



Assessment of the status of sand mining activities and the risks arising from them (Case study: Khuzestan erg)

Hamid Ganjaeian^{1*}, Kolsum Mohammadian², Mozhgan Nosrati³, Mahnaz Javedani⁴

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

2-M. A of Geomorphology, University of Payam Noor, Sanandaj branch, Iran. Kolsum.mohammadian@gmail.com

3-M. A of Geomorphology, University of Kordestan, Sanandaj, Iran. m.nosrati1389@gmail.com

4-Ph.D. Student of Geomorphology, University of Ferdosi, Mashhad, Iran. mahnazjavedani23@gmail.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Article Article history: Received 20 March 2023 Received in revised form 20 April 2023 Accepted 6 May 2023 Published online 10 June 2023 Keywords: Sand dunes AOD index Khuzestan erg Google Earth Engine	Objective: Sand dunes are one of the complications of hot and dry regions, which are associated with many risks, including the creation of dust centers and the destruction of agricultural lands and human constructions. Among the sand dunes that have played an important role in the human activities nearby is the sand dunes of Khuzestan in the southwest of the country. Considering the importance of the subject, in this research, the condition of sand in Khuzestan and the risks caused by it have been investigated. Methods: In this research, Google Earth images, Landsat 9 satellite images, MODIS satellite images, as well as digital layers of information are used as the most important research data. The most important research tools include Google Earth, Google Earth Engine and ArcGIS. In this research, firstly, the range of Khuzestan's reservoirs has been drawn and then its changes have been analyzed. In the following, using the AOD index and MODIS images, the dust concentration map of the region has been prepared and its relationship with the region's sensors and human activity has been evaluated and analyzed Results: The results of this research have shown that the Khuzestan reg has an area of 2602 km², and under the influence of the speed and direction of the region's winds, about 43, 52, and 5 percent respectively of it is active, semi-active, and inactive. This has caused sand masses to advance more than a few meters towards agricultural lands in some areas each year. The results of the AOD index also showed that the highest dust concentration in the region during the years 2018 to 2023, with a coefficient of more than 0.7, was related to the area of unstabilized and active sand dunes, as well as in the eastern areas of the sand dunes. Conclusions: According to the results, there is a direct relationship between dust concentration and sand dune activity in the region.

Cite this article: Ganjaeian, H., Mohammadian, K., Nosrati, M., & Javedani, M. (2025). Assessment of the status of sand mining activities and the risks arising from them (Case study: Khuzestan erg). *Journal of Remote Sensing and GIS Applications in Environmental Sciences*, 4 (13), 1-20. <http://doi.org/0000000000000000>



© The Author(s).

DOI: <http://doi.org/0000000000000000>

Publisher: University of Tabriz.

Extended Abstract

1-Introduction

Erg are composed of different types of sand dunes, which are formed due to the interaction between the wind regime and sedimentation processes. Dangers caused by sand dunes are one of the important environmental issues of arid and semi-arid regions, and many residential areas of desert regions are affected by damages caused by the movement of sand dunes. They are In fact, the most important characteristics of sand dunes are their dynamics and movement, which have turned them into a center of crisis and are a problem for urban and rural centers, economic centers, etc. In addition to having movement, the sand dunes of Iran's reservoirs are also considered as centers of dust, and for this reason, they have many negative effects for human activities nearby. Among the sand dunes that have played an important role in the human activities nearby is the sand dunes of Khuzestan in the southwest of the country. Due to the fact that Khuzestan sand is located in the direction of western winds, this sand has an important role in creating dust centers. Also, due to the fact that there are many agricultural lands in the vicinity of this mine, the movement of sand dunes and dust caused by this mine can destroy agricultural lands or cause damage to them. Considering the importance of the subject, in this research, the condition of sand in Khuzestan and the risks caused by it have been investigated.

2-Materials and methods

In this research, Google Earth images, Landsat 9 satellite images, MODIS satellite images, as well as digital layers of information are used as the most important research data. The most important research tools include Google Earth (in order to map the sand area of Khuzestan and also monitor its changes), Google Earth Engine (in order to prepare a map of dust concentration and its temporal changes) and ArcGIS (in order to prepare a map desired) has been. According to the subject and objectives, this research has been done in several stages. In the first stage, using Google Earth images, the area of the southwestern or Khuzestan ridges has been prepared. In the second stage, the situation of wind speed and direction in the nearby stations of Rig Khuzestan has been investigated and then, using Google Earth images, the condition of changes in the sand dunes of Rig Khuzestan has been evaluated and monitored. Finally, based on the changes of sand dunes and human activities, including the creation of vegetation in the vicinity of sand dunes, Khuzestan ridge is divided into 3 active, semi-active and inactive classes. In the third stage, using the Google Earth Engine system, AOD index and MODIS satellite images, a map of the dust concentration of the studied area during the years 2018 to 2023 has been prepared.

3-Discussion and results

The investigation of the situation of the studied area has shown that a large part of the northern half of Khuzestan province and the southern regions of Ilam province are covered by reeds. The ridges of this region have complex morphology and due to the human interventions in the region, their activity and changes are not the same. In fact, considering that in some areas, more than 40% of the winds have a speed of more than 6.2 meters per second, and also some areas have low density vegetation, so the ground for moving sand dunes. It is possible to create dust centers. In this research, according to the changes of sand dunes, Khuzestan sand is divided into three classes: active, semi-active and inactive. According to the results, 1117 square kilometers (42.9 percent) of the reservoirs are active areas, 1359 square kilometers (52.2 percent) are semi-active areas, and 126 square kilometers (4.8 percent) are inactive areas. Also, taking into account that the prevailing direction of the winds in the region is towards the west, therefore, sand masses often move towards the western regions of the region. Considering that a large part of Khuzestan sand has an active and semi-active state, therefore, this reservoir has a great potential to create hazards.

4-Conclusion

The results of the AOD index showed that the highest dust concentration in the region during the years 2018 to 2023 was related to the range of unstabilized and active erg and also in the eastern regions of the erg. Considering that the predominant direction of the wind in the region is from the west, and in the western regions of erg, the amount of dust concentration was low, but in the eastern regions of erg, the amount of dust concentration increased, based on this, it can be said that the reason for the concentration of dust in the region is the presence of erg. And especially the registrars have not been active and stabilized. Also, considering that the percentage of winds with a speed of more than 6.2 meters per second in the spring season was more than in other seasons, so it can be said that there is a direct relationship between the changes in dust concentration and the percentage of winds with a speed of more than 6.2 meters per second. There is. But in addition to creating dust, the activity of sand in Khuzestan in many areas, including areas adjacent to agricultural lands, has caused sand masses to advance towards these lands and destroy them.

Keywords: Sand dunes, AOD index, Khuzestan erg, Google Earth Engine

References (in English)

- Al-Mutiry, M., Hermas, E.A., Al-Ghamdi, K.A., & Al-Awaji, H. (2016). Estimation of dune migration rates north Riyadh City, KSA, using SPOT 4 panchromatic images. *African Earth Sciences*, 124, 258-269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.09.034>
- Ayyamperumal, R., Banerjee, A., Zhang, Z., Nazir, N., Li, F., Zhang, C., & Huang, X. (2023). Quantifying climate variation and associated regional air pollution in southern India using Google Earth Engine. *Science of The Total Environment*, 909. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168470>
- Benalla, M., Alem, E.M., Rognon, P., Desjardins, R., Hilali, A., & Khardi, A. (2003). Les dunes du Tafilalet (Maroc): dynamique éolienne et ensablement des palmeraies. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 14(2), 73-83. <http://geoprodig.cnrs.fr/items/show/199195>
- Bourke, M.C., Ewing, R.C., Finnegan, D., & McGowan, H.A. (2009). Sand dune movement in the Victoria Valley, Antarctica. *Geomorphology*, 109, 148-160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.02.028>
- Dong, Z., Qian, G., Lv, P., & HU, G. (2013). Investigation of the sand sea with the tallest dunes on Earth: China's Badain Jaran Sand Sea. *Earth-Science Reviews*, 120, 20-39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.02.003>
- Hamdan, M.A., Refaat, A.A., & Abdel Wahed, M. (2016). Morphologic characteristics and migration rate assessment of barchans dunes in the SoutheasternWestern Desert of Egypt. *Geomorphology*, 257, 57- 74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.12.026>
- Hermas, E., Leprince, S., & El-Magd, I.A. (2012). Retrieving sand dune movements using sub-pixel correlation of multi-temporal optical remote sensing imagery, northwest Sinai Peninsula, Egypt. *Remote Sensing of Environment*, 121(2), 51- 60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2012.01.002>
- Liu, A., Wu, O., & Cheng, X. (2020). Using the Google Earth Engine to estimate a 10 m resolution monthly inventory of soil fugitive dust emissions in Beijing, China. *Science of The Total Environment*, 735. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139174>

- Livingstone, I., Bristow, C., Bryant, R.G., Bullard, J., White, K., Wiggs, G.F.S., Baas, A.C.W., Bateman, M.D., & Thomas, D.S.G. (2010). The Namib Sand Sea Digital Database of aeolian dunes and key forcing variables. *Aeolian Research*, 2, 93–104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2010.08.001>
- Mahyou, H., Tychon, B., Balaghi, R., Mimouni, J., & Paul, R. (2010). Désertification des parcours arides au Maroc. *Tropicultura*, 28(2), 107-114. <https://www.researchgate.net/publication/46378957>
- Nouaceur, Z. (2013). Nouakchott, une capitale au peril des vents de sable, de l'ensablement et des inondations. *Secheresse*, 24, 182-93. <http://dx.doi.org/10.1684/sec.2013.0392>
- Tao, M., Wang, J., Li, R., Chen, L., Xu, X., Wang, L., Tao, J., & Xiang, J. (2020). Characterization of Aerosol Type over East Asia by 4.4 km MISR Product: First Insight and General Performance. *JGR Atmospheres*, 125(13). <https://doi.org/10.1029/2019JD031909>
- Zheng, Z., Yu, J., Zhang, X., & Du, S. (2024). Development of a 30 m resolution global sand dune/sheet classification map (GSDS30) using multi-source remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113973>

References (in Persian)

- Afzali, A.A., Yamani, M., Sharifikia, M., & MohammadKhan, S. (2021). Evaluation of the dynamics of sand dunes on the edge of Damghan playa (Haj Ali Qoli desert) using radar interferometric technique and object oriented classification. *Natural Geography Research*, 53(2), 176-157. <https://doi.org/10.22059/jphgr.2021.284841.1007417> (In Persian)
- Ahamdabadi, A., Karam, A., Saffari, A., & Yazdan Panah, M. (2019). Estimation of horizontal and vertical displacement of sand dunes in Rig Ardestan using radar interferometry and spectral indices. *Quantitative Geomorphology Research*, 8(4), 1-17. <https://doi.org/10.22034/GMPJ.2020.106407> (In Persian)
- Fethullahzadeh, M., Ranjbar-Barogh, Z., Motamedi-Rad, M., & Haji Karimi Dolabi, Z. (2023). Examining the characteristics of wind and its relationship with the occurrence of dust in Zabul city using the Google Earth Engine system. *Quantitative Geomorphology Research*, 12(3), 167-183. <https://doi.org/10.22034/GMPJ.2023.416114.1455> (In Persian)
- Firouzi, F., Nikpour, N., Rakhshani, Z., Ghafarian-Malmiri, H., & Mahmoudi, P. (2019). Monitoring the change process of sand dunes with remote sensing approach (case study: Sistan plain). *Quantitative Geomorphology Research*, 9(3), 255-239. <https://doi.org/10.22034/GMPJ.2020.122228> (In Persian)
- Ganjaeian, H., Mohammadian, K., Javedani, M., & Safari Namivandi, M. (2023). Estimating the desertification potential of Yazd Province using DVI indices. *Desert management*, 11(2), 35-48. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2023.2004871.1419> (In Persian)
- Maghsoudi, M., Fathollahzadeh, M., & Ganjaeian, H. (2021). Monitoring wind speed changes and its effect on the displacement and changes of sand dunes in the Lut Sand Dunes. *Sepehr*, 30(118), 113-126. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2021.246137> (In Persian)
- Maghsoudi, M., Ganjaeian, H., & Hosseini, S.J. (2018). Evaluation of the efficiency of supervised and unsupervised classification methods in monitoring sand dunes (case study: Jazmorian sand dunes). *Geographical Studies of Arid Regions*, 9(32), 81-92. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161472.html (In Persian)
- Maghsoudi, M., Gravand, F., Abdi-Nejad, B., & Pirani, P. (2020). Monitoring the changes of sand dunes with the analysis of satellite images and anemometer station data. Research sample: Zahk Rig area in the east of Sistan plain. *Environmental Geography and Planning*, 31(3), 148-131. <https://doi.org/10.22108/gep.2020.123597.1317> (In Persian)

- Mansour Moghadam, M., Naghipor, N., Rosta, E., & Ghaffarian Malmiri, H. (2022). Monitoring and predicting time and place of dust suspended in the atmosphere in Qazvin province using Google Earth Engine system. *Wilderness Management*, 10(1), 98-77. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2022.548083.1372> (In Persian)
- Mohammadkhan, S., Ganjaeian, H., Shahri, S., & Abbaszadeh, A. (2019). Predicting the trend of urban development towards hazardous areas using multi-temporal images (Case study: Marivan city). *Sepehr*, 28(110), 117-107. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2019.36615> (In Persian)
- Mousavi, S. H., Wali, A., & Moeiri, M. (2010). The effect of the morphometric components of Barkhan on its displacement rate (case study: Chah Jam sand). *Geography and environmental planning*, 21(2), 118-101. <https://www.sid.ir/paper/153314/fa> (In Persian)
- Negahban, S., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A., & Emami, K. (2019). Monitoring and predicting the trend of changes in residential areas using multi-temporal images (case study: Sonqor city). *Physics of Earth and Space*, 45(2), 354-343. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2019.275076.1007084> (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)
- Negahban, S., Peysoozi, T., Ganjaeian, H., & Norozi, M. (2021). Identification of landslide and vertical displacement prone areas using radar images (Case study: urban area and urban outskirts of Lavasan). *Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 18-1. <https://doi.org/10.22067/geoh.2021.71728.1094> (In Persian)
- Refahi, H. (2004). Wind erosion and its control. Tehran University Press, Tehran. <https://www.gisoom.com/book/1958180> (In Persian)
- Safari Namiounde, M., Ganjaeian, H., Nosrati, M., & Mohammadian, K. (2024). Identification of flooded areas and analysis of factors affecting their occurrence (case study: southeast of Sistan and Baluchestan province). *Quantitative Geomorphology Research*, 13(2), 181-194. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2024.449586.1494> (In Persian)
- Safari Namivandi, M., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A., & Ebadinezhad, S.A. (2023). Assessing Desertification Risk Potential Using DVI Model (Case Study: Northern Regions of Semnan Province). *Geographical studies of arid regions*, 14(53), 1-17. <https://doi.org/10.22034/jargs.2023.397791.1032> (In Persian)
- Salari, M., Nayyeri, H., Ganjaeian, H., & Amani, K. (2020). Assessment and Prediction of the process of expansion of residential areas with Geomorphological Approach and Environmental Management (Case Study: Paveh City). *Quantitative geomorphology research*, 9(1), 86-101. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2020.109536> (In Persian)

(مطالعه موردی: ریگ خوزستان)

حمید گنجائیان^۱؛ کلثوم محمدیان^۲؛ مژگان نصرتی^۳؛ مہناز جاودانی^۴

- ۱- دکتر ی ژئومورفولوژی، دانشگاه تهران، تهران، ایران h.ganjaian@ut.ac.ir
- ۲- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه پیام نور، واحد سنندج، سنندج، ایران Kolsum.mohammadian@gmail.com
- ۳- کارشناس ارشد ژئومورفولوژی، دانشگاه کردستان، سنندج، ایران m.nosrati1389@gmail.com
- ۴- دانشجو، دکتر ی ژئومورفولوژی، دانشگاه فدوس، مشهد، ایران mahnazjavedani23@gmail.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله مقاله پژوهشی تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۱/۲۰ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۰۸/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۸/۲۸ تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۱۲/۱۰ کلیدواژه‌ها: تپه‌های ماسه‌ای شاخص AOD ریگ خوزستان گوگل ارث انجین	تپه‌های ماسه‌ای از عوارض مناطق گرم و خشک هستند که با مخاطرات زیادی از جمله ایجاد کانون‌های گردوغبار و تخریب اراضی کشاورزی و ساخت‌وسازهای انسانی همراه هستند. از جمله ریزگرازهایی که نقش مهمی در فعالیت‌های انسانی مجاور خود داشته است، ریگ خوزستان در جنوب غرب کشور است. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به بررسی وضعیت ریگ خوزستان و مخاطرات ناشی از آن پرداخته شده است. در این تحقیق از تصاویر گوگل ارث، تصاویر ماهواره لندست ۹، تصاویر ماهواره مادیس و همچنین لایه‌های رقومی اطلاعاتی به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین ابزارهای تحقیق شامل گوگل ارث، گوگل ارث انجین و ArcGIS بوده است. در این تحقیق ابتدا به ترسیم محدوده ریزگرازهایی خوزستان و سپس آنالیز تغییرات آن پرداخته شده است. در ادامه نیز با استفاده از شاخص AOD و تصاویر مادیس، نقشه غلظت گردوغبار منطقه تهیه شده و ارتباط آن با ریزگرادهای منطقه و فعالیت انسانی ارزیابی و تحلیل شده است. نتایج این تحقیق نشان داده است که ریگ خوزستان ۲۶۰۲ کیلومتر مربع وسعت دارد که تحت تأثیر سرعت و جهت بادهای منطقه، به ترتیب حدود ۵۲، ۴۳ و ۵ درصد از آن دارای وضعیت فعال، نیمه فعال و غیرفعال است و همین مسئله سبب شده است تا در بعضی از مناطق، توده‌های ماسه‌ای سالانه بیش از چند متر به سمت اراضی کشاورزی پیشروی کنند. همچنین نتایج شاخص AOD نشان داده است که بالاترین غلظت گردوغبار منطقه در طی سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ با ضریب بیش از ۷۰٪ مربوط به محدوده ریزگرادهای تثبیت نشده و فعال و همچنین در مناطق شرقی ریزگراها، بوده است. با توجه به نتایج حاصله، بین غلظت گردوغبار و وضعیت فعالیت تپه‌های ماسه‌ای منطقه، رابطه مستقیمی وجود دارد.

استناد: گنجائیان، حمید؛ محمدیان، کثوم؛ نصرتی، مژگان و جاودانی مهناز (۱۴۰۳). ارزیابی وضعیت فعالیت ریگزارها و مخاطرات ناشی از آن‌ها (مطالعه موردی: ریگ خوزستان). کاربرد سنجش از دور و سیستم اطلاعات جغرافیایی در علوم محیطی، ۳ (۱۳)، ۲۰-۱.

<http://doi.org/00000000000000000000000000000000>



© نو پسند گارز.

ناشر: دانشگاه تبریز.

مقدمه

ریگزارها از انواع تپه‌های ماسه‌ای تشکیل شده است که تشکیل آن‌ها به دلیل تعامل بین رژیم بادی و فرایندهای رسوب‌گذاری است (دانگ^۱ و همکاران، ۲۰۱۳). مخاطرات ناشی از تپه‌های ماسه‌ای یکی از مسائل مهم زیست‌محیطی مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (لیونگ استون^۲ و همکاران، ۲۰۱۰؛ ماهیو^۳، ۲۰۱۰؛ مقصودی و همکاران، ۱۳۹۷) و بسیاری از نواحی سکونتگاهی مناطق بیابانی تحت تأثیر خسارات ناشی از حرکت تپه‌های ماسه‌ای هستند (بنالا^۴ و همکاران، ۲۰۰۳؛ نواسر^۵، ۲۰۱۳؛ ژنگ^۶ و همکاران، ۲۰۲۴). درواقع، مهم‌ترین ویژگی‌های تپه‌های ماسه‌ای، پویایی و حرکت تپه‌ها است که آن‌ها را به کانون بحران تبدیل کرده و برای مراکز شهری و روستایی، مراکز اقتصادی و ... مشکل‌آفرین است (موسوی و همکاران، ۱۳۸۹). همچنین بخشی از تپه‌های ماسه‌ای سبب شکل‌گیری کانون‌های بحران می‌شود که تهدیدکننده حریم مسکونی شهرها، روستاها و مراکز اقتصادی، نظامی و خطوط ارتباطی است (رفاهی، ۱۳۸۳).

مناطق گرم و خشک دارای مخاطرات مختلفی از جمله ایجاد کانون‌های گردوغبار و حرکت تپه‌های ماسه‌ای هستند (گنجائیان و همکاران، ۱۴۰۳؛ صفری‌نامیوندی و همکاران، ۱۴۰۳). تپه‌های ماسه‌ای ریگزارهای ایران علاوه بر اینکه دارای حرکت هستند، به‌عنوان کانون‌های گردوغبار نیز محسوب می‌شوند و به همین دلیل اثرات منفی زیادی برای فعالیت‌های انسانی مجاور خود دارند (مقصودی و همکاران، ۱۳۹۹). از جمله ریگزارهایی که نقش مهمی در فعالیت‌های انسانی مجاور خود داشته است، ریگ خوزستان در جنوب غرب کشور است. با توجه به اینکه ریگ خوزستان در مسیر بادهای غربی قرار دارد، بنابراین این ریگزار نقش مهمی در ایجاد کانون‌های گردوغبار دارد. همچنین با توجه به اینکه اراضی کشاورزی زیادی در مجاورت این ریگزار قرار دارد، بنابراین حرکت تپه‌های ماسه‌ای و گردوغبار ناشی از این ریگزار می‌تواند باعث تخریب اراضی کشاورزی و یا وارد آوردن خسارات به آن‌ها شود. با توجه به اهمیت موضوع، در این پژوهش به بررسی وضعیت ریگ خوزستان و مخاطرات ناشی از آن پرداخته شده است.

امروزه پیشرفت‌های صورت گرفته در زمینه سنجش‌ازدور سبب شده است تا بسیاری از مطالعات جغرافیایی با دقت و سرعت بالایی انجام شود (محمدخان و همکاران، ۱۳۹۸؛ نگهبان و همکاران، ۱۴۰۰؛ صفری‌نامیوندی و همکاران، ۱۴۰۳). در ارتباط با وضعیت تغییرات مناطق بیابانی و از جمله تغییرات تپه‌های ماسه‌ای و غلظت گردوغبار تحقیقات مختلفی صورت گرفته است که از جمله آن‌ها می‌توان به بورک^۷ و همکاران (۲۰۱۲) اشاره کرد که حرکت تپه‌های ماسه‌ای دره ویکتوریا را حدود ۱/۵ متر در سال برآورد کرده‌اند. هرماس^۸ و همکاران (۲۰۱۳) با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدوری، به بررسی روند تغییرات تپه‌های ماسه‌ای در صحرای سینا پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که میانگین حرکت تپه‌های ماسه‌ای در این منطقه ۷/۷ متر در سال بوده است. الموتیری^۹ و همکاران (۲۰۱۶) با استفاده از تصاویر ماهواره SPOT، به ارزیابی تغییرات توده‌ای ماسه‌ای شمال شهر ریاض در عربستان پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که میانگین حرکت تپه‌های ماسه‌ای منطقه بین ۱/۶ تا ۲/۲۵ متر در سال بوده است. همدان^{۱۰} و همکاران (۲۰۱۶) به بررسی ویژگی‌های مورفولوژیکی و تغییرات برخان‌های صحرای غربی مصر پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که تپه‌های ماسه‌ای منطقه بین ۳ تا ۱۰/۸ متر در سال جابجایی داشته‌اند. لیو^{۱۱} و همکاران

1. Dong

2. Livingstone

3. Mahyou

4. Benalla

5. Nouaceur

6. Zheng

7. Bourke

8. Hermas

9. Al-Mutiry

1. Hamdan

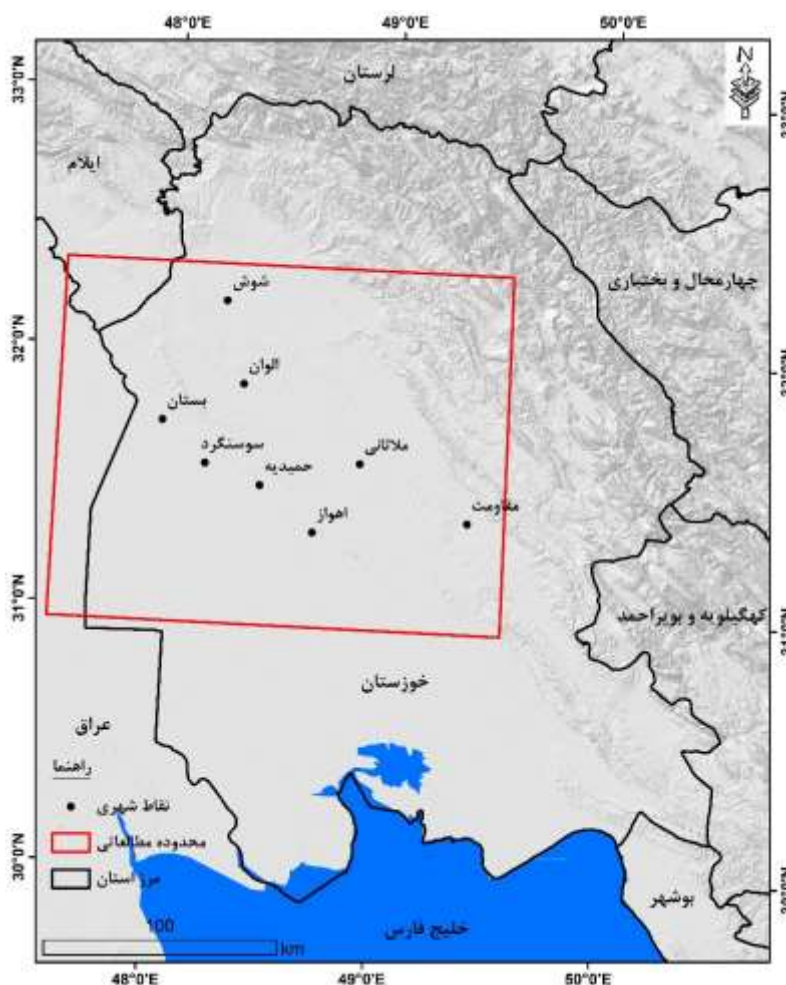
0

1. Liu

1

(۲۰۲۰) با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین به ارزیابی روند تغییرات گردوغبار در پکن چین پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که بالاترین غلظت عناصر جوی مربوط به فصول زمستان و بهار بوده است. آیامپرومال^۱ و همکاران (۲۰۲۳) با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین به آنالیز تغییرات آلودگی هوا در مناطق جنوبی هند پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که بیشترین میزان غلظت عناصر جوی، پیش از شروع بارندگی‌های منطقه بوده است. فیروزی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از روش‌های سنجش‌ازدوری به پایش روند تغییرات تپه‌های ماسه‌ای دشت سیستان پرداختند. بر اساس نتایج حاصله، وسعت تپه‌های ماسه‌ای منطقه در طی سال‌های ۱۹۹۵ تا ۲۰۱۸ از ۸/۲۳ درصد به ۱۱ درصد افزایش یافته است. احمدآبادی و همکاران (۱۳۹۹) با استفاده از تداخل‌سنجی راداری و شاخص‌های طیفی به برآورد جابجایی مسطحاتی و ارتفاعی تپه‌های ماسه‌ای ریگ اردستان پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر جابجایی کلی تپه‌های ماسه‌ای منطقه از سمت شمال شرق به سمت جنوب غرب است. مقصودی و همکاران (۱۴۰۰) به پایش تغییرات سرعت باد و اثر آن بر جابجایی و تغییرات تپه‌های ماسه‌ای در ریگ لوت پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر انطباق جهت بادهای منطقه با وضعیت جابجایی تپه‌های ماسه‌ای است. افضلی و همکاران (۱۴۰۰) با استفاده از تکنیک تداخل‌سنجی راداری و طبقه‌بندی شیء‌گرا به ارزیابی پویایی تپه‌های ماسه‌ای حاشیه پالایای دامغان پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر جابجایی حدود ۲۲ متری تپه‌های ماسه‌ای منطقه در طی دوره زمانی ۱۳ ساله است. منصورمقدم و همکاران (۱۴۰۱) با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین به پایش و پیش‌بینی زمانی و مکانی گردوغبار معلق در جو در استان قزوین پرداختند. نتایج این تحقیق بیانگر ارتباط معکوس بین میزان بارش، رطوبت نسبی و پوشش گیاهی منطقه با میزان غلظت گردوغبار منطقه است. فتح‌اله‌زاده و همکاران (۱۴۰۲) با استفاده شاخص AOD و سامانه گوگل ارث انجین به بررسی ویژگی‌های باد و ارتباط آن با رخداد گردوغبار در شهرستان زابل پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داده است که بیشترین غلظت گردوغبار منطقه مربوط به ماه جولای بوده است و همچنین وابستگی متقابلی بین غلظت گردوغبار و بادهای ۱۲۰ روزه وجود داشته است. در این تحقیق برخلاف تحقیقات پیشین صورت گرفته، علاوه بر ارزیابی وضعیت فعالیت و دینامیک ریگزارها و تحلیل ارتباط آن با سرعت و جهت بادهای منطقه، به تحلیل مخاطرات ناشی از آن‌ها نیز پرداخته شده است که این مسئله به‌عنوان نوآوری این تحقیق محسوب می‌شود.

منطقه مورد مطالعه: محدوده مطالعاتی تحقیق حاضر در بین عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۳۰ دقیقه تا ۴۹ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی قرار دارد. این منطقه، منطبق بر ریگزارهای جنوب غربی کشور است که در نیمه شمالی استان خوزستان و بخش‌هایی از جنوب استان ایلام قرار دارد و همچنین از سمت غرب به کشور عراق منتهی می‌شود (شکل ۱). این محدوده از نظر تقسیمات مورفوتکتونیکی در واحد زاگرس چین‌خورده قرار دارد و همین مسئله سبب شده است تا از نظر ژئومورفولوژی در واحد دشت قرار گیرند. با توجه به اینکه محدوده ریگزارها منطبق بر واحد دشت است، بنابراین تغییرات توپوگرافی و شیب منطقه بیش‌تر مربوط به مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای است. همچنین این منطقه از نظر اقلیمی دارای زمستان‌های معتدل و تابستان‌های گرم و خشک است.



شکل ۱. نقشه موقعیت منطقه مورد مطالعه

روش پژوهش

در این تحقیق از تصاویر گوگل ارث، تصاویر ماهواره لندست ۹، تصاویر ماهواره مادیس و همچنین لایه‌های رقومی اطلاعاتی به‌عنوان مهم‌ترین داده‌های تحقیق استفاده شده است. مهم‌ترین ابزارهای تحقیق شامل گوگل ارث (به‌منظور ترسیم محدوده ریگ خوزستان و همچنین پایش تغییرات آن)، گوگل ارث انجین (به‌منظور تهیه نقشه غلظت گردوغبار و نمودار تغییرات زمانی آن) و ArcGIS (به‌منظور تهیه نقشه‌های مورد نظر) بوده است. با توجه به موضوع و اهداف مورد نظر، این تحقیق در چند مرحله انجام شده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است:

—**مرحله اول (تعیین محدوده ریگزارهای خوزستان):** در این مرحله با استفاده از تصاویر گوگل ارث، محدوده ریگزارهای جنوب غرب یا خوزستان تهیه شده است. لازم به ذکر است که قبل از ترسیم محدوده ریگزارها در گوگل ارث، سعی شد که با استفاده از روش‌ها و الگوریتم‌ها مختلف، محدوده ریگزارها استخراج شود ولی با توجه به عدم دقت نقشه‌های تهیه شده، در نهایت به‌صورت دستی و با استفاده از گوگل ارث ترسیم شد. همچنین در طی ترسیم محدوده ریگزارها، از تصاویر ماهواره لندست ۹ نیز به‌منظور بررسی بعضی از مناطق و افزایش دقت استفاده شده است.

—**مرحله دوم (بررسی وضعیت فعالیت ریگ خوزستان):** در این مرحله به‌منظور بررسی وضعیت فعالیت ریگ خوزستان، ابتدا به بررسی وضعیت سرعت و جهت باد در ایستگاه‌های مجاور ریگ خوزستان پرداخته شد که برای این منظور از اطلاعات مربوط به ایستگاه‌های شوشتر، مسجدسلیمان و رامهرمز (در طی سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰) استفاده شده است و در نهایت سرعت

و جهت بادهای منطقه آنالیز شده و همچنین نمودار مربوط به گلباد ایستگاههای مورد مطالعه تهیه شده است. پس از آنالیز وضعیت بادهای منطقه، با استفاده از تصاویر گوگل ارث، وضعیت تغییرات تپه‌های ماسه‌ای ریگ خوزستان مورد ارزیابی و پایش قرار گرفت شده است و در نهایت بر مبنای تغییرات تپه‌های ماسه‌ای و فعالیت‌های انسانی از جمله ایجاد پوشش گیاهی در مجاور تپه‌های ماسه‌ای، ریگزار خوزستان به ۳ طبقه فعال، نیمه فعال و غیرفعال تقسیم شده است (جدول ۱).

جدول ۱. نحوه تقسیم‌بندی تپه‌های ماسه‌ای ریگ خوزستان از نظر وضعیت فعالیت

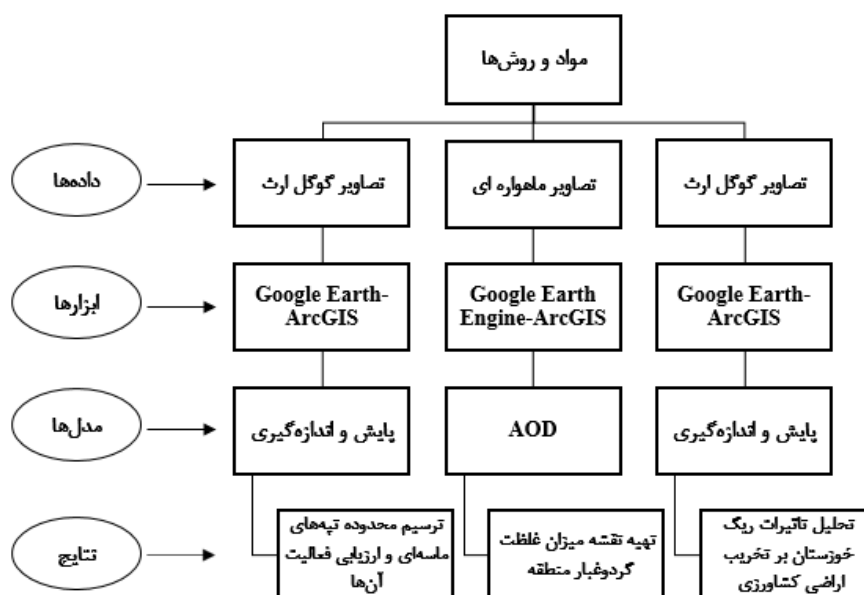
وضعیت فعالیت	وضعیت پوشش گیاهی	میانگین حرکت سالانه
غیرفعال	متراکم	بدون حرکت
نیمه فعال	کم تراکم	کم‌تر از ۰/۵ متر
فعال	فاقد پوشش گیاهی	بیش از ۰/۵ متر

—مرحله سوم (ارزیابی مخاطرات ناشی از ریگ خوزستان): در این مرحله به منظور ارزیابی مخاطرات ناشی از ریگ خوزستان، ابتدا با استفاده از سامانه گوگل ارث انجین، تصاویر ماهواره مادیس و شاخص AOD نقشه میزان غلظت گردوغبار منطقه مورد مطالعه در طی سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ تهیه شده است. در تعیین شاخص AOD از رابطه ۱ به منظور نرمال کردن شاخص استفاده می‌شود و مقادیر بین صفر و ۱ قرار می‌گیرند (نگهبان و همکاران، ۱۴۰۳) و در صورتی که مقدار عددی آن بالای ۰/۵ باشد، بیانگر غلظت بالای گردوغبار منطقه است:

$$AOD_{normal} = (AOD - Min) / (Max - Min)$$

رابطه (۱):

در این رابطه، Min کم‌ترین و Max بیش‌ترین مقدار عددی بدست آمده از شاخص AOD است. به طور معمول، در صورتی که مقادیر این شاخص کم‌تر از ۰/۵ باشید، هوای منطقه تقریباً صاف است و در صورتی که بیش از ۰/۷ باشد، دارای غلظت گردوغبار بالا است (تائو^۱ و همکاران، ۲۰۲۰). در این مرحله پس از تهیه شاخص AOD، نمودار آنالیز زمانی تغییرات گردوغبار در منطقه تهیه شده و ارتباط آن با سرعت و جهت بادهای منطقه مورد ارزیابی قرار گرفته شده است. همچنین در این مرحله، با استفاده از تصاویر گوگل ارث به تحلیل تأثیرات ریگ خوزستان بر تخریب اراضی کشاورزی پرداخته شده است. در شکل ۲ فلوچارت تحقیق حاضر نشان داده شده است.

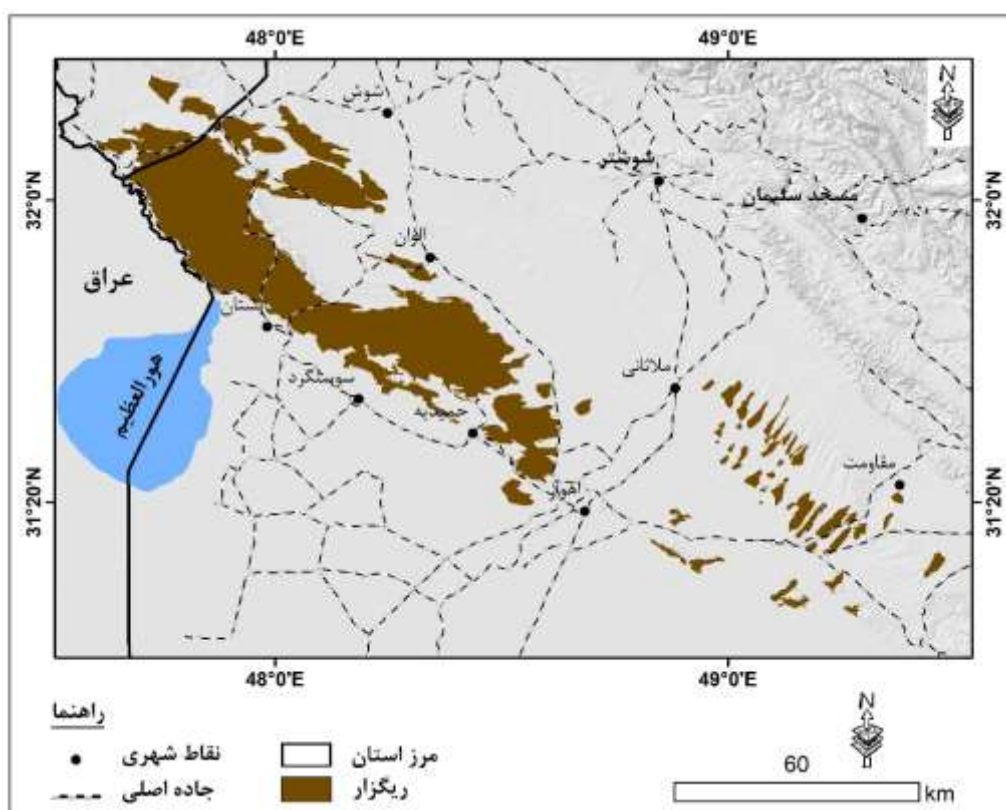


شکل ۲. فلوچارت تحقیق

نتایج و بحث

شناسایی و ترسیم محدوده ریگزارهای خوزستان

از جمله ریگزارهای ایران که پهنه قابل توجهی را به خود اختصاص داده است، ریگ جنوب غرب یا ریگ خوزستان است. با توجه به اینکه اغلب بادهای ریگ خوزستان از سمت غرب است، از نظر اقلیمی و زیست‌محیطی بسیار حائز اهمیت است. با توجه به مرزی بودن این ریگ، دارای اهمیت نظامی است. همچنین این ریگ دارای مزایایی از جمله گردشگری است. با توجه به اثرات مثبت و منفی زیادی که ریگ جنوب قرار دارد، شناسایی و ترسیم دقیق محدوده این ریگزار حائز اهمیت است که در این بخش به این مهم پرداخته شده است. به‌منظور ترسیم محدوده ریگ خوزستان از تصاویر گوگل ارث استفاده شده است و به‌صورت دستی محدوده دقیق این ریگزار ترسیم شده است (شکل ۳). البته لازم به ذکر است که به‌صورت سنجش‌ازدور و با الگوریتم‌های مختلفی نیز محدوده ریگزارها ترسیم شد ولی با توجه به دقت پایینی که وجود داشت، این محدوده به‌صورت دستی شناسایی و ترسیم شد. در شکل ۳ محدوده دقیق ریگ خوزستان نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده از این بخش، ریگ خوزستان دارای ۲۶۰۲ کیلومترمربع وسعت است که ۲۴۴۱ کیلومترمربع (۹۳/۸ درصد) در محدوده استان خوزستان و ۱۶۱ کیلومترمربع (۸/۲ درصد) در محدوده استان ایلام قرار دارد.



شکل ۳. نقشه محدوده ریگ خوزستان

بررسی وضعیت فعالیت ریگ خوزستان

فعالیت تپه‌های ماسه‌ای موجود در ریگزارها بستگی به عوامل مختلف اقلیمی از جمله سرعت و جهت باد، وضعیت توپوگرافی، پوشش گیاهی و فعالیت‌های انسانی دارد. در این بخش به منظور بررسی وضعیت فعالیت تپه‌های ماسه‌ای ریگ خوزستان، ابتدا به تشریح وضعیت سرعت و جهت بادهای منطقه پرداخته شده است و سپس وضعیت فعالیت‌های انسانی منطقه در راستای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفته شده است و در نهایت وضعیت فعالیت تپه‌های ماسه‌ای مناطق مختلف ریگ خوزستان مشخص شده است.

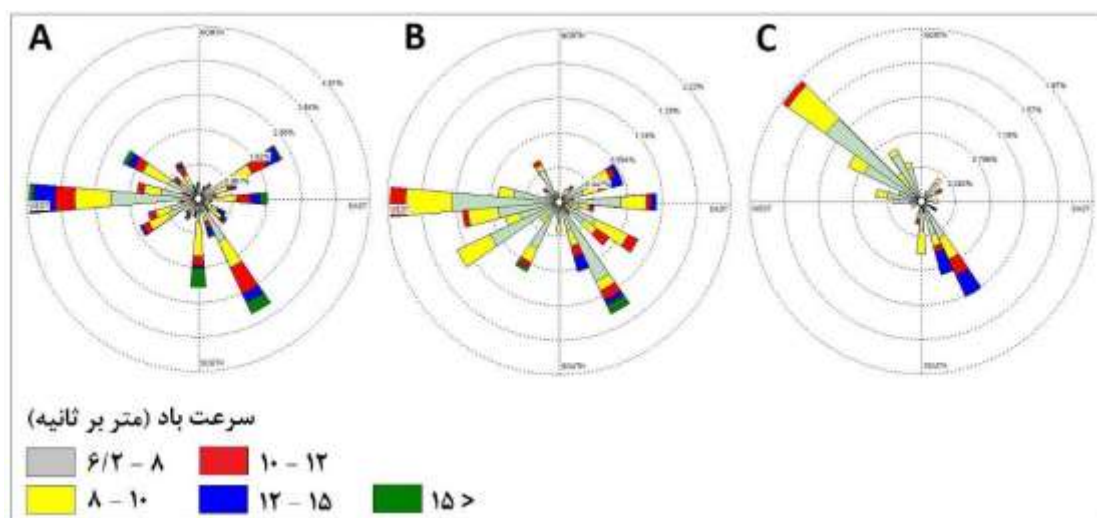
-آنالیز سرعت و جهت بادهای منطقه: با توجه به اینکه سرعت و جهت بادهای منطقه، نقش اصلی را در فعالیت و حرکت تپه‌های ماسه‌ای دارد، در این بخش با استفاده از اطلاعات ایستگاه‌های شوشتر، مسجدسلیمان و رامهرمز مربوط به سال‌های ۱۳۹۰ تا ۱۴۰۰، به آنالیز وضعیت بادهای منطقه پرداخته شده است. بر اساس نتایج حاصله، جهت غالب باد سالانه در ایستگاه شوشتر از سمت غرب است و حدود ۳۹ درصد از بادهای آن بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه سرعت دارند. نتایج آنالیز فصلی سرعت و جهت بادهای ایستگاه شوشتر نشان داده است، فصل بهار با ۵۶ درصد، بیش‌ترین درصد بادهای با سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه دارد و جهت غالب باد در این فصل از سمت غرب است. در ایستگاه مسجدسلیمان، جهت غالب باد سالانه از سمت غرب است و ۲۲/۵ درصد از بادهای آن بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه سرعت دارند. نتایج آنالیز فصلی سرعت و جهت بادهای ایستگاه مسجدسلیمان نشان داده است، فصل بهار با حدود ۳۴ درصد، بیش‌ترین درصد بادهای با سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه دارد و جهت غالب باد در این فصل از سمت غرب است. در ایستگاه رامهرمز، جهت غالب باد سالانه از سمت شمال غرب است و ۱۳/۴ درصد از بادهای آن بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه سرعت دارند. نتایج آنالیز فصلی سرعت و جهت بادهای ایستگاه رامهرمز نشان داده است، فصل بهار با ۲۲/۵ درصد، بیش‌ترین درصد بادهای با سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه دارد و جهت غالب باد در این فصل از سمت شمال غرب است (جدول ۲). مجموع نتایج حاصله از این بخش نشان داده است که بادهایی که دارای قدرت حمل ماسه هستند (بادهای با سرعت بیش از

۶/۲ متر بر ثانیه)، خصوصاً در ایستگاه شوستر درصد قابل توجهی از بادهای منطقه را تشکیل می‌دهد. بر این اساس می‌توان گفت که سرعت بادهای منطقه، زمینه را برای ایجاد فرسایش بادی و در نتیجه حرکت تپه‌های ماسه‌ای و ایجاد گردوغبار در منطقه فراهم کرده است. نتایج آنالیز فصلی ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده است که در هر ۳ ایستگاه، بالاترین درصد بادهای با سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه مربوط به فصل بهار بوده است که این مسئله بیانگر این است که در فصل بهار بیش‌ترین میزان فرسایش بادی و حرکت تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد.

جدول ۲. وضعیت سرعت و جهت باد در ایستگاه‌های مورد مطالعه (منبع: سازمان هواشناسی استان خوزستان، ۱۴۰۰)

ایستگاه	دوره	جهت غالب	کم‌تر از ۶/۲ متر بر ثانیه	۶/۲ تا ۸ متر بر ثانیه	۸ تا ۱۰ متر بر ثانیه	بیش از ۱۰ متر بر ثانیه
شوستر	سالانه	غرب	۶۱/۲	۱۴/۴	۹/۸	۱۱/۴
	زمستان	جنوب شرق	۷۶/۴	۷/۱	۵/۲	۹/۶
	بهار	غرب	۴۴	۲۰/۱	۱۵/۱	۱۹/۱
	تابستان	غرب	۵۶/۳	۲۰/۹	۱۳	۱۰/۹
	پاییز	شرق	۶۷/۶	۱۰	۶/۳	۹
مسجدسلیمان	سالانه	غرب	۷۷/۵	۱۱/۵	۵/۴	۳/۵
	زمستان	جنوب شرق	۸۷/۶	۳/۶	۴/۴	۲/۷
	بهار	غرب	۶۶/۲	۲۰/۱	۸	۴/۲
	تابستان	غرب	۷۲/۸	۱۷/۴	۶/۸	۱/۳
	پاییز	شرق	۸۲/۷	۵/۶	۲/۷	۱/۹
رامهرمز	سالانه	شمال غرب	۸۶/۶	۶/۵	۲/۴	۱/۴
	زمستان	جنوب غرب	۸۸/۲	۵/۸	۲/۵	۱/۹
	بهار	شمال غرب	۷۷/۵	۱۳/۵	۵/۵	۱/۹
	تابستان	شمال غرب	۹۴/۸	۳	۰/۵	۰
	پاییز	جنوب شرق	۸۵/۹	۴/۱	۱/۲	۱/۷

در شکل ۴ گلباد سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه نشان داده شده است که بر اساس آن، جهت غالب بادهای منطقه از سمت غرب است، بنابراین می‌توان گفت که جهت حرکت تپه‌های ماسه‌ای به سمت غرب است و مناطقی که در غرب تپه‌های ماسه‌ای قرار دارند، دارای پتانسیل آسیب‌پذیری بیش‌تری هستند.



شکل ۴. گلباد سالانه ایستگاه‌های مورد مطالعه (A شوشتر B مسجد سلیمان C رامهرمز)

– بررسی اقدامات صورت گرفته در راستای تثبیت تپه‌های ماسه‌ای منطقه: با توجه به اینکه تپه‌های ماسه‌ای ریگ خوزستان دارای حرکت هستند و همچنین به‌عنوان کانون‌های گردوغبار محسوب می‌شوند، در طی سال‌های اخیر اقداماتی جهت تثبیت آن‌ها صورت گرفته است. مهم‌ترین اقدامات صورت گرفته، مالچ پاشی و درختکاری بوده است. بر اساس اطلاعات بدست آمده از سازمان مراتع و آبخیزداری استان خوزستان، در طی سال‌های اخیر بیش از ۷۰ هزار هکتار از ریگ خوزستان مالچ پاشی شده است و همچنین در حدود ۸ هزار هکتار نیز درختکاری شده است. مجموع اقدامات صورت گرفته نقش مهمی در کنترل حرکت تپه‌های ماسه‌ای داشته است و همچنین کاهش گردوغبار داشته است، اما با این حال، هنوز بعضی از مناطق ریگ خوزستان دارای وضعیت فعالی هستند و علاوه بر حرکت تپه‌های ماسه‌ای، شاهد ایجاد کانون‌های گردوغبار هستیم. در شکل ۵ تصویری از درختکاری‌های صورت گرفته در مجاورت یکی از ریگزارها خوزستان



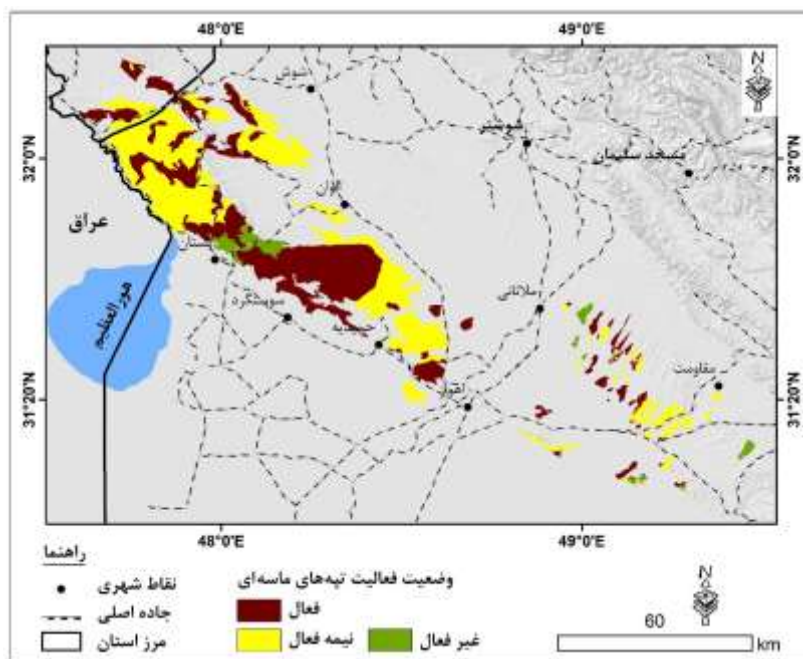
شکل ۵. تصویری از درختکاری‌های صورت گرفته در مجاورت یکی از ریگزارها خوزستان

– وضعیت فعالیت تپه‌های ماسه‌ای مناطق مختلف ریگ خوزستان: در این بخش بر مبنای نقاط نمونه و با استفاده از تصاویر گوگل ارث، وضعیت فعالیت تپه‌های ماسه‌ای منطقه ارزیابی شده است (شکل ۶). پس از ارزیابی‌های صورت گرفته، ریگ

خوزستان به ۳ بخش فعال، نیمه فعال و غیرفعال تقسیم شده است (شکل ۷). مناطق فعال، مناطقی هستند که در طی سال‌های اخیر دارای حرکت بوده‌اند، پوشش گیاهی کمی دارند و همچنین دارای تپه‌های ماسه‌ای ضخیم هستند. مناطق نیمه فعال، در طی سال‌های اخیر دارای حرکت محسوسی بوده‌اند، پوشش گیاهی نیمه تراکم دارند و ضخامت توده‌های ماسه‌ای آن‌ها متوسط است. مناطق غیرفعال نیز در طی سال‌های اخیر فاقد حرکت بوده‌اند، دارای پوشش گیاهی متراکم هستند و ضخامت توده‌های ماسه‌ای آن‌ها خیلی کم است. در جدول ۳ مساحت و درصد مساحت ریگزارها بر حسب فعالیت نشان داده شده است که بر اساس آن، ۱۱۱۷ کیلومترمربع (۴۲/۹ درصد) از ریگزارها را مناطق فعال، ۱۳۵۹ کیلومترمربع (۵۲/۲) را مناطق نیمه فعال و ۱۲۶ کیلومترمربع (۴/۸) را مناطق غیرفعال دربرگرفته است.



شکل ۶. وضعیت حرکت تپه‌های ماسه در بخش‌های شمالی ریگ خوزستان



شکل ۷. نقشه طبقه‌بندی شده وضعیت فعالیت تپه‌های ماسه‌ای ریگ خوزستان

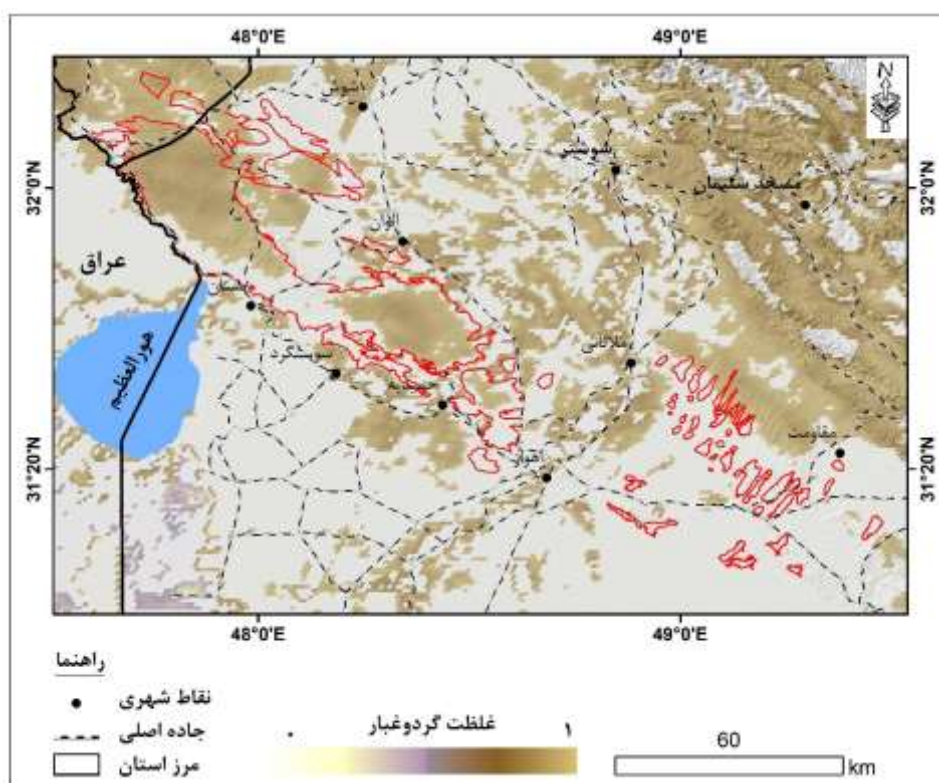
جدول ۳. مساحت و درصد مساحت طبقات ریگ خوزستان از نظر میزان فعالیت

میزان فعال	فعال	نیمه فعال	غیرفعال
مساحت (کیلومتر مربع)	۱۱۱۷	۱۳۵۹	۱۲۶
درصد مساحت	۴۲/۹	۵۲/۲	۴/۸

ارزیابی مخاطرات ناشی از ریگ خوزستان

ریگزارها با مخاطرات زیادی همراه هستند. بررسی‌های اولیه نشان داده است که مهم‌ترین مخاطرات ناشی از ریگ خوزستان، ایجاد کانون‌های گردوغبار و تخریب اراضی کشاورزی بوده است که در ادامه به تشریح آن‌ها پرداخته شده است.

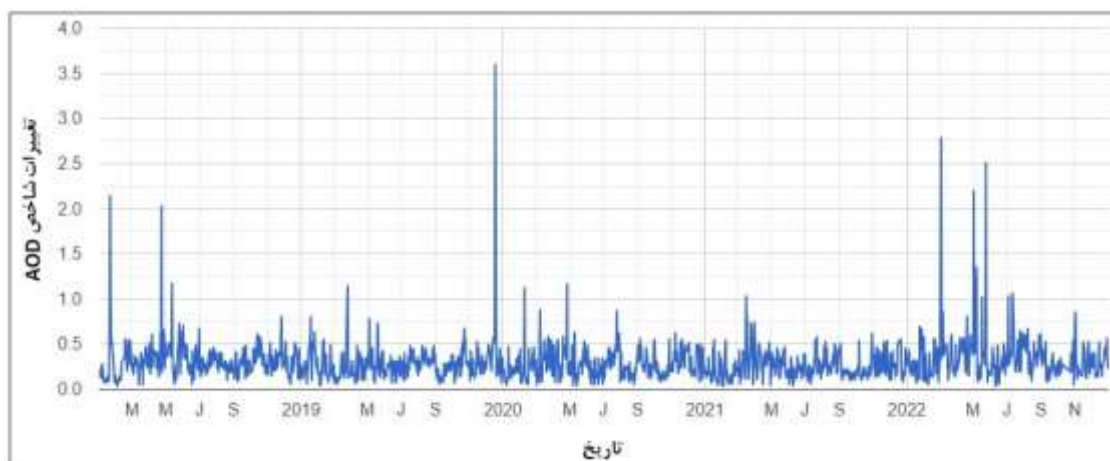
–**ارزیابی تأثیر ریگ خوزستان در ایجاد گردوغبار:** در این بخش به منظور ارزیابی اثرات ریگ خوزستان در ایجاد گردوغبار، از سامانه گوگل ارث انجین و شاخص AOD استفاده شده است. روش کار به این صورت بوده است که با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای مادیس و توابع مورد نظر، نقشه غلظت گردوغبار منطقه در طی سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ تهیه شده است (شکل ۸). بر اساس نقشه تهیه شده (لازم به ذکر است که مقادیر بدست آمده به صورت نسبی بوده است، به همین دلیل به دلیل استانداردسازی نقشه، به مقادیر بدست آمده ارزشی بین صفر تا ۱ داده شده است که مقادیر نزدیک به ۱ دارای غلظت گردوغبار بیش‌تری است)، در محدوده ریگزارهای تثبیت نشده و فعال و همچنین در مناطق شرقی ریگزارها، دارای بالاترین غلظت گردوغبار هستیم.



شکل ۸. نقشه غلظت گردوغبار منطقه مورد مطالعه

در این پژوهش علاوه بر پایش مکانی غلظت گردوغبار، به آنالیز زمانی تغییرات گردوغبار نیز پرداخته شده است و نمودار روند تغییرات زمانی غلظت گردوغبار در منطقه مورد مطالعه تهیه شده است (شکل ۹). بر اساس نمودار تهیه شده، روند تغییرات غلظت

گردوغبار در بعضی از ماه‌ها از جمله ماه می (در فصل بهار)، دارای تغییرات قابل توجهی بوده است (جدول ۴). با توجه به اینکه درصد بادهای با سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه در فصل بهار بیش از سایر فصول بود، بنابراین می‌توان گفت که بین تغییرات غلظت گردوغبار و درصد بادهای با سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه رابطه مستقیمی وجود دارد.



شکل ۹. نمودار روند تغییرات شاخص AOD

جدول ۴. میانگین غلظت گردوغبار در طی فصول مختلف سال

فصل	بهار	تابستان	پاییز	زمستان
میانگین غلظت	۰/۴۳۸	۰/۳۹۸	۰/۳۷۷	۰/۳۰۲

-**ارزیابی تأثیر ریگ خوزستان بر اراضی کشاورزی:** روند افزایشی جمعیت سبب شده است تا در طی سال‌های اخیر کاربری‌های نواحی انسان‌ساخت و اراضی کشاورزی با توسعه زیادی مواجه شوند (نگهبان و همکاران، ۱۳۹۸؛ سالاری و همکاران، ۱۳۹۹). کاربری‌های انسانی دارای حساسیت بالایی در برابر مخاطرات محیطی از جمله فعالی‌های مربوط به ریگزارها هستند. بررسی‌های صورت گرفته در مناطق مجاور ریگ خوزستان نشان داده است که در بعضی از مناطق به دلیل عدم تثبیت تپه‌های ماسه‌ای، بسیاری از اراضی کشاورزی منطقه توسط توده‌های ماسه‌ای پوشیده و تخریب شده است. در شکل ۱۰ نمایی از پیشروی توده‌های ماسه‌ای در طی سال‌های ۲۰۱۱ تا ۲۰۲۴ به سمت اراضی کشاورزی در مناطق جنوبی و مرکزی ریگ خوزستان نشان داده شده است. بر این اساس لازم است تا با اقداماتی از قبل درختکاری، تپه‌های ماسه‌ای ریگ خوزستان خصوصاً تپه‌های ماسه‌ای مجاور اراضی کشاورزی، تثبیت و کنترل شود.



شکل ۱۰. نمایی از پیشروی توده‌های ماسه‌ای به سمت اراضی کشاورزی

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داده است که بخش زیادی از نیمه شمالی استان خوزستان و مناطق جنوبی استان ایلام را ریگزارها دربر گرفته است. ریگزارهای این منطقه دارای مورفولوژی پیچده‌ای هستند و با توجه به دخالت‌های انسانی صورت گرفته در منطقه، وضعیت فعالیت و تغییرات آن‌ها یکسان نیست. درواقع با توجه به اینکه در بعضی از مناطق، بیش از ۴۰ درصد از بادهای دارای سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه هستند و همچنین بعضی از مناطق دارای پوشش گیاهی کم تراکم هستند، بنابراین زمینه برای جابجایی تپه‌های ماسه‌ای و ایجاد کانون‌های گردوغبار فراهم است. در این پژوهش با توجه به تغییرات تپه‌های ماسه است، ریگ خوزستان به سه کلاس فعال، نیمه فعال و غیرفعال تقسیم شده است. بر اساس نتایج حاصله، ۱۱۱۷ کیلومترمربع (۴۲/۹ درصد) از ریگزارها را مناطق فعال، ۱۳۵۹ کیلومترمربع (۵۲/۲) را مناطق نیمه فعال و ۱۲۶ کیلومترمربع (۴/۸) را مناطق غیرفعال دربر گرفته است. با توجه اینکه جهت غالب بادهای منطقه به سمت غرب است، بنابراین غالباً پیشروی توده‌های ماسه به سمت مناطق غربی منطقه است. همچنین با توجه به اینکه بخشی زیادی از ریگ خوزستان دارای وضعیت فعال و نیمه فعالی است، این ریگزار پتانسیل زیادی برای ایجاد مخاطرات دارد. بر اساس نتایج حاصله از شاخص AOD، بالاترین غلظت گردوغبار منطقه در طی سال‌های ۲۰۱۸ تا ۲۰۲۳ مربوط به محدوده ریگزارهای تثبیت نشده و فعال و همچنین در مناطق شرقی ریگزارها، بوده است. بر این اساس می‌توان گفت که دلیل غلظت گردوغبار منطقه، وجود ریگزارها و خصوصاً ریگزارها فعال و تثبیت نشده بوده است. همچنین با توجه به اینکه درصد بادهای با سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه در فصل بهار بیش از سایر فصول بود، بنابراین می‌توان گفت که همانند ریگزارهای لوت (مقصودی و همکاران، ۱۴۰۰) و شهرستان زابل (فتح‌اله‌زاده و همکاران، ۱۴۰۲)، بین تغییرات غلظت گردوغبار و درصد بادهای با سرعت بیش از ۶/۲ متر بر ثانیه رابطه مستقیمی وجود دارد. اما علاوه بر ایجاد گردوغبار، فعال بودن ریگ خوزستان در بسیاری از مناطق از جمله مناطق مجاور اراضی کشاورزی، سبب پیشروی توده‌های ماسه‌ای به سمت این اراضی و تخریب آن‌ها شده است.

References

- Al-Mutiry, M., Hermas, E.A., Al-Ghamdi, K.A., & Al-Awaji, H. (2016). Estimation of dune migration rates north Riyadh City, KSA, using SPOT 4 panchromatic images. *African Earth Sciences*, 124, 258-269. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2016.09.034>
- Ayyamperumal, R., Banerjee, A., Zhang, Z., Nazir, N., Li, F., Zhang, C., & Huang, X. (2023). Quantifying climate variation and associated regional air pollution in southern India using Google Earth Engine. *Science of The Total Environment*, 909. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.168470>
- Benalla, M., Alem, E.M., Rognon, P., Desjardins, R., Hilali, A., & Khardi, A. (2003). Les dunes du Tafilalet (Maroc): dynamique éolienne et ensablement des palmeraies. *Science et changements planétaires / Sécheresse*, 14(2), 73-83. <http://geoprodig.cnrs.fr/items/show/199195>
- Bourke, M.C., Ewing, R.C., Finnegan, D., & McGowan, H.A. (2009). Sand dune movement in the Victoria Valley, Antarctica. *Geomorphology*, 109, 148–160. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2009.02.028>
- Dong, Z., Qian, G., Lv, P., & HU, G. (2013). Investigation of the sand sea with the tallest dunes on Earth: China's Badain Jaran Sand Sea. *Earth-Science Reviews*. 120, 20–39. <http://dx.doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.02.003>
- Hamdan, M.A., Refaat, A.A., & Abdel Wahed, M. (2016). Morphologic characteristics and migration rate assessment of barchans dunes in the SoutheasternWestern Desert of Egypt. *Geomorphology*, 257, 57- 74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.12.026>
- Hermas, E., Leprince, S., & El-Magd., I.A. (2012). Retrieving sand dune movements using sub-pixel correlation of multi-temporal optical remote sensing imagery, northwest Sinai Peninsula, Egypt. *Remote Sensing of Environment*, 121(2), 51- 60. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rse.2012.01.002>
- Liu, A., Wu, O., & Cheng, X. (2020). Using the Google Earth Engine to estimate a 10 m resolution monthly inventory of soil fugitive dust emissions in Beijing, China. *Science of The Total Environment*, 735. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.139174>
- Livingstone, I., Bristow, C., Bryant, R.G., Bullard, J., White, K., Wiggs, G.F.S., Baas, A.C.W., Bateman, M.D., & Thomas, D.S.G. (2010). The Namib Sand Sea Digital Database of aeolian dunes and key forcing variables. *Aeolian Research*, 2, 93–104. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aeolia.2010.08.001>
- Mahyou, H., Tychon, B., Balaghi, R., Mimouni, J., & Paul, R. (2010). Désertification des parcours arides au Maroc. *Tropicultura*, 28(2), 107-114. <https://www.researchgate.net/publication/46378957>
- Nouaceur, Z. (2013). Nouakchott, une capitale au peril des vents de sable, de l'ensablement et des inondations. *Secheresse*, 24, 182-93. <http://dx.doi.org/10.1684/sec.2013.0392>
- Tao, M., Wang, J., Li, R., Chen, L., Xu, X., Wang, L., Tao, J., & Xiang, J. (2020). Characterization of Aerosol Type over East Asia by 4.4 km MISR Product: First Insight and General Performance. *JGR Atmospheres*, 125(13). <https://doi.org/10.1029/2019JD031909>
- Zheng, Z., Yu, J., Zhang, X., & Du, S. (2024). Development of a 30 m resolution global sand dune/sheet classification map (GSDS30) using multi-source remote sensing data. *Remote Sensing of Environment*, 302. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2023.113973>
- Afzali, A.A., Yamani, M., Sharifikia, M., & MohammadKhan, S. (2021). Evaluation of the dynamics of sand dunes on the edge of Damghan playa (Haj Ali Qoli desert) using radar interferometric technique and object oriented classification. *Natural Geography Research*, 53(2), 176-157. <https://doi.org/10.22059/jphgr.2021.284841.1007417> (In Persian)

- Ahamdabadi, A., Karam, A., Saffari, A., & Yazdan Panah, M. (2019). Estimation of horizontal and vertical displacement of sand dunes in Rig Ardestan using radar interferometry and spectral indices. *Quantitative Geomorphology Research*, 8(4), 1-17. <https://doi.org/10.22034/GMPJ.2020.106407> (In Persian)
- Fethullahzadeh, M., Ranjbar-Barogh, Z., Motamedi-Rad, M., & Haji Karimi Dolabi, Z. (2023). Examining the characteristics of wind and its relationship with the occurrence of dust in Zabul city using the Google Earth Engine system. *Quantitative Geomorphology Research*, 12(3), 167-183. <https://doi.org/10.22034/GMPJ.2023.416114.1455> (In Persian)
- Firouzi, F., Nikpour, N., Rakhshani, Z., Ghafarian-Malmiri, H., & Mahmoudi, P. (2019). Monitoring the change process of sand dunes with remote sensing approach (case study: Sistan plain). *Quantitative Geomorphology Research*, 9(3), 255-239. <https://doi.org/10.22034/GMPJ.2020.122228> (In Persian)
- Ganjaeian, H., Mohammadian, K., Javedani, M., & Safari Namivandi, M. (2023). Estimating the desertification potential of Yazd Province using DVI indices. *Desert management*, 11(2), 35-48. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2023.2004871.1419> (In Persian)
- Maghsoudi, M., Fathollahzadeh, M., & Ganjaeian, H. (2021). Monitoring wind speed changes and its effect on the displacement and changes of sand dunes in the Lut Sand Dunes. *Sepehr*, 30(118), 113-126. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2021.246137> (In Persian)
- Maghsoudi, M., Ganjaeian, H., & Hosseini, S.J. (2018). Evaluation of the efficiency of supervised and unsupervised classification methods in monitoring sand dunes (case study: Jazmorian sand dunes). *Geographical Studies of Arid Regions*, 9(32), 81-92. https://jargs.hsu.ac.ir/article_161472.html (In Persian)
- Maghsoudi, M., Gravand, F., Abdi-Nejad, B., & Pirani, P. (2020). Monitoring the changes of sand dunes with the analysis of satellite images and anemometer station data. Research sample: Zahk Rig area in the east of Sistan plain. *Environmental Geography and Planning*, 31(3), 148-131. <https://doi.org/10.22108/gep.2020.123597.1317> (In Persian)
- Mansour Moghadam, M., Naghipor, N., Rosta, E., & Ghaffarian Malmiri, H. (2022). Monitoring and predicting time and place of dust suspended in the atmosphere in Qazvin province using Google Earth Engine system. *Wilderness Management*, 10(1), 98-77. <https://doi.org/10.22034/jdmal.2022.548083.1372> (In Persian)
- Mohammadkhan, S., Ganjaeian, H., Shahri, S., & Abbaszadeh, A. (2019). Predicting the trend of urban development towards hazardous areas using multi-temporal images (Case study: Marivan city). *Sepehr*, 28(110), 117-107. <https://doi.org/10.22131/sepehr.2019.36615> (In Persian)
- Mousavi, S. H., Wali, A., & Moeiri, M. (2010). The effect of the morphometric components of Barkhan on its displacement rate (case study: Chah Jam sand). *Geography and environmental planning*. 21(2), 118-101. <https://www.sid.ir/paper/153314/fa> (In Persian)
- Negahban, S., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A., & Emami, K. (2019). Monitoring and predicting the trend of changes in residential areas using multi-temporal images (case study: Sonqor city). *Physics of Earth and Space*, 45(2), 354-343. <https://doi.org/10.22059/jesphys.2019.275076.1007084> (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)
- Negahban, S., Peysoozi, T., Ganjaeian, H., & Norozi, M. (2021). Identification of landslide and vertical displacement prone areas using radar images (Case study: urban area and urban outskirts of Lavasan). *Geography and Environmental Hazards*, 10(3), 18-1. <https://doi.org/10.22067/geoh.2021.71728.1094> (In Persian)
- Refahi, H. (2004). Wind erosion and its control. Tehran University Press, Tehran. <https://www.gisoom.com/book/1958180> (In Persian)
- Safari Namiounde, M., Ganjaeian, H., Nosrati, M., & Mohammadian, K. (2024). Identification of flooded areas and analysis of factors affecting their occurrence (case study: southeast of Sistan and Baluchestan province). *Quantitative Geomorphology Research*, 13(2), 181-194. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2024.449586.1494> (In Persian)

- Safari Namivandi, M., Ganjaeian, H., Ebrahimi, A., & Ebadinezhad, S.A. (2023). Assessing Desertification Risk Potential Using DVI Model (Case Study: Northern Regions of Semnan Province). *Geographical studies of arid regions*, 14(53), 1-17. <https://doi.org/10.22034/jargs.2023.397791.1032> **(In Persian)**
- Salari, M., Nayyeri, H., Ganjaeian, H., & Amani, K. (2020). Assessment and Prediction of the process of expansion of residential areas with Geomorphological Approach and Environmental Management (Case Study: Paveh City). *Quantitative geomorphology research*, 9(1), 86-101. <https://doi.org/10.22034/gmpj.2020.109536> **(In Persian)**