



## Evaluation of Geodiversity Capabilities for Ground Protection (Case Study: Nourabad Mamasani Watershed, Fars Province, Iran)

Abouzar Nasiri<sup>1\*</sup> , Najmeh Shafiei<sup>2</sup> 

1. Corresponding Author, Assistant Professor in Remote Sensing and Geographic Information System, Firouzabad higher education center, Shiraz University of Technology, Fars, Iran. E-mail: [abuzarnasiri@gmail.com](mailto:abuzarnasiri@gmail.com)
2. Postdoctoral students in Geomorphology, Hakim Sabzevari University, Sabzevar, Iran.  
E-mail: [shafiei.najmeh@yahoo.com](mailto:shafiei.najmeh@yahoo.com)

### Article Info

#### Article type:

Research Article

#### Article history:

Received: 13 March 2025

Revised: 10 April 2025

Accepted: 12 December 2025

Published: 16 December 2025

#### Keywords:

Geodiversity,  
GDI,  
Tourism,  
7 metrics of Fragstsase,  
Nourabad Watershed.

### ABSTRACT

**Objective:** Geodiversity is a fundamental term for determining the importance of nature's abiotic resources, therefore, the expansion of studies related to geodiversity is of great importance, especially in Iran. With its karstic landforms, Fars Province possesses numerous geomorphodiversity capabilities. Accordingly, the aim of the present study is to investigate the geodiversity of the Nourabad Mamasani watershed in the west of Fars province, which is located in the geographical area of 51° 15' to 51° 46' east longitude and 29° 55' to 30° 17' north latitude. It has unique features such as waterfalls, caves, narrow gorges, karst valleys and natural arches, etc.

**Methods:** In order to evaluate geodiversity potentials of the study area, we used geodiversity index (GDI), per-area roughness density (PRD), Simpson's evenness index (SIEI), Shannon's evenness index (SHEI), Shannon's diversity index (SHDI), Simpson's diversity index (SIDI), roughness density, modified Simpson's diversity index (MSIDI), and modified Simpson's evenness index (MSIEI).

**Results:** Results of GDI, PRD, SHDI, SIEI, SIDI, SHEI, MSIDI, and MSIEI in Unit 1 (i.e., Tang-e-Buan) were found to be maximal (i.e., equal to 12.7, 0.031, 1.56, 0.76, 0.87, 0.84, 1.5, and 0.93, respectively). Unit 3 in the western part of the watershed finished second while Units 2 and 4 were ranked 3rd and 4th, respectively.

**Conclusions:** The value of GFI in the central, western, and northern parts of the study area was evaluated at about 9.11, 11.04, and 7.5, respectively. That is, as one moves from the south to the north, the geodiversity decreases.

**Cite this article:** Nasiri, A. & Shafiei, N. (2026). Evaluation of Geodiversity Capabilities for Ground Protection (Case Study: Nourabad Mamasani Watershed, Fars Province, Iran). *Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 5 (17), 50-63. <http://doi.org/10.22034/rsgi.2025.66370.1125>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/10.22034/rsgi.2025.66370.1125>

Publisher: University of Tabriz.



## Extended Abstract

### Introduction

The term geodiversity refers to geographical diversity of geological materials, forms, and processes that comprise the planet Earth. Geodiversity is a fundamental concept for determining the importance of non-living natural resources (Gary, 2011).

According to Lopez et al. (2010), the geographic diversity refers to the “the number and diversity of structures (i.e., depositional, tectonic, geological – mineralogical, petrological, fossil-related, and soil structures) comprising the substrate of a particular area hosting organic activity, including human activities. Geodiversity allows for the analysis of the elements that are related to forces affecting an ecosystem, which are generally ignored in the biodiversity-related studies. The diversity and distribution of biological factors can be determinant to ecological and land studies (Serano et al., 2007).

Introduction of geological phenomena to tourists while presenting their spatial identity can pave the way toward attracting more tourists to a region of numerous natural and geological features, producing lots of economic and social benefits. The study of existing potentials for the development of geomorphotourism and establishment of geoparks in the studied area can not only stimulate the job creation and people’s revenues, fuel social developments and industrialization of local communities, and preserve the existing geological heritage, but also contribute to preservation and recovery of local arts, old customs and rituals, and cultural and historical heritages (Shayan Yeganeh et al., 2018).

Nasiri et al. (2022) investigated the geodiversity of Nourabad Mamasani Watershed. The southern sub-watershed ended up with a higher geodiversity score as it hosted a more diverse set of geological formations, geomorphologies, and climatologic conditions. They obtained the highest per-area roughness density (PRD), Shannon’s diversity index (SHDI), Shannon’s evenness index (SHEI), Simpson’s diversity index (SIDI), and Simpson’s evenness index (SIEI) of 0.31, 1.56, 0.76, 0.87, and 0.93, respectively for the mentioned sub-watershed because of the higher diversity and development of the formation, while the highest levels of morphometric factors and final layer were assigned to Nourabad Watershed, which possesses a high geodiversity due to the high levels of slope, height, roughness, and curvature as well as the wet climate in its northern parts. Scarcama et al. (2022) evaluated geodiversity in the French Guiana with an emphasis on the challenges and consequences of geo-sustainable planning. Results of their research showed that the lithology takes the largest part in the geodiversity.

Ghahroodi Tali et al. (2022) investigated the application of geodiversity in environmental management (case study of the watershed at upstream of Karaj Dam). Results of typology studies in the Karaj Dam Watershed led to identification of such point features as waterfalls in the vicinity of roads as well as caves, which were exposed to damages.

### Materials and Methods

In this research, geodiversity evaluation was based on the Serano and Fellano’s, Simpson’s, and Shannon’s GDIs.

In order to calculate the GDI, we began by dividing the studied watershed into four sub-watersheds. Next, digital elevation map (DEM) was used to prepare layers of slope, slope direction, and roughness, simulate waterways, and prepare drainage density map, while the geological map was used to prepare maps of lithology and distance to fault. Based on these 10 parameters, all required factors in Table 1 were obtained. Finally, GDI was calculated by evaluating the roughness, counting the geomorphological features in each class, and dividing the results by the area of that class, as per Equation (1):

$$Gd = Eg \times R / \ln (S) \quad (1)$$

where Gd is the GDI, Eg is the number of all parameters affecting the geodiversity, R is the roughness index, and S is the surface area of the considered unit.

#### Evaluating the 7 GDIs

In order to understand the natural richness of the landscape classes in terms of geodiversity across the study area, we used modified Simpson’s diversity and evenness indices (MSIDI and MSIEI, respectively) and modified



Shannon's diversity and evenness indices (MSHIDI and MSHEI, respectively). The studied watershed was divided to 4 sub-watersheds for the sake of evaluation and accurate comparison of different parts in terms of natural landscapes.

## Results

Unit 1 is located in the southeast of the plain area. In terms of lithology, this unit is made from Eocene Asmari limestones, Sarvak limestones, Darian, Kazhdumi, and Cretaceous Fahlian. The presence of water-created valleys, concentrated canyons, waterfalls, rocky structures, numerous limy springs, and trench lapies characterizes this area. The soil in this area is made from entisols, inceptisols, and stony zones. Drainage density is 0.82 m/m<sup>2</sup> and the fault density is maximal (i.e., 11.9 km/km<sup>2</sup>). In terms of climate, the area exhibits very high diversity. The slope and height are at their maximum levels of about 57° and 2676 m, respectively, with the roughness density being at peak.

Unit 2 is located in the central part of the plain, where the land is covered by alluvial sediments. Numerous aqueducts, springs, and water wells characterize this area. The soil in this area is made from entisols, inceptisols, and stony zones. Drainage density is 1.65 m/m<sup>2</sup>, that is the highest level among other zones. The regional Kazerun Fault cuts through this area, forming a number of mineral water springs with medical geo-tourism potentials.

Unit 3 is extended over the western and northwestern parts of the plain. The dominant lithology is the Jurassic conglomerates. In terms of geomorphology, this area hosts extensive alluvial fans with aqueducts that have been developed across these fans. Canyons represent another common landform in this unit. The soil in this area is made from entisols, inceptisols, and stony zones, with a drainage density of 0.85 m/m<sup>2</sup>. The area exhibits different slopes in the range of 0 – 5% and various heights in the range of 1000 – 1500 m. Notably, this area hosts some of the lowest heights across the study area. The climate is semiarid. A reduction in the roughness is evident considering the sediment material.

Unit 4 is extended over western parts of the study area. It is dominantly composed of gypsum – marl formations and hosts a number of rough terrains exhibiting different forms of linear trench erosion and ditch-like erosion. The soil in this area is made from entisols, inceptisols, and stony zones, with a drainage density of 1.13 m/m<sup>2</sup>. Local climate is semiarid. Results of GDI calculation showed that, among other units, Unit 1 in the southeast ended up with the highest GDI value (i.e., 12.7). Diversity of formations in this unit (e.g., Sarvak, Darian, Fahlian, Gadvan, Asmari, Pabdeh, and Gurpi) was a major cause of such a high GDI score. The high fault density in this unit paves the way for the development of karstic springs. The unit is dominantly covered with two soil types and hosts the highest number of landform types due to the presence of karstic sediments.

Results of analyzing the 7 GDIs, including PRD, SHDI, SHEI, SIDI, SIEI, MSIDI, and MSIEI showed that the highest values were associated with Unit 1 (0.031, 1.56, 0.76, 0.87, 0.84, 1.50, and 0.93, respectively) in the southeast of the study area. In other units, relatively reduced levels of MSIDI and MSIEI were observed. Investigation of morphometric factors of the study area showed that the density of geomorphological landforms in each unit is much higher. For instance, the densities of valleys, fluvial fans, sulphureous mineral springs, and dense lapies increase significantly, which is itself a determinant factor in the level of roughness index.

In similar research, Goli Mokhtari et al. (2023) investigated the analysis of land diversity in the range of Binalud heights. The results showed that based on the findings of the research, it can be said that the difference of the indicators in the two domains is very insignificant, but due to the structural and stratigraphic condition. And the influence of secondary factors, the southern slopes of Binalud Mountains have more geodiversity than its northern slopes. The obtained results show that based on the comparison of the northern slope and the southern slope of Binalud mountains with the five geodiversity indices, the contribution of geological factors was more than the morphometric and climatic factors.

## Conclusion

Measuring 10 effective parameters in the studied watershed, the GDI ended up with accurate results that reflected the actual situation. Results of the GDI method showed that the fault density, high diversity of geological formations, snowfall, and low temperature in the southern part, as compared to the other parts of the study area, have resulted in a high GDI of about 12.7. the value of GFI in the central, western, and northern parts of the study



area was evaluated at about 9.11, 11.04, and 7.5, respectively. That is, as one moves from the south to the north, the geodiversity decreases.

Results of analyzing the PRD, SHDI, SHEI, SIDI, SIEI, MSIDI, and MSIEI showed that the highest geodiversity was associated with the southeast unit (Buan Sub-watershed), as shown by the index values of 0.031, 1.56, 0.76, 0.87, 0.84, 1.50, and 0.93, respectively. Unit 2 (i.e., western sub-watershed) closely followed Unit 1. In other units, relatively reduced levels of MSIDI and MSIEI were observed.

The southeastern unit is midway along the main road connecting Fars, Bushehr, Khuzestan, and Kohgiluyeh and Boyer-Ahmad provinces, providing timely access to highly populated cities in the region. The vast watershed coupled with high-rainfall forest zone in the upstream of this canyon have extended the availability of fresh water resources in the Buan Canyon, so that beautiful waterfalls develop in the rocky walls of the canyon during different seasons (especially the Spring). This water-rich area has long been a countryside to Mamasani nomads who were busy doing horticulture and animal husbandry. The thick walnut trees in the region are so old, some of which block the sunlight within a radius of 10- 15 m. In the hot summer days, the temperature difference between this canyon and Nourabad city exceeds 10°C. Another advantage of this canyon is the existing paved road to access it. These advantages have made the canyon suitable for tourism applications.

Geologists have long sought to better recognize the earth and expand their information about the ground to get rid of ambiguities. But they have largely ignored the geodiversity, not spending so much time on investigating the geological diversities. Nevertheless, it can be stipulated that a better knowledge of geological diversity paves the way toward a better understanding of natural resources of the earth. Despite the great importance of geodiversity in various dimensions, this phenomenon is at risk of human activities. Therefore, there is a need for protecting the geodiversity, which is a necessity for the development of geo-tourism. The protection objectives and methods must account for different elements of geodiversity, and associated planning must be appropriated to the type of the respective geosite. Management of geo-tourism and related recreational activities as well as geoparks is often dependent on the type of geodiversity.

## References

- Brilha, J. (2016). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: A Review Geoheritage, *The European Association for Conservation of the Geological Heritage*, pp. 16. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>.
- Carrión-Mero, P., JDueñas-Tovar, M., Jaya-Montalvo, E., Berrezueta, N., Orellana, J. (2022). Geodiversity assessment to regional scale: Ecuador as a case study, *Environmental Science & Policy*, Volume 136, pp. 167-186. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.009>.
- Dowling, R. (2011). Geotourism's global growth. *Geoheritage*, 3, p.p 1–13.
- Fassoulas, C. D., Mouriki, P., Dimitriou-Nikolakis, Iliopoulos, G. (2012). Quantitative Assessment of Geotopes as an Effective Tool for Geoheritage Management, *Geoheritage Journal*, 4, pp. 177-193 DOI:10.1007/s12371-011-0046-9.
- Gray, M. (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environ. Conserv.*, 38, pp.271–274. <https://doi.org/10.1017/S0376892911000117>.
- Goli Mokhtari, L., Biramali, F. (2017). calculation and analysis of terrestrial diversity (geodiversity) (case study: Eshtehard city), *Natural Geography Research*, pp.307-322.
- Goli, Mokhtari., Neghaban, S., Shafiei, N. (2020). comparative study of geodiversity in northwest Fars, *Quantitative Geomorphology*, No. 3, pp. 151-163.
- Gray, M. (2018). *Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation*. In: Reynard, E., Brilha, J. (Eds.), *Geoheritage*. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands, pp. 13–25.
- Lopez, ´ S., Sierra, R. (2010). Agricultural change in the Pastaza River basin: a spatially explicit model of native Amazonian cultivation. *Appl. Geogr.* 30, 355–369. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.10.004>
- Ghoohrodi, Tali., Manijeh, Khadijah., Ali, Nouri. (2022). Application of geodiversity in environmental management (case study of Karaj dam upstream basin, quantitative geomorphology researches.



- Kuleta, M. (2018). Geodiversity research methods in geotourism. *Geosci* 8. <https://doi.org/10.3390/geosciences8060197>.
- McGarigal, K., Cushman, SA., Neel, MC., Ene, E. (2002). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. Computersoftware program produced by the authors at the University of Massachusetts: Amherst.
- Newsome, D., Dowling, R. (2010). Setting an agenda for geotourism. In *Geotourism: The Tourism of Geology and Landscape*; Newsome, D., Dowling, R., Eds.; Goodfellow Publishers: Oxford, UK, pp. 2–11.
- Nasiri, A., Shafiei, N., Zandi, R. (2022). Evaluation of Geodiversity Across Noorabad Basin (Fars Province, Iran). *Geoheritage* 14, 119. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-0075>.
- Pereira, D.I., Pereira, P., Brilha, J., Santos, L. (2013). Geodiversity assessment of Parana ´ State (Brazil): an innovative approach. *Environ. Manag.* 52, 541–552. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0100-2>.
- Salehipour, A. Milani., Sadouq, H., Rafiei, R. (2022). *Geodiversity assessment of watersheds overlooking Namak Lake and Sultan Pond, Quantitative Geomorphological Researches*, 10th year, number two, 38, pp. 84-105.
- Scammacca, O., Bétard, F., Aertgeerts, G. (2022). Geodiversity Assessment of French Guiana: Challenges and Implications for Sustainable Land Planning. *Geoheritage* 14, 83. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00716-6>.
- Serrano, E., Ruiz-Flano, P. (2007). Geodiversity: a theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica* 62(3):140-147. DOI:10.5194/gh-62-140-2007
- Sistani, M., Nagaresh, H., Fatuhi, S., Ramsht, M., H, Raushit, M. (2019). investigating the difference of geodiversity and geomorphodiversity in the coastal region of the Oman Sea and the Makran zone from Cape Jask to the Gulf of Gwatar, *Geography and Development*, No. 63, 52-31.
- Shayan Yeganeh, A.A., Zanganeh Asdi, M. A., Amir Ahmadi, A. (2018). Quantitative Geodiversity Evaluation of the Proposed Geopark of West Khorasan Razavi for the Protection of its Geological Heritage, *Space Geographic Survey*, Volume: 10, Number: 36, 99-70.
- Shafi'I, N., Nasiri, A., Nowrozi, S., Shah Pasandi, M. (2023). Investigating the role of geo-diversity in the development of tourism in Firozabad, *Journal of Tourism Space*, Volume 11, Number 43, pp. 117-130.
- Sleszy ´ nski, ´ P., Solon, J. (2017). A map of the landscape diversity of Poland. *Geogr. Pol.* 90, 369–377. <https://doi.org/10.7163/GPol.0100>.
- Zwoliński, Z. (2010). The routine of landform geodiversity mapdesign for the Polish Carpathian Mts. *Landform Analysis* 11: pp 77–85.
- Warowna, J., Zgłobicki, W., Grzegorz Gajek, Małgorzata, T., Kołodyńska, R., P, Zieliński. (2014). Geomorphpsite asissment in The propoaset geopark vistula river gap quaestion *Geographec* 33(3), pp. 173-180. DOI: <https://doi.org/10.2478/quageo-2014-0040>.



## ارزیابی توانمندی‌های تنوع اشکال زمینی جهت حفاظت زمین (مطالعه موردی حوضه نورآباد ممسنی استان فارس، ایران)

ابوذر نصیری<sup>۱\*</sup>، نجمه شفیعی<sup>۲</sup>

۱. نویسنده مسئول، استادیار گروه جغرافیا (سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی)، دانشگاه صنعتی شیراز- مرکز آموزش عالی فیروزآباد، فارس، ایران. رایانامه:

abuzarnasiri@gmail.com

۲. دانشجوی پسادکتری ژئومورفولوژی، دانشگاه حکیم سبزواری، سبزوار، ایران. رایانامه: shafiei.najmeh@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
<p>نوع مقاله: مقاله پژوهشی</p> <p>تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۲/۲۳</p> <p>تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۰۱/۲۱</p> <p>تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۱</p> <p>تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۰۹/۲۵</p> <p>کلیدواژه‌ها: ژئودایورسیتی، شاخص GDI، گردشگری، شاخص هفتگانه Fragstsase، حوضه نورآباد.</p>	<p>تنوع زمین یک اصطلاح اساسی برای تعیین اهمیت منابع غیر زنده طبیعت است از این رو گسترش مطالعات مرتبط با ژئودایورسیتی به خصوص در ایران از اهمیت فراوانی برخوردار است. هدف از پژوهش حاضر، بررسی ژئودایورسیتی حوضه آبریز نورآباد ممسنی در غرب استان فارس می‌باشد که در محدوده جغرافیایی ۱۵'، ۵۱° تا ۴۶'، ۵۱° طول شرقی و ۵۵'، ۲۹° تا ۱۷'، ۳۰° عرض شمالی واقع شده است. که دارای عوارض منحصر به فرد مانند آبشار، غار، لایپه تنگ، دره‌های کارستی و طاق طبیعی و... می‌باشد. در این پژوهش به منظور ارزیابی پتانسیل‌های ژئودایورسیتی منطقه از شاخص ژئودایورسیتی سرانو و فلانو GDI، شاخص‌های تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD)، ضریب همواری سیمپسون (SIEI)، ضریب همواری شانون (SHEI)، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI)، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI)، تراکم ناهمواری‌ها، (MSIDI) شاخص اصلاح شده تنوع سیمپسون، (MSIEI) شاخص اصلاح شده همواری سیمپسون استفاده گردید. نتایج حاصل از شاخص‌های GDI، PRD، SHEI، SHDI، SIEI، SIDI، MSIEI در واحد (۱) تنگ بوان) بالاترین ارزش را به خود اختصاص داده است و به ترتیب برابر است با ۱۲/۷، ۰/۰۳۱، ۱/۵۶، ۰/۰۷۶، ۰/۰۸۷، ۰/۰۸۴، ۱/۵۰، ۰/۰۹۳. واحد (۳) بخش غربی حوضه در رتبه دوم قرار دارد و واحدهای ۲ و ۴ در رتبه‌های سوم و چهارم قرار دارند. مقدار GFI در بخش مرکزی، غربی و شمالی منطقه مورد مطالعه به ترتیب حدود ۹/۱۱، ۱۱/۰۴ و ۷/۵ ارزیابی شد. یعنی با حرکت از جنوب به شمال از تنوع زمین کاسته می‌شود.</p>

**استناد:** نصیری، ابوذر و شفیعی، نجمه (۱۴۰۴). ارزیابی توانمندی‌های تنوع اشکال زمینی جهت حفاظت زمین (مطالعه موردی حوضه نورآباد ممسنی استان فارس، ایران). کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی، ۵ (۱۷)، ۶۳-۵۰.

<http://doi.org/10.22034/rsgi.2025.66370.1125>



© نویسندگان.

ناشر: دانشگاه تبریز.

## مقدمه

واژه ژئودایورسیتی تنوع جغرافیایی انواع مواد، اشکال و فرآیندهای زمینی است که سیاره زمین را تشکیل می‌دهند و شکل می‌دهند. تنوع زمین یک اصطلاح اساسی برای تعیین اهمیت منابع غیر زنده طبیعت است (گری، ۲۰۱۱). به گفته لویز و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۱۰)، تنوع جغرافیایی عبارت است از «تعداد و تنوع ساختارها (رسوبی، مواد زمین ساختی، زمین شناسی - کانی‌ها، سنگ‌ها، فسیل‌ها و خاک‌ها)، که زیرلایه منطقه‌ای را تشکیل می‌دهد که در بالای آن فعالیت ارگانیک مستقر شده است، که شامل انسان می‌شود. تنوع زمین امکان تجزیه و تحلیل وضعیت عناصر مرتبط با نیروهایی را که بر روی یک اکوسیستم اثر می‌گذارد را می‌دهد، که به‌طور کلی در مطالعات مربوط به تنوع زیستی در نظر گرفته نمی‌شود. تنوع و توزیع عوامل بیولوژیکی می‌تواند در مطالعه اکولوژیکی و سرزمینی تعیین کننده باشد (سرانو و همکاران، ۲۰۰۷).

کشور ایران به دلیل داشتن تنوع لندفرم‌های منحصر به فرد زمین‌شناسی و ژئومورفولوژیکی در زمره شگفت‌انگیزترین کشورهای جهان به شمار می‌رود و پتانسیل بسیار بالقوه‌ای برای توسعه ژئوپارک‌ها و دستیابی به توسعه پایدار از این طریق دارد. توریسم یک صنعت نسبتاً ارزان اما با درآمد بالا برای کشورهای دارای پتانسیل تاریخی و گردشگری می‌باشد. در این میان، ضرورت جذب گردشگر به ایران با این وسعت منطقه‌ای و پتانسیل‌های فراوانی که وجود دارد، برای ایجاد درآمد و شغل و توسعه‌ی پایدار احساس می‌شود (قدیرزاده، ۱۳۸۶). معرفی پدیده‌های زمین‌شناسی به گردشگران با حفظ هویت مکانی آنها می‌تواند در منطقه‌ای با پدیده‌های طبیعی و زمین‌شناسی فراوان از نظر اقتصادی و اجتماعی زمینه را برای جذب توریسم فراهم نماید. ضرورت مطالعه پتانسیل‌های موجود در راستای توسعه ژئومورفوتوریسم و ایجاد ژئوپارک در منطقه مذکور علاوه بر اشتغال‌زایی، و درآمدزایی برای مردم، ایجاد جهش‌های اجتماعی و صنعتی شدن جوامع محلی، حفظ میراث زمین‌شناختی موجود، می‌تواند در زنده نگاه داشتن و احیاء هنرها، عادات کهن، سنت‌ها و حفظ میراث فرهنگی و تاریخی مؤثر واقع گردد (شایان یگانه و همکاران، ۲۰۱۸). زولینسکی<sup>۲</sup> (۲۰۱۰) اقدام به طراحی نقشه تنوع جغرافیایی شکل زمین در منطقه ارتفاعات کارپات لهستان پرداختند و نتایج حاصل از پژوهش نشان داد نقشه نهایی تنوع ژئودایورسیتی زمین در GIS در دو مرحله تهیه می‌شود: ابتدا سه نقشه ورودی در یک همپوشانی ترکیب می‌شوند و سپس نتایج همپوشانی در نقشه تنوع زمینی به ۵ طبقه تنوع زمین فرم بسیار زیاد، بالا، متوسط، کم و بسیار کم تقسیم گردید. فاسولاس و همکاران<sup>۳</sup> (۲۰۱۲) به ارزیابی کمی ژئوسایت‌ها به‌عنوان ابزاری مؤثر جهت مدیریت میراث زمین‌شناسی پرداختند این مقاله بر روی توسعه شاخص‌های خاص لازم برای تعیین مقادیر بر مبنای عددی مربوط به اهمیت توریستی و آموزشی ژئوسایت و ضرورت حفاظت از آنها متمرکز شده است. گری<sup>۴</sup> (۲۰۱۸) محدوده طبیعی تنوع زمین‌شناسی (سنگ‌ها، کانی‌ها، فسیل‌ها)، ژئومورفولوژیکی (فرم‌های زمین، توپوگرافی، فرآیندهای فیزیکی)، خاک و ویژگی‌های هیدرولوژیکی را تعریف می‌کند. این شامل مجموعه‌ها، ساختارها، سیستم‌ها و مشارکت آنها در مناظر است. پری و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۱۳) تنوع زمین‌شناسی منطقه‌ای را با پنج زیرشاخص زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی، کانی‌شناسی، دیرینه‌شناسی و خاک‌شناسی ارزیابی می‌کند. وارونا<sup>۶</sup> (۲۰۱۴)، ۷۶ ژئوسایت را در ژئوپارک رودخانه ویستولا در لهستان با ۱۸ معیار ارزیابی بررسی می‌کند و در نهایت گروه‌های ارزیابی مشابه را دسته‌بندی

---

۱ Gray, M.

۲ Lopez et al.

۳ Serrano et al.

۴ Zwoliński, Z.

۵ Fassoulas et al.

۶ Gray, M.

۷ Pereira et al.

۸ Warowna et al.

می‌نماید. بریلها<sup>۱</sup> (۲۰۱۶) در مقاله خود به بررسی نقاط ضعف و قوت ارزیابی‌ها پرداخته و یک معیار برای ارزیابی ژئوسایت‌ها و ژئودایورسیتی بیان کرده است.

سلیزی و همکاران<sup>۲</sup> (۲۰۱۷) نقشه جدیدی از انواع ژئوآرژن‌ها در لهستان بر اساس معیارهای مختلف تنوع زمینی در سطح منطقه را تهیه نمودند. کولتا<sup>۳</sup> (۲۰۱۸) ژئوتوریسم می‌تواند به تکمیل تحلیل‌های مربوط به تنوع زمین کمک کند. همچنین رابطه‌ای بین روش‌های تحقیق فعلی در تنوع جغرافیایی با تمرکز بر ژئوتوریسم ایجاد می‌کند که عناصر غیر زنده و طبقه‌بندی آنها را بر اساس نوع تجزیه و تحلیل فهرست می‌کند. دولینگ<sup>۴</sup> (۲۰۱۱) به ارزیابی و تحلیل کمی تنوع زمین پرداخته است و بیان می‌کند که ۱۰٪ از تمام تحقیقات پیوند قوی با تنوع زیستی دارند. علاوه بر این، در بعد جغرافیایی، تجزیه و تحلیل کمی می‌تواند ورودی‌های نقشه برداری را ارائه دهد که می‌تواند نقاط احتمالی برای ایجاد ژئوپارک را شناسایی کند. نصیری و همکاران<sup>۵</sup> (۲۰۲۲) به بررسی ژئودایورسیتی حوضه آبریز نورآباد ممسنی پرداختند. زیرحوضه جنوبی به دلیل داشتن تنوع بیشتر از لحاظ جنس سازند زمین‌شناسی، ژئومورفولوژی، کلیماتولوژی امتیاز بیشتری را کسب نموده است. میزان این شاخص‌ها تراکم ناهمواری، تنوع و ناهمواری شانون و سیمسون درحوضه برابر ۰/۳۱، ۱/۵۶، ۰/۷۶، ۰/۸۷، ۰/۹۳ به دلیل تنوع و توسعه سازند بیشترین ارزش را در شاخص‌ها به خود اختصاص داده اما در فاکتورهای مورفومتریکی و لایه نهایی بالاترین ارزش مربوط به حوضه نورآباد است که به دلیل داشتن بالاترین میزان شیب، ارتفاع، زبری و درجه انحنای و همچنین وجود اقلیمی مرطوب در بخش‌های جنوبی آن سبب توسعه اشکال متنوع در منطقه شده است. اسکاماکا و همکاران<sup>۶</sup> (۲۰۲۲) اقدام به ارزیابی تنوع جغرافیایی گویان فرانسه: با تأکید بر چالش‌ها و پیامدهای برنامه‌ریزی زمین پایدار نمودند و نتایج حاصل از پژوهش نشان داد که لیتولوژی بیشترین نقش را در تنوع زمینی به خود اختصاص داده است. کریون مرو<sup>۷</sup> و همکاران (۲۰۲۲) به بررسی ژئودایورسیتی اکوادور پرداختند و نتایج حاصل از پژوهش نشان داد ۴۷ درصد از منطقه مورد مطالعه در دسته‌بندی بالا و بسیار بالا قرار دارد. گلی مختاری و بیرامعلی (۱۳۹۷)، به ارزیابی محاسبه و تحلیل تنوع زمینی (ژئودایورسیتی) (مطالعه موردی: شهرستان اشتهارد) پرداختند. بر اساس مشاهدات میدانی، محاسبات کمی و کیفی پدیده‌ها، و تهیه و تحلیل نقشه‌های مورد نیاز مطالعاتی انجام گرفت. بر اساس مطالعات، واحد  $GI$  دارای بیشترین تعداد عناصر غیرزنده،  $G2$  دارای بیشترین تنوع فرم‌شناسی، و  $G3$  دارای بیشترین ارزش ژئودایورسیتی در منطقه است. شایان یگانه و همکاران (۲۰۱۸)، به بررسی ارزیابی کمی ژئودایورسیتی ژئوپارک پیشنهادی غرب خراسان رضوی برای حفاظت از میراث زمین‌شناسی آن پرداختند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد: ۳/۹ درصد از منطقه را ژئودایورسیتی خیلی بالا به خود اختصاص داده که در شمال و جنوب غربی منطقه مشاهده می‌شود. که فرایند بادی به‌عنوان سیستم شکل‌زایی مسلط ژئومورفیک منطقه نقش مؤثر در شکل‌گیری اشکال ژئومورفولوژیکی منطقه دارد. مقصودی و همکاران (۱۳۹۸) نیز با استفاده از شاخص  $GLM$  به بررسی ژئومورفودایورسیتی آتشفشان دماوند و پیرامون آن پرداختند که نتایج نشان داد بخش شرقی دماوند با ارزش ۲۰ بیشترین میزان ژئودایورسیتی را به خود اختصاص داده است. سیستانی و همکاران (۱۳۹۹)، بررسی تفاوت ژئودایورسیتی و ژئومورفودایورسیتی منطقه ساحلی دریای عمان و زون مکران از دماغه جاسک تا خلیج گواتر پرداختند؛ نتایج تحقیق نشان می‌دهد تنوع ژئومورفولوژیکی زون مکران با تراکم ناهمواری ۰/۰۰۰۹، تنوع شانون ۳/۳۵۲۹، ناهمواری شانون ۰/۹۳۲۹، تنوع سیمپسون ۰/۹۵۷۸ و ناهمواری سیمپسون برابر با ۰/۹۷۷۴ نسبت به تنوع زمین‌شناختی از اعتبار بالاتری برخوردار بوده و ارزش بیشتری را به خود اختصاص داده است. بنابراین به منظور توسعه منطقه ساحلی جنوب شرق کشور و مکران، لزوم توجه مسئولین و رسیدگی و احداث زیرساخت‌های مورد نیاز در توسعه صنعت

<sup>۱</sup> Brilha, J.

<sup>۲</sup> Sleszyński, et al.

<sup>۳</sup> Kuleta, M.

<sup>۴</sup> Dowling, R.

<sup>۵</sup> Nasiri, et al.

<sup>۶</sup> Scammacca

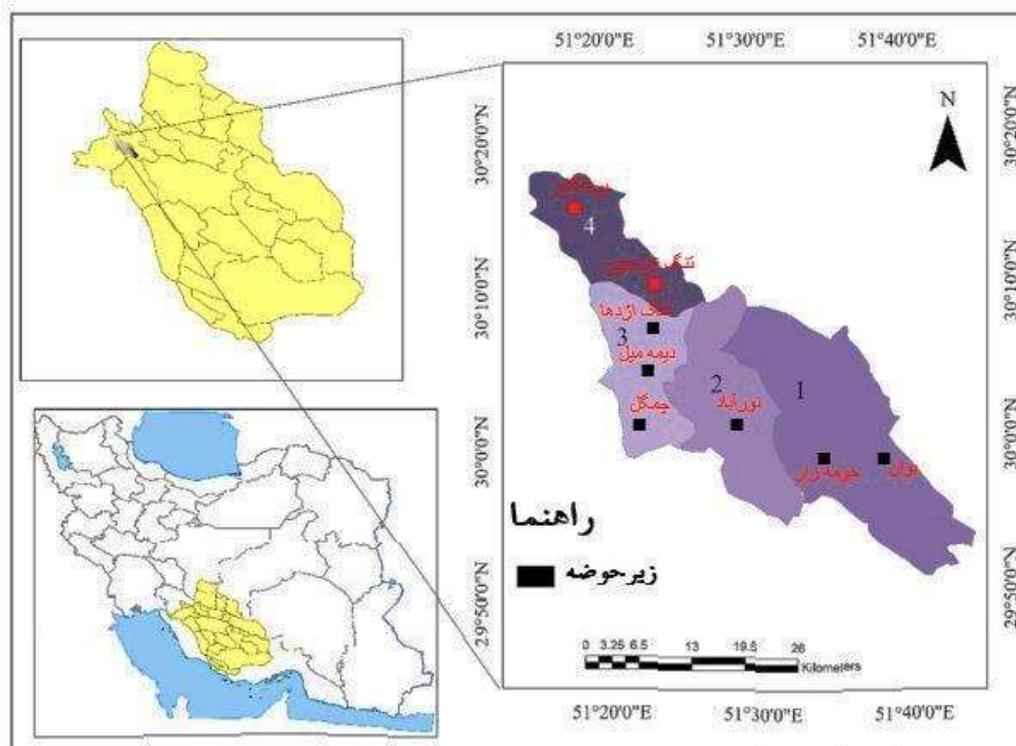
<sup>۷</sup> Carrión-Mero

ژئومورفوتوریسم لازم و ضروری می‌باشد. صالحی‌پور میلانی و همکاران (۱۴۰۰)، ارزیابی ژئودایورسیتی حوضه‌های آبریز مشرف به دریاچه نمک و حوض سلطان را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که بیشینه ارزش در شاخص ژئودایورسیتی در بین محدوده‌های مورد مطالعه مربوط به ناحیه ۴ با میانگین ارزش ژئودایورسیتی ۲/۵۵ است. شفیع و همکاران<sup>۱</sup> (۲۰۲۳) به بررسی نقش ژئودایورسیتی در توسعه گردشگری شهرستان فیروزآباد پرداختند و نتایج حاصل از محاسبه شاخص‌ها نشان داد که بیش‌ترین میزان ضریب ژئودایورسیتی از جمله همواری و تنوع سیمسون و شانون را حوضه فیروزآباد دارد و در مقایسه با سایر حوضه‌های شهرستان (میمند، دهرم، مهکویه) پتانسیل گردشگری بالایی دارد. قهرودی تالی و همکاران (۱۴۰۱)، به بررسی کاربرد ژئودایورسیتی در مدیریت محیط (مطالعه موردی حوضه بالا دست سد کرج) پرداختند و نتایج تحلیل گونه‌شناسی در حوضه سد کرج منجر به شناسایی عوارض نقطه‌ای مانند آبشارهایی که در نزدیکی جاده‌ها قرار دارند، و همچنین غارها شد که در معرض تخریب هستند. بیشترین ژئوسایت‌های موجود در سد کرج در مقیاس نقطه هستند که بسیار آسیب‌پذیر هستند و در مرتبه بعدی هستند که آنها هم آسیب‌پذیرترند و نیازمند محافظت هستند. از نظر موضوعی ژئوسایت‌های ژئومورفولوژیکی و تکتونیکی آسیب‌پذیری بالایی دارند. به‌طور کلی این عوارض از لحاظ علمی و زیبایی شناختی بسیار مهم می‌باشند لذا مدیریت چنین محیط‌هایی از نظر توریسم الزامی می‌باشد.

## روش تحقیق

### محدوده مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در محدوده جغرافیایی جنوب کشور در دامنه‌های جنوب‌غربی سلسله جبال زاگرس چین‌خورده قرار دارد. حوضه آبریز نورآباد از طرف شمال با شهرستان مصیری (محدوده رستم) و از طرف جنوب با دشت قائمیه و از طرف غرب با دشت ماهور میلانی و از سمت شرق با دشت فهلیان در ارتباط است. از لحاظ مختصات ریاضی در محدوده جغرافیایی ۱۵°، ۵۱° تا ۴۶°، ۵۱° طول شرقی و ۵۵°، ۲۹° تا ۱۷°، ۳۰° عرض شمالی واقع شده است (شکل ۱). تنها شهری که در این محدوده وجود دارد شهر نورآباد می‌باشد، که در ارتفاع ۹۳۵ متری از سطح دریا قرار دارد و در ۱۵۰ کیلومتری شمال غربی شیراز مرکز استان فارس واقع شده است. حدود ۲۲۱ کیلومتر مربع از مساحت حوضه را دشت و ۵۳۴ کیلومتر مربع از مساحت حوضه را ارتفاعات در بر می‌گیرد. حداکثر ارتفاع ۲۶۸۴ متر در کوه خانی در جنوب‌شرقی محدوده و حداقل ارتفاع ۶۹۸ متر در مصب رودخانه فهلیان در حوالی روستای باتون شمال غربی دشت می‌باشد.



شکل ۱. نقشه منطقه مورد مطالعه

Fig. 1. Study area

## مواد و روش‌ها

در این پژوهش به منظور بررسی تنوع اشکال زمینی از شاخص‌های  $GDI$  سرانو و فلانو، سیمسون و شانون (شکل ۲) استفاده شده است (جدول ۱).

در این راستا به منظور محاسبه شاخص  $GDI$  ابتدا حوضه مورد مطالعه به چهار زیرحوضه تقسیم گردید سپس از لایه  $DEM$  به منظور تهیه لایه‌های شیب، جهت شیب، زبری ناهمواری، شبیه‌سازی آبراهه‌ها تهیه تراکم زهکشی و از لایه زمین‌شناسی جهت تهیه نقشه لیتولوژی و فاصله از گسل استفاده گردید و بر اساس این ۱۰ پارامتر تمام فاکتورهای مورد نیاز در جدول (۱) به دست آمد و در پایان با محاسبه میزان زبری شمارش تعداد عناصر ژئومورفولوژی در هر طبقه و تقسیم نمودن بر مساحت هر طبقه میزان شاخص ژئودایورسیتی طبق معادله (۱) برای هر طبقه به دست آمد.

$$Gd = Eg * R / Ln S \quad \text{معادله (۱)}$$

$Gd$ : شاخص ژئودایورسیتی،  $Eg$ : شمارش تمام پارامترهای مؤثر در ژئودایورسیتی،  $R$ : شاخص زبری ناهمواری،  $S$ : مساحت واحد مورد نظر.

جدول ۱. عناصر مورد نیاز برای محاسبه شاخص تنوع جغرافیایی ( $GDI$ )

Table 1. Elements required to calculate the Geodiversity Index (GDI)

عناصر	روش محاسبه
زمین‌شناسی	تنوع سنگ‌ها در هر واحد
سنگ	استخراج خطوط گسل از لایه زمین‌شناسی، (ب) ایجاد لایه تراکم در GIS
تراکم گسل	

خاک طبقه‌بندی خاک	از لایه طبقه‌بندی خاک ایران.
هیدروگرافی نوع رودخانه هیدروگرافی تراکم زهکشی طبقه‌بندی آبراهه جهت رودخانه شیب رودخانه	از لایه DEM شبیه‌سازی حوضه صورت گرفته و نوع آبراهه‌ها از این طریق تهیه شد از لایه آبراهه با استفاده از محیط GIS، LINE DENSITY در محیط GIS در محیط آرک هیدرو از لایه DEM در محیط GIS از لایه DEM در محیط GIS
زبری ناهمواری	الف) با استفاده از لایه DEM در محیط GIS
ژئومورفولوژی لندفرم شیب جهت شیب	با استفاده از نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰ و موزاییک نمودن لایه‌ها با استفاده از منحنی میزان‌ها اشکال استخراج می‌شود لایه شیب با استفاده از لایه DEM لایه جهت شیب با استفاده از لایه DEM

### محاسبه شاخص ۷ گانه ژئودایورسیتی

برای درک غنای طبیعی کلاس‌های چشم‌اندازهای موجود از نظر ژئودایورسیتی در حوضه مورد مطالعه از شاخص اصلاح شده، تنوع و ناهمواری سیمپسون و شانون استفاده گردید. برای انجام محاسبات و مقایسه دقیق بخش‌های مختلف از لحاظ چشم‌اندازهای طبیعی حوضه به ۴ زیرحوضه تقسیم گردید. سپس با استفاده از نرم‌افزار FRAGSTATSE جهت محاسبه شاخص‌های تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD)، ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI)، ضریب همواری شانون (SHEI)، ضریب دایورسیتی شانون (SHDI)، ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI)، شاخص اصلاح شده همواری سیمپسون (MSIEI)، شاخص اصلاح شده دایورسیتی شانون (MSIDI) استفاده شد (جدول ۲).

جدول ۲- شاخص تنوع جغرافیایی<sup>۱</sup> McGariga (2002)

Table (2): Geodiversity indices (McGarigal, 2002)

شاخص	فرمول	محدوده	C
تراکم ناهمواری هر قطعه (PRD)	$PRD = m/A * (10^4)(10^2)$	$0 < PRD \leq 100$ PRD > 0, without limit	تعداد در صد هکتار
ضریب دایورسیتی شانون (SHDI)	$SHDI = - \sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i)$	SHDI > 0 without limit	-
ضریب همواری شانون (SHEI)	$SHEI = - \sum_{i=1}^m (p_i \ln p_i) / \ln m$	$0 \leq SHEI \leq 1$	-
ضریب دایورسیتی سیمپسون (SIDI)	$SIDI = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2$	$0 \leq SIDI \leq 1$	-
ضریب ناهمواری سیمپسون (SIEI)	$SIEI = 1 - \sum_{i=1}^m p_i^2$	$0 \leq SIEI \leq 1$	-
شاخص اصلاح شده دایورسیتی شانون (MSIDI)	$MSIDI = - \ln \sum_{i=1}^m p_i^2$	$0 \leq MSIDI \leq 1$	-

<sup>۱</sup> Patch Richness Density

<sup>۲</sup> Shannon's Diversity Index

<sup>۳</sup> Shannon's Evenness Index

<sup>۴</sup> Simpson's Diversity Index

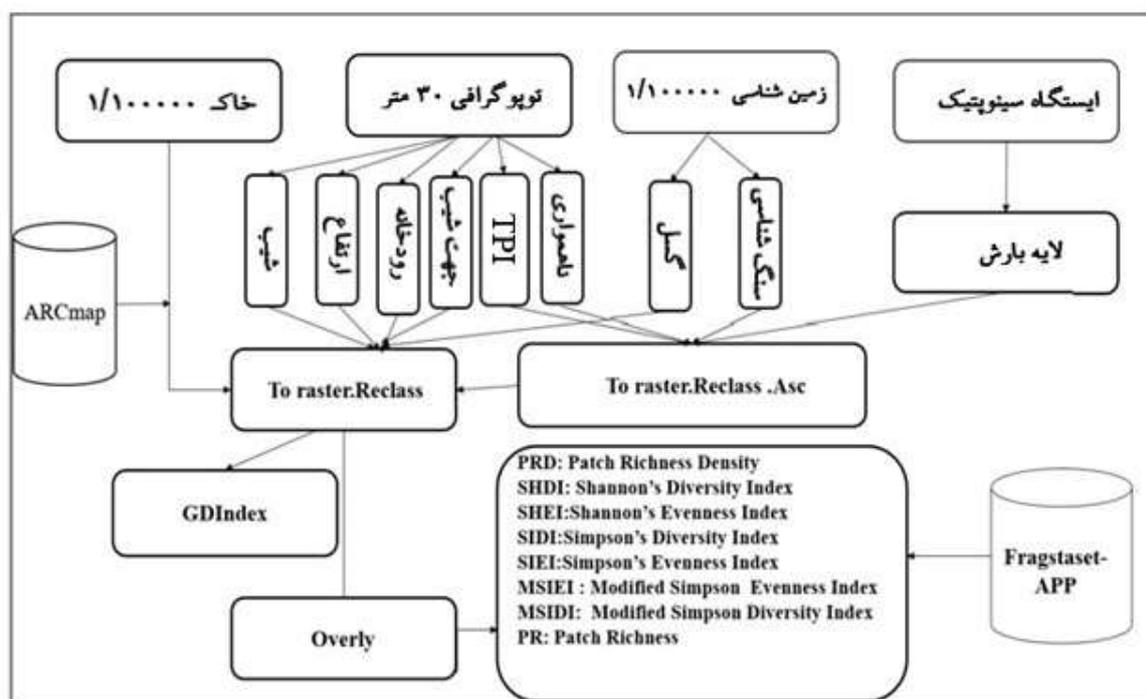
<sup>۵</sup> Simpson's Evenness Index

<sup>۶</sup> Modified Simpson's Evenness Index

<sup>۷</sup> Modified Shannon's Diversity Index

<sup>۸</sup> McGarigal, et al.

شاخص اصلاح شده همواری سیمسون (MSIEI)	$MSIEI = (-\ln \sum p_i^2 / \ln m)$	$SIEI > 0$ , without limit	-
--------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------	---



شکل ۲- چارت روش تحقیق

Fig. 2. Research method chart

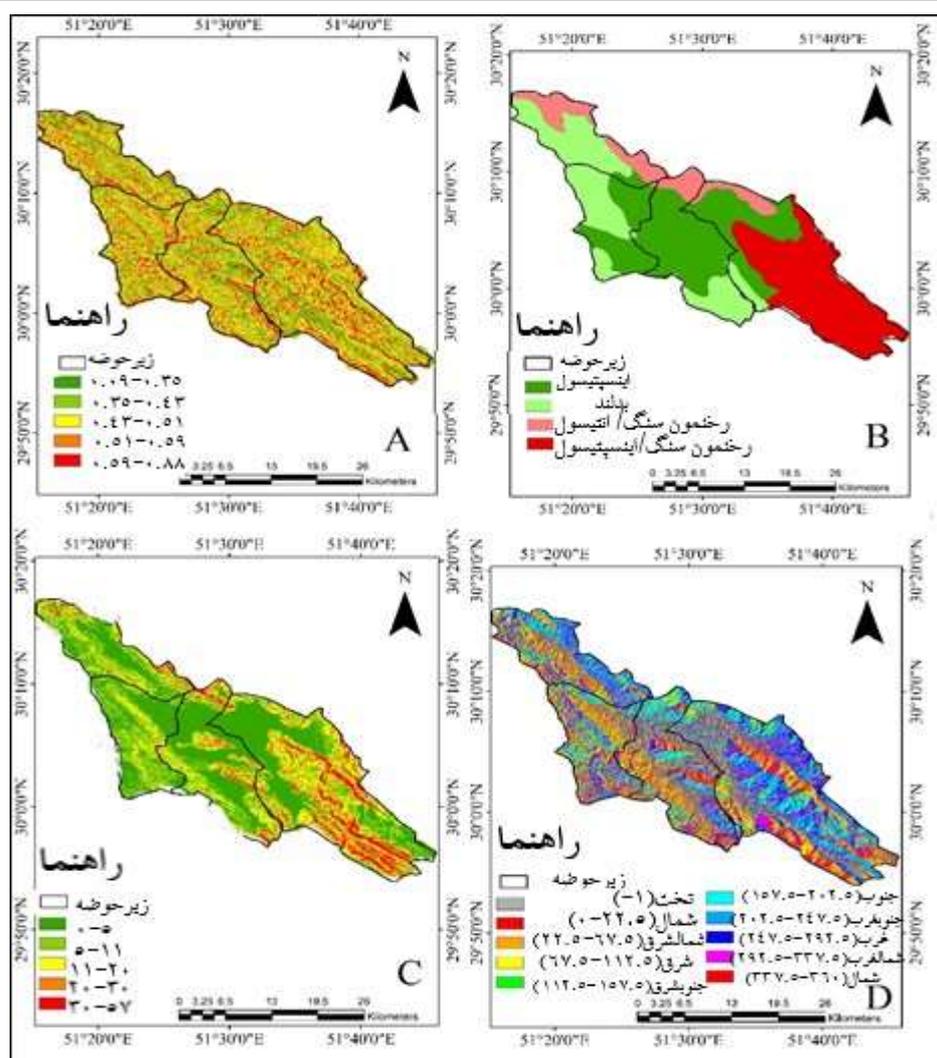
### یافته‌ها و نتایج تحقیق

واحد (۱) در جنوب شرقی محدوده دشت واقع شده است. از نظر لیتولوژی شامل سازندهای آهک آسماری ائوسن، آهک سروک، داربان، کژدمی و فهلپان کرتاسه است. وجود دره‌های آبی، تنگ‌های متمرکز، آبشار و اشکال ساختمانی تیغه‌ای و چشمه‌های آهکی فروان، لایه‌های شیاری از جمله ویژگی‌های این منطقه است. جنس خاک شامل آنتی سول، انسپتی سول و مناطق سنگی می‌باشد (شکل ۳). تراکم زهکشی ۰/۸۲ متر مربع می‌باشد. میزان تراکم گسل بیشترین میزان را به خود اختصاص داده و حدود ۱/۱۹ کیلومتر بر کیلومتر مربع می‌باشد. از لحاظ شرایط اقلیمی از تنوع بالایی برخوردار می‌باشد. میزان شیب و ارتفاع به ترتیب به حداکثر میزان خود حدود ۵۷ درجه و ۲۶۷۶ متر رسیده است و میزان زبری ناهمواری بالاترین میزان را به خود اختصاص داده است (شکل ۴).

واحد (۲) در بخش مرکزی دشت قرار دارد و با رسوبات آبرفتی پوشیده شده است. قنات، چشمه و چاه‌های متعددی در این بخش واقع شده است. جنس خاک شامل آنتی سول، انسپتی سول و مناطق سنگی است. تراکم زهکشی ۱/۶۵ متر بر متر مربع می‌باشد که بیشترین میزان تراکم زهکشی را در بین واحدها نشان می‌دهد. گسل سراسری کازرون از این محدوده عبور می‌کند و سبب شکل‌گیری چشمه آب معدنی گردیده که پتانسیل ژئوتوریسم پزشکی را دارد (شکل ۵).

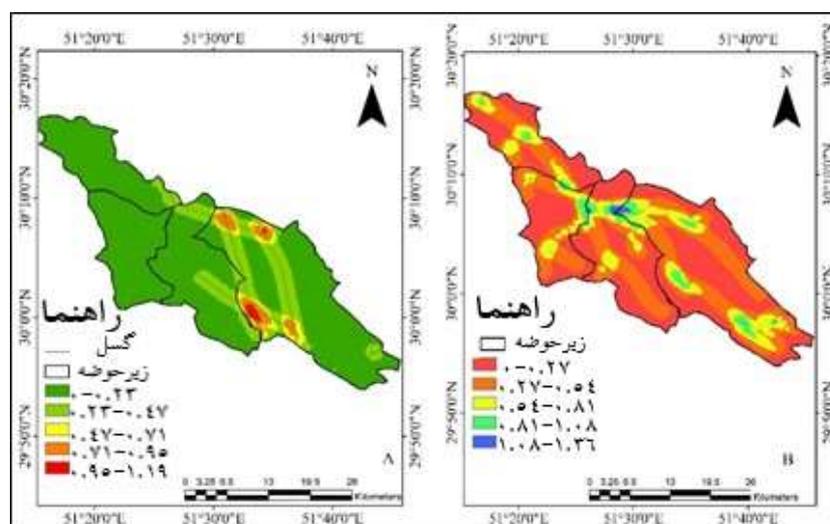
واحد (۳) بخش‌های غربی و شمال غربی دشت را در برمی‌گیرد. سازند آن کنگلومرا بختیاری مربوط به زمان ژوراسیک می‌باشد. از لحاظ ژئومورفولوژی این منطقه دارای مخروط افکنه‌های وسیع است و همچنین قنات‌هایی که در سطح این مخروط افکنه‌ها قرار دارند. تنگ از دیگر اشکال قابل مشاهده در این واحد می‌باشد. جنس خاک منطقه شامل انسپتی سول و مناطق سنگی است و تراکم زهکشی ۰/۸۵ متر بر متر مربع می‌باشد. شیب محدوده ۰ تا ۵٪ درصد است. ارتفاع در محدوده ۱۵۰۰ - ۱۰۰۰ متر قرار





شکل ۴. الف) لایه ناهمواری ب) لایه خاک ج) لایه شیب د) لایه جهت شیب

Fig. 4. A) Roughness layer B) Soil layer C) Slope layer D) Layer of floors in the direction of slope



شکل ۵- چگالی شبکه آبراهه و فاصله از گسل

Fig. (5): Waterway density and distance from the fault

نتایج حاصل از محاسبه شاخص تنوع ژئودایورسیتی ( $GDI$ ) نشان داد که واحد ۱ در جنوب شرق در بین چهار واحد بیشترین میزان  $GDI$  را به خود اختصاص داده است که حدود ۱۲/۷ می باشد. تنوع سازندها از جمله سروک، داریان، فهلیان، گدوان، آسماری، پابده و گورپی یکی از علل امتیاز بالا در این واحد می باشد. این منطقه از لحاظ تراکم گسل زمینه را جهت گسترش چشمه های کارستی فراهم آورده است. از دو تیپ خاک تشکیل شده است و به واسطه رسوبات کارستی بیشترین میزان لندفرم را به خود اختصاص داده است (جدول ۳).

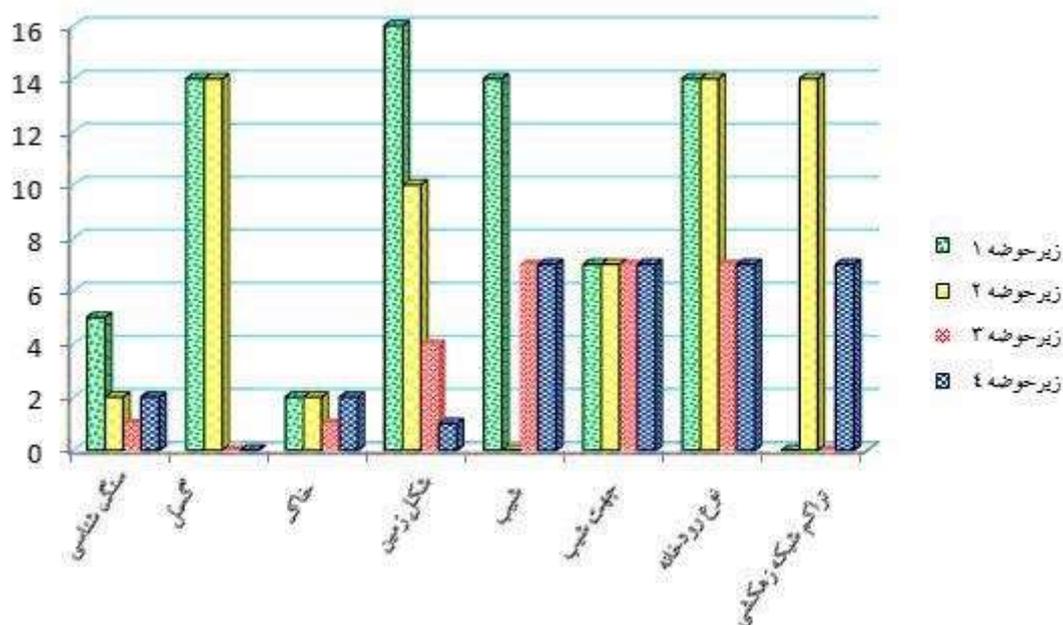
میزان شاخص دایورسیتی ( $GDI$ ) در واحد (۳) بخش غربی حوضه برابر ۱۱/۰۴ می باشد که میزان شیب صفر می باشد. تنوع سازندها به حدود ۱ واحد کاهش یافته است که شامل رسوبات آبرفتی قدیم و جدید می باشد. انواع تیپ رودخانه در این واحد وجود دارد و امتیاز آن برابر ۱۴ می باشد. تراکم گسل در این واحد تمام طبقات را در برمی گیرد. نوع خاک در این واحد تنها ۱ نوع می باشد و از لحاظ تنوع ژئومورفولوژی حدود ۱۵ عارضه در این محدوده قرار میگیرد. به دلیل اینکه منطقه کمترین شیب را دارد کمترین امتیاز را به خود اختصاص داده است. از لحاظ هیدرولوژی به دلیل اینکه رودخانه ای اصلی در این واحد عبور می کنند بیشترین امتیاز دریافت نموده و همچنین نوع جریان هم به طور کامل به صورت شاخه درختی نمایان است (شکل ۶).

در واحدهای ۲ و ۴ به ترتیب شاخص ژئودایورسیتی ۹،۱۱ و ۷،۵ می باشد. تنوع لندفرم کاهش پیدا کرده است که حدود ۲ واحد می باشد. همچنین تراکم زهکشی کاهش یافته است. از لحاظ پوشش گیاهی فقیر می باشد.

### جدول ۳. محاسبه شاخص $GDI$

Table 3. Calculation of  $GDI$  index

واحد های چشم انداز	SB4	SB3	SB2	SB1
سنگ شناسی	۲	۳	۲	۵
فاصله از گسل	۰	۰	۷	۱۴
شکل زمین	۶	۱۵	۱۰	۱۶
شیب	۷	۷	۰	۱۴
جهت شیب	۷	۷	۷	۷
هیدرولوژی نوع رودخانه	۷	۱۴	۱۴	۱۴
مجموع عناصر	۳۶	۵۳	۴۶	۷۲
Ln	۷/۵	۱۱/۰۴	۹/۱۱	۱۲/۷
شاخص تنوع جغرافیایی	۴/۸۱	۴/۸۴	۵/۱	۵/۷
مساحت	۱۲۳	۱۲۷	۱۷۴	۳۱۹

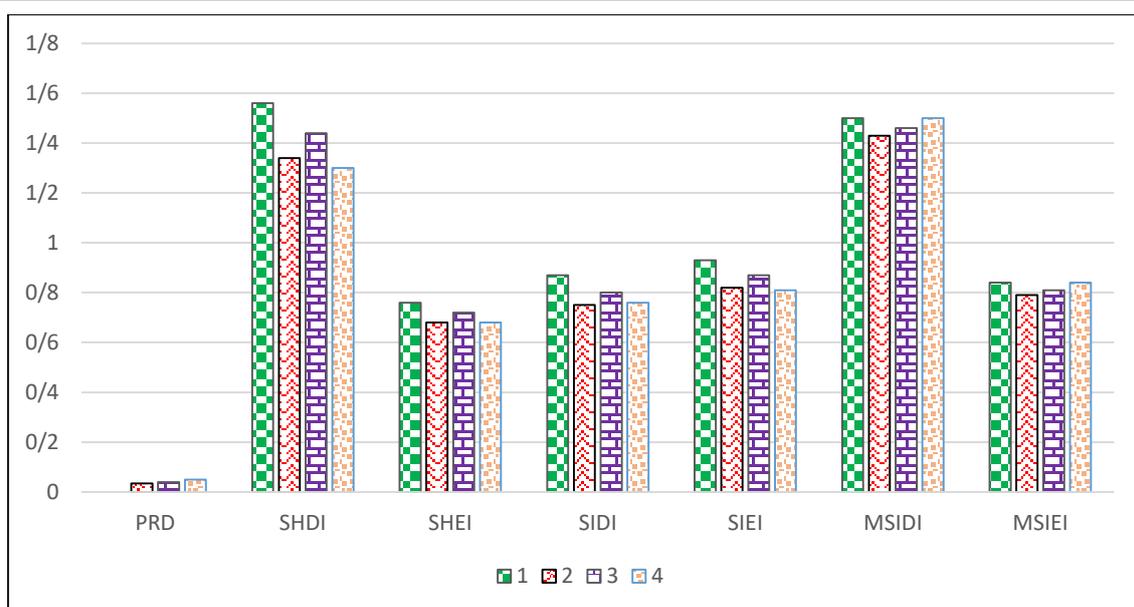


شکل ۶. نمودار عوامل GDI حوضه آبریز نورآباد

Fig. 6. Diagram of GDI factors of Noorabad watershed

بررسی شکل ۷ نشان داد که در مرحله پایانی و ترکیب فاکتورهای زمین‌شناسی، مورفومتریک و کلیماتیک شاخص‌های اصلاح شده، ناهمواری و تنوع سیمپسون و شانون در حوضه جنوبی دارای بالاترین میزان است و از طرف دیگر به علت اینکه زیرحوضه (۱) از اقلیمی مرطوب برخوردار است و این منطقه از لحاظ میزان بارندگی به‌طور میانگین حدود ۶۰۰ میلیمتر در سال می‌باشد و میزان دما میانگین سالانه آن به مراتب کمتر از ۴ زیرحوضه دیگر می‌باشد بنابراین به نوعی باعث توسعه و گسترش تنوع مورفومتریک و تنوع ناهمواری در سطح حوضه شده است. این امر باعث شکل‌گیری دیواره‌های بسیار بلند، چشمه‌های متعدد، آبشارها، دره‌ها و تنگ‌های بسیار وسیع در بخش‌های جنوبی محدوده شده است و همچنین منابع آبی در این سازندها به مراتب بیشتر بوده که سبب گسترش و توسعه باغات و جنگل‌های بسیار وسیع شده است. بخش‌های جنوب شرقی محدوده دشت از سازندها آهک آسماری ائوسن و آهک سروک، داریان، کزدمی، فهلیان کرتاسه تشکیل شده است. وجود این گونه سازندها سبب تشکیل اشکال‌های ژئومورفولوژیکی متعددی در این بخش از حوضه گردیده است. وجود دره‌های آبی، تنگ‌های متمرکز، آبشار و اشکال ساختمانی تیغه‌ای رازربگ، هوگ بگ و چشمه‌های آهکی لاپیه کارستی فروان در این منطقه نقش مؤثری در تبدیل شدن منطقه بوان به یک منطقه بکر گردشگری در جنوب نورآباد ممسنی شده است.

نتایج حاصل از روش هفتگانه ژئودایورسیتی که شامل شاخص‌های MSIEI، MSIDI، SIEI، SIDI، SHEI، SHDI، PRD می‌باشد (جدول ۴) نشان داد که بیشترین میزان مربوط به واحد شماره (۱) به ترتیب برابر است با ۰/۰۳۱، ۱/۵۶، ۰/۷۶، ۰/۸۷، ۰/۸۴، ۱/۵۰، ۰/۹۳ که در جنوب شرق واقع شده است و در سایر واحدها میزان شاخص‌های اصلاح شده تنوع و ناهمواری سیمپسون و شانون کاهش می‌یابد. بررسی فاکتور مورفومتریک از منطقه نشان داد که میزان تراکم اشکال ژئومورفولوژی در هر قطعه (سازند زمین‌شناسی) بسیار بیشتر می‌باشد. به‌عنوان مثال تراکم دره‌ها، مخروطه افکنه‌ها، چشمه‌ها معدنی گوگردی، لاپیه‌های متراکم به مراتب افزایش یافته که این خود یک عامل تعیین‌کننده در میزان شاخص تراکم ناهمواری می‌باشد.



شکل ۷. هفت شاخص تنوع جغرافیایی

Fig. 7. Seven geodiversity index

جدول ۴. شاخص‌های تنوع

Table 4. Diversity indicators

	PRD	SHDI	SHEI	SIDI	SIEI	MSIDI	MSIEI
۱	۰/۰۳۱	۱/۵۶	۰/۷۶	۰/۸۷	۰/۹۳	۱/۵	۰/۸۴
۲	۰/۰۳۴	۱/۳۴	۰/۶۸	۰/۷۵	۰/۸۲	۱/۴۳	۰/۷۹
۳	۰/۰۳۹	۱/۴۴	۰/۷۲	۰/۸	۰/۸۷	۱/۴۶	۰/۸۱
۴	۰/۰۵	۱/۳	۰/۶۸	۰/۷۶	۰/۸۱	۱/۵	۰/۸۴

## نتیجه‌گیری

شاخص *GDI* با سنجش ۱۰ پارامتر تاثیر گذار در حوضه مورد مطالعه توانست نتایج دقیقی را نشان دهد که گویای واقعیت می‌باشد. نتایج حاصل از روش *GDI* نشان داد که تراکم گسل، تنوع بسیار بالای سازندهای زمین‌شناسی، بارندگی به صورت برف و دمای پایین در بخش جنوبی از سایر مناطق سبب گردیده که میزان ضریب *ln* حدود ۱۲/۷ باشد و در بخش‌های مرکزی غربی و شمالی به ترتیب شاخص *GDI* به حدود ۹/۱۱، ۱۱/۰۴، ۷/۵ رسیده است که هرچه از بخش جنوبی به سمت شمال منطقه پیش می‌رویم از میزان تنوع در شکل ظاهری ناهمواری‌ها کاسته شده است.

نتایج حاصل از شاخص‌های *PRD*، *SHDI*، *SHEI*، *SIDI*، *SIEI*، *MSIDI* و *MSIEI* نشان داد بیشترین میزان تنوع زمینی مربوط به واحد جنوب شرق (زیرحوضه بوان) است که به ترتیب برابر است با ۰/۰۳۱، ۱/۵۶، ۰/۷۶، ۰/۸۷، ۰/۸۴، ۱/۵۰، ۰/۹۳ در واحد (۲) زیر حوضه (غربی) با کمترین اختلاف میزان در رتبه ۲ قرار دارد. و در سایر واحدها میزان شاخص‌های اصلاح شده تنوع و ناهمواری سیمپسون و شانون کاهش می‌یابد.

واحد جنوب شرق به علت نزدیکی به جاده اصلی، در محور استان‌های فارس، بوشهر، خوزستان و کهگیلویه و بویراحمد قرار گرفته و امکان دسترسی ساکنان شهرهای پر جمعیت این استان‌ها را در فاصله زمانی مناسب فراهم می‌آورد. حوضه آبخیز وسیع و

منطقه جنگلی پر باران بالادست این تنگ، موجب فراوانی آب شیرین و گوارای تنگ بوان شده است، به طوری که در طول سال (به ویژه در فصل بهار) از روی اغلب دیواره‌های صخره‌ای تنگ، آبشارهای زیبا سرازیر می‌شوند. این منطقه پر آب، از زمان‌های قدیم محل بیابانی طوایفی از عشایر ممسنی بوده که به باغداری و دامداری می‌پرداخته‌اند. درختان گردوی تنومند باغ‌های این منطقه، عمری طولانی دارند. بعضی از این درختان تا شعاع ۱۰-۱۵ متری از ورود نور آفتاب به زیر درختان جلوگیری می‌کنند. اختلاف درجه حرارت این تنگ با شهر نورآباد در روزهای گرم تابستان، گاه به بیش از ده درجه سانتی‌گراد می‌رسد. از دیگر مزایای این تنگ، راه ارتباطی آسفالتی آن است. بنابراین قابلیت کاربری‌های گردشگری را نیز دارد. از آنجایی که زمین‌شناسان در طول سال‌های متمادی در پی شناخت بیشتر زمین و دسترسی به اطلاعات و رفع ابهامات آن بوده‌اند، از ژئودایورسیتی غافل بوده و وقت چندانی برای بررسی گوناگونی زمین نداشته‌اند. با این حال می‌توان گفت که با بررسی جهان از منظر گوناگونی زمین شناختی می‌توان درک بهتری از منابع طبیعی زمین رسید. به رغم اهمیت تنوع زمین‌شناختی در ابعاد مختلف، این پدیده متأثر از فعالیت‌های انسانی در معرض تهدید است. بنابراین نیاز به حفاظت از گوناگونی زمین‌شناختی احساس می‌شود و این مهم خود برای توسعه ژئوتوریسم ضروری است. اهداف و شیوه‌های حفاظتی باید عناصر مختلف تنوع زمین‌شناختی را در نظر داشته باشد و متناسب با نوع ژئوسایت برنامه‌ریزی مناسب انجام شود. مدیریت در ژئوتوریسم و فعالیت‌های تفریحی مرتبط و هم‌چنین ژئوپارک‌ها نیز اغلب به نوع گوناگونی زمین‌شناختی بستگی دارد.

## References

- Brilha, J. (2016). Inventory and Quantitative Assessment of Geosites and Geodiversity Sites: A Review Geoheritage, *The European Association for Conservation of the Geological Heritage*, pp. 16. <https://doi.org/10.1007/s12371-014-0139-3>.
- Carrión-Mero, P., JDueñas-Tovar, M., Jaya-Montalvo, E., Berrezueta, N., Orellana, J. (2022). Geodiversity assessment to regional scale: Ecuador as a case study, *Environmental Science & Policy*, Volume 136, pp. 167-186. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2022.06.009>.
- Dowling, R. (2011). Geotourism's global growth. *Geoheritage*, 3, p.p 1-13.
- Fassoulas, C. D., Mouriki, P., Dimitriou-Nikolakis, Iliopoulos, G. (2012). Quantitative Assessment of Geotopes as an Effective Tool for Geoheritage Management, *Geoheritage Journal*, 4, pp. 177-193 DOI:10.1007/s12371-011-0046-9.
- Ghoohrodi, Tali., Manijeh, Khadijah., Ali, Nouri. (2022). *Application of geodiversity in environmental management (case study of Karaj dam upstream basin, quantitative geomorphology researches*. (in Persian).
- Goli Mokhtari, L., Biramali, F. (2017). Calculation and analysis of terrestrial diversity (geodiversity) (case study: Eshthard city), *Natural Geography Research*, pp.307-322. (in Persian).
- Gray, M. (2011). Other nature: geodiversity and geosystem services. *Environ. Conserv*, 38, pp.271-274. <https://doi.org/10.1017/S0376892911000117>.
- Gray, M. (2018). Geodiversity: The Backbone of Geoheritage and Geoconservation. In: Reynard, E., Brilha, J. (Eds.), *Geoheritage*. Elsevier, Amsterdam, *The Netherlands*, pp. 13-25.
- Kuleta, M. (2018). *Geodiversity research methods in geotourism*. *Geosci* 8. <https://doi.org/10.3390/geosciences8060197>.
- Lopez, S., Sierra, R. (2010). *Agricultural change in the Pastaza River basin: a spatially explicit model of native Amazonian cultivation*. *Appl. Geogr.* 30, 355-369. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2009.10.004>

- McGarigal, K., Cushman, SA., Neel, MC., Ene, E. (2002). *FRAGSTATS: Spatial Pattern Analysis Program for Categorical Maps*. Computersoftware program produced by the authors at the University of Massachusetts: Amherst.
- Nasiri, A., Shafiei, N., Zandi, R. (2022). *Evaluation of Geodiversity Across Noorabad Basin (Fars Province, Iran)*. *Geoheritage* 14, 119. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-0075>.
- Pereira, D.I., Pereira, P., Brilha, J., Santos, L. (2013). *Geodiversity assessment of Parana ´ State (Brazil): an innovative approach*. *Environ. Manag.* 52, 541–552. <https://doi.org/10.1007/s00267-013-0100-2>.
- Salehipour, A. Milani., Sadouq, H., Rafiei, R. (2022). Geodiversity assessment of watersheds overlooking Namak Lake and Sultan Pond, *Quantitative Geomorphological Researches*, 10th year, number two, 38, pp. 84-105. (in Persian).
- Scammacca, O., Bétard, F., Aertgeerts, G. (2022). *Geodiversity Assessment of French Guiana: Challenges and Implications for Sustainable Land Planning*. *Geoheritage* 14, 83. <https://doi.org/10.1007/s12371-022-00716-6>.
- Serrano, E., Ruiz-Flano, P. (2007). Geodiversity: a theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica* 62(3):140-147. DOI:10.5194/gh-62-140-2007
- Shafiei, N., Nasiri, A., Nowrozi, S., Shah Pasandi, M. (2023). Investigating the role of geo-diversity in the development of tourism in Firozabad, *Journal of Tourism Space*, Volume 11, Number 43, pp. 117-130.
- Shayan Yeganeh, A.A., Zanganeh Asdi, M. A., Amir Ahmadi, A. (2018). *Quantitative Geodiversity Evaluation of the Proposed Geopark of West Khorasan Razavi for the Protection of its Geological Heritage*, *Space Geographic Survey*, Volume: 10, Number: 36, 99-70. (in Persian).
- Sistani, M., Nagaresh, H., Fatuhi, S., Ramsht, M., H, Raushit, M. (2019). Investigating the difference of geodiversity and geomorphodiversity in the coastal region of the Oman Sea and the Makran zone from Cape Jask to the Gulf of Gwatar, *Geography and Development*, No. 63, 52-31. (in Persian).
- Sleszy ´ nski, ´ P., Solon, J. (2017). *A map of the landscape diversity of Poland*. *Geogr. Pol.* 90, 369–377. <https://doi.org/10.7163/GPol.0100>.
- Warowna, J., Zgłobicki, W., Grzegorz Gajek, Małgorzata, T., Kołodyńska, R., P, Zieliński. (2014). *Geomorphosite asissment in The proposet geopark vistula river gap quaestion Geographec* 33(3), pp. 173-180. DOI: <https://doi.org/10.2478/quageo-2014-0040>.
- Zwoliński, Z. (2010). *The routine of landform geodiversity mapdesign for the Polish Carpathian Mts*. *Landform Analysis* 11: pp 77–85.