



<https://gep.ui.ac.ir/?lang=fa>

Geography and Environmental Planning

E-ISSN: 2252- 0910

Document Type: Research Paper

Vol. 36, Issue 2, No.98, 2025, pp. 89- 112

Received: 26/04/2025 Accepted: 12/08/2025

Studying the Distributions and Areas of Sand Dunes in Iran Using Remote Sensing Methods

Mehran Maghsoudi  *

Ph.D. of Geomorphology, University of Tehran, Tehran, Iran
maghsoudi@ut.ac.ir

Hamid Ganjaeian

Ph.D. of Geomorphology, University of Tehran, Tehran, Iran
h.ganjaeian@ut.ac.ir

Abstract

Sand dunes are prominent features of desert regions and are widely distributed across Iran. Despite their significant environmental impacts and importance in various planning processes, comprehensive studies on Iran's sand dunes have been lacking. This study aimed to evaluate the morphometric and morphodynamic characteristics of Iran's sand dunes. Google Earth and Landsat 8 images were utilized as the primary research data, while the key analytical tools employed were Google Earth and ArcGIS. Initially, the study delineated the areas of all sand dunes in Iran, categorizing them into 9 classes based on their geographical locations. Using Google Earth images and data from 791 sample points, the movements of the sand dunes were assessed from 2005 to 2020. The findings revealed that the total area of Iran's ergs was 47,811 km², accounting for approximately 2.9% of the country's total area. Notably, Lut Sand Dune covering 14,629 km², the sand dunes surrounding the desert plain of Chaleh-Mesileh with 13,081 km², and the eastern sand dunes with 5,737 km² represented the largest sand dune formations in Iran. Furthermore, the morphodynamic assessment indicated that the highest movement rates exceeding 90 m occurred in the southern regions of the main Lut sand dunes, Sistan sand dunes, and Shotori ergs. In contrast, specific areas, such as the isolated sand dunes of Khuzestan, exhibited minimal movement—approximately 2 m—due to stabilization efforts by vegetation from 2005 to 2020.

Keywords: Sandstone Morphometry, Sandstone Morphodynamics, Iranian Sandstones.

Introduction

Morphology of sand dunes is influenced by various factors, including topography, wind speed, and wind direction. Given that the speed and direction of winds in a region can vary significantly across different seasons and due to diverse topographic influences, the morphology of sand dunes is also highly variable. Additionally, sand dunes exhibit active dynamics that can pose various hazards, such as encroaching on human settlements and creating dust centers, making their study crucial. Research on the geographical distribution of sand dunes worldwide has shown that a substantial portion is found in the subtropical high-pressure belt. As Iran is situated

*Corresponding Author

Maghsoudi, M. and Ganjaeian, H. (2025). Studying the distributions and areas of sand dunes in iran using remote sensing methods . *Geography and Environmental Planning*, 36 (2), 89 - 112 .



2252-0910 © University of Isfahan

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



10.22108/gep.2025.145019.1721

within the dry and desert belt of the world, sand dunes are both widespread and extensive throughout the country. Moreover, significant cities are located near these sand dunes, emphasizing the importance of understanding the natural factors at play, particularly the role of wind in sand transport. Despite the extensive presence of sand dunes in Iran, comprehensive studies on them are lacking. The existing research has primarily been case-specific with no thorough scientific investigations conducted, resulting in many of Iran's sand dunes remaining poorly understood or unknown. Given these issues, it is essential to identify and monitor Iran's sand dunes, provide a general classification, and evaluate their morphometric and morphodynamic characteristics. This research aimed to address these important aspects.

Materials and Methods

This study employed remote sensing methods, utilizing Google Earth and Landsat 8 images as the primary sources of research data. The key tools used were Google Earth and ArcGIS, the first of which facilitated mapping the areas of sand dunes and monitoring their movements, and the second was employed to create the necessary maps. Additionally, the Inverse Distance Weighting (IDW) interpolation method was utilized to generate a map illustrating sand dune movements. The study was conducted in 3 general stages aligned with its objectives. In the 1st stage, the information about the locations of sand dunes in Iran was gathered through library research. Subsequently, the precise locations of these dunes were mapped using Google Earth images and a manual digital method. In the 2nd stage, the mapped sand dunes were categorized into 9 classes based on their geographic locations. Following this classification, the total areas of each dune and its subcategories were calculated. In the 3rd stage, the status of sand dune movements from 2005 to 2020 was assessed using Google Earth images and the data from 791 sample points.

Research Findings

The findings indicated that the total area of Iran's sand dunes was 47,811 km², accounting for approximately 2.9% of the country's total area. Among these, Lut Erg covering 14,629 km² stood out as the largest, which constituted 30.6% of the total area of sand dunes in Iran. Following Lut Erg, the southern Alborz-Kavir Plain and the eastern sand dunes were the next largest with areas of 13,081 km² (27.4%) and 5,737 km² (12%), respectively. Monitoring the movements of sand dunes using 791 sampling points revealed significant movements between 2005 and 2020. In certain areas, particularly in the southern regions of the main Lut sandbank, sand dunes had shifted by approximately 100 m. Additionally, Sistan and Baluchestan Erg and Shottiri Erg exhibited considerable movements during this period. Conversely, in regions, such as the isolated erg of Khuzestan, the movements of sand dunes was minimal—about 2 m—due to stabilization from vegetation cover between 2005 and 2020.

Discussion of Results & Conclusion

The findings of this study demonstrated that sand dunes were significantly distributed across Iran, covering extensive areas of the country's desert and coastal regions. This geographical diversity had led to the assignment of different names to sand dunes in various regions. Due to their wide variety and the absence of a comprehensive classification system, this study categorized Iran's sand dunes into 9 distinct classes based on their locations. The results indicated that the total area of sand dunes in Iran was 47,811 km², representing approximately 2.9% of the country's total area. Notably, Lut Riq was identified as the largest sand dune formation, encompassing 30.6% of the total sand dune area in Iran. Furthermore, assessment of the morphodynamic status of these sand dunes revealed that in some regions, the rate of movement between 2005 and 2020 exceeded 90 m. Overall, this study highlighted the extensive nature of Iran's sand dunes, many of which exhibited active dynamics. Given that a significant portion of these sand dunes is located near populated areas, it is crucial to implement measures to prevent their encroachment on human settlements. Establishing vegetation cover as successfully done in certain areas of Khuzestan is one effective strategy to mitigate this issue.

مقاله پژوهشی

بررسی وضعیت پراکندگی و وسعت ریگزارهای ایران با استفاده از روش‌های سنجش از دوری

مهران مقصودی* ، استاد ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

maghsoud@ut.ac.ir

حمید گنجائیان، دکترای تخصصی ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران

h.ganjaeian@ut.ac.ir

چکیده

ریگزارها از عوارض مناطق بیابانی هستند که گستردگی زیادی در ایران دارند. ریگزارها می‌توانند با اثرات محیط‌زیستی زیادی همراه باشند؛ باوجوداین، در برنامه‌ریزی‌های مختلف بسیار اهمیت دارند و به همین دلیل در این پژوهش وضعیت مورفومتری و مورفودینامیکی ریگزارهای ایران ارزیابی شد. در این تحقیق از تصاویر گوگل ارث به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شد. در این تحقیق ابتدا محدوده تمامی ریگزارهای ایران ترسیم شد و سپس ریگزارهای ایران با توجه به موقعیت مکانی به ۹ منطقه تقسیم شد. در ادامه، بر مبنای تصاویر گوگل ارث و ۷۹۱ نقطه نمونه، وضعیت حرکت تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران در طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ ارزیابی شد. نتایج این تحقیق نشان می‌دهد وسعت کل ریگزارهای ایران ۴۷۸۱۱ کیلومترمربع است که حدود ۲/۹ درصد از مساحت ایران را شامل می‌شود. نتایج ارزیابی مساحت ریگزارهای ایران نشان می‌دهد ریگ لوت با ۱۴۶۲۹ کیلومترمربع، ریگزارهای اطراف دشت کویر-چاله مسیله با ۱۳۰۸۱ کیلومترمربع و ریگزارهای شرقی با ۵۷۳۷ کیلومترمربع وسعت، بزرگ‌ترین ریگزارهای ایران هستند. همچنین نتایج ارزیابی وضعیت حرکت تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران در طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ نشان می‌دهد بیشترین میزان حرکت با بیش از ۹۰ متر به تپه‌های ماسه‌ای مناطق جنوبی ریگ اصلی لوت، ریگزارهای سیستان و ریگ شتری مربوط بوده است. همچنین در بعضی از مناطق مانند ریگزارهای مفرد خوزستان به دلیل تثبیت تپه‌های ماسه‌ای با پوشش گیاهی حرکت تپه‌های ماسه‌ای حدود ۲ متر بوده که بیانگر نقش مؤثر فعالیت‌های انسانی در کنترل حرکت تپه‌های ماسه‌ای است.

واژه‌های کلیدی: مورفومتری ریگزارها، مورفودینامیک ریگزارها، ریگزارهای ایران

*نویسنده مسؤول

مقصودی، مهران و گنجائیان، حمید. (۱۴۰۴). ارزیابی وضعیت مورفومتری و مورفودینامیکی ریگزارهای ایران، *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۶ (۲)، ۸۹-۱۱۲.



مقدمه

ریگزارها به مناطقی گفته می‌شود که به وسیله مجموعه‌ای از تپه‌های ماسه‌ای در اشکال و اندازه‌های مختلفی تشکیل شده است (Zhu et al., 2021, p. 2; Sparavigna, 2013, p. 34). تپه‌های ماسه‌ای به تپه یا رشته‌ارتفاعاتی شنی گفته می‌شود که بر اثر وزش باد و جابه‌جاشدن شن پدید آمده باشد. این گونه تپه‌ها در مناطق خشک ایران پراکندگی زیادی دارند. باتوجه به اینکه ماسه‌ها به وسیله باد حمل و در محلی دیگر بر روی هم انباشته شده‌اند، تپه‌های ماسه‌ای جزء اشکال تراکمی مناطق بیابانی محسوب می‌شوند (محمودی، ۱۳۸۱، ص. ۲). در بسیاری از مناطق از کنار هم قرار گرفتن تپه‌های ماسه‌ای با اشکال متنوعی مانند ستاره‌ای، خطی، عرضی و... میدان‌های ماسه‌ای شکل گرفته‌اند (Lancaster, 1989, p. 30-32; Pye & Tsoar, 2009, p. 5-10). مورفولوژی میدان‌های ماسه‌ای تحت تأثیر عوامل زیربنایی مانند توپوگرافی و همچنین سرعت و جهت باد است (شریفی‌پیچون و همکاران، ۱۳۹۹، ص. ۲؛ مقصودی و همکاران، ۱۴۰۳، ص. ۲). سرعت و جهت بادهای منطقه در طی فصول مختلف سال و همچنین تحت تأثیر عوامل مختلف توپوگرافی با تغییرات زیادی همراه است (Taniguchi, 2012, p. 287)؛ بنابراین، مورفولوژی میدان‌های ماسه‌ای نیز بسیار متغیر است (صادقی‌روش، ۱۳۹۷، ص. ۹۶؛ مقصودی و همکاران، ۱۳۹۹، ص. ۱۳۲). همچنین میدان‌های ماسه‌ای دینامیک فعالی دارند که می‌توانند باعث بروز مخاطرات زیادی همچون پیشروی به سمت کاربری‌های انسانی و ایجاد کانون‌های گردوغبار شوند و همین مسئله سبب شده است تا مطالعه این عوارض بسیار حائز اهمیت باشد (سیف و رامشت، ۱۳۹۲، ص. ۱۲۲؛ اختصاصی و دادفر، ۱۳۹۲، ص. ۶۲؛ مقصودی و همکاران، ۱۴۰۰، ص. ۱۱۴؛ گنجائیان و همکاران، ۱۴۰۳، ص. ۲).

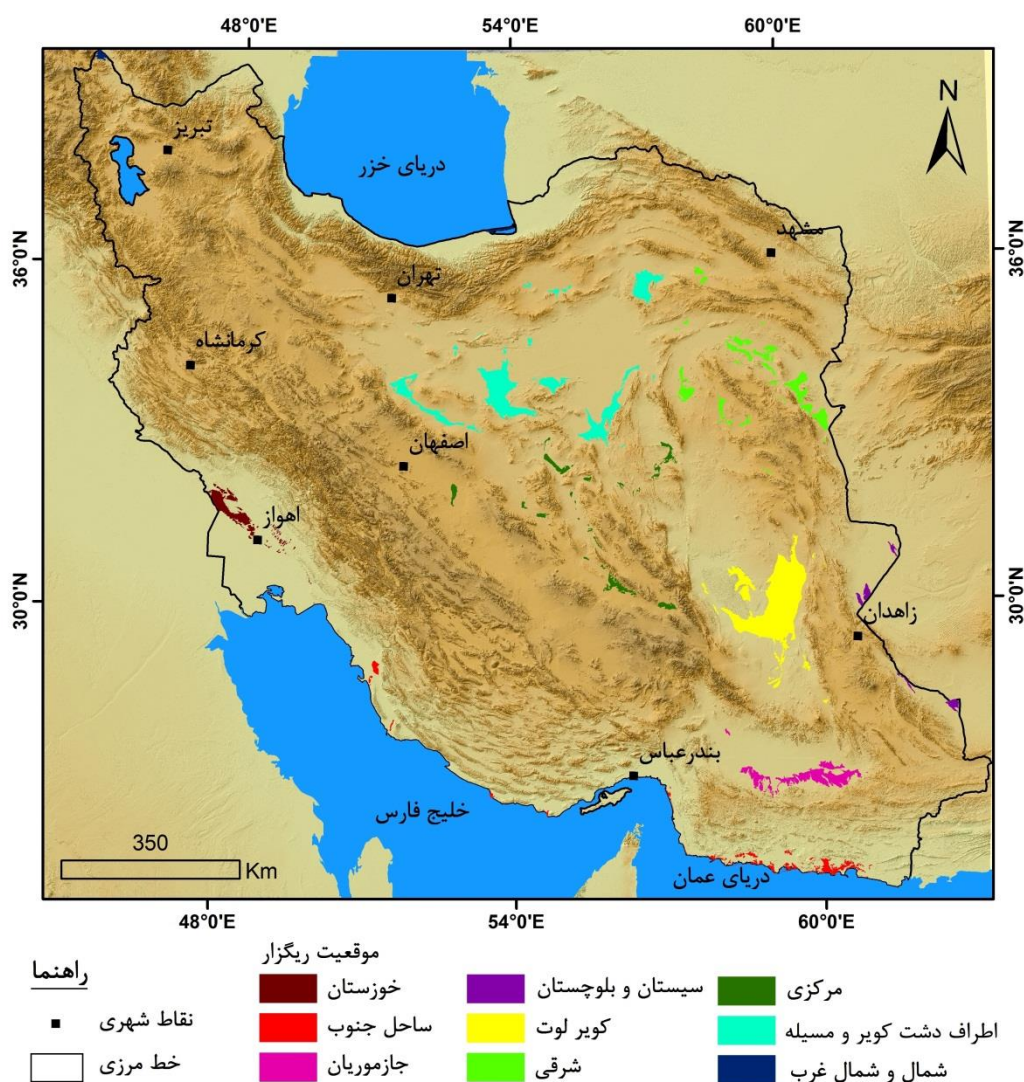
بررسی‌های صورت گرفته درباره پراکنش جغرافیایی ریگزارها در دنیا نشان داده که بخش زیادی از ریگزارها در کمربند پرفشار جنب حاره قرار گرفته است (نگهبان و همکاران، ۱۴۰۳، ص. ۳۸۷). باتوجه به اینکه کشور ایران در کمربند خشک و بیابانی جهان قرار گرفته است (صفری نامیوندی و همکاران، ۱۴۰۲، ص. ۲؛ گنجائیان و همکاران، ۱۴۰۲، ص. ۳۶)، ریگزارها در ایران پراکندگی و وسعت زیادی دارند (Maghsoudi et al., 2017, p. 34). همچنین شهرهای مهمی در مجاورت ریگزارها استقرار یافته‌اند (عباسی، ۱۴۰۰، ص. ۳۸)؛ به همین دلیل تأثیر عوامل طبیعی به ویژه نقش باد در انتقال ماسه باعث شده است تا مطالعه ریگزارها اهمیت زیادی داشته باشد. باتوجه به موارد ذکر شده، شناسایی و پایش ریگزارهای ایران و ارائه طبقه‌بندی کلی و ارزیابی وضعیت مورفومتری و مورفودینامیکی آنها بسیار اهمیت دارد که در این پژوهش بررسی خواهد شد. درواقع، بررسی جامع تمام ریگزارهای ایران و ارائه نقشه‌ای دقیق از آنها و همچنین بررسی وضعیت مورفومتری آنها که در این پژوهش به آنها پرداخته خواهد شد، می‌تواند کاربرد زیادی در برنامه‌ریزی‌های کلان داشته باشد و مقدمه‌ای برای مطالعات بعدی باشد.

درباره موضوع مطالعه شده، تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که می‌توان به (Del Valle et al., 2008) اشاره کرد که وضعیت فعالیت تپه‌های ماسه‌ای در شمال شرقی پاتاگونیا را بررسی کردند. نتایج این تحقیق بیانگر جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای این منطقه تحت تأثیر بادهای منطقه است. (Hamdan et al., 2016) ویژگی‌های ژئومورفولوژی و وضعیت جابه‌جایی برخان‌ها را در جنوب شرقی بیابان غربی مصر بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داده میزان

حرکت تپه‌های ماسه‌ای منطقه بین ۳ تا ۱۰/۸ متر در سال است. (Sun & Gao, 2022) وضعیت ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای بیابان تاکلاماکان را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داده است که تپه‌های مناطق شرقی منطقه حالت یکنواخت‌تری نسبت به مناطق غربی دارند. (Ma et al., 2024) ویژگی‌های ژئومورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای مناطق جنوب شرقی صحرای تاکلاماکان را بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داده است که تحت‌تأثیر بادهای شمال شرقی منطقه، برخان‌ها از حالت متقارن خارج شده‌اند. (Guan et al., 2025) اندازه رسوبات تپه‌های ماسه‌ای در صحرای Hobq چین را ارزیابی کردند. نتایج این تحقیق بیانگر اندازه متفاوت رسوبات در خط‌الرأس، مناطق پایین‌دست و پشت تپه‌های ماسه‌ای است. در ایران نیز **وسو و همکاران (۱۳۹۳)** رابطه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای را با شاخص‌های مورفومتری در شرق بابل‌سر بررسی کردند. نتایج این تحقیق نشان داده است که ارتفاع تپه‌های ماسه‌ای با تغییر طول دامنه پشت به باد و تغییر طول قله، تغییر می‌کند. **مال‌امیری و همکاران (۱۳۹۶)** نظریه عدم‌تغییرات مکانی ریگزارها را ارزیابی کردند. نتایج این تحقیق نشان داده که طرح‌های مبتنی بر تثبیت ریگزارهای بزرگ، کارایی لازم را نداشته است. **حنیفه‌پور و همکاران (۱۴۰۱)** عوامل اقلیمی مؤثر بر تحرک‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای در کویر سیرجان را پایش و پیش‌بینی کردند. نتایج این تحقیق نشان داده است در صورتی که فراوانی بادهای فرساینده به میزان ۳۰ درصد افزایش یابد، فعالیت تپه‌های ماسه‌ای به میزان ۶۹ درصد افزایش خواهد یافت. **مشهدی (۱۴۰۳)** مورفودینامیک تپه‌های ماسه‌ای و الگوهای بادهای جنوب شرق قم را بررسی کرده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که در روند تکامل تپه‌های ماسه‌ای منطقه، تحت‌تأثیر بادهای قوی شمال غرب ابتدا تپه سپر تشکیل و سپس تبدیل به بارخان دوجبه‌ای می‌شود. بررسی تحقیقات صورت‌گرفته در ایران نشان می‌دهد در این تحقیقات ریگزارهای ایران به‌طور موردی بررسی شده است؛ ولی در این تحقیق برخلاف تحقیقات پیشین، وضعیت مورفومتری و مورفودینامیک تمام ریگزارهای ایران مطالعه شده است.

منطقه مطالعه شده

منطقه مطالعه‌شده این تحقیق شامل تمام ریگزارهای ایران است. در اینجا منظور از واژه ریگ همان میدان‌های ماسه است که از اشکال مختلفی از تپه‌های ماسه‌ای تشکیل شده‌اند. شاید یکی از بهترین تقسیم‌بندی‌ها برای ریگ‌های ایران طبقه‌بندی آنها براساس موقعیت جغرافیایی آنها باشد (Maghsoudi & Ganjaeian, 2025, p. 42). بر همین اساس در این پژوهش برای سهولت مطالعه و همچنین دستیابی به تحلیل فضایی مناسب، ریگ‌ها براساس موقعیت آنها دسته‌بندی شده‌اند که عبارت‌اند از: ۱- ریگ‌های خوزستان؛ ۲- ریگ‌های سواحل جنوبی؛ ۳- ریگ‌های جازموریان؛ ۴- ریگ‌های سیستان و بلوچستان؛ ۵- ریگ‌های لوت؛ ۶- ریگ‌های مرکزی؛ ۷- ریگ‌های اطراف دشت کویر و چاله مسیله؛ ۸- ریگ‌های شرقی؛ ۹- ریگ‌های شمال و شمال غرب (شکل ۱).



شکل ۱: نقشه پراکندگی ریگزارهای ایران

Fig 1: Distribution map of Iranian Ergs

روش تحقیق

در این تحقیق از روش‌های سنجش از دوری استفاده شده؛ به‌طوری‌که تصاویر گوگل ارث مهم‌ترین داده‌های تحقیق بوده است. مهم‌ترین ابزارهای تحقیق، گوگل ارث (برای ترسیم محدوده ریگزارها و پایش میزان حرکت آنها) و ArcGIS (برای تهیه نقشه‌های مدنظر) بوده است. همچنین در این تحقیق از روش درونیایی IDW برای تهیه نقشه میزان جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای استفاده شده است. باتوجه به موضوع و اهداف مدنظر، این تحقیق در سه مرحله کلی انجام شده که در ادامه شرح داده شده است:

- **مرحله اول (شناسایی و ترسیم موقعیت ریگزارهای ایران):** در این مرحله برای ترسیم موقعیت ریگزارهای ایران ابتدا با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای اطلاعاتی درباره موقعیت ریگزارها به دست آمده و سپس با استفاده از تصاویر گوگل ارث و به روش رقومی دستی موقعیت دقیق ریگزارها ترسیم شده است. شایان ذکر است که باتوجه به

مورفولوژی و پوشش متفاوت ریگزارها استخراج دقیق محدوده ریگزارها با استفاده از روش‌های مختلف سنجش از دوری ممکن نیست (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۷، ص. ۸۱)؛ به همین دلیل از روش رقومی دستی استفاده شده است.

• **مرحله دوم (ارزیابی وضعیت مورفومتری ریگزارهای ایران):** در این مرحله ابتدا ریگزارهای ترسیم‌شده، بر مبنای موقعیت مکانی به ۹ طبقه تقسیم شده است؛ پس از طبقه‌بندی ریگزارها مجموع مساحت هرکدام از ریگزارها (در سال ۲۰۲۰) و همچنین زیرمجموعه‌های آنها محاسبه شده است.

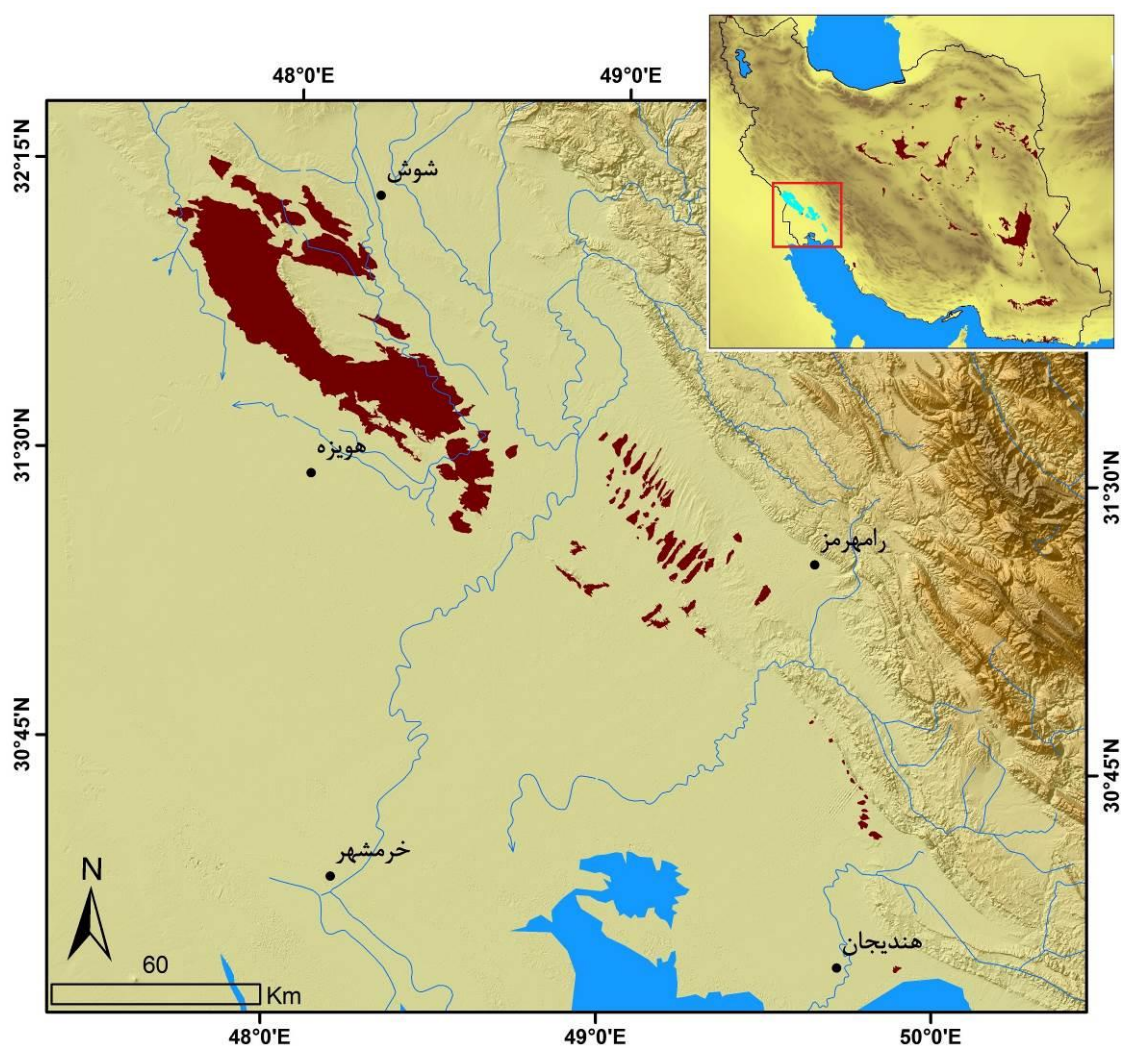
• **مرحله سوم (بررسی وضعیت حرکت تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران):** برای ارزیابی میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای روش‌های مختلفی وجود دارد. در این پژوهش پس از آزمایش روش‌های مختلف سنجش از دوری همچون روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و شیء‌گرا، درنهایت از روش نمونه‌برداری استفاده شده و براساس آن، میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای در هر ریگزار در طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ ارزیابی شده است. درواقع، در این پژوهش بر مبنای تصاویر گوگل ارث و همچنین اطلاعات به‌دست‌آمده از مطالعات کتابخانه‌ای و بازدیدهای میدانی، میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای در ۷۹۱ نقطه تعیین شده است؛ پس از تعیین نقاط نمونه و ارزیابی میزان جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای در هر نقطه، با استفاده از روش درونیابی IDW نقشه میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران تهیه شده است.

بحث و نتایج

مورفومتری ریگزارهای ایران

همان‌طورکه گفته شد، ریگزارهای ایران را از نظر موقعیت مکانی می‌توان به ۹ دسته تقسیم کرد. در این پژوهش پس از پایش و ترسیم محدوده ریگزارهای ایران، به تفکیک موقعیت مکانی آنها وضعیت مورفومتری آنها ارزیابی شده است:

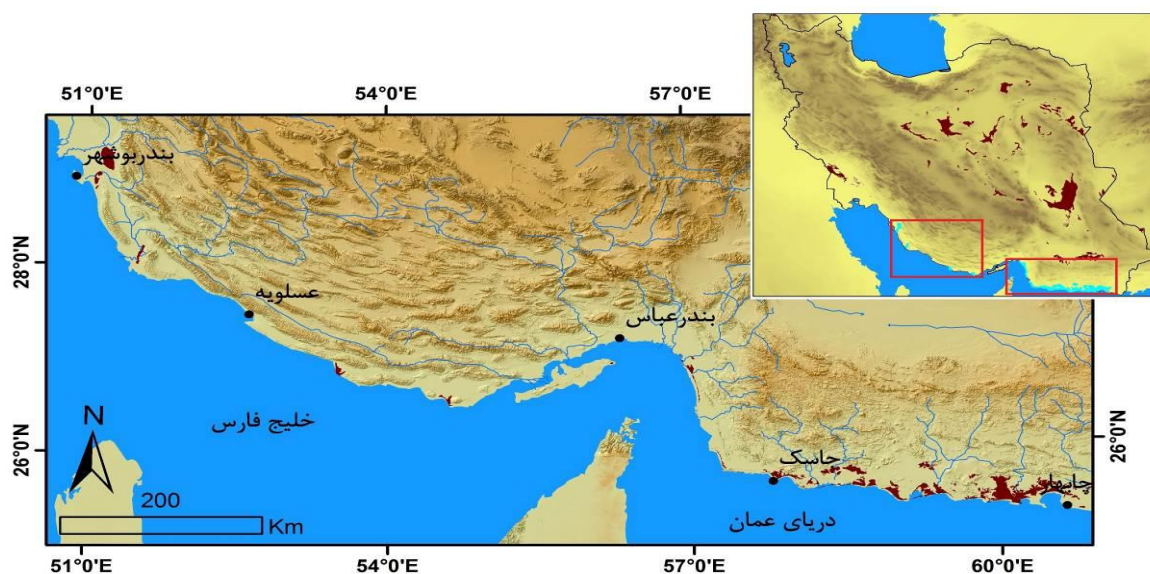
- **ریگ‌های خوزستان:** ریگ خوزستان از ریگزارهای بزرگ ایران است که در جنوب غربی کشور واقع شده است. مساحت مجموع ریگ‌های خوزستان ۲۶۲۹ کیلومترمربع (معادل ۵/۵ درصد از کل ریگزارهای ایران) است (مقصودی و گنجائیان، ۱۴۰۴، ص. ۱). این ریگ به صورت یکپارچه و پیوسته نیست و از تعداد زیادی ریگ کوچک و بزرگ تشکیل شده است که با روند شمال غربی-جنوب شرقی کشیده شده است؛ به همین دلیل از نظر موقعیت ریاضی بین طول جغرافیایی ۳۶' ۴۷° تا ۵۴' ۴۹° شرقی و عرض ۱۳' ۳۰° تا ۱۶' ۳۲° شمالی قرار گرفته است. از نظر تقسیمات سیاسی بخش زیادی از این ریگ در محدوده استان خوزستان قرار دارد و فقط بخش کوچکی از آن در مناطق جنوبی شهرستان دهلران در استان ایلام واقع است. همچنین این ریگ در استان خوزستان در محدوده شهرستان‌های شوش، دشت آزادگان، اهواز، باوی، رامهرمز، رامشیر، امیدیه و هندیجان قرار دارد (شکل ۲).



شکل ۲: نقشه موقعیت ریگ‌های خوزستان

Fig 2: Location map of Khuzestan's Ergs

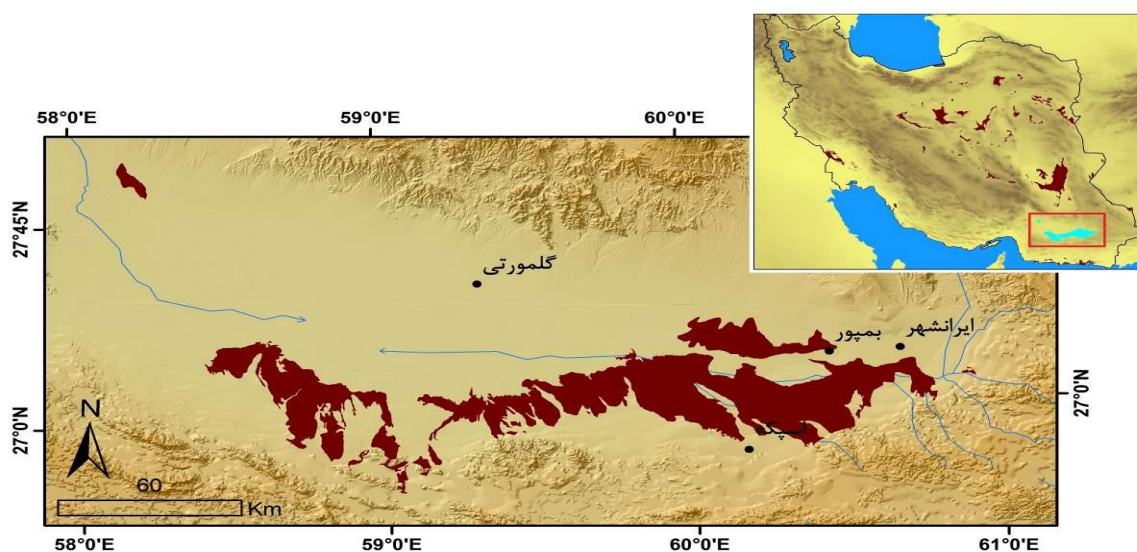
- ریگ‌های سواحل جنوبی: این ریگ با روند غربی-شرقی از شهرستان دشتستان استان بوشهر شروع می‌شود و تا غرب شهرستان چابهار ادامه دارد (شکل ۳). از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده استان‌های بوشهر، هرمزگان و سیستان و بلوچستان قرار دارد. مساحت این ریگ ۲۷۵۱ کیلومترمربع (معادل ۵/۸ درصد از کل ریگزارهای ایران) است. این ریگ در سواحل خلیج فارس به صورت پراکنده وجود دارد؛ ولی در سواحل دریای عمان خصوصاً از محدوده جاسک تا چابهار به صورت پیوسته گسترده شده است.



شکل ۳: نقشه موقعیت ریگ‌های سواحل جنوبی

Fig 3: Map of the location of Ergs on the southern coast

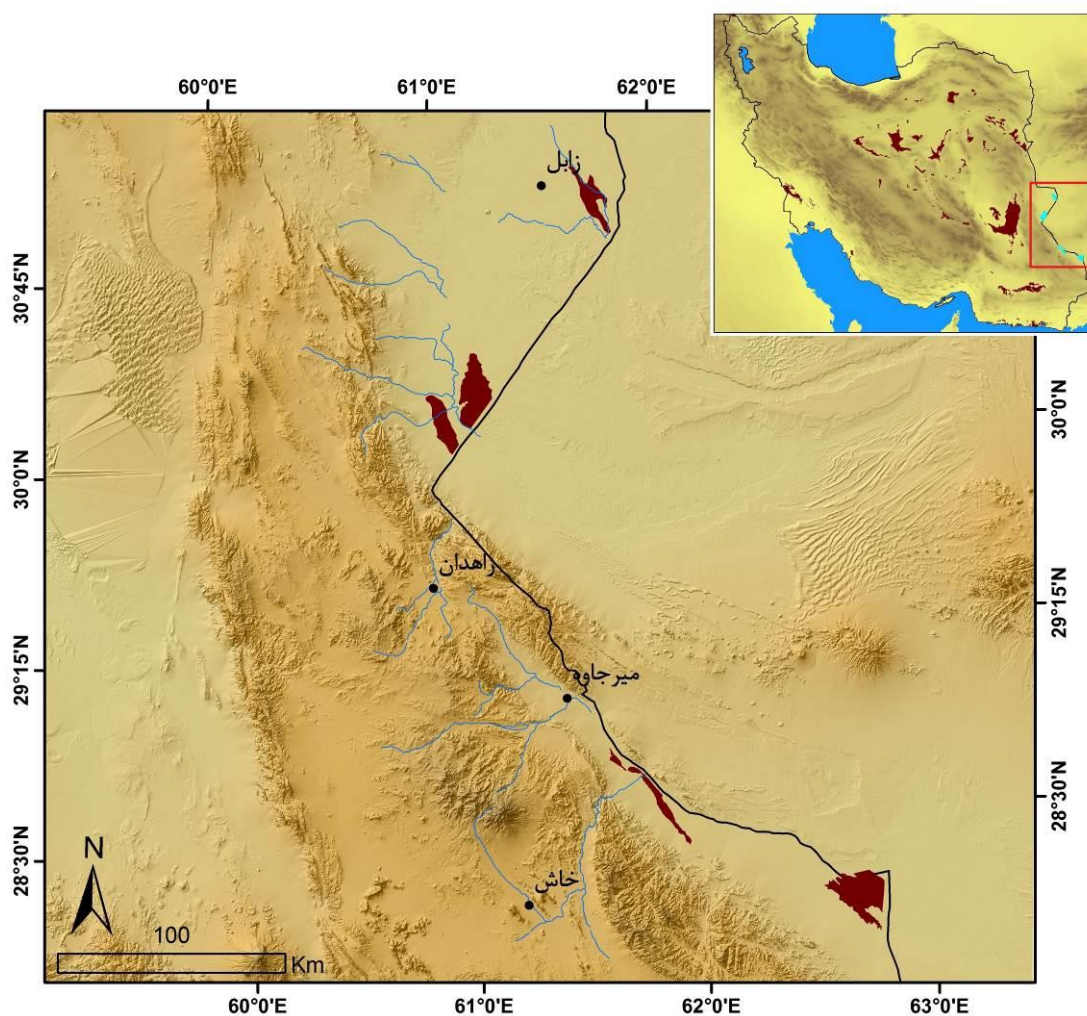
- ریگ‌های جازموریان: ریگ جازموریان از ریگزارهای واقع در جنوب شرقی کشور محسوب می‌شود. این ریگ از نظر موقعیت ریاضی بین طول جغرافیایی $58^{\circ} 10'$ تا $60^{\circ} 56'$ شرقی و عرض $26^{\circ} 43'$ تا $27^{\circ} 59'$ شمالی قرار گرفته است (شکل ۴) و از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده دو استان کرمان و سیستان و بلوچستان قرار دارد و نزدیک‌ترین شهرها به آن ایرانشهر، بمپور، بزمان، گلمورتی و اسپکله است. این ریگ با مساحت ۴۲۶۱ کیلومترمربع (معادل ۸/۹ درصد از کل ریگزارهای ایران) از ریگزارهای بزرگ ایران محسوب می‌شود. ارتفاع ریگ در مناطق مختلف متفاوت است و بین ۳۷۰ تا ۹۵۰ متری از سطح دریای آزاد قرار دارد.



شکل ۴: نقشه موقعیت ریگ‌های جازموریان

Fig 4: Location map of the Jazmurian Ergs

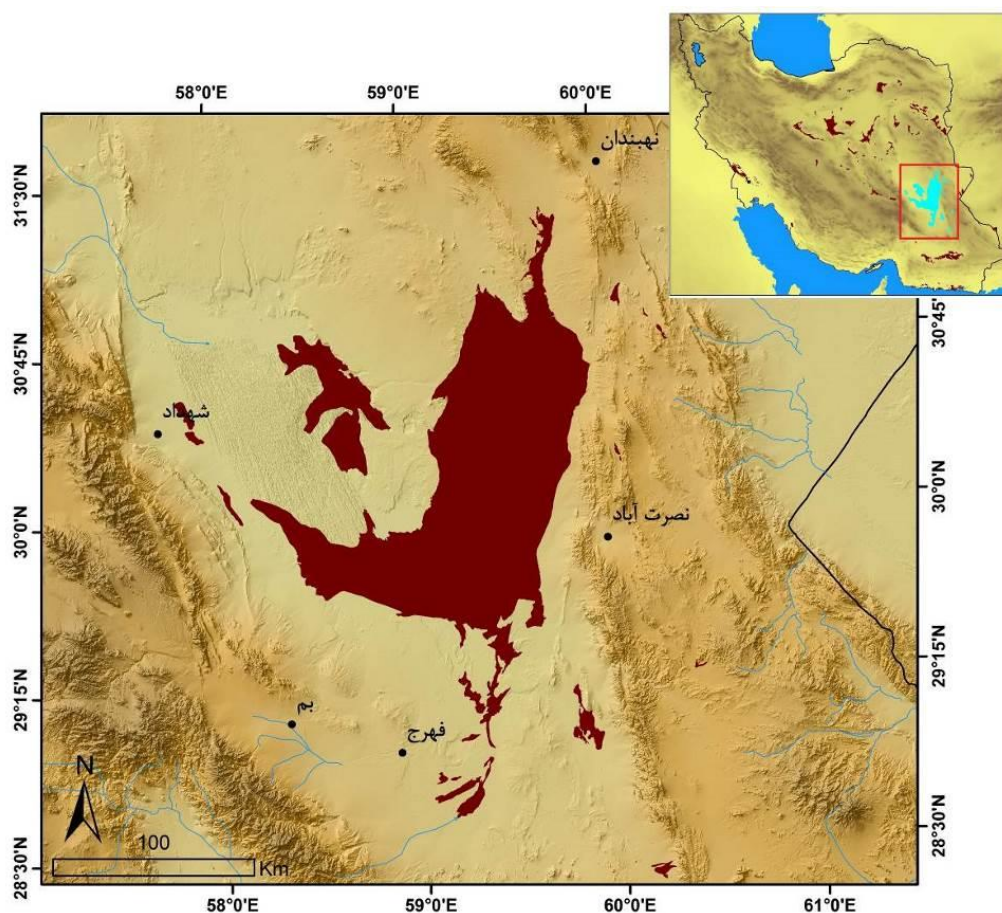
- **ریگ‌های سیستان و بلوچستان:** ریگ‌های سیستان و بلوچستان از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده استان سیستان و شهرستان‌های هیرمند، زهک، زابل، زاهدان، خاش و سراوان قرار دارد. مساحت این ریگ ۱۰۶۸ کیلومترمربع (معادل ۲/۳ درصد از کل ریگزارها ایران) است. این ریگ‌ها به صورت یکپارچه نیست؛ بلکه به صورت چند ریگ کوچک و بزرگ است که شرق استان سیستان و بلوچستان را در بر گرفته است (شکل ۵).



شکل ۵: نقشه موقعیت ریگ‌های سیستان و بلوچستان

Fig 5: Map of the location of the Ergs of Sistan and Baluchestan

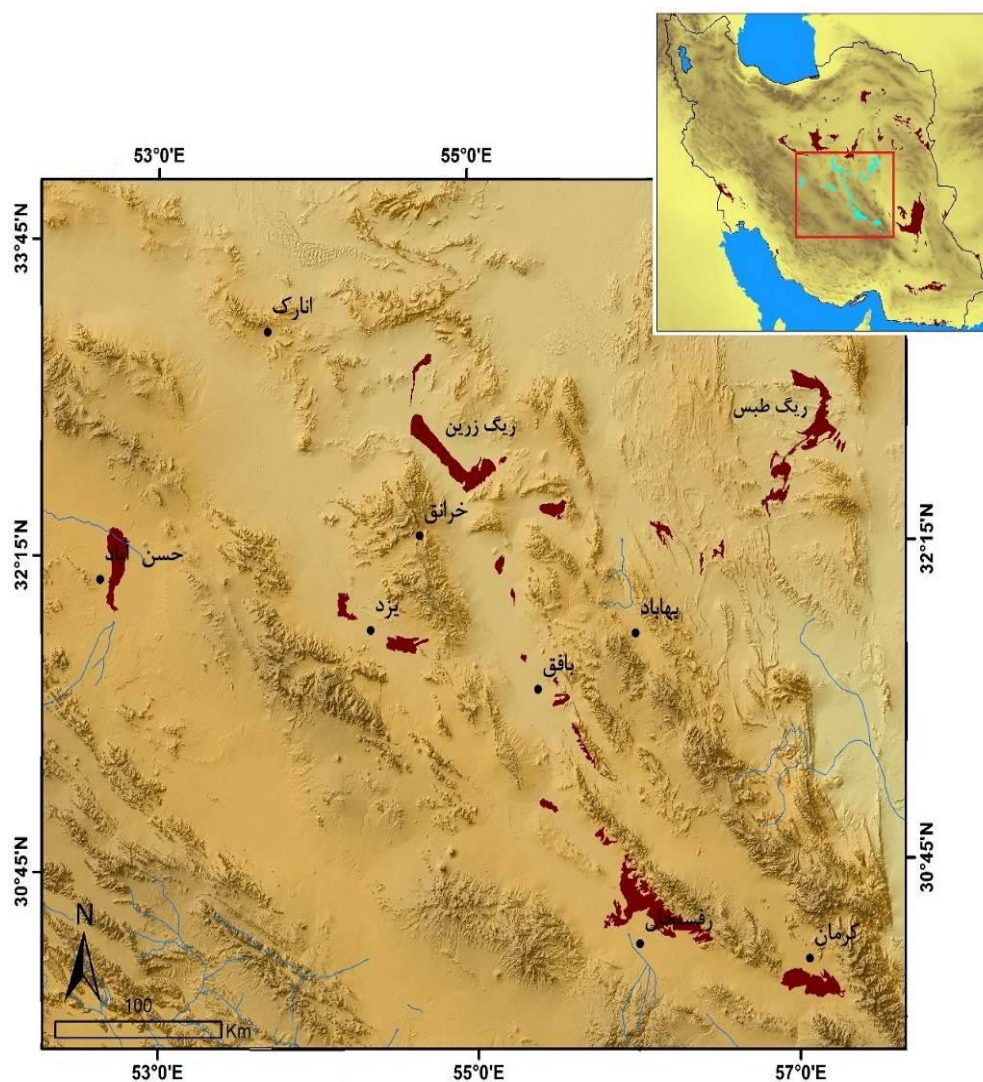
- **ریگ‌های لوت:** ریگ لوت از مهم‌ترین ریگ‌های ایران است که از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده استان‌های کرمان، سیستان و بلوچستان و خراسان جنوبی قرار دارد (شکل ۶). این ریگ با مساحت ۱۴۶۲۹ کیلومترمربع ۳۰/۶ درصد از ریگزارهای ایران را شامل می‌شود و بر این اساس، بزرگ‌ترین ریگ ایران است. در این پژوهش مجموعه ریگزارهای واقع در کویر لوت تحت عنوان ریگ لوت در نظر گرفته شده است که مهم‌ترین آنها ریگ یلان است که بلندترین تپه‌های ماسه‌ای را در دنیا دارد.



شکل ۶: نقشه موقعیت ریگ‌های لوت

Fig 6: Location map of Lut Ergs

- **ریگ‌های مرکزی:** ریگ مرکزی به مجموعه ریگزارهای واقع در غرب لوت و جنوب دریاچه قم اطلاق می‌شود. این ریگ‌ها از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده استان‌های خراسان جنوبی، اصفهان، یزد و کرمان قرار دارد. مساحت این ریگ‌ها ۳۲۲۱ کیلومترمربع (معادل ۶/۷ درصد از کل ریگزارهای ایران) است. این ریگ‌ها به صورت یکپارچه نیست و از ریگ‌های بزرگ و کوچکی همچون ریگ کرمان، ریگ رفسنجان، ریگ زرین، ریگ یزد-اشکذر، ریگ بهاباد-باق و ریگ طبس تشکیل شده است (شکل ۷). در بین ریگزارهای مرکزی، ریگ رفسنجان با وسعت ۷۴۰ کیلومترمربع (معادل ۲۶/۱ درصد از مساحت ریگ مرکزی) وسیع‌ترین ریگ است (جدول ۱).



شکل ۷: نقشه موقعیت ریگ‌های مرکزی

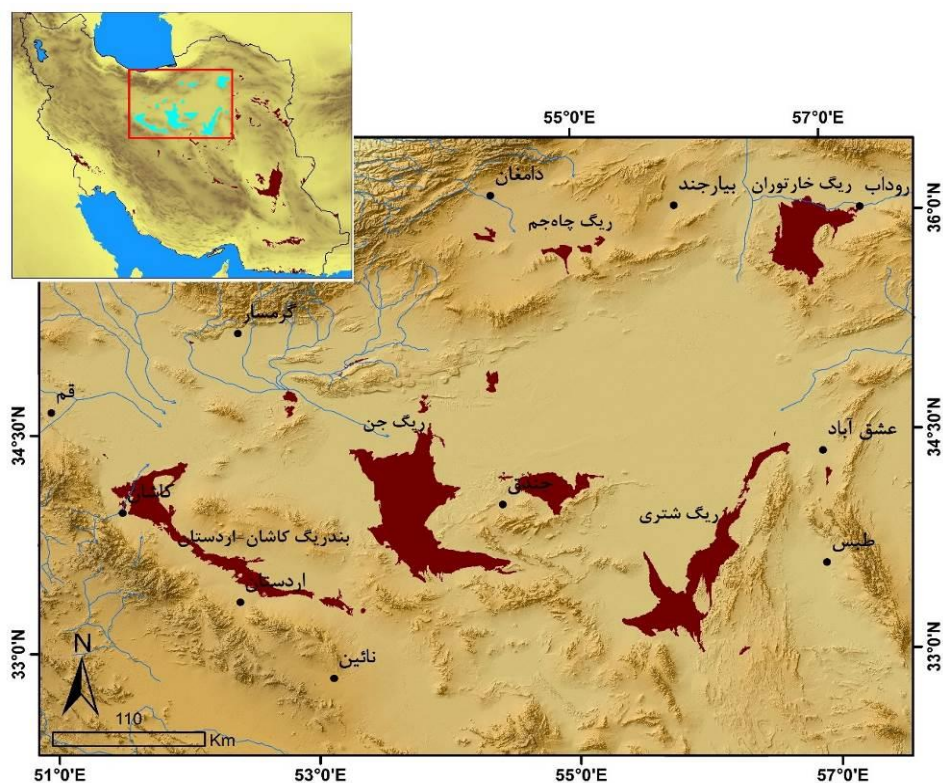
Fig 7: Location map of the central Ergs

جدول ۱: مساحت و درصد مساحت ریگزارهای مرکزی

Table 1: Area and percentage of area of central Ergs

ردیف	ریگ	مساحت	درصد مساحت
۱	کرمان	۳۲۸/۸	۱۰/۲
۲	رفسنجان	۷۴۰	۲۶/۱
۳	زرین	۵۹۹/۷	۱۸/۶
۴	یزد-اشکذر	۲۲۳/۸	۶/۹
۵	بهاپاد-بافق	۳۷۰/۵	۱۱/۵
۶	طبس	۵۸۵/۵	۱۸/۲
۷	سایر ریگ‌های منطقه	۲۷۲	۸/۴

- ریگ‌های اطراف دشت کویر و چاله‌مسيله: این ریگ‌ها به مجموعه ریگ‌های واقع در دشت کویر و مناطق اطراف چاله_مسيله اطلاق می‌شود. این ریگ‌ها از نظر تقسیمات سیاسی در محدوده استان‌های اصفهان، سمنان، خراسان رضوی و خراسان جنوبی قرار دارد (شکل ۸) و با مساحت ۱۳۰۸۱ کیلومترمربع (معادل ۲۷/۴ درصد از کل ریگزارهای ایران) از ریگ‌های بزرگ و کوچکی همچون بند ریگ کاشان و اردستان، ریگ جن، ریگ شتری، ریگ خارتوران و ریگ چاه جم تشکیل شده است. در بین ریگزارهای این منطقه، ریگ جن با وسعت ۴۷۴۴ کیلومترمربع (معادل ۳۶/۳ درصد از ریگزارهای منطقه) وسیع‌ترین ریگ است (جدول ۲).



شکل ۸: نقشه موقعیت ریگ‌های اطراف دشت کویر و چاله_مسيله

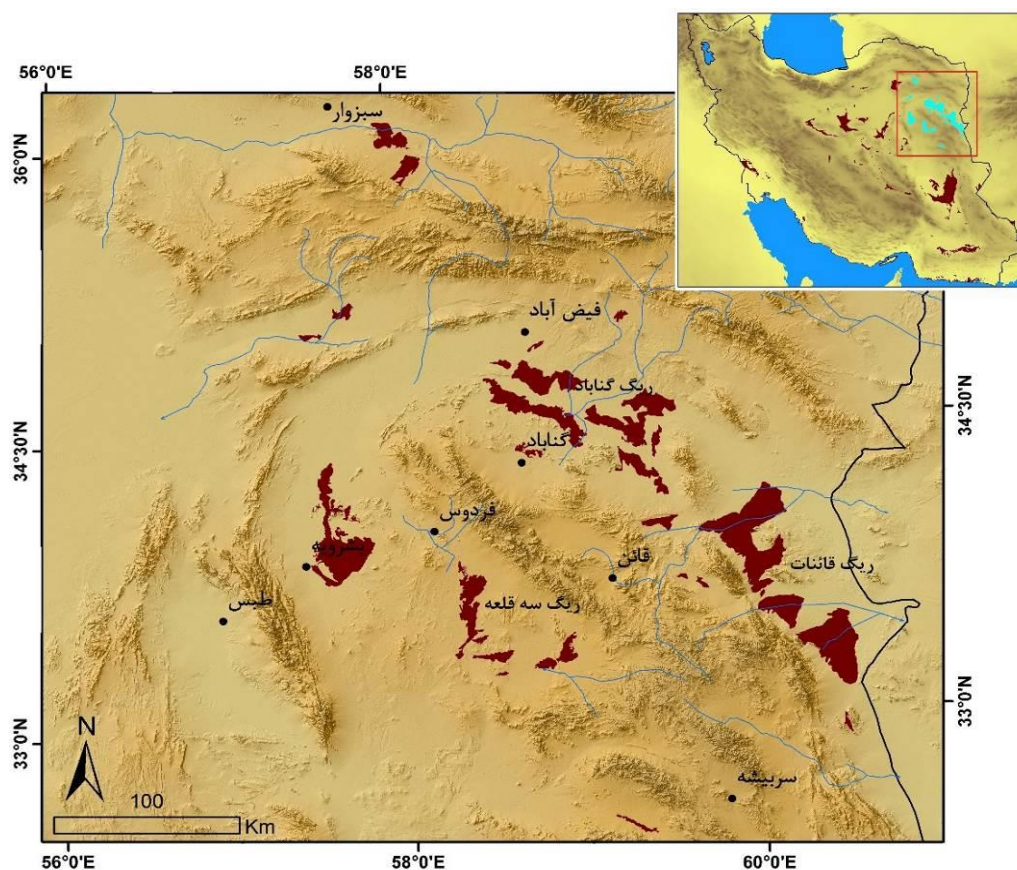
Fig 8: Map of the location of the Ergs around the desert plain and the Masileh hollow

جدول ۲: مساحت و درصد مساحت ریگ‌های اطراف دشت کویر و چاله_مسيله

Table 2: Area and percentage of the Ergs around the desert plain and the Masileh hollow

ردیف	ریگ	مساحت	درصد مساحت
۱	بند ریگ کاشان و اردستان	۲۱۳۴	۱۶/۳
۲	ریگ جن	۴۷۴۴	۳۶/۳
۳	ریگ شتری	۲۸۲۳	۲۱/۶
۴	ریگ خارتوران	۱۸۸۶	۱۴/۴
۵	ریگ چاه جم	۳۰۴	۲/۳
۶	سایر ریگ‌های منطقه	۱۱۹۰	۹/۱

- **ریگ‌های شرقی:** این ریگ‌ها از نظر تقسیمات سیاسی در محدودهٔ سیاسی استان‌های خراسان رضوی و خراسان جنوبی قرار دارد؛ به‌طوری‌که از شهرستان سبزوار در شمال شروع می‌شود و تا شهرستان‌های سریش و بیرجند در جنوب ادامه دارد (شکل ۹). این ریگ‌ها با مساحت ۵۷۳۷ کیلومترمربع (معادل ۱۲ درصد از کل ریگزارهای ایران) شامل ریگ بشرویه، ریگ سه‌قلعه، ریگ قائنات، ریگ گناباد و ریگ سبزوار می‌شود. در بین این ریگزارها، ریگ قائنات با وسعت ۲۲۲۴ کیلومترمربع وسیع‌ترین ریگ است (جدول ۳).



شکل ۹: نقشهٔ موقعیت ریگ‌های شرقی

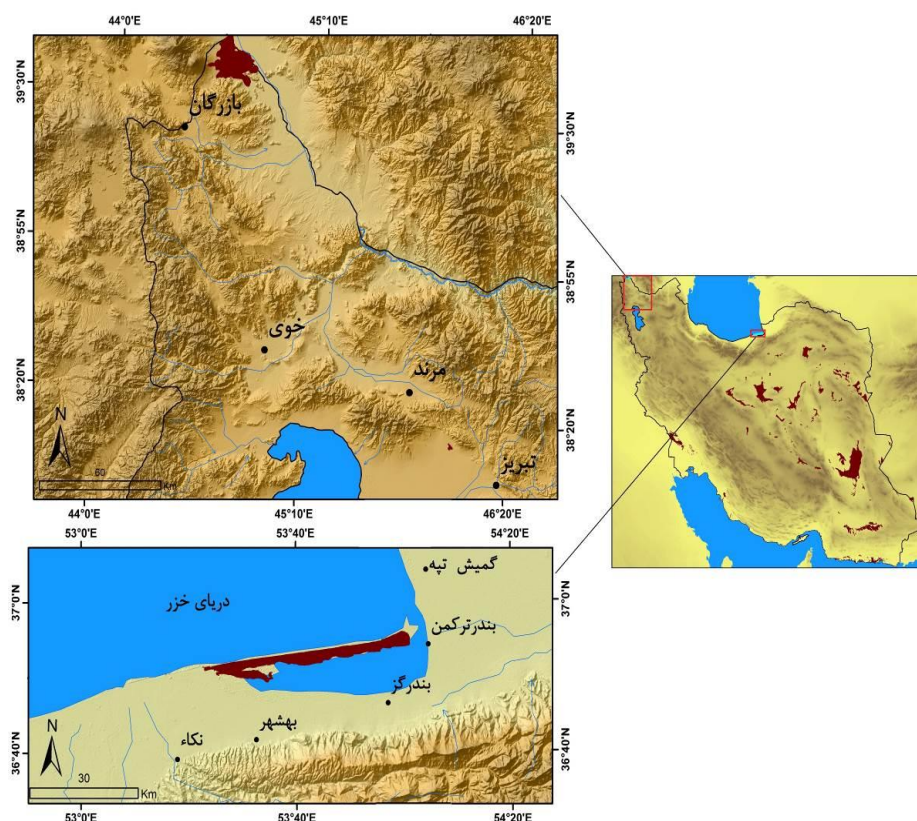
Fig 9: Location map of the eastern Ergs

جدول ۳: مساحت و درصد مساحت ریگزارهای شرقی

Table 3: Area and percentage of area of eastern Ergs

ردیف	ریگ	مساحت	درصد مساحت
۱	ریگ بشرویه	۸۲۷	۱۴/۴
۲	ریگ سه‌قلعه	۵۸۰	۱۰/۱
۳	ریگ قائنات	۲۲۲۴	۳۸/۸
۴	ریگ گناباد	۱۶۹۴	۲۹/۵
۵	ریگ سبزوار	۲۹۲	۵/۱
۶	سایر ریگ‌ها	۱۲۰	۲/۱

- ریگ‌های شمال و شمال غرب کشور: از مهم‌ترین ریگ‌های کشور، ریگزارهای واقع در سواحل دریای خزر و همچنین مناطق شمالی آذربایجان غربی و شرقی است. ریگ شمالی با مساحت ۱۶۴ کیلومترمربع در شهرستان بهشهر استان مازندران قرار دارد و ریگ شمال غرب نیز شامل دو ریگ است؛ یکی با مساحت ۴/۴ کیلومترمربع در شرق دریاچه ارومیه و دیگری نیز با مساحت ۲۶۶/۲ کیلومترمربع در شمال استان آذربایجان غربی قرار دارد (شکل ۱۰).



شکل ۱۰: نقشه موقعیت ریگ‌های شمال و شمال غرب

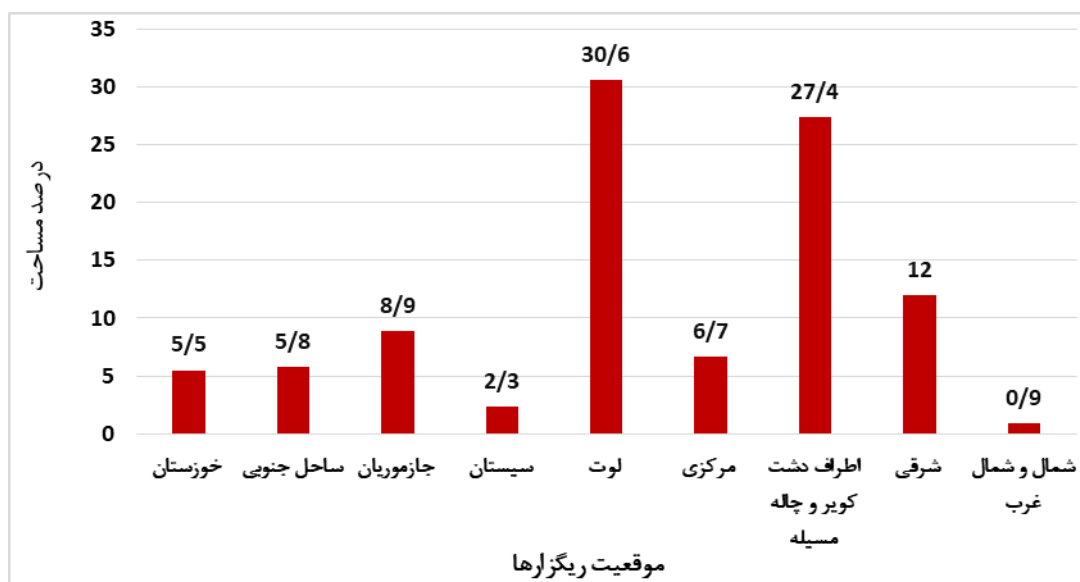
Fig 10: Map of the location of the northern and northwestern Ergs

با توجه به اطلاعات به دست آمده، مجموع مساحت ریگزارهای ایران ۴۷۸۱۱ کیلومترمربع است که حدود ۲/۹ درصد از مساحت ایران را شامل می‌شود. همچنین در بین ریگزارهای ایران، ریگ لوت بیشترین مساحت را دارد؛ به طوری که این ریگ با ۱۴۶۲۹ کیلومترمربع، ۳۰/۶ درصد از مساحت ریگزارها را در بر گرفته است. بعد از ریگ لوت، ریگزارهای اطراف دشت کویر و چاله مسیله و شرقی به ترتیب با ۱۳۰۸۱ (معادل ۲۷/۴ درصد از مساحت ریگزارها) و ۵۷۳۷ کیلومترمربع (معادل ۱۲ درصد از مساحت ریگزارها) بیشترین مساحت را دارند (جدول ۴ و شکل ۱۱).

جدول ۴: مساحت و درصد مساحت ریگزارها براساس موقعیت در ایران

Table 4: Area and percentage of sandbank area by location in Iran

ردیف	ریگزار	مساحت	درصد مساحت
۱	خوزستان	۲۶۲۹	۵/۵
۲	ساحل جنوب	۲۷۵۱	۵/۸
۳	جازموریان	۴۲۶۱	۸/۹
۴	سیستان	۱۰۶۸	۲/۳
۵	لوت	۱۴۶۲۹	۳۰/۶
۶	مرکزی	۳۲۲۱	۶/۷
۷	اطراف دشت کویر و چاله_مسيله	۱۳۰۸۱	۲۷/۴
۸	شرقی	۵۷۳۷	۱۲
۹	شمال و شمال غربی	۴۳۴	۰/۹

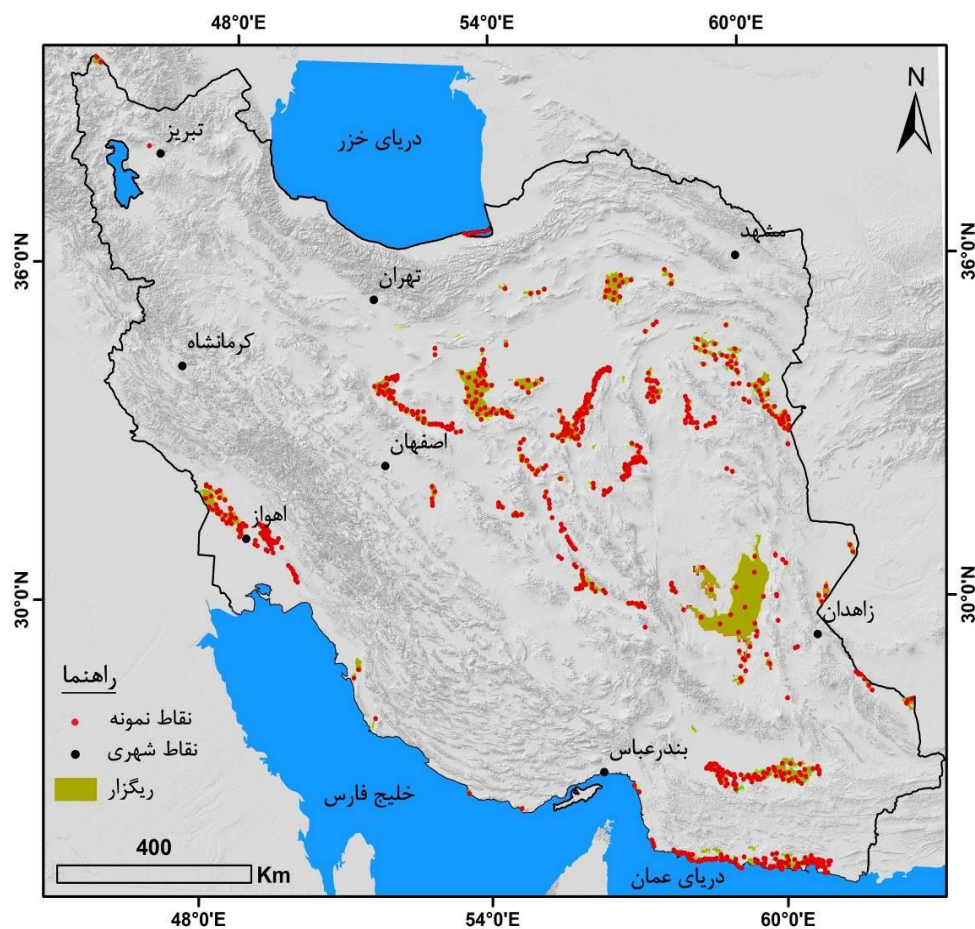


شکل ۱۱: نمودار مساحت و درصد مساحت ریگزارها براساس موقعیت در ایران

Fig 11: Diagram of area and percentage of area of Ergs based on location in Iran

بررسی وضعیت حرکت تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران

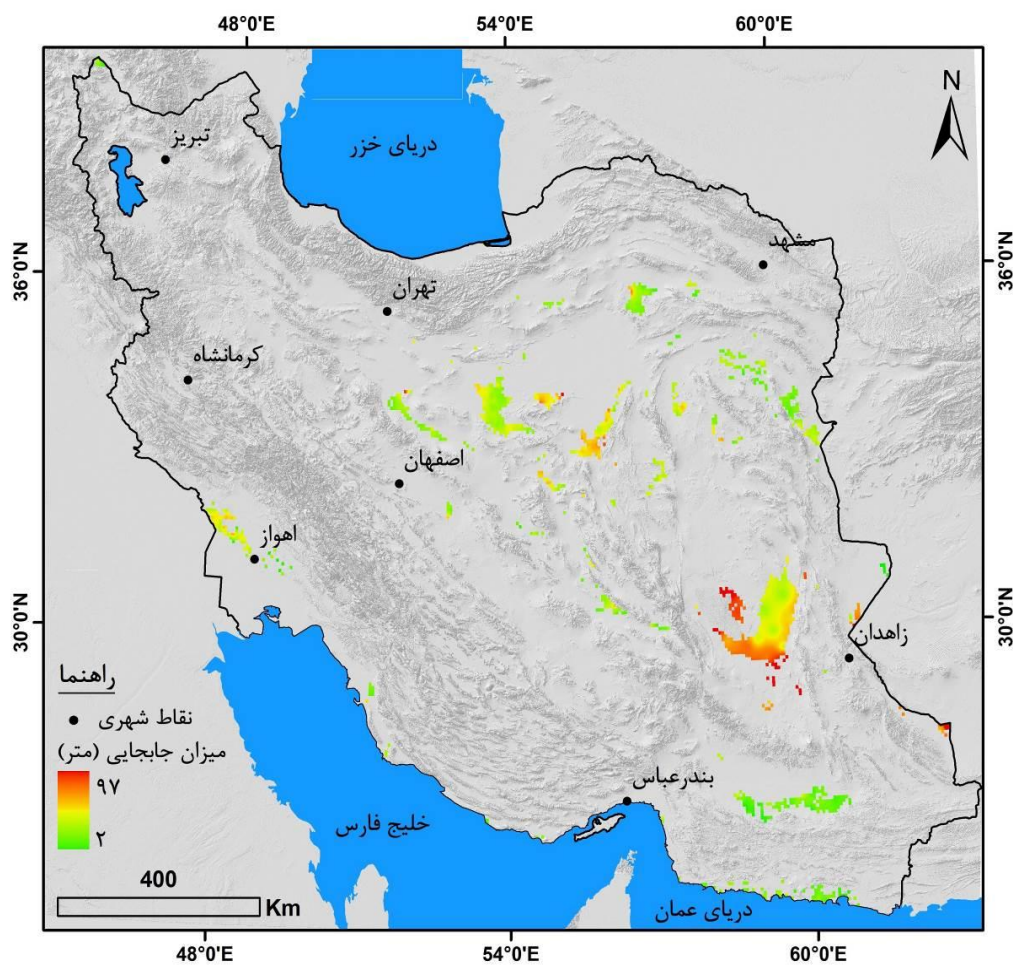
در این پژوهش برای بررسی وضعیت حرکت تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران از تصاویر گوگل ارث و ۷۹۱ نقطه نمونه استفاده و میزان جابه‌جایی تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران در طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ ارزیابی شده است (شکل ۱۲).



شکل ۱۲: موقعیت نقاط نمونه‌برداری شده

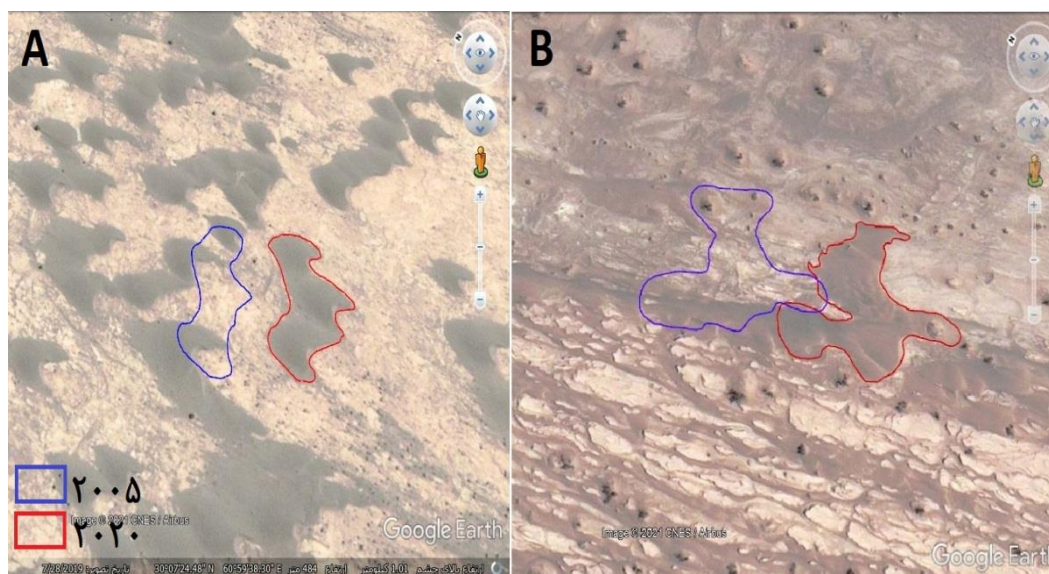
Fig 12: Location of sampled points

براساس نتایج حاصل از پایش حرکت تپه‌های ماسه‌ای با استفاده ۷۹۱ نقطه نمونه‌برداری شده، تپه‌های ماسه‌ای کشور در طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ حرکت قابل توجهی داشته‌اند؛ به‌طوری‌که در بعضی از مناطق مانند مناطق جنوبی ریگ اصلی لوت تپه‌های ماسه‌ای حدود ۱۰۰ متر جابه‌جا شده‌اند (شکل ۱۳). علاوه بر ریگ لوت، ریگزارهای سیستان و بلوچستان و شتری نیز جابه‌جایی زیادی داشته‌اند. همچنین در بعضی از مناطق مانند ریگزارهای مفرد خوزستان به دلیل تثبیت تپه‌های ماسه‌ای با پوشش گیاهی حرکت تپه‌های ماسه‌ای در طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ حدود ۲ متر بوده است. شایان ذکر است که ممکن است در جاهایی میزان حرکت، بیش از این مقدار نیز بوده باشد ولی باتوجه به اینکه در نقشه‌های تهیه شده فقط از نقاط نمونه‌برداری استفاده شده است (شکل ۱۴)؛ بنابراین، نتایج به‌دست آمده از پایش حرکت تپه‌های ماسه‌ای فقط براساس نقاط نمونه‌برداری است.



شکل ۱۳: نقشه میزان حرکت تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران

Fig 13: Map of the movement rate of sand dunes in the Iranian Ergs



شکل ۱۴: نمونه‌ای از نقاط نمونه‌برداری شده (A) ریگ سیستان (B) ریگ لوت

Fig 14: Sample of sampling points A) Sistan Reg B) Lut Reg

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد ریگزارها در ایران پراکنش قابل توجهی دارند و بخش زیادی از مناطق بیابانی و سواحل ایران را در بر گرفته‌اند. پراکنش ریگزارهای ایران در مناطق مختلف سبب شده است تا این ریگزارها با عناوین مختلفی شناخته شوند. باتوجه به تنوع زیاد آنها و همچنین نبود طبقه‌بندی جامع در این زمینه، در این پژوهش باتوجه به موقعیت ریگزارها، ریگزارهای ایران به ۹ منطقه تقسیم شد که عبارت‌اند از: ریگزارهای خوزستان، ساحل جنوب، جازموریان، سیستان، لوت (یلان و ریگزارهای اطراف آن)، مرکزی، اطراف دشت کویر و چاله_مسيله، شرقی، و شمال و غرب. نتایج ارزیابی وسعت ریگزارهای ایران نشان می‌دهد مجموع مساحت ریگزارهای ایران ۴۷۸۱۱ کیلومترمربع است که حدود ۲/۹ درصد از مساحت ایران را شامل می‌شوند. باتوجه به اینکه مساحت محاسبه‌شده ریگزارها توسط محمودی، حسین‌زاده و عباسی به ترتیب ۳۵۳۸۵، ۳۵۱۷۳ و حدود ۴۷۰۰۰ کیلومترمربع است؛ بنابراین می‌توان گفت نتایج این تحقیق با نتایج پژوهش عباسی مطابقت بیشتری دارد. همچنین در بین ریگزارهای ایران، ریگ لوت بیش‌ترین مساحت را دارد؛ به‌طوری‌که این ریگ با ۱۴۶۲۹ کیلومترمربع وسعت، ۳۰/۶ درصد از مساحت ریگزارها را در بر گرفته است. همچنین بعد از ریگ لوت، ریگزارهای اطراف دشت کویر و چاله_مسيله و شرقی به ترتیب با وسعت ۱۳۰۸۱ (معادل ۲۷/۴ درصد از مساحت ریگزارها) و ۵۷۳۷ کیلومترمربع (معادل ۱۲ درصد از مساحت ریگزارها) بیشترین مساحت را دارند. در این پژوهش همچنین وضعیت حرکت تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران ارزیابی شد که براساس نتایج، بیشترین میزان حرکت با بیش از ۹۰ متر به مناطق جنوبی ریگ اصلی لوت، ریگزارهای سیستان و ریگ شتری مربوط است. همچنین در بعضی از مناطق مانند ریگزارهای مفرد خوزستان به دلیل تثبیت تپه‌های ماسه‌ای با پوشش گیاهی حرکت تپه‌های ماسه‌ای در طی سال‌های ۲۰۰۵ تا ۲۰۲۰ حدود ۲ متر بوده است. مجموع نتایج این تحقیق نشان می‌دهد ریگزارهای ایران گستردگی زیادی دارند و بخش زیادی از آنها دینامیک فعالی دارند. باتوجه به اینکه بخش زیادی از این تپه‌های ماسه‌ای در نزدیکی نقاط جمعیتی قرار دارند، لازم است همانند برخی مناطق ریگ خوزستان با ایجاد پوشش گیاهی از حرکت آنها به سمت کاربری‌های انسانی مانع شد.

این مقاله برگرفته از طرح پژوهشی شماره ۹۸۰۰۷۶۳۵، حمایت‌شده توسط بنیاد ملی علم ایران، است.

منابع

- اختصاصی، محمدرضا، و دادفر، صدیقه (۱۳۹۲). بررسی رابطه تبادلهای سواحل جنوبی ایران با مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۵(۴)، ۶۱-۷۲. <https://doi.org/10.22059/jphgr.2014.50072>
- حنیفه‌پور، مهین، بیابانی، لیلا، خسروی، حسن، و اکبرپور بناب، بهروز (۱۴۰۱). پایش و پیش‌بینی عوامل اقلیمی مؤثر بر تحرک‌پذیری تپه‌های ماسه‌ای با استفاده از شاخص لنکستر (مطالعه موردی: کویر سیرجان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۳(۴۸)، ۱-۲۰. <https://doi.org/10.22034/jargs.2023.373929.0>

سیف، عبدالله، و رامشت، محمدحسن (۱۳۹۲). بررسی میزان گسترش تپه‌های ماسه‌ای شرق جاسک در بازه زمانی (۱۳۸۳ - ۱۳۶۹) با استفاده از GIS و RS. *جغرافیا و توسعه*، ۱۱ (۳۱)، ۱۲۱-۱۳۶.

<https://doi.org/10.22111/gdij.2013.798>

شریفی‌پیچون، محمد، امیدوار، کمال، و میری، زینب (۱۳۹۹). بررسی مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای و انطباق آن با داده‌های باد در منطقه ریگ زرین. *کاوش‌های جغرافیایی مناطق بیابانی*، ۸ (۱)، ۲۷-۱.

https://grd.yazd.ac.ir/article_1924.html

صادقی‌روش، محمدحسن (۱۳۹۷). تحلیل فرسایش بادی و تعیین جهت حرکت ماسه‌های روان در دشت خضرآباد یزد. *مهندسی و مدیریت آبخیز*، ۱۰ (۱)، ۹۵-۱۰۷.

<https://doi.org/10.22092/IJWMSE.2017.108120.1216>

صفری نامیوندی، مهدی، گنجائیان، حمید، ابراهیمی، عطرتین، و عبادی‌نژاد، سیدعلی (۱۴۰۲). ارزیابی پتانسیل مخاطره بیابان‌زایی با استفاده از مدل DVI (مطالعه موردی: مناطق شمالی استان سمنان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۴ (۵۳)، ۱-۱۷.

<https://doi.org/10.22034/jargs.2023.397791.1032>

عباسی، حمیدرضا (۱۴۰۰). پراکنش تپه‌های ماسه بادی ایران. *طبیعت ایران*، ۶ (۲)، ۳۷-۴۴.

<https://doi.org/10.22092/irm.2021.352954.1320>

گنجائیان، حمید، محمدیان، کلثوم، جاودانی، مهناز، و صفری نامیوندی، مهدی (۱۴۰۲). برآورد توان بیابان‌زایی استان یزد با بهره‌گیری از شاخص‌های DVI. *مدیریت بیابان*، ۱۱ (۲)، ۳۵-۴۸.

<https://doi.org/10.22034/jdmal.2023.2004871.1419>

گنجائیان، حمید، محمدیان، کلثوم، نصرتی، مژگان، و جاودانی، مهناز (۱۴۰۳). ارزیابی وضعیت فعالیت ریگ خوزستان و مخاطرات ناشی از آن با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین. *کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی*، ۴ (۱۳)، ۱-۲۲.

https://rsgi.tabrizu.ac.ir/article_19234.html

مال‌امیری، نعمت، حسین‌زاده، سیدرضا، و خسرو شاه‌آبادی، رویا (۱۳۹۶). ارزیابی نظریه عدم‌تغییرات مکانی ریگزارها با استفاده از سنجش از دور. *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۸ (۲۷)، ۲۳-۳۵.

https://jargs.hsu.ac.ir/article_161435.html

محمودی، فرج‌الله (۱۳۸۱). پراکندگی جغرافیایی ریگزارهای مهم ایران. مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع. مشهدی، ناصر (۱۴۰۳). مورفودینامیک تپه‌های ماسه‌ای و الگوهای باد (مطالعه موردی: ارگ جدید و جوان جنوب شرق قم). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۳ (۱)، ۳۱۷-۳۳۸.

<https://doi.org/10.22067/geoe.2022.76706.1227>

مقصودی، مهران، فتح‌اله‌زاده، محمد، و گنجائیان، حمید (۱۴۰۰). پایش تغییرات سرعت باد و اثر آن بر جابه‌جایی و تغییرات تپه‌های ماسه‌ای در ریگ لوت. *اطلاعات جغرافیایی (سپهر)*، ۳۰ (۱۱۸)، ۱۱۳-۱۲۶.

<https://doi.org/10.22131/sepehr.2021.246137>

مقصودی، مهران، قوجه‌زاده هلانی، ابوالفضل، الله‌ویسی، آرین، و براتی، زینب (۱۴۰۳). مطالعه مورفولوژی و تغییرات مکانی ریگ‌های آذربایجان با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و تحلیل بادهای فرساینده (مطالعه موردی: ریگ قوم‌تپه و مقصودلو). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۱۵ (۵۷)، ۱-۲۲.

<https://doi.org/10.22034/jargs.2024.403993.1044>

مقصودی، مهران، گراوند، فاطمه، عبدی‌نژاد، بایرامعلی، و پیرانی، پریسا (۱۳۹۹). پایش تغییرات تپه‌های ماسه‌ای با تحلیل تصاویر ماهواره‌ای و داده‌های ایستگاه بادسنجی نمونه پژوهش: محدوده ریگ زهک در شرق دشت سیستان. *جغرافیا و برنامه‌ریزی محیطی*، ۳۱(۳)، ۱۳۱-۱۴۸.

<https://doi.org/10.22108/gep.2020.123597.1317>

مقصودی، مهران، و گنجائیان، حمید (۱۴۰۴). طبقه‌بندی و تحلیل وضعیت مورفولوژیکی و دینامیکی تپه‌های ماسه‌ای (مطالعه موردی: ریگ خوزستان). *پژوهش‌های فرسایش محیطی*، ۱۵(۲)، ۱-۱۹.

<https://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-880-fa.html>

مقصودی، مهران، گنجائیان، حمید، و حسینی، سیدجواد (۱۳۹۷). ارزیابی کارایی روش‌های طبقه‌بندی نظارت‌شده و نظارت‌نشده در پایش ریگزارها (مطالعه موردی: ریگ جازموریان). *مطالعات جغرافیایی مناطق خشک*، ۹(۳۲)، ۹۲-۸۱.

https://jargs.hsu.ac.ir/article_161472.html

نگهبان، سعید، گنجائیان، حمید، قیصریان، سیدسعدی، و ابراهیمی، عطیرین (۱۴۰۳). شناسایی کانون‌های گردوغبار و تحلیل عوامل مؤثر در وقوع آن بر مبنای داده‌های سنجش‌ازدوری (مطالعه موردی: جنوب غرب ایران). *جغرافیا و مخاطرات محیطی*، ۱۳(۴)، ۳۸۶-۴۰۵.

<https://doi.org/10.22067/geoh.2024.89088.1504>

وسو، محبوبه، میراب شبستری، غلامرضا، و امینی، آرش (۱۳۹۳). رابطه مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای با شاخص‌های مورفومتری در شرق بابلسر، شمال ایران. *پژوهش‌های جغرافیای طبیعی*، ۴۶(۲)، ۲۳۰-۲۱۹.

<https://doi.org/10.22059/jphgr.2014.51426>

References

- Abbasi, H. R. (2021). Distribution of sand dunes in Iran. *Iran Nature*, 6(2), 37-44.
<https://doi.org/10.22092/irn.2021.352954.1320> [In Persian]
- Del Valle, H. F., Rostagno, C. M., Coronato, F. R., Bouza, P. J., & Blanco, P. D. (2008). Sand dune activity in north-eastern Patagonia. *Journal of Arid Environments*, 72(4), 411-422.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.07.011>
- Ekhtesasi, M. R., & Dadfar, S. (2014). Investigation on relationship between coastal hurricanes and sand dunes morphology in south of Iran. *Physical Geography Research*, 45(4), 61-72.
<https://doi.org/10.22059/jphgr.2014.50072> [In Persian]
- Ganjaeian, H., Mohammadian, K., Javedani, M., & Safari-Namivandi, M. (2023). Analysis of desertification potential of Yazd province using DVI indicators. *Desert Management*, 11(2), 35-48.
<https://doi.org/10.22034/jdmal.2023.2004871.1419> [In Persian]
- Ganjaeian, H., Mohammadian, K., Nosrati, M., & Javedani, M. (2025). Evaluation of Khuzestan's erg activity status and risks arising from it using Google Earth Engine system. *Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 4(13), 1-22. <https://doi.org/10.22034/rsg.2025.61672.1075> [In Persian]
- Guan, C., Hasi, E., & Tang, K. (2025). Grain size characteristics of the reticulate dunes of the Hobq desert. *Journal of Arid Environments*, 226, 105279 <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2024.105279>
- Hamdan, M. A., Refaat, A. A., & Abdel-Wahed, M. (2016). Morphologic characteristics and migration rate assessment of barchan dunes in the southeastern western desert of Egypt. *Geomorphology*, 257, 57-74. <http://dx.doi.org/10.1016%2Fj.geomorph.2015.12.026>
- Hanifehpour, M., Biabani, L., Khosravi, H., & Akbarpour-Bonab, B. (2022). Monitoring and forecasting climatic factors affecting sand dune mobility using the Lancaster index (Case study: Sirjan desert). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 13(48), 1-20.
<https://doi.org/10.22034/jargs.2023.373929.0> [In Persian]

- Lancaster, N. (1989). *The Namib Sand Sea: Dune Forms, Processes and Sediments*. Balkema. <https://doi.org/10.1177/030913339201600110>
- Ma, F., Lu, P., Cao, M., Yu, J., & Xia, Z. (2024). Morphological and sedimentary characteristics of raked linear dunes in the southeastern Taklimakan desert, China. *Aeolian Research*, 67, 100923. <https://doi.org/10.1016/j.aeolia.2024.100923>
- Maghsoudi, M., & Ganjaeian, H. (2025). Aeolian geomorphology of ergs and dunefields in Iran. *Desert*, 30(1), 41-66. <https://doi.org/10.22059/jdesert.2025.102461>
- Maghsoudi, M., & Ganjaeian, H. (2025). Classification and analysis of the morphological and dynamic status of sand dunes (Case study: Khuzestan reg). *Enviromental Erosion Research Journal.*, 15(2), 1-19. <https://magazine.hormozgan.ac.ir/article-1-880-fa.html> [In Persian]
- Maghsoudi, M., Fathollahzadeh, M., & Ganjaeian, H. (2021). Monitoring changes in wind speed and their effect on the displacement of sand dunes in the Lut Desert. *Scientific- Research Quarterly of Geographical Data (SEPEHR)*, 30(118), 113-126. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2021.246137> [In Persian]
- Maghsoudi, M., Ganjaeian, H., & Hoseini, S. J. (2018). Evaluating the effectiveness of supervised and unsupervised classification methods in monitoring regs (Case study: Jazmourian reg). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 9(32), 81-92. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161472.html [In Persian]
- Maghsoudi, M., Garavand, F., Abdinejad, B., & Pirani, P. (2020). Monitoring sand dune changes by analyzing satellite images and anemometer station data research sample: Zehak sand dune area in the east of Sistan plain. *Geography and Environmental Planning*, 31(3), 131-148. <https://doi.org/10.22108/gep.2020.123597.1317> [In Persian]
- Maghsoudi, M., Ghojehzadeh-Helani, A., Allahveisi, A., & Barati, Z. (2024). Studying the morphology and spatial changes of Azerbaijan Ergs using satellite images and analysis of erosive winds (Case study: Qomtape and Maghsudlu Ergs). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 15(57), 1-22. <https://doi.org/10.22034/jargs.2024.403993.1044> [In Persian]
- Maghsoudi, M., Navidfar, A., & Mohammadian, A. (2017). The sand dunes migration patterns in Mesr erg region using satellite imagery analysis and wind data. *Natural Environment Change*, 3(1), 33-43. <https://doi.org/10.22059/jnec.2017.225011.62>
- Mahmoudi, F. (2002). *Geographical Distribution of Important Sand Dunes in Iran*. Forest and Rangeland Research Institute. [In Persian]
- Mal-Amiri, N., Hosseinzadeh, S. R., & Khosroshahabadi, R. (2017). Assessing the theory of spatial stability of ERGs in Iran, using remote sensing data. *Geographical Studies of Arid Regions*, 8(27), 23-35. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161435.html [In Persian]
- Mashhadi, N. (2024). Morphodynamics of sand dunes and wind patterns (Case study: New and young citadel of southeast Qom). *Geography and Environmental Hazards*, 13(1), 317-338. <https://doi.org/10.22067/geoh.2022.76706.1227> [In Persian]
- Negahban, S., Ganjaeian, H., Ghaysarian, S. S., & Ebrahimi, A. (2024). Identifying dust centers and analyzing the factors affecting their occurrence based on remote sensing data (Case study: Southwest Iran). *Geography and Environmental Hazards*, 13(4), 386-405. <https://doi.org/10.22067/geoh.2024.89088.1504> [In Persian]
- Pye, K., & Tsoar, H. (2009). *Aeolian Sand and Sand Dunes*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-540-85910-9>
- Sadeghi-Ravesh, M. H. (2018). Analysis of wind erosion and determination of sand movement direction in Khezrabad region. *Watershed Engineering and Management*, 10(1), 95-107. <https://doi.org/10.22092/IJWMSE.2017.108120.1216> [In Persian]
- Safari-Namivandi, M., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A., & Ebadinezhad, S. A. (2023). Evaluation of desertification risk potential using DVI model (Case study: Northern regions of Semnan province). *Journal of Arid Regions Geographic Studies*, 14(53), 1-17. <https://doi.org/10.22034/jargs.2023.397791.1032> [In Persian]

- Seif, A., & Ramesht, M. H. (2013). Study the spread amount sand dunes at the east of Jask in the time interval of (1990 to 2004) by GIS & RS. *Geography and Development*, 11(31), 121-136. <https://doi.org/10.22111/gdij.2013.798> [In Persian]
- Sharifi-Pichon, M., Omidvar, K., & Miri, Z. (2019). Investigation of sand dune morphology and its correlation with wind data in the Rig Zarrin region. *Geographical Explorations of Desert Regions*, 8(1), 1-27. https://grd.yazd.ac.ir/article_1924.html [In Persian]
- Sparavigna, A. C. (2013). A study of moving sand dunes by means of satellite images. *International Journal of Sciences*, 2, 33-42. <https://doi.org/10.18483/ijSci.229>
- Sun, W., & Gao, X. (2022). Geomorphology of sand dunes in the Taklamakan desert based on ERA5 reanalysis data. *Arid Environments*, 207, 104848. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2022.104848>
- Taniguchi, K., Endo, N., & Sekiguchi, H. (2012). The effect of periodic changes in wind direction on the deformation and morphology of isolated sand dunes based on flume experiments and field data from the Western Sahara. *Geomorphology*, 179, 286-299. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2012.08.019>
- Veso, M., Mirab-Shabestari, G., & Amini, A. (2014). Relationship between the morphology of sand dunes and morphometric indices in the east of Babolsar, northern Iran. *Physical Geography Studies*, 46(2), 219-230. <https://doi.org/10.22059/jphgr.2014.51426> [In Persian]
- Zhu, B. Q., Zhang, J. X., & Sun, C. (2021). Physiochemical characteristics, provenance, and dynamics of sand dunes in the Arid Hexi Corrido. *Frontiers in Earth Science*, 9, 1-24. <https://doi.org/10.3389/feart.2021.728202>

