



The role of lithology in the formation of inselbergs in Safi Abad plain in northeastern Iran

Gholam Reza Maghami ^a✉, Mohammad Reza Ghadri ^b

^a. (Corresponding Author) *Department of Geomorphology, School of Earth Sciences, Damghan University, Damghan, Iran*
Email: gh.maghami@du.ac.ir

^b. *Department of Geomorphology, Faculty of Planning and Environmental Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran*
Email: mreza_ghadri@yahoo.com

ARTICLE INFO

Keywords:

Inselberg,
Lithology,
Sedimentary rocks,
Kal Grati River,
Safiabad plain.

Article History:

Received:

30 May 2023

Received in revised form:

27 August 2023

Accepted:

30 September 2023

Available online:

3 November 2023

pp. 123-141

ABSTRACT

The morphology of each region is related to its landforms, the morphology of flat areas is related to inselbergs. The presence of inselbergs in desert and dry areas gives a special appearance to the morphology of these areas. The study of these landforms and the effective factors in their formation is considered a necessity in terms of regional development. According to the studies, various factors play a role in the formation of inselbergs, and the role of lithology seems to be more prominent. In this research, which was conducted with the method of field and library studies, we identified 18 inselbergs in Safi Abad plain and by studying them, we came to the conclusion that the inselbergs of this plain are mainly formed in sedimentary rocks such as limestone, conglomerate and sandstone. Among the geological formations, the largest and most diverse inselbergs in the Safiabad plain are formed in the mass conglomerate formation with good hardening because this formation is the most widespread in this plain. But the most typical inselbergs of this plain are formed in thick layered limestone. Because this formation is more resistant to erosion. Lar Formations including Limestone and Thick Limestone's to Mass Dolomite and Delichai Formations have also played an important role in the formation of inselbergs in this plain. Although the extent of these formations is not significant, but due to their significant resistance to erosion and being far from these processes, they have caused the formation of evolved inselbergs in this plain.

Citation: Maghami, Gh. R., & Ghadri, M. R. (2023). The role of lithology in the formation of inselbergs in Safi Abad plain in northeastern Iran. *Geographical planning of space quarterly journal*, 13 (3), 123-1421.

<http://doi.org/10.30488/GPS.2023.377545.3607>



© The Author(s)

This is an open access article under the CC BY license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Publisher: Golestan University Press

Extended Abstract

Introduction

Inselbergs are ridges with a height of less than 500 meters formed with a steep slope in the plains. Their resistance to erosion has caused them to be considered capable players in the morphology of arid and semi-arid regions. Due to their uniqueness in desert areas, these areas are of interest to tourists, and the economic situation of these areas can be improved by attracting tourists. The prominence of inselbergs in desert areas has caused researchers to pay attention to their studies, the most important of which are the studies of Pye in Kenya (1984), Nenonen in Finland (2018), Luiza in Brazil (2021), Laetitia in Africa (2019), and Mashaal in Egypt (2020). Although the conditions for inselberg formation are available in some areas of Iran, and these landforms have given a particular face to the morphology of this country, no significant study has been done on them so far. This research attempts to investigate the role of lithology in inselberg formation in Safi Abad Plain by using library and field studies.

Methodology

Safi Abad plain in the northeast of Iran and North Khorasan province and in terms of geographical coordinates between 36° 48-05 to 36-22-55° North and 37-57° East to 36° 37-08 It is located at 57-58-11 east. Field and library studies were used to study the inselbergs of this plain. The entire region was surveyed in 2 years in the field studies, and 18 inselbergs were identified. Then, the location and extent of their expansion were determined. In the morphometry that was done as a survey, the minimum height, length-to-width ratio of inselbergs, and their distance from each other were measured with GPS. The study of the concepts, definitions, and effective processes in inselberg formation was done with the library method. The maps of this research were drawn with Adobe Illustrator software.

Results and discussion

Inselbergs are diverse in terms of morphology; in the studied area, 18

inselbergs were identified, most of which are mixed. Most of them are rocky and have less vegetation. Regarding lithology, inselbergs are particular forms of igneous and metamorphic rocks, but some are also formed in other rocks. Although lithology plays an essential role in inselberg morphology, it cannot be claimed that inselbergs formed in the same formation have the same shape. Although the dominant lithology of the Safi Abad plain is formed from sedimentary rocks, due to the different resistance of its formations, the height, shape, and slope of the inselbergs of this plain are different in different parts of the region. The difference in these characteristics has caused the different shapes of the land in this plain. According to the studies of the most resistant formations of Safi Abad plain against erosion, limestone is a thick layer of chert mass formed due to the resistance against the erosion of the complete inselbergs.

After this formation, the Lar formation consists of fine-grained uniform dolomitic limestone with thick to massive layering, which is more resistant; that is why many inselbergs in the region have formed in it. The third formation in terms of resistance is the Apsin-Albin unit, which includes orbitolate limestone and thick limes to a mass of dolomite. Although this unit has a small area, its inselbergs are closer to typical inselbergs. In terms of area, most of the area is composed of mass conglomerates with good hardening. Due to the different effects of this formation from different processes, its inselbergs do not have the same morphology. The inselbergs formed in this formation are in the middle part of the high area, low in the southern part, incomplete in the western part, and incomplete mushrooms in the path of the Gerati River. After this formation, gray shales are the most resistant to erosion. This formation, which belongs to the Jurassic period, has formed a large part of the northeastern inselbergs. The alternation of limestone and marl in the Delichai formations in the middle part of the region provides the basis for the formation of mushroom-shaped inselbergs in the future.

Conclusion

Safiabad Plain is in the northeast of Iran, and in terms of geomorphological units, it is part of central Iran. Inselbergs form part of the morphology of this plain. In this study, 18 inselbergs were identified in this plain, and their detailed study showed that their primary skeleton was established by tectonic activities in the Devonian to Miocene period with the formation of Posht Bahram mountains. It was formed when the tectonic activities calmed down and in opposition to the lithology and erosion of the inselbergs of this plain. In terms of lithology, the well-hardened conglomerate formation covers nearly 47% of this plain, and due to its large size and different distances from erosion processes, various inselbergs have been formed in it. The southern inselbergs formed in this formation have a regular shape due to wind and blue erosion. In contrast, the middle inselbergs have an incomplete shape due to the distance from higher erosion, and the western inselbergs have an incomplete shape due to the superiority of blue erosion. Another formation that plays a vital role in this field is Lar Mei Formation. Although this is the second formation in terms of size and strength, many inselbergs have formed in it. The Shemshak formation is placed after the Lar formation in terms of resistance. This formation has caused the formation of chain inselbergs in the northeast of the region. The most typical inselbergs of the region are observed in the thick layered limestones of the formation (Maastrichtian). Also, this research found that inselbergs may be formed in all flat areas of the world and even in sedimentary formations. However, the inselbergs formed are far from those formed in tropical regions' igneous and metamorphic formations.

Funding

There is no funding support.

Authors' Contribution

The authors contributed equally to the conceptualization and writing of the article. All of the authors approved the content of the manuscript and agreed on all aspects of

the work declaration of competing interest none.

Conflict of Interest

The authors declared no conflict of interest.

Acknowledgments

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



نقش لیتولوژی در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد در شمال خاوری ایران

غلامرضا مقامی مقیم^۱ ، محمدرضا قدری^۲

۱- نویسنده مسئول، گروه ژئومورفولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه دامغان، دامغان، ایران. Email: gh.maghami@du.ac.ir
 ۲- گروه ژئومورفولوژی، دانشکده برنامه‌ریزی و علوم محیطی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران. Email: mreza_ghadri@yahoo.com

چکیده

اطلاعات مقاله

مورفولوژی هر منطقه با لندفرم‌های آن ارتباط دارد، مورفولوژی نواحی هموار با اینسلیبرگ‌ها مرتبط است. وجود اینسلیبرگ‌ها در نواحی بیابانی و خشک چهره خاصی به مورفولوژی این مناطق می‌دهد. مطالعه این لندفرم‌ها و عوامل موثر در شکل‌گیری آن‌ها از نظر گردشگری، تغییرات اقلیمی، زیست‌محیطی و عمران منطقه‌ای یک ضرورت محسوب می‌شود. بر اساس مطالعات انجام‌شده عوامل و فرایندهای مختلفی در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌ها نقش دارند که نقش لیتولوژی در این زمینه برجسته‌تر به نظر می‌رسد. در این تحقیق که با روش مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای انجام‌شده، ما با شناسایی و مطالعه ۱۸ اینسلیبرگ در دشت صفی‌آباد به این نتیجه رسیدیم که اینسلیبرگ‌های این دشت، عمدتاً در سنگ‌های رسوبی از جمله سنگ‌های آهکی، کنگلومرا و ماسه‌سنگ به وجود آمده‌اند، در بین سازندهای زمین‌شناسی، بیشترین و متنوع‌ترین اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد در سازند کنگلومرای توده‌ای با سخت‌شدگی خوب (MC) تشکیل شده‌اند زیرا این سازند بیشترین گسترش را در این دشت دارد اما تیبیک‌ترین اینسلیبرگ‌های این دشت در سنگ‌آهک توده‌ای ضخیم لایه چرت‌دار (ماستریشترین) به وجود آمده‌اند. زیرا این سازند در مقابل فرایندهای فرسایشی مقاومت بیشتری دارد. سازندهای لار، واحد آپسین-آلبین شامل سنگ‌آهک اوربیتولینادار و آهک‌های ضخیم تا توده‌ای دولومیت و سازندهای دلیچای نیز نقش مهمی در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های این دشت داشته‌اند. هرچند وسعت این سازندها قابل توجه نیست، اما به دلیل مقاومت زیاد در برابر فرایندهای فرسایشی سبب شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های تکامل‌یافته‌ای در این دشت شده‌اند.

واژگان کلیدی:

اینسلیبرگ،
 لیتولوژی،
 سنگ‌های رسوبی،
 کال‌گراتی،
 دشت صفی‌آباد.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۲/۰۳/۰۹

تاریخ بازنگری:

۱۴۰۲/۰۶/۰۵

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۲/۰۷/۰۸

تاریخ چاپ:

۱۴۰۲/۰۸/۱۲

صص. ۱۴۱-۱۲۳

استناد: مقامی مقیم، غلامرضا و قدری، محمدرضا. (۱۴۰۲). نقش لیتولوژی در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد در شمال خاوری ایران. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۱۳ (۳)، ۱۴۱-۱۲۳.

 <http://doi.org/10.30488/GPS.2023.377545.3607>



مقدمه

اینسلبِ برگ (کوه جزیره) برجستگی‌هایی هستند به ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر که با شییبی تند در دشت‌های قدیمی شکل گرفته‌اند (آسیایی و همکاران، ۱۳۸۳: ۹۶). این برجستگی‌ها اغلب در اثر تخریب مکانیکی سنگ‌ها شکل می‌گیرند (ماکس و دریو، ۱۳۷۰: ۳۴۰-۳۳۷). در برخی از مطالعات اینسلبِ برگ را معادل پشته‌ها و تپه‌های کم ارتفاعی به نام فوربرگ^۱ بکار برده‌اند در صورتی که تفاوت زیادی با آن‌ها دارند. فوربرگ‌ها در روی مخروطه افکنه‌ها و دشت‌های سیلابی و در راستای خم‌شدگی گسل‌های امتدادلغز پدید می‌آیند در صورتی که اینسلبِ برگ‌ها باقیمانده کوه‌های قدیمی می‌باشند که در اثر فرسایش سازنده‌های مجاور خود برجسته شده‌اند. مقاومت اینسلبِ برگ‌ها در مقابل عوامل فرسایش باعث شده تا از آن‌ها به‌عنوان نقش‌آفرینان توانای مورفولوژی مناطق خشک و نیمه‌خشک یاد شود (مقامی مقیم، ۱۴۰۱: ۲۱۴-۱۸۷). به دلیل تنوع و منحصر به فرد بودن اینسلبِ برگ‌ها در نواحی بیابانی، این مناطق مورد توجه جهانگردان قرار دارد و می‌توان با جذب جهانگرد اوضاع اقتصادی شهرها و روستاهای این مناطق را بهبود بخشید. برجسته بودن نقش اینسلبِ برگ‌ها در نواحی بیابانی، سبب توجه محققان به مطالعه آن‌ها شده است. پای^۲ در مطالعه اینسلبِ برگ‌های کشورهای کنیا و زیمبابوه به این نتیجه رسید که در سنگ‌های گرانیتی غنی از پتاسیم، اینسلبِ برگ‌ها شرایط بهتری برای شکل‌گیری دارند، زیرا هوازدگی در آن‌ها کندتر انجام می‌شود (Pye, 1984: 41-52). در مطالعه‌ای دیگر، بورن و توای دیل^۳ سه اینسلبِ برگ در نزدیک دریاچه جانستون^۴ در غرب استرالیا را مورد مطالعه قرار دادند نتایج این مطالعه نشان داد، هرچند آن‌ها از نظر منشأ و سازنده‌های زمین‌شناسی یکی هستند، اما هوازدگی سبب شده تا از نظر توپوگرافی با یکدیگر متفاوت باشند (Bourne & Twi dale, 2002:83-102).

نونن^۵ و همکاران در مطالعه‌ای در کشور فنلاند با استفاده از داده‌های LiDAR به‌عنوان یک روش جدید به شناسایی اینسلبِ برگ‌ها و روند تکاملی آن‌ها در دوره‌های مختلف زمین‌شناسی پرداخت و این روش را به‌عنوان یک روش مطمئن در شناسی اینسلبِ برگ‌ها معرفی نمود (Nenonen et al, 2018: 239-256). علاوه بر ژئومورفولوگ‌ها برخی از زیست‌شناسان به‌خصوص زیست‌شناسانی که در شاخه زیست گیاهی پژوهش می‌نمایند نیز به مطالعه اینسلبِ برگ‌ها علاقه نشان داده‌اند. لویزا^۶ در سال ۲۰۲۱ در جنوب شرقی برزیل تأثیر اقلیم بر پوشش گیاهی اینسلبِ برگ‌ها را مطالعه نمود و به این نتیجه رسید که عناصر اقلیمی به‌خصوص ریز اقلیم پوشش گیاهی اینسلبِ برگ‌های جنوب شرقی برزیل را در کنترل خود دارند (Luiza et al, 2021:604-623). پینیرو^۷ در مطالعه‌ای در شمال شرقی برزیل به این نتیجه رسید که اینسلبِ برگ‌ها به دلیل ماهیت منفرد، مدل‌های بیولوژیکی جالبی برای مطالعه پیامدهای ژنتیکی جمعیت‌های ناهمگون گیاهی هستند (Pinheiro et al, 2014:123). لتیتیا^۸ در مطالعه‌ای در آفریقا به این نتیجه رسید که به دلیل نقش جزیره‌ای اینسلبِ برگ‌ها می‌توان تنوع گیاهی را در آن‌ها مورد مطالعه قرار داد به عقیده او چرای بدون برنامه مراتع اینسلبِ برگ‌ها می‌تواند سبب نابودی این تنوع گردد (Laetitia et al, 2019:125-128). در سال‌های اخیر مطالعه اینسلبِ برگ‌ها مورد توجه پژوهشگران گردشگری نیز قرار گرفته است و مطالعاتی باهدف جذب گردشگر در این زمینه انجام شده که می‌توان به

1. foreberg
2. Pye
3. Bourne & Twi dale
4. Johnston
5. Nenonen
6. Luiza
7. Pinheiro
8. Laetitia

مطالعات انجام‌شده توسط بدناریک^۱ در کشور عربستان سعودی اشاره نمود در این مطالعه آثار هنری حک‌شده روی اینسلیبرگ‌ها باهدف جذب جهانگرد مورد مطالعه قرار گرفته است (Bednarik, 2017:43-59). همچنین مشعل یکی از اهداف خود از مطالعه اینسلیبرگ‌های کشور مصر را توسعه گردشگری ذکر نمود (Mashaal et al, 2020:1975-1976). اوجود اینکه شرایط شکل‌گیری اینسلیبرگ‌ها در بسیاری از نواحی ایران فراهم است و این لندفرم‌ها چهره خاصی به مورفولوژی مناطق مختلف این کشور داده‌اند، اما تاکنون مطالعه قابل‌توجهی در مورد اینسلیبرگ‌های ایران و عوامل موثر در شکل‌گیری آن‌ها انجام‌نشده است. تنها مطالعه تخصصی انجام‌شده در مورد اینسلیبرگ‌های ایران مربوط می‌شود به مطالعاتی که مقامی مقیم در سال ۱۴۰۱ روی اینسلیبرگ‌های این دشت انجام داد و تأثیر آب‌وهوا را روی آن‌ها مطالعه و به این نتیجه رسید که آب‌وهوا تأثیر متفاوتی روی اینسلیبرگ‌های این دشت داشته و چهره متفاوتی از آن‌ها به نمایش گذاشته است. در این تحقیق تلاش بر این است تا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و میدانی نقش لیتولوژی در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های این دشت بررسی شود تا از نتایج آن در عمران و آبادانی روستاهای منطقه استفاده گردد. به دلیل شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های منطقه در سنگ‌های آهکی و ماسه‌ای و نقش این سنگ‌ها در ساخت‌وسازهای عمرانی به‌خصوص راه‌سازی، سدسازی و مصالح ساختمانی استفاده از معادن موجود در اینسلیبرگ‌ها، می‌تواند کمک قابل‌توجهی در پروژه‌های عمرانی داشته باشد و برای مردم روستاهای این منطقه کسب درآمد نماید. همچنین به دلیل کمبود آب آشامیدنی در روستاهای منطقه احداث مخازن ذخیره آب در اینسلیبرگ‌ها می‌تواند هزینه‌های انتقال آب به روستاهای منطقه را کاهش دهد.

روش پژوهش

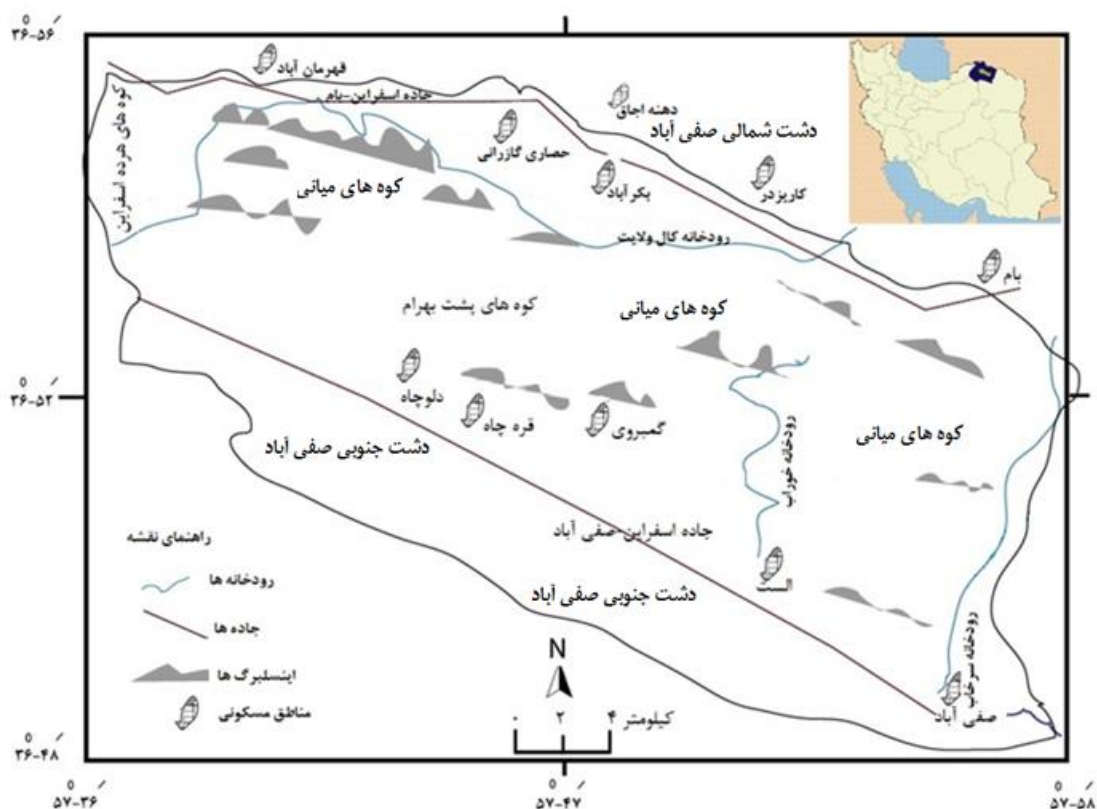
این تحقیق با استفاده از مطالعات میدانی و کتابخانه‌ای انجام شد. مطالعات میدانی، سنتی قدیمی و ارزشمند در شناخت جهان می‌باشد و هیچ‌کس نمی‌تواند ادعا کند که مکانی را بدون مشاهده حضوری آن کاملاً شناخته است (آسایش و مشیری، ۱۳۸۱: ۱۶۴). در این تحقیق از مطالعات میدانی جهت شناسایی، مساحی و مطالعه پراکندگی اینسلیبرگ‌ها و نوع سازندهای شکل‌دهنده آن‌ها استفاده شد. در مطالعات میدانی، کل منطقه مورد مطالعه در مدت ۲ سال و به‌طور مستمر، به‌صورت پیمایشی مطالعه و تعداد ۱۸ اینسلیبرگ در آن شناسایی گردید. سپس، نقشه‌برداری، عکس‌برداری، مورفومتری، موقعیت مکانی و محدوده گسترش اینسلیبرگ‌ها مشخص گردید (جدول ۱ و ۲). عملیات نقشه‌برداری با استفاده از GPS و کمک گروه کویر نوردی میان‌دشت و دانشجویان کارشناسی ژئومورفولوژی دانشگاه دامغان انجام شد. عکس‌برداری از منطقه با کمک دوربین دیجیتالی انجام شد در مطالعات مورفومتری که به‌صورت پیمایشی انجام شد حداقل ارتفاع، نسبت طول به عرض اینسلیبرگ‌ها و فاصله هر اینسلیبرگ با اینسلیبرگ دیگر با استفاده از متر دستی و GPS اندازه‌گیری شد. بر این اساس حداقل ارتفاع برای هر اینسلیبرگ نایستی از ۱۵ متر کمتر، نسبت طول اینسلیبرگ به عرض آن نباید بیشتر از ۴ به ۱ و حداقل فاصله تا نزدیک‌ترین اینسلیبرگ نباید کمتر از ۸۰۰ متر باشد (Kesel, 1973:97-108). مطالعه مفاهیم، تعاریف و فرایندهای موثر در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌ها با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای انجام شد. بیشتر داده‌های مورد استفاده، شامل مختصات جغرافیایی، ارتفاع و نمونه‌برداری از اینسلیبرگ‌ها، از طریق مطالعات میدانی انجام شد. GPS و دوربین نقشه‌برداری مهم‌ترین ابزارهای بودند که در جمع‌آوری داده‌های میدانی از آن‌ها استفاده گردید. در این تحقیق پس از مطالعات میدانی، نقشه‌ها مهم‌ترین منابع جمع‌آوری اطلاعات به شمار می‌آیند. در این تحقیق، نقشه زمین‌شناسی

1. Bednarik

۱:۱۰۰۰۰۰ ورقه صفی‌آباد، جهت جمع‌آوری اطلاعات زمین‌شناسی و نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ ورقه گراتی جهت مطالعه توپوگرافی منطقه مورد استفاده قرار گرفت. نقشه‌های این پژوهش در نرم‌افزار Adobe Illustrator ترسیم شد.

محدوده مورد مطالعه

دشت صفی‌آباد در شمال شرقی ایران، در استان خراسان شمالی و شرق شهرستان اسفراین قرار گرفته و از سمت شمال به کوه‌های آلاداغ، از جنوب به کوه‌های هرده جوین، از شرق به رودخانه سرخ آب و از غرب به دشت اسفراین محدود می‌گردد. از نظر مختصات جغرافیایی بین $36^{\circ} - 48' - 05''$ تا $36^{\circ} - 22' - 55''$ شمالی و $57^{\circ} - 37' - 08''$ شرقی تا $57^{\circ} - 11' - 58''$ شرقی واقع شده است بر اساس تقسیمات محلی منطقه مورد مطالعه به سه قسمت دشت شمالی صفی‌آباد، ارتفاعات میانی و دشت جنوبی صفی‌آباد تقسیم می‌گردد. (شکل ۱). منطقه مورد مطالعه ۳۷۴٫۲۵ کیلومتر مربع وسعت دارد و راه دسترسی به آن جاده اسفراین سبزوار و جاده فرعی اسفراین - صفی‌آباد می‌باشد. این منطقه از نظر واحدهای ژئومورفولوژیکی، جزو ارتفاعات ایران مرکزی محسوب می‌شود.



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه در استان خراسان شمالی

یافته‌ها

ریخت‌شناسی اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد

اینسلیبرگ‌ها از نظر شکل ظاهری، شامل اینسلیبرگ‌های کله‌قندی، کلاسیک با قله نامشخص، با قله مسطح و زنجیره‌ای می‌شوند (خیام، ۱۳۷۱: ۳۸۳). گیاهان محدوده اینسلیبرگ‌ها کوتاه‌تر، معمولاً بوته‌های پلی‌کاریک، با برگ‌ها، میوه‌ها و

دانه‌های کوچک‌تر و زمان گلدهی آن‌ها زودتر است (Hunter, 2016:7). در منطقه مورد مطالعه، تعداد ۱۸ اینسلیبرگ شناسایی شد (جدول ۱) که اینسلیبرگ‌های ترکیبی تعداد بیشتری از آن‌ها را در برمی‌گرفت (شکل ۲). بر اساس این مطالعات اسکلت اولیه اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد در اثر فعالیت‌های تکتونیکی منطقه در فاصله زمانی دونین تا میوسن، به وجود آمده است. در اثر این فعالیت‌ها در قسمت میانی این دشت ارتفاعاتی شکل گرفت و اسکلت اولیه اینسلیبرگ‌های این دشت را پایه‌ریزی نمود (مقامی مقیم و اسلامی ۱۴۰۱: ۳۰-۱۵). با آرام شدن فعالیت‌های تکتونیکی فرایندهای مختلف فرسایشی وارد عمل شده با فرسایش سازندهای نرم و باقی گذاشتن سازندهای سخت اینسلیبرگ‌های این دشت را به وجود آوردند. سطح اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد اغلب حالت صخره‌ای داشته و از نظر لیتولوژی در سنگ‌های آهکی شکل گرفته‌اند. به این دلیل آب‌توانایی زیادی برای نفوذ به درون آن‌ها را ندارد، در نتیجه خاک زیادی در سطح اینسلیبرگ‌ها تشکیل نشده و پوشش گیاهی آن با نواحی دیگر این دشت متفاوت است.

جدول ۱. مشخصات اینسلیبرگ‌های منطقه مورد مطالعه

| ردیف | موقعیت نسبی اینسلیبرگ | موقعیت ریاضی اینسلیبرگ | ارتفاع از سطح دریا (متر) | ارتفاع محلی (متر) | طول | عرض | نسبت طول به عرض |
|------|--------------------------|--------------------------------|--------------------------|-------------------|------|-------|-----------------|
| ۱ | جنوب روستای اردین | 36-51-05.09 N 57-49-56.66 E | ۱۷۰۰ | ۲۲۸ | ۷۸ | ۲۰ | ۳/۹ |
| ۲ | جنوب روستای اردین | 36-51-30.64 57-51-30.69 | ۱۶۰۰ | ۱۱۰ | ۱۵۰ | ۴۸ | ۳/۱۲۵ |
| ۳ | جنوب اردین | 36-51-21.01 57-51-50.98 | ۱۶۰۶ | ۱۲۴ | ۱۱۰ | ۲۹ | ۳/۷۹ |
| ۴ | گمبروی | 36-50-45.52 57-52-35.09 | ۱۶۷۰ | ۲۸ | ۴۲ | ۲۹ | ۱/۴۴ |
| ۵ | شمال روستای الست | 36-44-18.95 57-52-53.22 | ۱۲۹۰ | ۵۱ | ۴۹ | ۳۱ | ۱/۵۸ |
| ۶ | جنوب شرقی حصارای گازرانی | 36-53-19.50 57-41-48.03 | ۱۴۵۵ | ۱۱۵ | ۹۸ | ۳۱ | ۳/۱۶ |
| ۷ | جنوب روستای نصرآباد | 36-55-50.91 57-38-14.24 | ۱۳۱۵ | ۳۶ | ۲۹ | ۱۶ | ۱/۸۱ |
| ۸ | جنوب روستای حصارای | 36-54-47 57-39-46.24 | ۱۵۳۸ | ۲۴۹ | ۴۸ | ۱۲ | ۴ |
| ۹ | جنوب روستای حصارای | 36-55-28.33 57-38-15.59 | ۱۳۶۰ | ۸۴ | ۶۱ | ۱۹ | ۳/۲۱ |
| ۱۰ | جنوب غربی روستای اردین | 36-53-59.08 N 57-42-15.58 E | ۱۳۸۰ | ۲۰ | ۱۰۸ | ۲۷ | ۴ |
| ۱۱ | جنوب شرقی روستای حصارای | 36-52-25.80 N 57-43-18.18 E | ۱۴۹۰ | ۱۳۰ | ۵۶ | ۱۶ | ۳/۵ |
| ۱۲ | شمال خوراب | 36-44-36.18 57-53-11.39 | ۱۳۴۰ | ۹۰ | ۲۵ | ۱۹ | ۱/۳۱ |
| ۱۳ | جنوب دستجرد | 36-51-34.24 57-49-33.04 | ۱۶۰۰ | ۱۲۸ | ۶۹ | ۲۸ | ۲/۴۶ |
| ۱۴ | جنوب شرقی روستای ایاس | 36-55-50.70 57-38-12.51 | ۱۳۲۰ | ۴۰ | ۳۰ | ۲۶ | ۱/۱۵ |
| ۱۵ | جنوب ایاس | 36-55-57.48 57-37-32.76 | ۱۳۰۸ | ۴۷ | ۱۸/۸ | ۱۴/۲۰ | ۱/۳ |
| ۱۶ | جنوب غربی حصارای | 36-55-34.08 57-37-14.64 | ۱۲۹۹ | ۵۵ | ۲۰ | ۱۶/۵ | ۱/۲۹ |

| | | | | | | | |
|------|-----|-----|-----|------|----------------------------|-----------------|----|
| ۳/۸ | ۴۰ | ۱۵۲ | ۶۴۴ | ۱۷۰۰ | 36-51-04.83 57-49-56.89 | علی زنده | ۱۷ |
| ۳/۸۸ | ۳۶ | ۱۴۰ | ۶۲۰ | ۱۶۸۲ | 36-51-00.79 57-49-56.89 | علی زنده | ۱۸ |
| ۱/۲۵ | ۲ | ۲/۵ | ۲۰ | ۱۳۰۰ | 36-51-04.83 57-48-56.89 | اوبه گاه | ۱۹ |
| ۱/۲۰ | ۲/۵ | ۳ | ۱۸ | ۱۳۲۰ | 36-55-28.33 57-37-05.51 | شمال کارخانه گچ | ۲۰ |



شکل ۲- b اینسلیبرگ مرکب (دوقلو)



شکل ۲- a اینسلیبرگ های زنجیره ای



شکل ۲- d اینسلیبرگ از نوع کله قندی



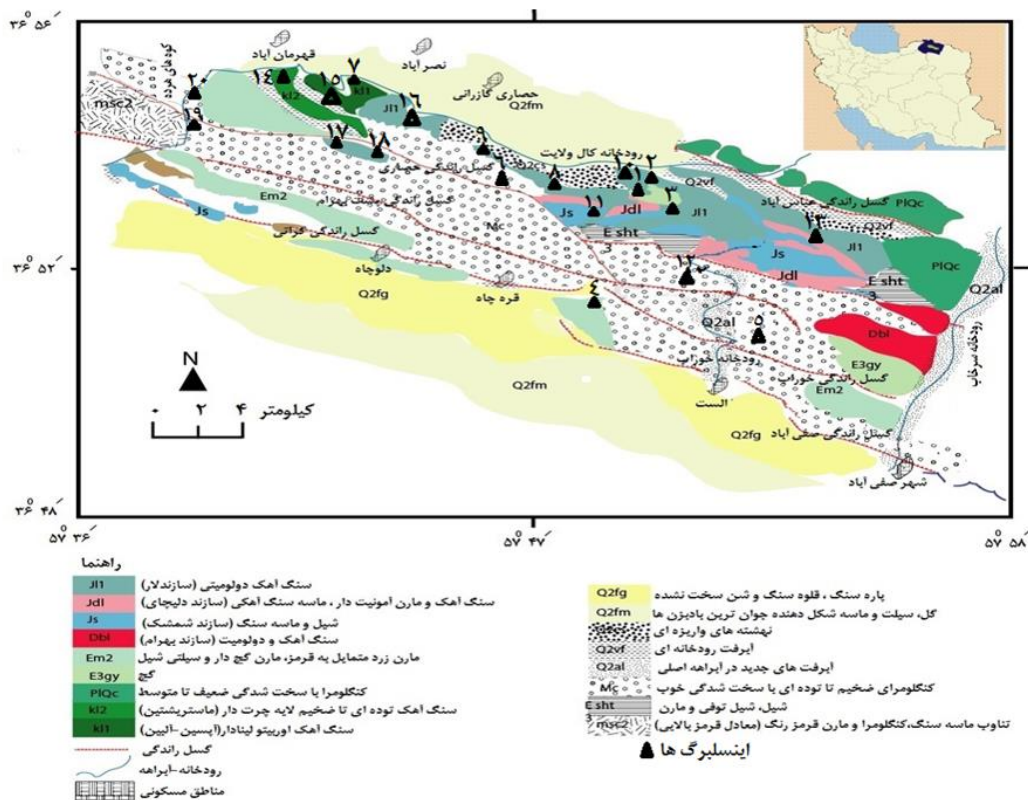
شکل ۲- c اینسلیبرگ با قله مسطح

شکل ۲. چهار نوع از اینسلیبرگ های شکل گرفته در دشت صفی آباد

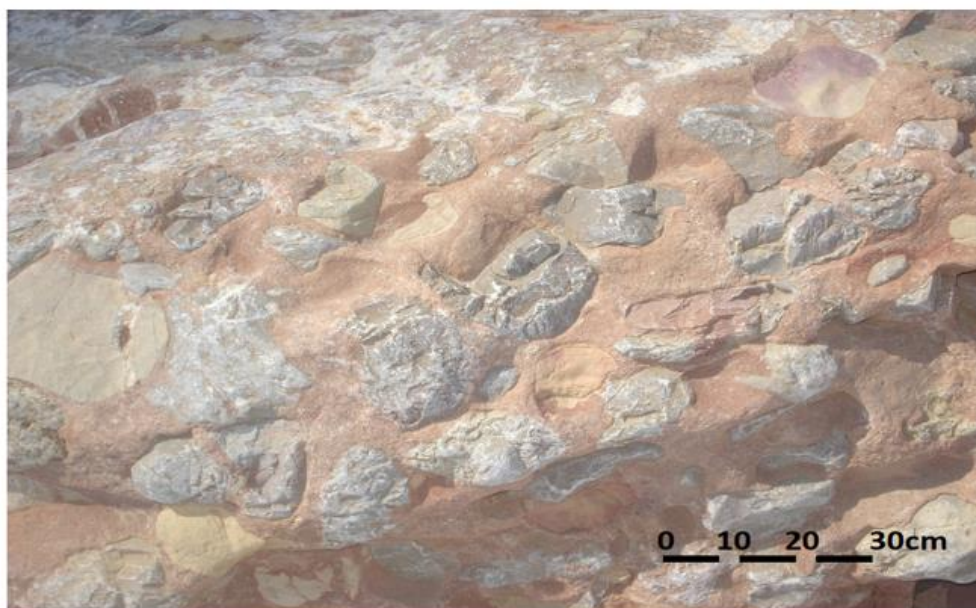
از نظر پراکندگی، بیشتر اینسلیبرگ های دشت صفی آباد در قسمت های میانی و غربی آن شکل گرفته و جهت امتداد آن ها شمال غربی - جنوب شرقی می باشد (شکل ۱ و ۳). تبیین ترین اینسلیبرگ های دشت صفی آباد در شمال این دشت و در حدفاصل روستای حصارای گازرانی و قهرمان آباد مشاهده می شوند. به دلیل برتری فرسایش آبی - بادی اینسلیبرگ های قسمت غربی دشت صفی آباد قارچی و نیمه قارچی شکل می باشند. اینسلیبرگ های نیمه قارچی از سه بخش تشکیل شده اند، ۱- بخش پایه اینسلیبرگ که به زمین چسبیده و در مسیر عمودی گسترش یافته است. ۲- بخش اریب که از یک سو به پایه اینسلیبرگ پیوند خورده و از سوی دیگر به صورت مایل و به بیرون از پایه گسترش یافته است. ۳- لبه اینسلیبرگ که بیرونی ترین بخش آن بوده و مسیر افقی را دنبال می کند. بخش لبه اینسلیبرگ ناپایدار بوده و زودتر از بخش های دیگر دچار فروریختگی می شود.

لیتولوژی منطقه مورد مطالعه

مطالعات انجام‌شده توسط سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور نشان می‌دهد که محدوده مورد مطالعه تا پیش از دوره هلوسن به صورت حوضه بسته کوچک و طولی بوده که در جهت شمال غربی - جنوب شرقی گسترش داشته و با نهشته‌های آبرفتی سرزمین‌های اطراف انباشته شده است. این آبرفت‌ها که از ارتفاعات آلاداغ در مرز شمالی منطقه به این قسمت حمل شده‌اند، از نظر اندازه شامل سنگ‌ها، شن، ماسه و عدسی‌هایی از مصالح ریزدانه ماسه‌ای و سیلتی می‌باشند. پرشدگی این حوضه می‌تواند متعلق به دوره یخچالی وورم باشد (نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰). از نظر لیتولوژی بیشتر سازندهای منطقه از نوع رسوبی می‌باشد. هرچند در برخی از قسمت‌ها، رگه‌های نازکی از مواد آذرین برونزد دارد (مقامی مقیم، ۱۳۹۳: ۱۲۹-۱۴۷)، از نظر سازندهای زمین‌شناسی، بیشتر منطقه از سنگ‌های کنگلومرای توده‌ای با سخت‌شدگی خوب (MC) تشکیل شده است (جدول ۲، شکل ۳ و ۴). پس از سازند (MC)، سازند لار از نظر وسعت اهمیت بیشتری دارد. این سازند، از سنگ‌های آهک دولومیتی یکنواخت، دانه‌ریز با لایه‌بندی ضخیم تا توده‌ای شکل گرفته و از نظر پراکندگی در جنوب روستاهای اردین و حصار یگان مشاهده می‌گردد (شمال و شمال غربی منطقه). سومین سازند شمشک شامل شیل خاکستری و ماسه‌سنگ و از نظر زمانی مربوط به دوره ژوراسیک است که در شمال شرقی و جنوب غربی دشت صفی‌آباد پراکنده شده‌اند (شکل ۳). بخش دیگری از سازندهای منطقه به آبرفت‌های جوان اختصاص دارد (شکل ۵).



شکل ۳. نقشه لیتولوژی و پراکندگی اینسلیبرگ‌های منطقه مورد مطالعه



شکل ۴- کنگلومرای توده‌ای با سخت شدگی خوب که بیشترین سازند منطقه را در برمی‌گیرد. (مقامی مقیم، ۱۴۰۱).



شکل ۵. آبرفت‌های کوتاه‌تر در ساحل غربی رودخانه کال گراتی

این آبرفت‌ها که مربوط به دوره کوتاه‌تر هستند، در مسیر رودخانه کال گراتی و مخروط افکنه‌های این دشت رسوب‌گذاری شده‌اند. سازند دیگری که در این زمینه نقش تعیین‌کننده‌ای دارد، سازند آپسین-آلبین شامل سنگ‌آهک اوربیتولینا دار و آهک‌های ضخیم تا توده‌ای دولومیت است که در جنوب روستاهای حصارای پراکنده شده و سن آن مربوط به دوره کرتاسه است. از نظر وسعت بعد از سازند آپسین-آلبین، سازند شمشک (jssd) مربوط به دوره ژوراسیک با ۰/۴۷ کمترین وسعت منطقه را به خود اختصاص می‌دهد.

بحث

تأثیر لیتولوژی در شکل‌گیری اینسلب‌های دشت صفی‌آباد

لیتولوژی از طرق مختلفی، در ژئومورفولوژی یک منطقه موثر واقع می‌شود. یکی از آن‌ها تأثیر در شکل‌گیری

اینسلیبرگ‌ها می‌باشد (Goudie, 2016: 374-387). نقش لیتولوژی در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌ها از دو جهت قابل‌بررسی است:

(۱) لیتولوژی سازندهای سخت که تحت تأثیر فعالیت‌های تکتونیکی ارتفاع پیدا می‌کنند و با مقاومت در مقابل فرایندهای فرسایشی باقی می‌مانند و اسکلت اصلی و اولیه اینسلیبرگ‌ها را تشکیل می‌دهند.

(۲) سازندهای نرم که با فرسایش خود سبب برجسته شدن سازندهای سخت و شکل‌گیری اینسلیبرگ‌ها می‌شوند. اینسلیبرگ‌ها اشکال ویژه سنگ‌های آذرین و دگرگونی هستند، ولی برخی از آن‌ها ممکن است در سنگ‌های رسوبی از جمله سنگ‌های آهکی، ماسه‌سنگ و کنگلومراها نیز شکل‌گیرند (Bourman et al, 2015: 197-227) علی‌رغم اینکه لیتولوژی غالب دشت صفی‌آباد از سنگ‌های رسوبی، به ویژه از سنگ‌آهک شکل‌گرفته، اما سازندهای تشکیل‌دهنده آن در برابر عوامل فرسایش، مقاومت یکسانی ندارند (جدول ۲). بنابراین، ریخت اینسلیبرگ‌های این دشت، متفاوت جلوه‌گر می‌شود. هرچند لیتولوژی نقش عمده و اساسی در مورفولوژی اینسلیبرگ‌ها دارد اما به دلیل شرایط اقلیمی و هیدرولوژیکی متفاوت نمی‌توان ادعا نمود که اینسلیبرگ‌های شکل‌گرفته در یک سازند ریخت‌شناسی یکسانی داشته باشند (Bourman, 2015: 197-227). لیتولوژی با تأثیرپذیری از فرایندهای اقلیمی و جریانات هیدرولوژیکی، فرسایش یافته و سبب پیشروی دشت به سمت کوهستان شده و اینسلیبرگ را به وجود می‌آورد (حریریان، ۱۳۶۹: ۱۳۶). بر اساس مطالعات آزمایشگاهی، مقاوم‌ترین سازندهای زمین‌شناسی دشت صفی‌آباد در مقابل آب‌وهوا، هیدرولوژی و فرایندهای فرسایشی، سنگ‌های آهک توده‌ای ضخیم لایه چرت‌دار (ماستریشیتین) است (مقامی مقیم، ۱۴۰۱) که در شمال این دشت گسترش دارد (شکل ۳) و (جدول ۲). در بین فرایندهای مختلف هوازدگی، فرایند کریوکلاستیک ۱ یا متلاشی شدن سنگ در اثر انجماد و ذوب آب در کوتاه‌مدت و فرایند ترموکلاستی ۲ یا متلاشی شدن سنگ در اثر نوسان دما در درازمدت؛ مهم‌ترین فرایندهای موثر در هوازدگی این سازند به حساب می‌آیند. به دلیل موقعیت بادپناهی این سازند، تأثیر فرسایش بادی در آن قائل توجه نیست، در نتیجه اینسلیبرگ‌های مرتفعی در آن شکل‌گرفته است. هرچند این سازند مساحت کمی از منطقه را در برمی‌گیرد و تعداد اینسلیبرگ‌های شکل‌گرفته در آن زیاد نیست، اما به دلیل مقاومت زیاد در مقابل فرسایش کامل‌ترین اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد در این سازند شکل‌گرفته‌اند (شکل ۶).

بعدازاین سازند، سازند لار مقاومت بیشتری در برابر عوامل هوازدگی و شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های این دشت دارد. این سازند علاوه بر مقاومت زیاد با مساحت ۵۱ کیلومترمربع، ۱۳/۶۲ درصد دشت صفی‌آباد دومین سازند منطقه از نظر وسعت نیز محسوب می‌گردد. این سازند عمدتاً از سنگ‌آهک دولومیتی یکنواخت دانه‌ریز با لایه‌بندی ضخیم تا توده‌ای تشکیل شده و از نظر جغرافیایی در جنوب روستاهای اردین و حصاری گازرانی مشاهده می‌گردد (شمال و شمال شرقی منطقه). از نظر وسعت اینسلیبرگ‌های شکل‌گرفته در این سازند، مساحت بیشتری از دشت صفی‌آباد را به خود اختصاص می‌دهند زیرا مقاومت بیشتری در برابر فرایندهای فرسایشی از خود نشان می‌دهند.

جدول ۲. سازندهای تشکیل دهنده منطقه مورد مطالعه بر اساس مقاومت در مقابل فرایندهای فرسایشی

| ردیف | نام سازند/ واحد سنگی | مساحت (کیلومتر مربع) | نسبت وسعت به کل حوضه | علامت اختصاری | سن تقریبی |
|------|--|-------------------------|-------------------------|---------------|---------------|
| ۱ | آهک توده‌ای لایه چرت‌دار (ماستریشترین) | ۴/۵ | ۱/۲۰ | kl2 | کرتاسه |
| ۲ | سازند لار | ۵۱ | ۱۳/۶۲ | Jl1 | ژوراسیک |
| ۳ | واحد آپسین-آلبین | ۲/۵ | ۰/۶۶ | Kl1 | کرتاسه |
| ۴ | کنگومرا با سخت شدگی زیاد | ۱۷۸ | ۴۷/۵۶ | Mc | |
| ۵ | سازند شمشک | ۲۵ | ۶/۶۸ | Js | ژوراسیک |
| ۶ | سازند شمشک | ۱/۷۵ | ۰/۴۷ | jssd | ژوراسیک |
| ۷ | شیل، شیل توفی و مارن | ۱۰/۵ | ۲/۸۰ | Esht3 | پالئوژن |
| ۸ | کنگومرا با سخت شدگی ضعیف تا متوسط | ۲۰ | ۵/۳۴ | plQc | |
| ۹ | دلیچای | ۵ | ۱/۳۳ | Jld | ژوراسیک میانی |
| ۱۰ | آبرفت رودخانه‌ای | ۵/۵ | ۱/۴۷ | Q2vf | هولوسن |
| ۱۱ | نهشته واریزه‌ای | ۴ | ۱/۰۶ | Q2cs | هولوسن |
| ۱۲ | بادبزن‌های آبرفتی جوان | ۲۱ | ۵/۶۱ | Qtm2 | هولوسن |
| ۱۳ | شن سخت نشده | ۱۵ | ۴ | Qfg2 | پلیوسن |
| ۱۴ | مارن قرمز معادل قرمز بالایی | ۱۰ | ۲/۷۰ | Mm | میوسن |
| ۱۵ | مارن زرد، مارن گچ دار و سیلت | ۶ | ۱/۶۰ | Em2 | پلیوسن |
| ۱۶ | سایر سازندها | ۱۴/۵ | ۳/۸۷ | | |
| ۱۷ | جمع | ۳۷۴/۲۵ | ۱۰۰ | | |



شکل ۶. شکل‌گیری اینسلب‌های مرکب در سازندهای آهکی (ماستریشترین) در شمال غربی منطقه مورد مطالعه

همچنین در سنگ‌های آهکی و انحلال‌پذیر این سازند، اشکال متنوع کارستی مانند: انواع کارن از جمله کارن‌های بارانی، لانه‌زنبوری و لانه موشی شکل می‌گیرد که سبب می‌شود سطح دیواره‌های اینسلب‌های شکل‌گرفته در این سازند خشن جلوه نماید. (شکل ۷).



شکل ۷. کارن‌های شکل‌گرفته در صخره‌های آهکی در اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد

سومین سازند از نظر مقاومت در برابر فرسایش، واحد آپسین-آلبین شامل سنگ‌آهک اوریتولینادار و آهک‌های ضخیم تا توده‌ای دولومیت است که در جنوب روستاهای حصاری و قهرمان آباد پراکنده شده است و سن آن مربوط به دوره کرتاسه می‌باشد. این واحد علی‌رغم اینکه مساحت کمی را در بر گرفته (۰/۶۶)، اما به دلیل مقاومت مناسب در برابر فرایندهای فرسایشی نقش مهمی در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های شمالی منطقه دارد (شکل ۸ سمت چپ). بخش کمی از مساحت منطقه از سازندهای دلیچای تشکیل شده اما به دلیل مقاومت زیاد، اینسلیبرگ‌های قابل توجهی در آن شکل‌گرفته‌اند (شکل ۸ سمت راست). از نظر وسعت، بیشتر منطقه از سازند Mc شامل کنگلومرای توده‌ای با سخت‌شدگی خوب تشکیل شده است این سازند نزدیک به ۴۷ درصد از سازندهای منطقه را در برمی‌گیرد (جدول ۲). هرچند کنگلومراها در ردیف سازندهای تخریبی محسوب می‌شوند و در شکل‌گیری اشکال ژئومورفولوژیکی احتمال کمی برای آن‌ها متصور می‌شوند، اما اگر از سختی لازم برخوردار باشند، می‌توانند در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌ها نقش قابل توجهی داشته باشند. بخش قابل توجهی از اینسلیبرگ‌های قسمت میانی، جنوبی و غربی منطقه در این سازند شکل‌گرفته است. مشاهده این تعداد اینسلیبرگ در این سازند مؤید این نظر است که در بین سازندهای رسوبی احتمال شکل‌گیری اینسلیبرگ در کنگلومراهای توده‌ای بیشتر است. (Twi dale, 1978: 177-20). هرچند این سازند بخش وسیعی از منطقه را فراگرفته است، اما به دلیل تأثیرپذیری متفاوت از فرایندهای مختلف، اینسلیبرگ‌های شکل‌گرفته در آن مورفولوژی یکسانی ندارند زیرا فعالیت فرایندهای متفاوت هوازدگی منجر به تفاوت در مورفولوژی اینسلیبرگ‌ها می‌شود (Pye & Goudie, 1986: 41-52) به همین دلیل اینسلیبرگ‌های شکل‌گرفته در این سازند، در قسمت میانی منطقه به دلیل دوری از فرایندهای فرسایشی مرتفع‌تر در قسمت جنوبی به دلیل غلبه فرسایش آبی-بادی کم ارتفاع‌تر و در قسمت غربی به دلیل تأثیرپذیری از فرایندهای رودخانه‌ای ناقص‌تر می‌باشند.



شکل ۸. اینسلبرگ های شکل گرفته در آهک های کرتاسه در شمال غربی منطقه مورد مطالعه (سمت چپ) و اینسلبرگ های شکل گرفته در سازند دلیچای (سمت راست) (مقامی مقیم ۱۴۰۱).



شکل ۹. نمونه هایی از اینسلبرگ های شکل گرفته در ماسه سنگ های سازند شمشک در قسمت میانی منطقه

پس از این سازند، شیله ای خاکستری مربوط به سازند شمشک بیشترین مقاومت را در مقابل فرایندهای فرسایشی دارد. این سازند که مربوط به دوره ژوراسیک و شامل شیل خاکستری و ماسه سنگ می باشد، ۶/۶۸ درصد از سازندهای منطقه را به خود اختصاص می دهد. تعدادی از اینسلبرگ های شمال شرقی منطقه در این سازند شکل گرفته اند (شکل ۹). وجود ماسه سنگ در سازندهای شمال شرقی منطقه و مقاومت مناسب آن در برابر فرایندهای فرسایشی سبب شده تا اینسلبرگ های شکل گرفته در این سازند، از تیپیک ترین اینسلبرگ های منطقه محسوب شوند.

بخش دیگری از مورفولوژی دشت صفی آباد را ماسه سنگ های روشن تا خاکستری (سازند شمشک) مربوط به دوره ژوراسیک تشکیل می دهد. این واحد ۰/۴۷ درصد از مساحت منطقه را به خود اختصاص می دهد. بخشی از اینسلبرگ های شمال شرقی منطقه در این سازندها شکل گرفته اند. وجود ماسه سنگ در این سازند سبب شکل گیری اینسلبرگ های واقعی در آن شده و شکل ظاهری آن ها را به اینسلبرگ های نواحی استوایی نزدیک تر کرده است. وجود رگه های آهکی در ماسه سنگ های این سازند و انحلال آن ها توسط آب سبب شکل گیری تافونی و اشکال لانه زنبوری در دیواره های صخره های ماسه سنگی می گردد (Migoñ & Goudie, 2014:123-130). تافونی و حفره های (شکل ۱۰) شکل گرفته در سطح دیواره اینسلبرگ های این سازند در شمال شرقی دشت صفی آباد به دلیل وجود رگه های آهکی در آن می باشد.



شکل ۱۰. کارست‌های شکل‌گرفته در اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد

علاوه بر نوع سنگ‌های یک سازند، تناوب قرارگیری آن‌ها در بین لایه‌های دیگر نیز می‌تواند در مورفولوژی اینسلیبرگ‌ها تأثیرگذار باشد (مقامی مقیم و اسلامی، ۱۴۰۱). تناوب آهک و مارن در سازندهای دلیچای در قسمت میانی منطقه، سبب فرسایش مارن و باقی ماندن سنگ‌آهک شده، زمینه را برای شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های قارچی شکل در آینده فراهم می‌نماید (شکل ۱۱).



شکل ۱۱. نمونه‌های از تناوب آهک و مارن خاکستری دلیچای که سطح آن‌ها توسط رسوبات افقی کوتاه‌تری پوشیده شده است. فرسایش مارن و باقی ماندن رسوبات سخت شده کوتاه‌تر، سبب شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های نوع قارچی در آینده خواهد شد.

در بین عوامل و فرایندهای مختلف فرسایش دهنده لیتولوژی منطقه که منجر به شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های آن شده نقش عناصر آب‌وهوایی به‌خصوص باد عینی‌تر است. در نواحی هموار شکل اینسلیبرگ تحت تأثیر فرسایش بادی قرار داشته و در اثر این نوع فرسایش اینسلیبرگ‌های قارچی شکل به وجود می‌آیند (Mashaal et al. 2020: 1975-1976). هرچند دشت صفی‌آباد از لیتولوژی تقریباً یکنواختی برخوردار است اما جهت و سرعت متفاوت وزش باد به‌عنوان یکی از عناصر آب‌وهوایی و تعامل آن با لیتولوژی در قسمت‌های مختلف این دشت سبب تفاوت در شکل اینسلیبرگ‌های آن شده است. شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های نیمه قارچی در قسمت غربی این دشت ارتباط زیادی با وزش بادهای غربی و فرسایش رودخانه‌ای دارد. همچنین به دلیل غالب بودن بادهای غربی در دشت جنوبی صفی‌آباد اینسلیبرگ‌های قارچی شکلی به وجود آمده‌اند. تفاوت در دریافت میزان انرژی تابش خورشیدی در دامنه‌های شمالی و جنوبی ارتفاعات مرکزی این دشت نیز به‌عنوان یکی از عوامل آب‌وهوایی سبب تغییر در میزان هوازدگی در دامنه‌های شمالی و جنوبی این ارتفاعات شده اینسلیبرگ‌های متنوعی را سبب می‌شود. از نظر ارتفاع اینسلیبرگ‌های قسمت میانی منطقه به دلیل دور بودن از فرایندهای فرسایش بادی و رودخانه‌ای مرتفع‌تر و اینسلیبرگ‌های قسمت جنوبی به دلیل فرسایش شدید بادی کم ارتفاع‌تر می‌باشند. در بین فرایندهای فرسایشی پس از عناصر آب‌وهوایی، تعامل فرایندهای هیدرولوژی و لیتولوژی نقش قابل‌توجهی در فرسایش سازندهای زمین‌شناسی دشت صفی‌آباد و شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های آن داشته است. این تأثیرات در سازندهای شمالی و غربی منطقه نمود بیشتری دارد زیرا در معرض سیلاب‌های رودخانه کال‌گرانی قرار دارد. بر اساس مطالعات انجام‌شده این‌گونه سیلاب‌ها امکان فرسایش کناری، ناپایداری و سقوط کرانه رودها را فراهم می‌کند (حسین زاده و همکاران، ۱۳۹۸) و با تخریب اینسلیبرگ‌ها چهره‌ای ناقص از آن‌ها برجای می‌گذارند و اینسلیبرگ‌های به ریخته را به وجود می‌آورند

رودخانه کال‌گرانی مهم‌ترین جریان هیدرولوژیکی منطقه مورد مطالعه است. این رودخانه از دامنه‌های جنوبی ارتفاعات آلاداغ سرچشمه گرفته و وارد رودخانه کالشور می‌گردد. محدوده تأثیرگذاری این رودخانه در مورفولوژی دشت صفی‌آباد مربوط به اشکال ژئومورفولوژیکی به‌خصوص اینسلیبرگ‌های شمال و غرب این دشت می‌باشد در این محدوده که از سنگ‌های آهک توده‌ای ضخیم لایه چرت‌دار (ماستریشیتین)، سازند شمشک شامل شیل خاکستری و ماسه‌سنگ، آبرفت‌های جوان مربوط به دوره کواترنر و سازند کنگلومرای توده‌ای با سخت‌شدگی خوب، تشکیل شده، رودخانه کال‌گرانی با فرسایش سازندهای نامبرده اینسلیبرگ‌های ناقص و نیمه قارچی را به وجود آورده است (شکل ۱۲).



شکل ۱۲. اینسلیبرگ‌های نیمه قارچی و ناقص شکل‌گرفته در کنگلومراهای شرقی رودخانه کال‌گرانی

نتیجه‌گیری

دشت صفی‌آباد در شمال شرقی ایران قرار گرفته و از نظر واحدهای ژئومورفولوژیکی جزو ایران مرکزی محسوب

می‌شود. بخشی از مورفولوژی این دشت را اینسلیبرگ‌های آن تشکیل می‌دهند. این اینسلیبرگ‌ها به صورت به هم پیوسته‌ای از جنوب روستای بام در شمال شرقی منطقه آغاز و تا دوراهی اسفراین- بام در غرب منطقه به طول تقریبی ۴۴ و عرض تقریبی ۲۱ کیلومتر گسترش یافته‌اند. در این مطالعه با استفاده از مطالعات میدانی تعداد ۱۸ اینسلیبرگ در دشت صفی‌آباد شناسایی شد که همه آن‌ها در سازندهای رسوبی شکل‌گرفته‌اند. مطالعه دقیق این اینسلیبرگ‌ها نشان داد فعالیت‌های تکتونیک، عناصر آب‌وهوایی، فرایندهای هیدرولوژیکی و لیتولوژی این دشت مهم‌ترین مکانیزم‌های موثر در شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های این دشت محسوب می‌شوند. بر اساس این مطالعات اسکلت اولیه اینسلیبرگ‌های این دشت در اثر فعالیت‌های تکتونیک منطقه در فاصله زمانی دونین تا میوسن، به وجود آمده است. در اثر این فعالیت‌ها مواد مختلف رسوب شده در این دشت ارتفاع یافته و کوه‌های پشت بهرام را در قسمت میانی آن به وجود آورد با شکل‌گیری این ارتفاعات دشت صفی‌آباد به سه قسمت دشت شمالی، دشت جنوبی و کوه‌های میانی تقسیم شد. با آرام شدن فعالیت‌های تکتونیک فرایندهای مختلف فرسایشی با فرسایش سازندهای نرم و باقی گذاشتن سازندهای سخت سبب شکل‌گیری اینسلیبرگ‌های این دشت شده‌اند. در تقابل سازندهای رسوبی منطقه مورد مطالعه و فرایندهای مختلف فرسایشی اینسلیبرگ‌های قابل توجهی در این دشت شکل‌گرفته است. بر اساس مطالعات انجام‌شده سازند کنگلومرای توده‌ای با سخت‌شدگی خوب (Mc) نزدیک به ۴۷ درصد از سازندهای زمین‌شناسی این دشت را به خود اختصاص می‌دهد. به همین دلیل بخش قابل توجهی از اینسلیبرگ‌های قسمت میانی، غربی و جنوبی منطقه بازمانده این سازند می‌باشند. به دلیل وسعت زیاد، پراکندگی گسترده و فاصله متفاوت با فرایندهای فرسایشی اینسلیبرگ‌های شکل‌گرفته در این سازند از تنوع بیشتری برخوردار می‌باشند. به طوری که اینسلیبرگ‌های جنوبی منطقه که در این سازند شکل‌گرفته‌اند، به دلیل برتری فرسایش بادی و آبی شکل منظم‌تری به خود گرفته‌اند (اینسلیبرگ‌های ۵ و ۴) در حالی که اینسلیبرگ‌های میانی منطقه به دلیل دوری از فرایندهای فرسایشی و هیدرولوژیکی مرتفع‌ترند (اینسلیبرگ‌های ۶ و ۱۲) و اینسلیبرگ‌های غربی شکل‌گرفته در این سازند به دلیل برتری فرسایش آبی و فرایندهای هیدرولوژیکی شکل ناقصی به خود گرفته‌اند. تعامل فرسایش بادی و رودخانه‌ای در این قسمت منطقه سبب شکل‌گیری یکی از نادرترین اینسلیبرگ‌ها، یعنی اینسلیبرگ‌های نیمه قارچی شده است (اینسلیبرگ‌های ۱۹-۲۰) و شکل (۱۰). در حالی که قسمت‌هایی که از رودخانه کال گراتی فاصله دارند، در اثر فرسایش بادی شکل قارچی به خود گرفته‌اند. سازند دیگری که نقش مهمی در لیتولوژی منطقه دارد سازند لار (J11) می‌باشد. هرچند این سازند از نظر وسعت و مقاومت در مقابل فرسایش دومین سازند منطقه محسوب می‌شود اما با شکل‌گیری ۸ اینسلیبرگ شناسایی شده در این سازند بیشترین تعداد اینسلیبرگ‌های دشت صفی‌آباد در این سازند شکل‌گرفته است. همچنین به دلیل قرار گرفتن در دامنه‌های شمالی ارتفاعات مرکزی منطقه فرسایش بادی تأثیر قابل توجهی در اینسلیبرگ‌های این سازند ندارد اما به دلیل نزدیکی به رودخانه کال گراتی بیشترین عامل موثر در فرسایش این سازند فرایندهای هیدرولوژیکی می‌باشد به همین دلیل اینسلیبرگ‌های شکل‌گرفته در این سازند تنوع کمتری دارند. سازند شمشک (Js) از نظر مقاومت در برابر فرسایش بعد از سازند لار قرار می‌گیرد این سازند در شمال شرقی منطقه و در مساحت کمی گسترش یافته است چند اینسلیبرگ پیوسته از جمله اینسلیبرگ ۱۱ در این سازند شکل‌گرفته است. سازند دلیچای (J1d) نیز که در شمال شرقی منطقه گسترش دارد در شکل‌گیری تعداد کمی از اینسلیبرگ‌ها منطقه از جمله اینسلیبرگ ۱۳ نقش داشته است. نتیجه دیگری در این مطالعه مشخص گردید، این بود که تپیک‌ترین اینسلیبرگ‌های منطقه در آهک‌های توده‌ای ضخیم لایه چرت‌دار سازند (ماستریشتین) (kl2) مربوط به دوره کرتاسه که در شمال غربی منطقه قرار دارد شکل‌گرفته‌اند و به دلیل ارتفاع مناسب، دارا بودن نسبت بین طول به عرض

مناسب و قرارگیری در فاصله مناسب از یکدیگر می‌توان آن‌ها را در ردیف اینسلیبرگ‌های تیپیک قرار داد به همین دلیل نظمی خاص بر آن‌ها حاکم بوده و از نظر شکل ظاهر تنوع کمتری در آن‌ها مشاهده می‌گردد (اینسلیبرگ‌های ۱۵-۱۴-۷)، زیرا در این قسمت علاوه بر تعامل فرایندهای مختلف فرسایشی مقاومت سازندهای زمین‌شناسی نیز به حداکثر می‌رسد. هرچند یکی از مهم‌ترین معیارها برای شکل اینسلیبرگ تیپیک نسبت طول به عرض آن است اما این معیار، معیار مناسبی برای اینسلیبرگ‌های نیمه قارچی نیست بر اساس نتایج اندازه‌گیری‌های این معیار اینسلیبرگ‌های ۱۹ و ۲۰ در ردیف اینسلیبرگ‌های تیپیک قرار می‌گیرند اما ریخت ظاهر آن‌ها نشان از ناقص بودن مورفولوژی آن‌ها است. همچنین در این پژوهش مشخص گردید هرچند ممکن است در تمامی نواحی پست و هموار جهان و حتی در سازندهای رسوبی نیز اینسلیبرگ‌ها تشکیل شوند اما اینسلیبرگ‌های شکل گرفته در این نواحی فاصله زیادی با اینسلیبرگ‌های شکل گرفته در سازندهای آذرین و دگرگونی مناطق استوایی و مجاور آن دارد. به دلیل رسوبی بودن سازندهای منطقه و شرایط آب‌وهوایی حاکم بر آن، اینسلیبرگ‌های آن مانند اینسلیبرگ‌های نواحی استوایی و شکل گرفته در سازندهای آذرین و دگرگونی نیست. البته به صورت نسبی در سازندهایی که سنگ‌های مقاوم در ترکیب خود دارند مانند ماستریشتین (k12)، سازند لار (J11) و شمشک (Js) شکل اینسلیبرگ‌ها به اینسلیبرگ‌های واقعی نزدیک‌تر است درحالی‌که اینسلیبرگ‌های شکل گرفته در سازندهای کنگلومرا فاصله زیادی با اینسلیبرگ‌های تیپیک دارند. همچنین در سازندهایی که مواد تشکیل‌دهنده متنوعی دارد این تنوع سبب می‌شود سنگ‌های سست فرسایش یافته و سنگ‌های مقاوم باقی بمانند و مورفولوژی اینسلیبرگ‌ها را خشن جلوه دهند این‌گونه اینسلیبرگ‌ها در شمال شرقی منطقه شکل گرفته‌اند، جایی که در ترکیب سنگ‌ها به‌طور متناوب لایه‌های آهکی، ماسه‌ای و مارنی رسوب‌گذاری شده‌اند.

حامی مالی

این اثر حامی مالی نداشته است.

سه‌م نویسنده‌گان در پژوهش

نویسنده‌گان در تمام مراحل و بخش‌های انجام پژوهش سهم برابر داشتند.

تضاد منافع

نویسنده‌گان اعلام می‌دارند که هیچ تضاد منافی در رابطه با نویسندگی و یا انتشار این مقاله ندارند.

تقدیر و تشکر

نویسنده از همه کسانی که در انجام این پژوهش به ما یاری رساندند، به ویژه کسانی که کار ارزیابی کیفیت مقالات را انجام دادند، تشکر و قدردانی می‌نماید.

منابع

ابراهیمی مقدم، هادی. (۱۳۸۲). مکان‌یابی مناسب جهت تغذیه آبخوان‌ها در حوضه رودخانه کال ولایت با استفاده از *RS* و *GIS*. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. جغرافیای طبیعی، به راهنمایی کرامت الله زیاری، دانشکده علوم انسانی، دانشگاه

- تربیت‌معلم (خوارزمی تهران).
- آسایش، حسین و مشیری، رحیم. (۱۳۸۱). روش‌شناسی و تکنیک‌های تحقیق علمی در علوم انسانی با تأکید بر جغرافیا. چاپ اول، تهران، انتشارات قومس.
- آسیایی، مهدی و جوانمرد، سهیلا. (۱۳۸۳). فرهنگ و اصطلاحات ژئومورفولوژی. چاپ اول، انتشارات سخن گستر، مشهد.
- ماکس، دریو. (۱۳۷۰). ژئومورفولوژی اقلیمی و دینامیک خارجی. ترجمه مقصود خیام، انتشارات نیا (نیما سابق)، تبریز.
- خیام، مقصود. (۱۳۷۱). اصطلاحات مصور ژئومورفولوژی. چاپ اول، انتشارات نیا (نیما سابق)، تبریز.
- حریریان، محمود. (۱۳۶۹). کلیات ژئومورفولوژی ایران. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی، تهران
- حسین زاده، محمدمهدی؛ صدوق، سید حسن؛ متش بیرانوند، سعیده و اسماعیلی، رضا. (۱۳۹۸). برآورد میزان فرسایش کناری رودخانه با استفاده از مدل پایداری کناره و فرسایش پای کرانه. مطالعه موردی: رودخانه لایوچ - شهرستان نور. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۹(۳۳)، ۲۶۵-۲۷۸. doi:10.30488/GPS.2019.56759.2120
- سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی (۱۹۹۹)، نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی صفی‌آباد
- سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح، نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ منطقه (برگ‌های، قاسم خان (IV۴۶۳)، بام (IV۵۶۳)، صفی‌آباد (II۷۵۶۳) و گراتی (IV۷۵۶۳) سازمان جغرافیایی نیروهای مسلح
- مقامی مقیم، غلامرضا. (۱۳۹۳). بررسی تأثیرات آب‌وهوای عصر حاضر در مخروط افکنه‌های دامنه‌های جنوبی آلاداغ در شمال شرق ایران. *مجله آمایش جغرافیایی فضا*، ۴ (۱۳)، ۱۲۹-۱۴۷.
- مقامی مقیم، غلامرضا و اسلامی، سعید رضا. (۱۴۰۱) تأثیر فعالیت‌های تکتونیک در شکل‌گیری اینسلب‌رگ‌های دشت صفی‌آباد در شمال شرقی ایران. *مجله زمین‌ساخت*، ۵(۲۰)، ۳۰-۱۵. doi:10.22077/JT.2022.4760.1125
- مقامی مقیم، غلامرضا. (۱۴۰۱). بررسی نقش آب‌وهوا در تغییرات ایجادشده در اینسلب‌رگ‌های دشت صفی‌آباد در شمال شرق ایران. *جغرافیا و توسعه ناحیه‌ای*، ۲۰(۱)، ۲۱۴-۱۸۷. doi: 10.22067/jgrd.2022.72041.1063

Reference

- Asaish, H., & Moshiri, R. (2000). *Scientific Research Methodology and Techniques in Human Sciences with Emphasis on Geography*. First edition, Tehran: Qomes publications. [In Persian]
- Asiay, M., & Javanmard, S. (2013). *Geomorphological Culture and Terms*. first edition, Mashhad: Sokhon Gostar Publishing. [In Persian]
- Bednarik G.R. (2017). Scientific investigations into Saudi Arabian rock art. *A review Mediterranean Archaeology and Archaeometry*, 17(4), 43-59. doi:10.5281/zenodo.893192
- Bourman, R. P., Ollier, C. D., & Buckman, S. (2015). Inselbergs and monoliths: A comparative review of two iconic Australian landforms, Uluru (Ayers Rock) and Burringurrah (Mount Augustus). *Zeitschrift Fur Geomorphologi*, 59(2), 197-227. doi: 10.1127/0372-8854/2014/0148
- Bourne, J. A., & Twidale, C. R. (2002). Morphology and origin of three bornhardt inselbergs near Lake Johnston, Western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 85(2), 83-102.
- Ebrahimi Moghadam, H. (1382). *Appropriate location for the feeding of aquifers in the Kal Velayat basin of the province using Rs and.gis master's thesis*. Natural Geography, under the guidance of Karamatullah Ziari, Faculty of Humanities, Tarbiat Moalem University (Khwarizmi, Tehran). [In Persian]
- Geographical Organization of the Armed Forces, topographic map 1:50000 of the region

- (Bargai, Qasim Khan (7463I), Bam (7563I), Safiabad (7563II) and Gerati (7563IV)) Geographical Organization of the Armed Forces. [In Persian].
- Goudie, A. S. (2016). Quantification of rock control in geomorphology. *Earth-science reviews*, 159, 374-387. doi:10.1016/j.earscirev.2016.06.012
- Haririyan, M. (1989). General Geomorphology of Iran. Tehran: Islamic Azad University Press. [In Persian]
- Hosein Zadeh, M. M., Sadogh, S. H., Matesh Beyranvand, S., & Esmaili, R. (2019). Predict the rate of bank erosion in Lavij river during a particular flow by using BSTEM. *Geographical Planning of Space*, 9(33), 265-278. doi:10.30488/GPS.2019.56759.2120 [In Persian]
- John T. Hunter, (2016) Differences in Functional Trait Distribution between Inselberg and Adjacent Matrix Floras. *International Journal of Ecology*, 45(3), 112-125. doi:10.1155/2016/6417913
- Kesel, R.H. (1973) Inselberg landform elements: definition and synthesis. *Revue Geomorphologie Dynamique*, 22, 97-108.
- Khayyam, M. (1991). *illustrated terms of geomorphology*. First edition, Tabriz: Nia Publications (former Nima). [In Persian]
- Laetitia, C., Piers, M., Igshaan Samuels, M., Masubelele, L., & Lesego, K. (2019) Inselbergs persist as islands of diversity in a heavily grazed rangeland mosaic at the nexus of three arid biomes. *African Journal of Range & Forage Science*, 36(2), 125-128. doi:10.2989/10220119.2019.1568302
- Luiza, F. A., De Paula, R., Campostrini, F., Luísa, O., Azevedo, M. L., Bueno, Ricardo, R. C., Solar, B., Vanschoenwinkel, S. P. (2021). Climatic control of mat vegetation communities on inselberg archipelagos in south-eastern Brazil. *Biological Journal of the Linnean Society*, 133(2) 604-623. doi:org/10.1093/biolinnean/blaa196
- Maghami Moghim, G. (2022). Exploring the Role of Climate in Changes Created in the Inselbergs of Safi Abad Plain in the Northeast of Iran. *Journal of Geography and Regional Development*, 20(1), 214-187. doi: 10.22067/jgrd.2022.72041.1063 [In Persian]
- Maghami Moghim, G.R. (2013). investigating the effects of the current climate on the alluvial fans of the southern slopes of Aladagh in northeastern Iran. *Journal of Geographical Survey of Space*, 4 (13), 129-147. [In Persian]
- Maghami Moghim, G.R., & Eslami, S. R. (1400). The effect of tectonic activities on the formation of inselbergs in Safi Abad Plain in northeastern Iran. *Morph tectonic*, 5 (20) 15-30. doi:10.22077/JT.2022.4760.1125 [In Persian]
- Mashaal, N.M., Sallam, E.S. & Khater, T.M. (2020). Mushroom rock, inselberg, and butte desert landforms (Gebel Qatrani, Egypt): evidence of wind erosion. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 109(10), 1975-1976. doi.org/10.1007/s00531-020-01883-z
- Max, D. (1891). *Climatic Geomorphology and External Dynamics*. translated by Maqsood Khayyam, Tabriz: Nia Publications (formerly Nima). [In Persian]
- Migoñ, P., & Goudie, A. (2014). Sandstone Geomorphology of South-West Jordan, Middle East. *Quaestiones Geographicae. The Journal of Adam Mickiewicz University*, 33(3), 123-130. doi:10.2478/quageo-2014-0035
- Nenonen, K., Johansson, P., Sallasmaa, Olli., Sarala, P., Palmu, J-P. (2018). The inselberg landscape in Finnish Lapland: a morphological study based on the LiDAR data interpretation. *Bulletin of the Geological Society of Finland*, 10 (90), 239-256. doi:10.17741/BGSF/90.2.008
- Organization of Geology and Mineral Exploration. (1999). 1: 100000 geological map of Safiabad. [In Persian]
- Pinheiro, F., Cozzolino, S., & Draper, D. (2014). Rock outcrop orchids reveal the genetic connectivity and diversity of inselbergs of northeastern Brazil. *BMC Evol Biol*, 14-49.

doi: 10.1186/1471-2148-14-49

- Pye, K., Goudie, A.S. & Thomas, D.S.G. (1984). A test of petrological control in the development of bornhardts and koppies on the Matopos batholith, Zimbabwe. *Earth Surface Processes and Landforms*, 9, 67 – 455. doi.org/10.1002/esp.3290110106
- Pye, K., Goudie, A.S. & Watson, A. (1986). Petrological influence on differential weathering and inselberg development in the Kora area of central Kenya. *Earth Surface Processes and Landforms*, 11, 41–52. doi.org/10.1002/esp.3290110106
- Twidale, C.R. (1978). On the origin of Ayers Rock, central Australia, *Zeitschrift fur Geomorphologie Supplementband N.F*, 31, 177–20. doi.org/10.4000/geomorphologie.14036