱۸/۹۵	۱۰	۱۲/۵
۱۰-۲۰ کیلومتر	۱۳۳۷	۲۷/۳۰	۳۶	۴۵
۲۰-۶۰ کیلومتر	۱۳۱۸	۲۶/۹۱	۲۳	۲۸/۷۵

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

جدول ۱۰: پراکندگی اشکال خطی کارستی با توجه به گسل در زاگرس

فاصله از گسل	تنگه		کانیون	
	تعداد	درصد	تعداد	درصد
کمتر از یک کیلومتر	۱۳	۶/۲۸	۳۳	۴/۸۱
یک تا ۵ کیلومتر	۴۰	۱۹/۳۲	۱۱۴	۱۶/۶۱
۵-۱۰ کیلومتر	۴۱	۱۹/۸	۱۵۱	۲۲/۰۱
۱۰-۲۰ کیلومتر	۸۲	۳۹/۶۱	۱۸۵	۲۶/۹۶
۲۰-۶۰ کیلومتر	۳۱	۱۴/۹۷	۲۰۳	۲۹/۵۹

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

جدول ۱۱: پراکندگی اشکال سطحی کارستی با توجه به گسل در زاگرس

فاصله از گسل	دولین		دشت		هوم	
	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد	مساحت (کیلومتر مربع)	درصد
کمتر از یک کیلومتر	۰/۰۴۷	۰/۲۷	۱۳۶۷/۰۵	۳/۲۷	-	-
یک تا ۵ کیلومتر	۲/۲۴	۱۲/۵۵	۵۲۵۵/۱۹	۱۲/۵۶	۲۶/۳	۱/۱۳
۵-۱۰ کیلومتر	۳/۶۹	۲۱/۰۵	۵۷۲۶/۷۴	۱۳/۶۹	۲۷/۱۶	۴/۸۲
۱۰-۲۰ کیلومتر	۱۱/۷۶	۶۳/۶۵	۱۸۶۰۸/۸	۴۴/۴۹	۱۱۴/۵۵	۲۰/۳۴
۲۰-۶۰ کیلومتر	۰/۴۴	۲/۴۷	۱۰۸۶۲/۲۵	۲۵/۹۷	۴۱۵/۰۴	۷۳/۷۰

مأخذ: نگارندگان، ۱۳۹۸

نتیجه

اشکال کارستی ماکرو در زاگرس به صورت لندفرم‌های مختلفی همچون غار، پولیه، دولین، هوم، کانیون، تنگ و چشمه منعکس شده‌اند که با توجه به موقعیت ارتفاعی و تکتونیکی (فاصله از گسل) مورد بررسی قرار گرفت. پراکندگی اشکال و عوارض کارستی نسبت به ارتفاع نشان می‌دهد که تراکم اشکال در سطوح ارتفاعی مختلف، با افزایش ارتفاع علی‌رغم کاهش مساحت، بیشتر شده‌است و تراکم آن‌ها در طبقات بالاتر نسبت به طبقات پایین گاهی به چندین برابر نیز رسیده‌است؛ برای مثال تراکم غارها در سطوح ارتفاع ۳۰۰۰ تا ۳۵۰۰ متر، در حدود ۳۰ برابر سطوح ارتفاعی بین ۵۰۰ تا ۱۰۰۰ متر بوده‌است و نسبت تراکم در دشت‌ها دال بر این است که با افزایش ارتفاع، این نسبت کاهش می‌یابد. وسعت دشت‌ها از ارتفاع ۲۵۰۰ به بالا به کمترین حد خود می‌رسد (رابطه ۱). پیدایش و گسترش دشت‌ها فقط نمی‌تواند از عوامل بیرونی تبعیت کرده‌باشد و نمی‌توان فقط عامل بارش و دما را در توسعه آن‌ها دخیل دانست، بلکه در کنار عوامل درونی (دشت‌های ساختمانی) در شکل‌گیری دشت‌های کوهستانی نواحی آهکی زاگرس تجمع رواناب‌ها، یخ‌پوشه‌ها و حتی تشکیل غارهای زیرزمینی و ریزش سقف آن‌ها در توزیع آن‌ها نقش داشته‌است. در بررسی نقش ارتفاع بر اشکال خطی باید به کانیون‌ها نسبت به تنگ‌ها توجه بیشتری شود؛ چراکه در ایجاد کانیون‌ها نقش انحلال، بیشتر از تنگ‌ها محرز است. بر این اساس تراکم آن‌ها در نواحی مرتفع نسبت به سطوح کم‌ارتفاع بیشتر است و تراکم آن‌ها با ضریب تبیین بیش از ۷۰ درصد با افزایش ارتفاع در واحد سطح بیشتر می‌شود. نتایج حاصل از پراکندگی اشکال کارستی نسبت به فاصله از گسل در زاگرس نشان می‌دهد که همه اشکال کارستی به جز هوم‌ها، بدون استثناء بیشترین تراکم را در فاصله کمتر از ۲۰ کیلومتر از گسل دارند. پراکندگی این

اشکال از جمله دولین‌ها و غارها در این فاصله، دال بر این است که تحول کارستی با توجه به درز و شکاف‌ها بیشتر می‌شود و فرایند انحلال به‌خصوص در کارستی عمقی، افزایش می‌یابد. تراکم بیشتر هوم‌ها در فاصله ۴۰ کیلومتری از گسل نیز این امر را تأیید می‌کند؛ زیرا هوم‌ها اشکال برجسته به‌جامانده از فرایند انحلال هستند که به دلیل دور بودن از عوامل نفوذپذیر (درز و شکاف) انحلال در آن‌ها به حداقل رسیده و در سطح دشت‌های انحلالی به‌عنوان تپه شاهد باقی مانده‌اند.

منابع

- بهنیافر، احمد؛ هادی قنبرزاده؛ عباسعلی فرزانه (۱۳۸۸)، ویژگی‌های ژئومورفیک توده کارستی اخلمد در دامنه‌های شمالی ارتفاعات بینالود، فصلنامه جغرافیا و توسعه. (۱۴). ۱۴۱-۱۲۱.
- https://gdij.usb.ac.ir/article_1220.html
- حریریان، محمود (۱۳۶۹). کلیات ژئومورفولوژی ایران، انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی.
- درویش‌زاده، علی (۱۳۷۰). زمین‌شناسی ایران، دانش امروز. تهران.
- <http://www.lib.ir/book/53766982/%D8%B2%D9%85%DB%8C%D9%86-D8%B4%D9%86%D8%A7%D8%B3%DB%8C-%D8%A7%DB%8C%D8%B1%D8%A7%D9%86/>
- رامشت، محمدحسین (۱۳۹۲). نقشه‌های ژئومورفولوژی (نمادها و مجازها)، انتشارات سمت. چاپ ششم.
- رامشت، محمدحسین؛ محمد مهدی کاظمی (۱۳۸۶). آثار یخچالی در حوضه اقلید فارس، مجله رشد آموزش جغرافیا. (۴). ۱۹-۹.
- <https://www.sid.ir/Fa/Journal/ViewPaper.aspx?ID=142185>
- عرقشی، حسین؛ مهران آرین؛ سیدهاشم طباطبایی رئیسی (۱۳۸۷). بررسی پی‌سنگ زاگرس در حدفاصل گسل کازرون و گسل رازک، نشریه زمین. (۳). ۱۰-۱.
- <https://www.sid.ir/fa/journal/ViewPaper.aspx?id=131376>

- علایی طالقانی، محمود؛ زهرا رحیمزاده (۱۳۸۹). بررسی تحول کارست در منطقه زاگرس، کنفرانس ملی پژوهش‌های کاربردی منابع آب ایران. ۳۱۳-۲۳۳.
<https://civilica.com/doc/112918/>
- علیپور، عباس؛ مصطفی هاشمی؛ فرشاد پروژه؛ محمدحسین ناصرزاده (۱۳۹۶). شناسایی و مقایسه بیابان‌های ایران از جنبه ژئومورفولوژی و اقلیم‌شناسی (مطالعه موردی: بیابان‌ها مرکزی و شرق ایران)، فصلنامه برنامه‌ریزی منطقه‌ای. (۲۷). ۳۴-۲۱.
http://jzpm.miau.ac.ir/article_2453.html
- علیجانی، بهلول (۱۳۹۱). آب‌وهوای ایران، تهران. انتشارات پیام نور.
- علیزاده، امین (۱۳۹۳). اصول هیدرولوژی کاربردی، انتشارات دانشگاه امام رضا (ع). چاپ ۳۹.
- قاسمی‌فر، الهام؛ سمیه ناصرپور (۱۳۹۰). پهنه‌بندی اقلیمی ناحیه زاگرس، انتشارات سپهر. (۸۹). ۶۰-۵۴.
http://www.sepehr.org/article_13044.html
- قبادی، محمدحسین (۱۳۸۸). زمین‌شناسی مهندسی کارست، انتشارات دانشگاه بوعلی سینا همدان. چاپ اول.
- قربانی، محمدصدیق؛ محمد اونق (۱۳۹۱). پهنه‌بندی تحول و حساسیت کارست با استفاده از مدل رگرسیون خطی چندمتغیره در منطقه کارستی شاهو، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. (۱). ۳۲-۱۹.
http://www.geomorphologyjournal.ir/article_77863.html
- کریمی وردنجانی، حسین (۱۳۹۴). هیدرولوژی و ژئومورفولوژی کارست، انتشارات ارم شیراز. چاپ اول.
- کلینسلی، دانیل (۱۳۸۸). کویرهای ایران و خصوصیات ژئومورفولوژیکی و پالئوکلیماتولوژی آن، ترجمه عباس پاشایی. سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح. چاپ دوم.
- محمودی، فرج‌الله (۱۳۸۶). ژئومورفولوژی اقلیمی، انتشارات پیام نور. چاپ اول.
- محمودی، فرج‌الله (۱۳۶۷). تحول ناهمواری‌های ایران در کواترنر، پژوهش‌های جغرافیایی. ۲۳. صفحات ۴۳-۵.
https://jrg.ut.ac.ir/article_14136.html
- محمودی، فرج‌الله؛ امجد ملکی (۱۳۸۰). تحول کارست و نقش آن در منابع آب‌یرزمینی در ناهمواری‌های بیستون-پراو (کرمانشاه)، پژوهش‌های جغرافیایی. (۴۰). ۱۰۵-۹۳.
https://jrg.ut.ac.ir/article_17848.html
- مزیدی، احمد؛ امیر کرم؛ مزگان کوراوندپور (۱۳۹۵). پتانسیل‌یابی توسعه کارست با استفاده از منطق فازی (مطالعه موردی: حوضه دشت سوسن و دشت ایذه)، پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمی. (۲). ۱۴۱-۱۳۰.
http://www.geomorphologyjournal.ir/article_78047.html
- میرعلایی موردی، مهدی؛ غلامرضا میراب شیبستری؛ بهروز اعتباری؛ محمدرضا هیهات (۱۳۹۲). معرفی ژئومورفولوژی کارستی سنگ‌های کربناته منطقه آهنگران (شمال شرق بیرجند)، جغرافیا و آمایش شهری- منطقه‌ای. (۸). ۱۳۰-۱۱۵.
https://gaij.usb.ac.ir/article_1290.html
- نوجوان، محمدرضا؛ سمیه سادات شاه‌زیدی؛ محمدحسین رامشت (۱۳۹۶). ژئومورفولوژی کارست، انتشارات سمت. چاپ اول.
- Chen, W., Zhang, Y., Qin, H., Zhu, D., & Wang, X (2015). The Karst Geomorphologic Regionalization in China. In From Geoheritage to Geoparks PP.233-244. Springer, Cham.
https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-10708-0_16
- Ford, D., & Williams, P. D (2013). Karst hydrogeology and geomorphology. John Wiley & Sons.
- Kaufmann, O., & Quinif, Y. (2002). Geohazard map of cover-collapse sinkholes in the 'Tournassis' area, southern Belgium. Engineering geology, 65(2-3), 117-124.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013795201001181>
- Zhou, G., He, S., Chen, K., & Yan, H. (2014). Risk evaluation of Karst collapse using GIS and RS. In Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS), 2014 IEEE International (PP.3089-3092). IEEE.
<https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/6947130>



پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی