Journal of Geography and Planning
Online ISSN: 2717-3534 Print ISSN: 2008-8078
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

Monitoring the Impact of Off-road Vehicle Activities on Geomorphological Heritage: A Case Study of Corridor in the Lut Desert World Heritage Yardangs

Masoumeh Hadavand[1] | **Mehran Maghsoudi**[2]✉

1. PhD student at the University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: hadavand.masi@ut.ac.ir
2. Corresponding author, Associate Professor, Natural Geography (Geomorphology), Faculty of Geography, University of Tehran, Tehran, Iran. E-mail: maghsoud@ut.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 16 January 2023
Received in revised form 13 January 2024
Accepted 31 January 2024
Published online 20 November 2024

Keywords:
lut desert,
geoconservation,
off-road,
geoturism, trampling.

ABSTRACT

Off-road activity has increased significantly in different environments, especially arid regions and desert environments of the world, which can have negative effects on the ecosystem and different levels of desert landforms. This study is based on a qualitative, descriptive-analytical and quantitative method that examines and monitors the trampling of landforms in desert areas and emphasises the need to protect the Lut Desert as a unique natural and cultural heritage against anthropogenic factors. This study was conducted at two levels. In the first level, the effects of off-road were studied and monitored in different years, and in the second level, the region wind and its relationship to the persistence of off-road effects on the land of desert forms were analyzed. This study was conducted in the northwestern region of Shahdad clots to Shoor river at a distance of three thousand meters from Shahdad-Nehbandan road. First, Aphrodite works were obtained in digital satellite images and then the density of Aphrodite works was obtained at certain intervals and compared on both sides of the road. During different years, these digitized works were examined and monitored. Based on the obtained results, it was found that the density of off-road effects has an increasing trend and shows that in recent years, off-road riding in the Lut desert has attracted more tourists. At a distance of three thousand meters from the road, the density of off-road effects is about 14%. And at a distance of two thousand meters 6%. And at a distance of three thousand meters 01%. The result shows that there is a direct relationship between the distance from the road and the off-road density.

Cite this article: Hadavand, M. & Maghsoudi, M. (2024). Monitoring the Impact of Off-road Vehicle Activities on Geomorphological Heritage: A Case Study of Corridor in the Lut Desert World Heritage Yardangs. *Journal of Geography and Planning*, 28 (89), 337-352. http//doi.org/10.22034/gp.2024.54980.3089

© The Author(s).
Publisher: University of Tabriz.
DOI: http//doi.org/10.22034/gp.2024.54980.3089

Extended Abstract

Introduction

Desert and semi-desert regions are highly susceptible to disruption due to external factors, especially human impacts (Rundel & Gibson, 1996). Deserts are home to unique natural and cultural heritage increasingly threatened by unsustainable human activities (Santarém & Saarinen, 2020). Recently, deserts worldwide have become popular for recreation and tourism, but these activities pose various risks to natural ecosystems. Human trampling is one of the most widespread and systematic disturbances, often leading to significant degradation of natural systems (Bayfield, 1971; Cole, 1994; Hill and Pickering, 2006). The most dangerous effects include soil erosion, the loss of rare plants, and the destruction of vegetation cover (Zika, 1991).

Trampling by animals, such as camels in arid regions, can gradually degrade landforms. Landforms are crucial components of any landscape, defined as elements of the terrain functioning in coordinated morphological processes (Bloom, 1991). As part of natural and cultural capital, landforms are among the most extensive and impressive non-living assets (Panizza, 1996).

The Lut Desert, recognized as Iran's first natural UNESCO World Heritage Site during the 40th World Heritage Committee session in 2016, boasts unique geomorphological and geological features of global significance (Maqsudi & Emadodin, 2007). However, as a fragile and sensitive ecosystem, any damage to its natural sites entails permanent loss of its natural, cultural, and tourism values. A practical conservation plan for the Lut Desert is essential.

Off-road vehicle tracks can take decades to naturally recover after breaking the soil crust. Tire marks from years ago are still visible and remain unhealed. Additionally, soil compaction reduces porosity, hindering water infiltration, and adversely affecting plant regeneration and growth. Wind erosion is another critical factor in desert degradation, particularly in arid and semi-arid regions. Thus, studying its characteristics in relation to off-road activities and landform degradation is essential.

This study focused on the northwestern Shahdad Kaluts, near the Shahdad-Nehbandan road, to examine the impact of vehicle and human trampling on desert landforms, particularly the Kalut corridors. Due to the negative effects of off-road vehicles, research and management policies must prioritize rehabilitating damaged areas and preserving ecosystem functionality in arid regions.

Study Area

The Lut Desert spans southeastern Iran across three provinces: South Khorasan, Sistan and Baluchestan, and Kerman. It is divided into three sections: Northern Lut, Central Lut, and Southern Lut (Mostofi, 1972). The study area, situated in Central Lut, encompasses the northwestern Kaluts extending 3,000 meters from the Shahdad-Nehbandan road to the Shoor River (Figure 2).

Methods

Data for this research were gathered through library resources, imagery, and field studies. Initially, literature reviews established the study's theoretical foundations. Next, Google Earth imagery was analyzed using ARCMAP 10.8 to examine the impact of off-road vehicles. A region near the Shoor River and adjacent to the Shahdad-Nehbandan road was selected. Off-road vehicle traces were digitized, their density calculated, and hotspot maps generated using the Kernel Density tool in GIS.

To understand wind dynamics, wind data from the Shahdad synoptic station were analyzed using WR PLOT software, which generates wind rose diagrams for prevailing wind direction and speed, as well as wind erosion thresholds.

This mixed-method study (qualitative and quantitative) analyzed off-road impacts and monitored changes over time. Results indicate off-road activity density decreases with increasing distance from roads, with higher density observed south of the road due to the Kaluts' tourist appeal and the challenging terrain north of the road. Additionally, Shoor River floodplains north of the road contribute to the lower density of off-road impacts in this area.

Annual monitoring revealed a sharp increase in off-road activities in recent years. Wind analysis showed predominant northern winds with an average speed of 14.95 m/s, intensifying soil disturbance caused by off-road

vehicles. The weight of vehicles compresses soil, increasing erosion susceptibility, while wind direction and tire movements exacerbate soil structure damage.

Conclusions

Off-road vehicle activities progressively harm the biodiversity and geodiversity of the Lut Desert. Considering its unique geographical and historical features, stricter management, conservation, and monitoring are imperative. Off-road vehicle passage over natural formations and irregular paths destroys landforms, while tourist trampling accelerates this degradation.

Developing an operational conservation plan for the Lut Desert World Heritage Site, alongside appropriate desert tourism practices, can minimize the negative impacts of these threats.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

جغرافیا و برنامه ریزی
شاپا چاپی: ۸۰۷۸-۲۰۰۸ شاپا الکترونیکی: ۳۵۳۴-۲۷۱۷
Homepage: https://geoplanning.tabrizu.ac.ir

پایش تأثیر فعالیت وسایل نقلیه آفرود بر میراث ژئومورفولوژیک (مورد مطالعه راهرو کلوت های میراث جهانی بیابان لوت)

معصومه هداوند[۱] | مهران مقصودی[۲]✉

۱. دانشجوی دکتری، دانشگاه تهران، تهران، ایران. رایانامه: hadavand.masi@ut.ac.ir

۲. نویسنده مسئول، دانشیار، جغرافیای طبیعی (ژئومورفولوژی)، دانشکده جغرافیا، دانشگاه تهران، تهران، ایران ، ایران. رایانامه: maghsoud@ut.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۲۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۱۰/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱۱/۱۱
تاریخ انتشار: ۱۴۰۳/۰۸/۳۰

کلیدواژه‌ها:
آفرود، ژئوکانسرویشن، پاکوب شدن، گردشگری، بیابان لوت.

چکیده

فعالیت آفرود در محیط‌های مختلف، به‌ویژه مناطق خشک و محیط‌های بیابانی جهان به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای افزایش یافته است که می‌تواند آثار منفی بر روی اکوسیستم و سطوح مختلف لندفرم‌های مناطق بیابانی داشته باشد. این مطالعه مبتنی بر شیوه کیفی، توصیفی–تحلیلی و کمی می‌باشد که به بررسی و پایش پاکوب شدن در مناطق بیابانی پرداخته و تأکید آن بر ضرورت حفاظت از بیابان لوت به‌عنوان یک میراث طبیعی و فرهنگی در مقابل عوامل آنتروپوژنیک می‌باشد. این پژوهش در دو سطح انجام شده که در سطح اول اثرات آفرود در سال‌های مختلف مورد بررسی و پایش قرار گرفت و در سطح دو، باد منطقه و ارتباط آن بر تشدید فرسایش خاک و ماندگاری اثرات آفرود و همچنین تاثیر آن برراهروهای کلوت‌های بیابان لوت بررسی شد. این مطالعه در منطقه شمال غربی کلوت‌های شهداد تا رود شور در فاصله سه هزار متری از جاده شهداد–نهبندان در استان کرمان صورت گرفت. ابتدا آثار آفرود در تصاویر ماهواره‌ای اخذ شدهِ از گوگل ارث رقومی شده و سپس تراکم آثار آفرود در فواصل معینی به‌دست آمده و نتایج در دو طرف جاده با یکدیگر مقایسه شد و طی سال‌های مختلف نیز این آثار رقومی شده مورد بررسی و پایش قرار گرفت. بر اساس نتایج به‌دست آمده مشخص شد تراکم اثرات آفرود روند افزایشی داشته و نشان دهنده آن است که در سال‌های اخیر آفرودسواری در بیابان لوت بیشتر مورد توجه گردشگران قرارگرفته است. در محدوده مورد مطالعه در فاصله سه هزار متری از جاده تراکم اثرات آفرود حدود۰/۱۴ درصد و در فاصله دوهزارمتری ۰/۶ درصد و در فاصله سه هزار متری ۰/۰۱ درصد به‌دست‌آمده که نشان می‌دهد بین فاصله از جاده و تراکم آفرود ارتباط مستقیم وجود دارد. در نهایت هات اسپات‌های آفرود منطقه مطالعاتی با استفاده از تراکم اثرات آفرود به دست آمد.

استناد: هداوند، معصومه و مقصودی، مهران (۱۴۰۳). پایش تأثیر فعالیت وسایل نقلیه آفرود بر میراث ژئومورفولوژیک (مورد مطالعه راهرو کلوت های میراث جهانی بیابان لوت). *جغرافیا و برنامه‌ریزی*، ۲۸ (۸۹)، ۳۵۲-۳۳۷.

http//doi.org/10.22034/gp.2024.54980.3089

ناشر: دانشگاه تبریز.

© نویسندگان.

مقدمه

مناطق بیابانی و نیمه بیابانی به دلیل عوامل خارجی مختلف، به‌ویژه تأثیرات انسانی، بسیار مستعد ایجاد اختلال هستند (Rundel & Gibson, 1996). بیابان‌ها دارای میراث طبیعی و فرهنگی منحصربه‌فردی هستند که به‌طور فزاینده‌ای توسط فعالیت‌های ناپایدار انسانی در معرض خطر قرار می‌گیرند(Santarém & Saarinen, 2020). اکوسیستم های خشک (متشکل از مناطق خشک، نیمه خشک و نیمه مرطوب خشک) ۴۱ درصد از سطح زمین را به خود اختصاص داده اند، میزبان ۳۸ درصد از جمعیت جهان هستند و ۲۵ درصد از خاک های آلی جهان را تشکیل می دهند.

این اکوسیستم ها به تغییرات آب و هوایی جهانی و فعالیت های انسانی بسیار حساس هستند (wu & al, 2023). در سال‌های اخیر، مناطق بیابانی در سراسر جهان به‌طور فزاینده‌ای برای تفریح و گردشگری محبوب شده‌اند، اما فعالیت‌های تفریحی تأثیرات مختلفی بر اکوسیستم‌های طبیعی دارند. پاکوب[1] کردن انسان گسترده‌ترین و سیستماتیک ترین این موارد است و می‌تواند به‌آسانی منجر به تخریب سیستم‌های طبیعی شود (Bayfield, 1971; Cole, 1994; Hill and Pickering, 2006). خطرناک‌ترین اثرات پاکوب کردن، شروع فرسایش، ناپدید شدن گیاهان کمیاب و از بین رفتن پوشش گیاهی است(Zika,1991). پاکوب شدن توسط حیوانات ازجمله شتر در مناطق خشک می‌تواند به‌مرورزمان باعث تخریب لندفرم‌ها بشود. لندفرم یکی از مهم‌ترین اجزاء سازنده هر چشم‌انداز است. هر عنصری از چشم‌انداز که ازنظر فرم و تغییرات منظم فرمی هماهنگ عمل کند، به‌عنوان یک لندفرم تعریف می‌شود (Bloom, 1991). لندفرم‌ها بخشی از سرمایه‌های طبیعی می‌باشند و به‌عنوان سرمایه‌های فرهنگی نیز به‌حساب می‌آیند و در میان گسترده‌ترین و باشکوه‌ترین سرمایه‌های غیر زیستی قرار می‌گیرند(Panizza,1996).

ایران به سبب وجود جاذبه های فراوان طبیعی تاریخی و فرهنگی در زمره مستعدترین کشورهای جهان در حوزه گردشگری محسوب می شود که در جای جای آن آثار و پتانسیل های مختلفی برای توسعه گردشگری مهیاست (کیانی سلمی و عباسیان، ۱۳۹۹: ۳۴۱). بیابان لوت به‌عنوان اولین اثر طبیعی ایران در چهلمین اجلاس میراث جهانی یونسکو در سال ۱۳۹۵ تحت عنوان "بیابان لوت (Lut desert) به ثبت میراث جهانی رسید. بیابان لوت دارای جاذبه‌ها و توانمندی‌های بسیاری است که یکی از مهم‌ترین جاذبه‌های طبیعی آن را می‌توان پدیده‌های ژئومورفولوژیکی و زمین‌شناختی آن دانست که در جهان کم‌نظیر یا بی‌نظیر است (مقصودی و عمادالدین، ۱۳۸۶). لوت جزو اکوسیستم‌های بیابانی شکننده و حساس دنیا قلمداد می‌شود، بیابان لوت شامل پدیده‌ها و ویژگی‌هایی است که با یکدیگر در ارتباط‌اند و از بین بردن یک سایت طبیعی یا بخشی از آن به معنای از دست دادن دائمی ارزش طبیعی، فرهنگی، گردشگری و علمی آن است. بنابراین یک برنامه عملیاتی حفاظت از میراث جهانی بیابان لوت ضروری می‌باشد. میراث جهانی بیابان لوت یک میراث زمین‌شناختی است. در حقیقت طبیعت گردی حتی اگر بتواند میان توسعه پایدار و حفاظت از محیط پیوند مناسبی برقرار کند باز با چالش های مختلفی روبه رو می شود که می توان به عدم آگاهی افراد از توانایی های بالقوه محیط و نبود برنامه ریزی مدون برای توسعه زیرساخت های این شاخه از صنعت گردشگری اشاره کر د(عمرزاده و همکاران، ۱۴۰۱: ۲۴۴). گردشگری دارای دو لبه مثبت و منفی است که در صورت عدم مدیریت و برنامه ریزی مناسب، می تواند تخریب منابع طبیعی و محیط زیست را افزایش دهد (صفری علی اکبری و صادقی، ۱۴۰۱: ۱۲۶).

میراث زمین‌شناختی یا میراث زمینی[2] به‌طور خاص به آن دسته از ویژگی‌های ژئودایورسیتی زمین اشاره می‌کند که در درجه اول به دلایل علمی و آموزشی دارای ارزش ویژه زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی یا پدولوژیکی هستند (Brilha, 2016, 2018; Reynard et al, 2016). حفاظت زمین‌شناختی[3]، حفظ تنوع پدیده‌های علوم زمین به خاطر ارزش‌های زیبایی شناسانه، بوم

1 Trampling
2 Geo heritage
3 Geo conservation

شناسانه و قرار گرفتن این پدیده‌ها در فهرست میراث علوم زمین و حفاظت از ژئودایورسیتی برای ارزش‌های میراث زمین و اکولوژی طبیعی آن است (Sharples, 2002). ابرهارد[1] معتقد است که ژئوکانسرویشن شناسایی و حفاظت از پدیده‌های زمین‌شناسی، ژئومورفولوژیکی، خاک‌ها، فرایندها و سیستم‌ها به خاطر ارزش‌های زیبایی شناسانه و بوم شناسانه و قرار گرفتن آن‌ها در فهرست میراث علوم زمین است.

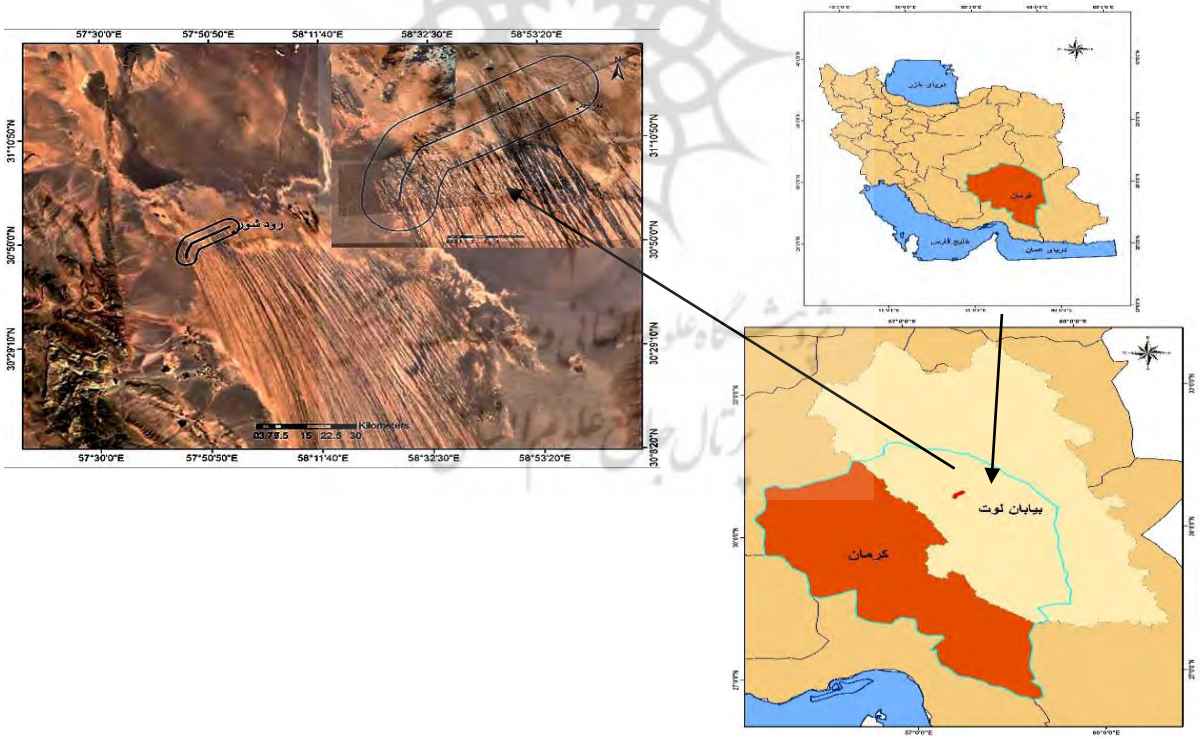
یکی از اصلی‌ترین عوامل مؤثر بر تغییرات مورفولوژی مناطق بیابانی، فراوانی وزش باد به دلیل توپوگرافی نسبتاً هموار و فقر پوشش سطحی و کمبود رطوبت در این مناطق است. حمل‌ونقل رس، سیلت و ماسه‌بادی، فرایندی پیچیده است که از بسیاری از متغیرها ازجمله ویژگی‌های باد (Liu et al, ۲۰۰۵: ۲۸۵)، اندازه دانه، رطوبت سطح ماسه (Wiggs et al, ۲۰۰۴: ۹۹)، توپوگرافی (Hesp et al , ۲۰۰۵: ۷۴) و پوشش گیاهی متاثر است (Kuriyama et al, ۲۰۰۵). خاک‌های مناطق خشک می‌توانند از طریق ORV[2] به‌شدت تحت تأثیر اختلال و تراکم قرار گیرند و آسیب ببینند (Webb and Wilshire, 1983). چنین تخریبی به‌ویژه در مناطق بیابانی به دلیل شکنندگی این اکوسیستم‌ها جدی است. هنیز (۲۰۰۹) اشاره می‌کند که شدت تأثیرات محیطی بستگی به‌شدت ORV، نوع ORV مورد استفاده و حساسیت اکوسیستم دارد. تداوم قرار گرفتن مناطق بیابانی در برابر وسایل نقلیه آفرود (ORV) منجر به آسیب قابل‌مشاهده به پوشش گیاهی و تأثیرات آشکاری بر ویژگی‌های خاک و جمعیت حیوانات می‌شود (see Berry 1973, Stebbins 1974, Busack and Bury 1974, Luckenbach 1975). در تعدادی از مطالعات تلاش کرده‌اند تا میزان خسارت ناشی از وسایل نقلیه آفرود را تعیین کنند. کارتر[3] (۱۹۷۴) نتایج یک مسابقه موتورسواری را در شهرستان کرن، کالیفرنیا شرح داد، جایی که –در طول یک روز–۷۰۰ دوچرخه‌سوار همه را ویران کردند. جدا از آسیب آشکار درختچه‌ها، پوشش گیاهی نیز به دلیل فشردگی خاک در مسیرها تحت تأثیر قرار می‌گیرد (Lovich & Bainbridge,1999).

گرینبرگ [4]و همکاران (۱۹۹۷) نشان دادند که اختلال در راهروهای مسیر وسایل نقلیه ایجاد علف‌های هرز را تسهیل کرده و از رشد گونه‌های بومی در کنار جاده‌ها جلوگیری می‌کند. خاک رس و سنگ بستر نسبت به کناره های شنی، دارای خاک رس بیشتر و شن کمتری بودند. pH خاک و میزان مواد مغذی خاک به طور قابل‌توجهی در کنار سنگ بستر جاده نسبت به سنگ بستر سایر قسمت ها متفاوت بود. بر اساس مطالعه ساک[5] و دلوز [6] در سال ۲۰۰۳ در کوه های آپالاش یا آپالاچیا[7] (ایالات‌متحده)، نرخ فرسایش در یک فصل سواری شامل از دست دادن بیش از ۲۰۰ کیلوگرم خاک در هرسال – درست در امتداد یک مسیر ۶۰ متر است. اگرچه به نظر می‌رسد این تأثیر در محیط‌های مختلف (ساحلی، قطبی–آلپی،گرمسیری وخشک) متفاوت است.(burde and Renfro,1986 ; Willard and marr,1970). داواسورن[8](۲۰۱۷) فرسایش ناشی از ORV را در مغولستان جنوبی ارزیابی کرد دو رویکرد مختلف مورد استفاده در این مطالعه عبارتند از NDVI (شاخص تفاوت نرمال شده گیاهی) که برای ارزیابی تأثیر در مقیاس‌های بزرگتر و آزمایش مسیر محلی در ترانسکت‌هایی که عمود بر مسیرها برای تخمین تأثیرات محلی استفاده شد و نتایج بدست آمده نشان داد که در مقیاس‌های کوچک‌تر، تأثیرات منفی قابل‌توجهی روی محیط مانند فرسایش قابل‌ملاحظه، افزایش چگالی توده‌ای خاک و از بین رفتن مواد آلی خاک وجود دارد. این‌ها مشکلات جدی زیست‌محیطی هستند که نیاز به توجه دارند. اسعید۹و همکاران (۲۰۱۸) نتیجه گرفتند که تغییرات در ترکیب و ساختار پوشش گیاهی همراه با تغییر در ویژگی‌های خاک به دلیل ORV می‌تواند به‌عنوان شاخص تخریب زمین منجر به بیابان‌زایی در شرایط شکننده اکولوژیکی شده و همچنین فعالیت‌های فشرده انسان در مراتع عربستان سعودی باعث تشدید آن شود. گزا[10] و همکاران

1 Eberhard
2 off-road vehicle
3 Carter
4 Greenberg
5 Sack
6 Deluz
7 Appalachia
8 Davaasuren
9 Assaeed
10 Gheza

(۲۰۱۸) تاثیر پاکوب شدن را در مراتع خشک که جزو زیستگاه های مورد توجه حفاظت در اروپا است را بررسی کردند. با بررسی ۶۰ سایت در سراسر دشت پو (شمال ایتالیا) اثرات اختلال در مقیاس کوچک را بر روی پوشش گیاهی مرتع خشک غنی از گلسنگ بررسی کردند. نتایج نشان داد غنای گلسنگ و پوشش با افزایش pH خاک کاهش یافت. اثرات منفی بیشتری روی گلسنگ ها در خاک های آهکی بود. لیو[1] و همکاران(۲۰۱۹) در مطالعه ای نشان دادند که تخریب خاک ناشی از پایکوب شدن انسان در پارک های جنگلی شهری می تواند بر تنوع طبقه بندی و عملکرد جوامع میکروبی خاک تأثیر منفی بگذارد. نتایج نشان داد که تغییرات در عملکرد میکروبی خاک و طبقه بندی با شدت لگدمال کردن مرتبط است.

در ایران، خوش‌رفتار در سال ۱۳۸۸ مطالعه‌ای تحت عنوان گوناگونی زمین پدیده‌ها و حفاظت از آن‌ها انجام داد. یزدی در سال ۱۳۹۲ در مطالعه‌ای به‌عنوان ژئودایورسیتی ایران، عامل ارتقاء ژئوتوریسم و توسعه پایدار به موضوع ژئودایورسیتی پرداخت. مقصودی و همکاران(۱۳۹۹) به بررسی سیستماتیک ادبیات علمی میراث ژئومورفولوژیکی طی سه دهه گذشته پرداختند. نتایج نشان داد که محققان تمرکز بیشتری بر شناسایی و ارزیابی میراث ژئومورفولوژیکی دارند. حدود ۴۸/۳۸ درصد مطالعات بر پتانسیل توسعه ژئوتوریسم میراث ژئومورفولوژیکی تمرکز دارند و فقط ۴/۳۵ درصد بر مدیریت و حفاظت تأکید کرده اند. نتایج همچنین نشان داد که محققان کمتر علاقه مند به ذینفعان میراث ژئومورفولوژیکی مانند گردشگران و جوامع محلی اند. آفرود به‌تازگی محبوبیت روزافزونی در جهان پیداکرده است. از اثرات آفرود در یک منطقه می‌توان به عدم تعادل توپوگرافی درآن منطقه اشاره کرد که عمدتاً با کاهش پایداری در چشم‌انداز، با ایجاد شیب‌های غیرمعمول و طولانی درنتیجه افزایش فرسایش آشکار می‌شود. اخیراً، آفرود باعث افزایش طوفان‌های شن و گردوغبار در مناطق بیابانی شده، برنامه‌های سافاری با جیپ ها نیز می‌تواند ایجاد اختلال در سطح را سبب شود. (Goudie, 2004).



شکل (۱). موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

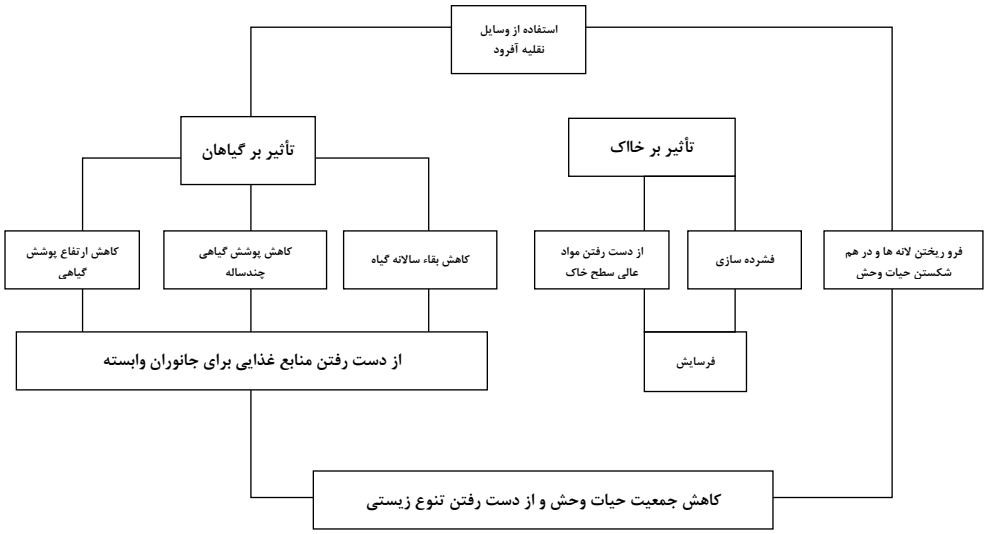
1 Liu

بنابراین، بررسی ماهیت و میزان تغییرات ناشی از وسایل نقلیه آفرود و شیوه‌های کاهش اثرات منفی آن برای حفاظت از ژئودایورسیتی و بایودایورسیتی و فرایندهای اکوسیستم در مناطق خشک ضروری است (Lovich and Bainbridge, 1999; Bolling and Walker; 2000).

وقتی یک رد ماشین روی زمین می‌افتد و سله خاک شکسته شود تا وقتی‌که ترمیم شود ده‌ها سال طول می‌کشد. رد لاستیک‌هایی که مربوط به سالیان پیش است هنوز باقی‌مانده و ترمیم نشده است. علاوه بر آن فشرده شدن خاک منطقه و از بین رفتن تخلخل آن موجب کاهش نفوذ آب به داخل خاک شده و درنتیجه تأثیرات منفی زیادی بر زایش و رویش گونه‌های گیاهی منطقه خواهد داشت. فرسایش بادی از عوامل اصلی ایجاد فرسایش در سطح زمین به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک است؛ ازاین‌رو برای جلوگیری از خسارات ناشی از آن، مطالعه‌ی خصوصیات آن در ارتباط با آفرود و تشدید تخریب لندفرم‌ها ضروری می‌باشد. در این مقاله منطقه شمال غرب کلوت‌های شهداد، جایی که جاده شهداد نهبندان عبور می‌کند، برای مطالعه اثرات پاکوب کردن و آفرود وسایل نقلیه بر لندفرم‌های بیابان لوت (کلوت ها) انتخاب شد و هدف از آن بررسی تغییرات و آسیبی است که وسایل نقلیه و پاکوب کردن انسان ها بر راهروهای لندفرم‌های مناطق بیابانی دارند. با توجه به اثرات منفی وسایل نقلیه آفرود، بسیاری از پژوهش‌ها و سیاست‌های مدیریتی باید به سمت کنترل و بازیابی مناطق آسیب‌دیده و حفظ عملکرد اکوسیستم در مناطق خشک هدایت شود.

موقعیت منطقه موردمطالعه

بیابان لوت در جنوب شرقی ایران، در محدوده سه استان خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان و کرمان گسترده شده است. بیابان لوت ازلحاظ شکل ناهمواری و پراکندگی عوارض جغرافیایی به سه قسمت لوت شمالی، لوت مرکزی و لوت جنوبی تقسیم شده است (مستوفی، ۱۳۵۱). لوت مرکزی، شگفت‌انگیزترین و وسیع‌ترین قسمت بیابان لوت است. محدوده مورد مطالعه همان‌طور که در تصویر مشخص‌شده واقع در لوت مرکزی در قسمت شمال غربی کلوت های بیابان لوت تا فاصله سه هزار متری از جاده تا رود شور می‌باشد (شکل۲). بیابان لوت یکی از بزرگ‌ترین بیابان‌های ایران است که سالانه کمتر از ۳۰ میلی‌متر بارندگی دریافت می‌کند. طبقه‌بندی زیستی آن دارای «بیابانی گرمسیری»، گرم‌ترین و خشک ترین زیست اقلیمی در جهان در طبقه‌بندی جهانی زیست‌اقلیمی است (جمالی و همکاران، ۲۰۱۱). این منطقه به‌عنوان قطب حرارتی زمین نامیده می‌شود و به‌عنوان یکی از داغ‌ترین، مکان‌های روی کره زمین با دمای سطح ۷۰/۷ درجه سانتی‌گراد در اواسط سال ۲۰۰۵ از طریق ماهواره ثبت‌شده است (Mildrexler et al,2006). رود شور یک رود دائمی در گرم‌ترین نقطه زمین است که از شمال شرقی منطقه جاری است و از لبه کلوت‌ها می‌گذرد و به فرورفتگی مرکزی (چاله مرکزی) ختم می‌شود. بیابان لوت در محدوده بلوک لوت قرار دارد که زیرزمین آن شامل سنگ‌های دگرگونی پیش از ژوراسیک (شیست pelitic) و رسوبات ژوراسیک است که توسط پلوتون‌های گرانیتی جوان‌تر (ژوراسیک تا ترشیاری) نفوذ کرده و توسط آتشفشانهای مافیک و فلسیک ترشیاری پوشانده شده است (Arjmandzadeh and Santos, 2014).



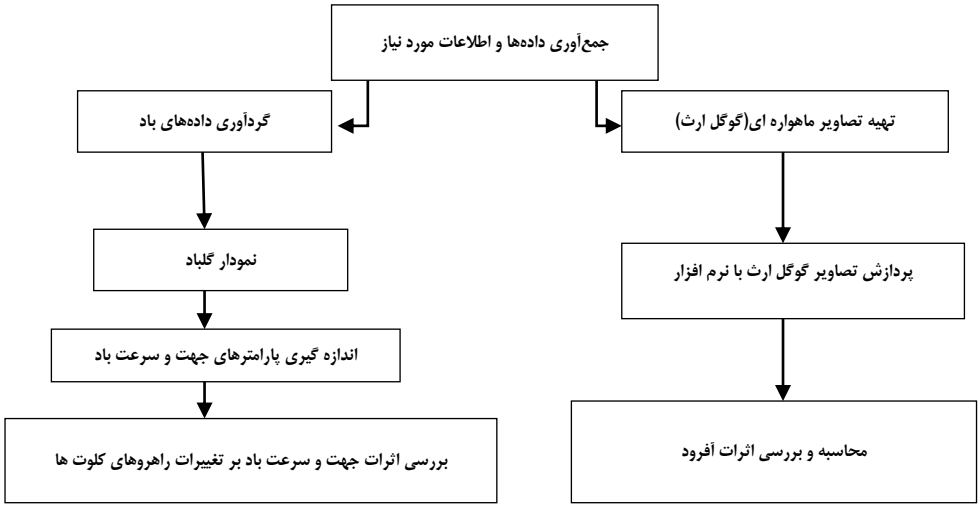
شکل (۲).تأثیرات وسایل نقلیه آفرود بر سطح (توسط Newsome و همکاران ۲۰۰۲ از Edington و Edington 1986)

داده‌ها و روش

داده‌های مورداستفاده در این تحقیق از طریق منابع مختلف کتابخانه‌ای، تصویری و مطالعات میدانی گردآوری شده‌اند. در اولین گام با استفاده از مطالعات کتابخانه‌ای و اسنادی مبانی موضوع بررسی گردید. در گام دوم تجزیه‌وتحلیل تصاویرگوگل ارث با استفاده از نرم‌افزار Arc MAP 10.8 انجام شد. در این مطالعه به بررسی اثر آفرود وسایل نقلیه در بیابان لوت پرداخته شد برای این کار ابتدا منطقه‌ای در نزدیکی جاده در محدوده رود شور انتخاب شد و موردبررسی قرار گرفت. آثار آفرود با نرم‌افزار Arc MAP 10.8رقومی سازی شده و تراکم این آثار محاسبه و نقشه تراکم هات اسپات اثرات آفرود تهیه شد. برای محاسبه تراکم خطوط از رابطه زیر در GIS استفاده شد.

رابطه ۱) (مساحت منطقه/مجموع طول خطوط)×۱۰۰= درصد تراکم خطوط

برای نشان دادن هات اسپات های آفرود در نرم‌افزار GIS و رسم آن به صورت نقشه، از ابزار Kernel Density استفاده شد. این ابزارها این امکان را می‌دهد که تراکم خطوط را بر اساس توزیع مکانی آن‌ها محاسبه کرده و در قالب نقشه‌ای نمایش دهید. در این نرم‌افزار، می‌توانید تنظیمات مربوط به نوع وزن‌دهی و شعاع تأثیر (Radius) را تعیین کنید تا تراکم خطوط را به دقت مورد نظرتان محاسبه کنید در گام سوم، از آمار ایستگاه بادسنجی شهداد، نزدیک‌ترین ایستگاه به منطقه، برای اطلاع از رژیم باد و آگاهی از توان فرسایندگی باد استفاده شد. پس از جمع‌آوری و آماده‌سازی داده‌های مربوط به‌سرعت و جهت باد در محیط اکسل با استفاده از نرم‌افزارهای WR PLOT وتهیه نمودار گلباد جهت و سرعت باد غالب و نیروی باد و تاثیر آن بر تغییرات سطح خاک در راهروهای کلوت بررسی شد. یکی از قابلیت‌های بسیار مفید نرم‌افزار WR PLOT این است که علاوه بر رسم گلبادهای استاندارد با سرعت پایه یک نات (حدود ۰/۵متر بر ثانیه)، امکان تغییر سرعت پایه و رسم گلبادهای با سرعت پایه بیشتر از سرعت آستانه فرسایش بادی را نیز برای کاربر فراهم ساخته است.این ویژگی انعطاف‌پذیر نرم‌افزار موجب می‌شود تا کاربر بتواند مقایسه‌ها و تحلیل‌های مختلفی را بر روی داده‌های بادسنجی منطقه انجام دهد. درنهایت ضرورت حفاظت از میراث جهانی بیابان لوت و اقدامات عملیاتی مربوطه مورد تجزیه‌وتحلیل قرار گرفت و پیشنهادهای لازم ارائه گردید.



شکل (۳). فلوچارت مراحل انجام پژوهش

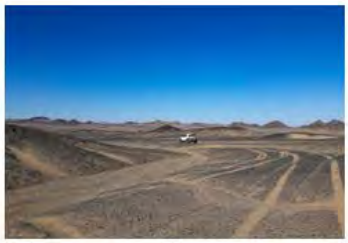
نتایج و بحث

بیابان لوت دارای اکوسیستمی بسیار حساس و شکننده است و فعالیت آفرود باعث آسیب به راهروهای لند فرم‌های آن خواهد شد. در بخش بررسی میدانی بیابان لوت تصاویری تهیه شد. در شکل (۴) فعالیت گردشگری و پارک ماشین‌ها در بخش میانی بیابان لوت نشان داده شده است و همین‌طور در شکل (۵) ماندگاری اثرات آفرود در بخش شمال غرب کلوت های بیابان لوت قابل مشاهده است. در شکل (۶) نیز شاهد اثرات آفرود به‌صورت بسیار متراکمی در دشت ریگی میانی بیابان لوت (هامادای یا همدای بخش میانی) می باشید. در شکل(۷) ماشین‌های مختلف قابل‌مشاهده است که می‌تواند آثار مخربی بر لندفرم‌های مناطق بیابانی در طی سالیان داشته باشد. در این مطالعه برای به دست آوردن تراکم اثرات آفرود و محاسبه آن ها در فواصل مختلف و در نهایت نشان دادن نقاط هات اسپات این آثار ابتدا بافرهایی بافاصله هزار، دو هزار و سه هزار متر از جاده رسم شد (شکل۸). همان‌طور که در جدول (۱) مشاهده می‌شود در فاصله هزار متری از جاده در مساحت ۳۹۵۴۲۶۲.۷ مترمربع که در رینگ یک مشخص‌شده، تراکم اثرات آفرود ۰/۱۴ درصد و در رینگ دوم که در فاصله دو هزار متری از جاده و مساحتی حدود ۴۵۸۰۵۴۲۰.۲ مترمربع می‌باشد تراکم ۶/. درصد و در رینگ سوم که در فاصله سه هزار متری از جاده با مساحتی حدود ۵۲۰۷۰۰۲۲.۲ مترمربع می‌باشد تراکم اثرات آفرود عدد ۰۱/. درصد را نشان می‌دهد. رینگ اول که در فاصله‌ی هزار متری از جاده است در مقایسه با رینگ دوم اثرات بیشتری از وسایل نقلیه آفرود را نشان می‌دهد و در مقایسه با رینگ سوم تفاوت چشمگیرتر می‌باشد. همان‌طورکه در نتایج جدول (۱) مشاهده می‌شود درصد تراکم اثرات آفرود که از ۰/۱۴ درصد در رینگ نزدیک جاده به ۰۱/. درصد در رینگ سوم کاهش‌یافته نشان‌دهنده این است که با افزایش فاصله از جاده اثرات آفرود کاهش پیدا می‌کند. در مرحله بعد هر دو طرف جاده به‌صورت جداگانه کلیپ و محاسبه شد که در جداول (۲و۳) نتایج آورده شده است. همان‌طور که در جدول (۲) آورده شده است،

شکل ۴: وجود ماشین های مختلف در عرصه ثبت شده میراث جهانی بیابان لوت

شکل ۵: اثرات آفرود در بخش شمال غرب کلوت های بیابان لوت

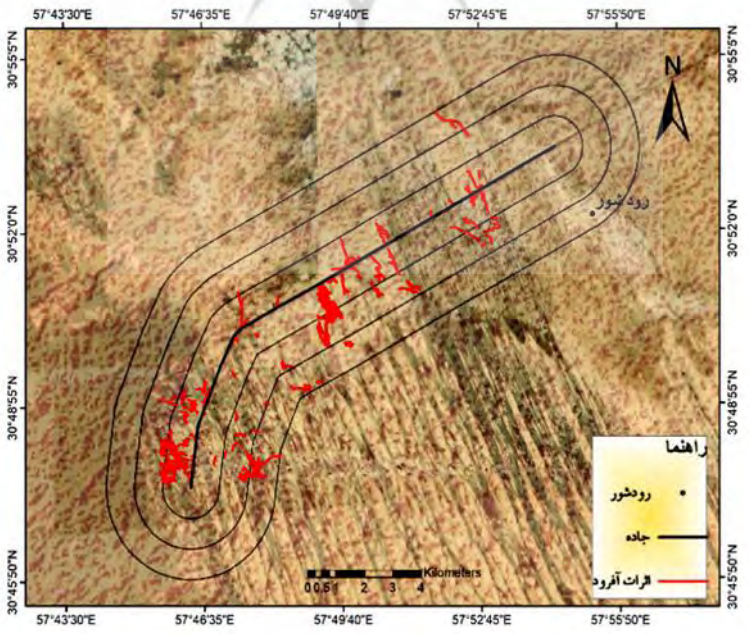
شکل ۶: فعالیت وسائل نقلیه آفرود در بخش میانی بیابان لوت



شکل ۷: اثرات آفرود بر دشت ریگی میانی بیابان لوت

جدول (۱). تراکم اثرات آفرود در فواصل هزار و دو هزار و سه هزار متر از جاده

فاصله از جاده(متر)	طول (متر)	درصد تراکم	مساحت (متر مربع)
۱۰۰۰	۵۸۲۱۰.۵	۱۴٪.	۳۹۵۴۵۲۶۲۰۷
۲۰۰۰	۲۹۵۹۹.۸	۶٪	۴۵۸۰۵۴۲۰.۲
۳۰۰۰	۹۸۴۶.۳	۰۱٪.	۵۲۰۷۰۰۲۲.۲



شکل (۸). اثرات رقومی شده آفرود در فواصل (۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۳۰۰۰) متر از جاده در منطقه موردمطالعه

جدول (۲). تراکم اثرات آفرود در قسمت شمالی جاده در فواصل ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ متری جاده

فاصله از جاده (متر)	طول (متر)	درصد تراکم	مساحت (متر مربع)
۱۰۰۰	۳۵۲۶۵.۴	.۱۷٪	۲۰۲۹۸۴۵۵.۴
۲۰۰۰	۵۴۱۰.۸	.۰۲٪	۲۴۳۱۶۵۴۷.۲

در قسمت شمالی جاده در رینگ هزار متری در مساحتی حدود ۲۰۲۹۸۴۵۵.۴ مترمربع تراکم ۰/۱۷ درصد و در رینگ دوم و فاصله دو هزار متری از جاده در مساحتی حدود۲۱۴۸۸۸۷۳.۰۴ مترمربع تراکم اثرات آفرود ۰/۰۲ درصد می‌باشد. در قسمت جنوبی جاده هم تراکم همان‌طور که در جدول شماره ۳ نشان داده شده دو عدد تقریباً مساوی است اما نسبت به مساحت رینگ دوم تراکم اثر آفرود، عدد کمتری را نشان می دهد. در بخش جنوبی جاده به علت جاذبه کلوت ها برای گردشگران بیشترین اثرات آفرود قابل‌مشاهده است. شایان ذکر اینکه گردشگرانی که وسیله نقلیه آفرود ندارند بیشتر از بخش شمالی جاده برای دیدن مناظر استفاده می‌نمایند. سپس محدوده اطراف جاده در بخش مورد مطالعه با فواصل کمتر مورد بررسی قرار گرفت. بافرهای مالتی رینگ دویست متری تا فاصله دو هزار متر از جاده ترسیم شد.

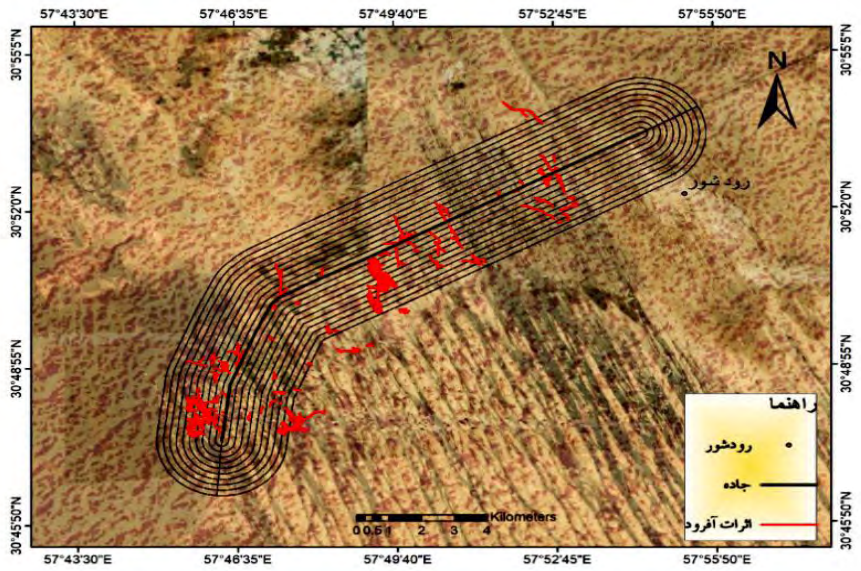
جدول (۳). تراکم اثرات آفرود در قسمت جنوبی جاده در فاصله ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰متری جاده

فاصله از جاده (متر)	طول (متر)	درصد تراکم	مساحت (مترمربع)
۱۰۰۰	۲۲۹۴۵.۱	.۱٪	۱۹۲۴۶۸۰۷.۲
۲۰۰۰	۲۴۱۸۸.۹	.۱۱٪	۲۱۴۸۸۸۷۳.۰۴

مطابق آنچه در جدول۴ آمده است در فاصله ۲۰۰ و ۴۰۰ و ۶۰۰ و ۸۰۰ و ۱۰۰۰ متری از جاده تراکم اثرات آفرود که به ترتیب در حدود ۱۴/. درصد و۲۷/. درصد و ۱۵/. درصد و ۱۵/. درصد می‌باشد. بررسی دو طرف جاده هم به‌صورت جداگانه در فواصل ۲۰۰ متری ، صورت گرفت(شکل۹).

جدول (٤). تراکم اثرات آفرود در دو طرف جاده تا فاصله ۲۰۰۰ متری(فاصله بافرها ۲۰۰ متر)سمت راست

فاصله از جاده (متر)	طول (متر)	درصد تراکم	مساحت (مترمربع)
۲۰۰	۱۰۵۷۹.۸۸	%۱۴.	۷۴۰۷۰۰۶
۴۰۰	۲۰۹۵۹,۶۵	%.۲۷	۷۶۵۸۰۲۶,۹۷
۶۰۰	۱۲۴۲۲.۸۱	%.۱۵	۷۹۰۹۰۵۳,۶۹
۸۰۰	۱۲۹۸۸,۷۲	%.۱۵	۸۱۶۰۰۷۵,۷۷
۱۰۰۰	۱۱۸۳۹.۳۵	%۱۴.	۸۴۱۱۱۰۰,۳۱
۱۲۰۰	۱۱۷۲۰,۰۳	%۱۳.	۸۶۵۷۱۶۳,۰۴
۱۴۰۰	۶۱۴۸,۸۳	%۰۶.	۸۹۱۱۶۲۹.۶۳
۱۶۰۰	۲۷۶۰,۷۴	%۰۳.	۹۱۶۱۹۵۷,۴۹
۱۸۰۰	۴۱۵۵.۲۹	%۰۴.	۹۴۱۱۸۹۶.۱۶
۲۰۰۰	۴۸۱۴,۹۰	%۰۳.	۹۶۶۲۷۷۳ ۹۲



شکل (۹). اثرات آفرود بافرهای با فواصل ۲۰۰ متری تا فاصله دو هزار متری از جاده در منطقه موردمطالعه

در بررسی نتایج به‌دست‌آمده دربافرهای با فواصل دویست متری از جاده در قسمت شمالی و جنوبی جاده (جدول ۵ و ۶) مشاهده می شود که در هر رینگ تراکم متفاوتی نشان داده‌شده است در قسمت شمالی جاده (جدول۶) در رینگ‌هایی انتهایی اثرآفرود مشاهده نشد که به‌احتمال‌زیاد مرتبط با رود شور و پهنه‌های سیلابی این رود می‌باشد که اثر این خطوط را از بین برده است. احتمال دارد یکی دیگر از دلایل کم بودن اثرات آفرود در بعضی از نقاط، صعب‌العبور بودن برای وسایل نقلیه آفرود باشد. سپس تصاویر در سال‌های مختلف بادقت بالا ژئورفرنس شده و اثرات آفرود در سال‌های متفاوتی رقومی شد. پس‌ازآن میزان تغییرات اثر آفرود در بازه زمانی مختلف موردبررسی و پایش قرار گرفت که نتایج از مقایسه این نقشه‌ها و بررسی اثرات آفرود در طی سال‌های مختلف می‌توان به این نتیجه رسید که توجه به آفرود برای گردشگران در سال‌های اخیر بیشتر شده است.

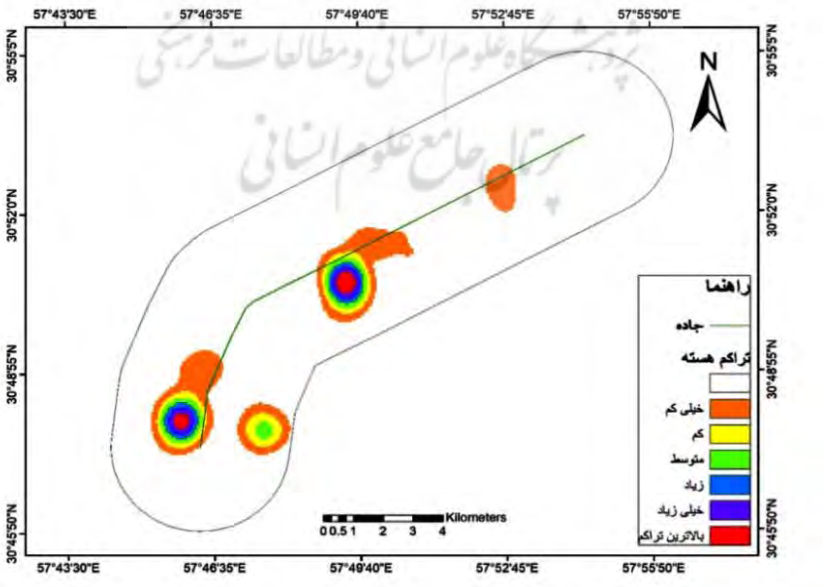
جدول (۵). تراکم اثرات آفرود در قسمت جنوبی جاده تا فاصله ۲۰۰۰ متری(بافرها بافاصله ۲۰۰ متر)

فاصله از جاده (متر)	طول (متر)	درصد تراکم	مساحت (مترمربع)
۲۰۰	۳۶۲۸,۴۶	%۰۹.	۳۷۲۱۳۴۱,۳۱
۴۰۰	۴۵۵۰,۱	%.۱۲	۳۷۷۱۴۵۰,۱۱
۶۰۰	۵۶۹۸,۲۷	%۱۴.	۳۸۵۷۸۵۷,۶
۸۰۰	۴۴۱۱,۰۴	%۱۱.	۳۹۴۷۸۶۸,۵۸
۱۰۰۰	۴۶۵۷.۲۳	%۱۱.	۴۰۴۱۴۵۲,۰۱
۱۲۰۰	۷۲۵۳,۷۸	%۱۳.	۴۱۳۲۱۲۷,۷۲
۱۴۰۰	۵۶۴۲.۵۲	%۱۳.	۴۲۲۶۰۶۲,۵۶
۱۶۰۰	۳۸,۲۵۸۳	%۰۵.	۴۳۱۸۱۷۳,۹
۱۸۰۰	۴۱۰۰,۱۴	%۰۹.	۴۴۱۰۱۶۰,۴۲
۲۰۰۰	۴۶۰۹,۰۸	%۱.	۴۴۳۱۲۵۰,۷۸

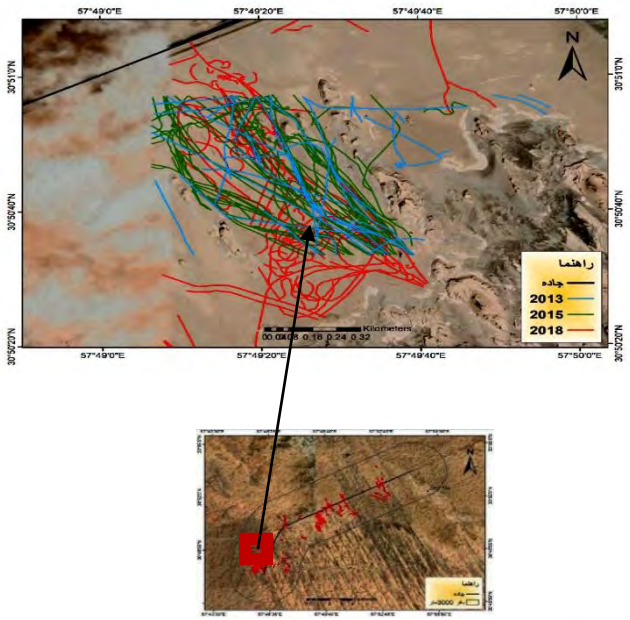
جدول (٦). تراکم اثرات آفرود در قسمت قسمت شمالی جاده تا ۲۰۰۰ متری(بافرها بافاصله ۲۰۰ متر)

فاصله از جاده (متر)	طول (متر)	درصد تراکم	مساحت (مترمربع)
۲۰۰	۵۹۵۱,۴	٪۱۵	۳۷۲۱۸۷۵,۶۶
۴۰۰	۵۸۲۹,۶۵	٪۱۵	۳۸۸۵۳۷۳۳
۶۰۰	۶۷۲۴,۵۴	٪۱۶	۴۰۴۹۸۷۵,۲۲
۸۰۰	۸۵۷۷,۶۷	٪۲	۴۲۱۵۰۲۶,۶۴
۱۰۰۰	۷۱۸۲.۱۱	٪۱۶	۴۳۷۶۳۱۰,۱۵
۱۲۰۰	۴۴۶۶,۲۴	٪۰۹	۴۵۳۲۴۵۳,۱۸
۱۴۰۰	۵۰۶,۳	٪۰۱	۴۶۹۲۲۵۲,۸۶
۱۶۰۰	۱۷۷.۳۵	٪۰۳	۴۸۴۸۶۴۷,۱۴
۱۸۰۰	۰	۰	۵۰۰۵۲۰۱,۸۷
۲۰۰۰	۰	۰	۵۰۴۸۳۸۸

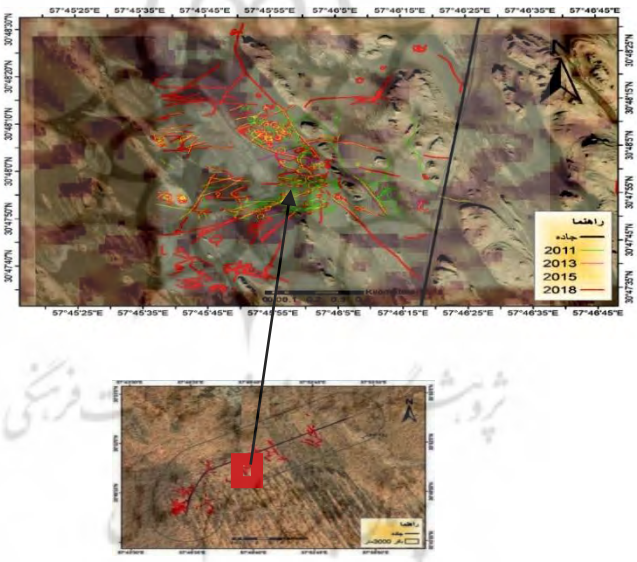
در شکل‌های (۱۱ و ۱۲) تغییرات اثرات آفرود در قسمت‌های مختلفی از منطقه مورد مطالعه در سال‌های مختلف نشان داده شده است. از پایش اثرات آفرود در سال‌های مختلف در مناطق مختلف این نتیجه به دست می‌آید که در سال‌های اخیر تراکم اثرات آفرود روند افزایشی داشته است. همان‌طور که در شکل (۱۱) نشان داده شده است حتی در دالان‌های کنار کلوت ها که از لندفرم‌های بی‌نظیر بیابان لوت در جهان است اثرات آفرود مشاهده می‌شود که بدون در نظر گرفتن حساسیت و ارزش این لندفرم‌ها، گردشگران و آفرود سواران وارد این منطقه شده و آگاهانه یا غیر عمد باعث آسیب به این لندفرم‌ها می‌شوند. در ادامه با استفاده از اثرات رقومی شده در نرم افزار Arc GIS به نمایش نقاط تراکم و آسیب پذیر در این محدوده پرداخته شد. همان‌طور که در شکل (۱۰) نقشه خروجی برای نمایش نقاط هات اسپات اثرات آفرود مشاهده می‌شود قسمت‌هایی که بیشترین تراکم خطوط و یا به عبارتی هات اسپات‌های اثرات آفرود را دارد با رنگ قرمز مشخص شده است. این لکه‌ها در نزدیکی جاده و بیشتر متمایل به سمت کلوت هاست که دلیل آن جاذبه کلوت‌های بیابان لوت برای گردشگران است که باعث عبور و مرور بیشتر وسایل نقلیه آفرود در این بخش شده است. یکی دیگر از دلایل زیاد بودن اثرات آفرود در بخش جنوبی جاده می تواند این باشد که امکان حرکت ماشین‌های آفرود در داخل کوریدورها ساده‌تر است و البته نیاز به بررسی بیشتری دارد.



شکل (۱۰). مشخص کردن هات اسپات آفرود در منطقه موردمطالعه



شکل (۱۱). اثرات رقومی شده آفرود در سال های ۲۰۱۸،۲۰۱۵،۲۰۱۳ در قسمت مشخص شده از منطقه مورد مطالعه

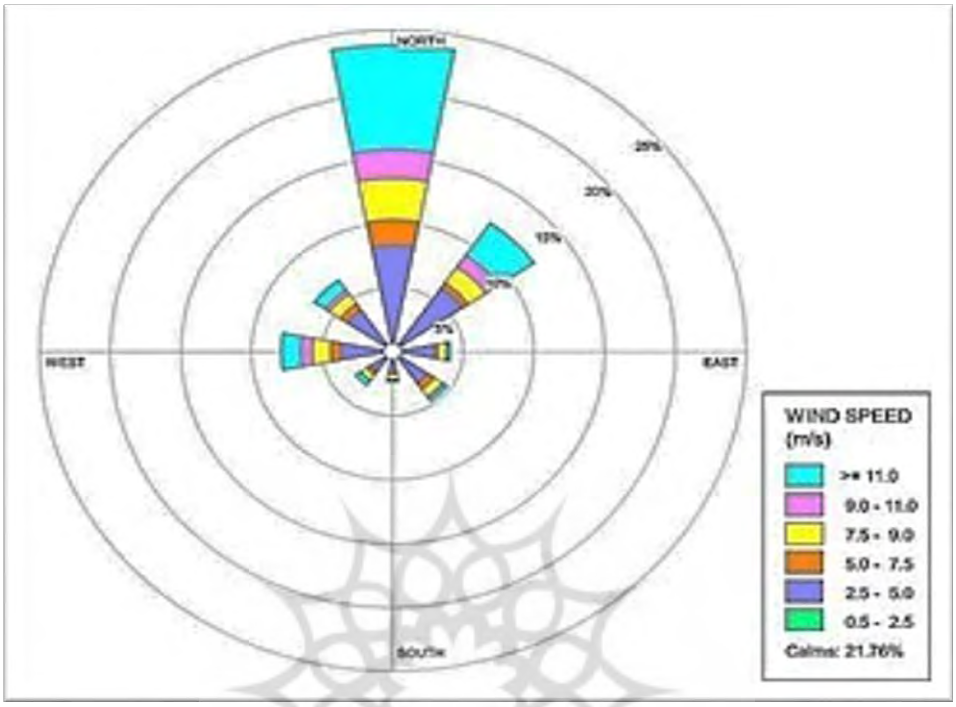


شکل (۱۲). اثرات رقومی شده آفرود در سال های ۲۰۱۱، ۲۰۱۳، ۲۰۱۵، ۲۰۱۸ در قسمت مشخص شده از منطقه مطالعاتی

در سطح دوم این مطالعه به بررسی خصوصیات باد پرداخته شد. تعیین حساسیت نسبی اراضی به فرسایش بادی و شناخت عوامل مؤثر آن، به‌منظور اولویت‌بندی و مدیریت عملیات حفاظت خاک امری ضروری است (Nourzadeh Hadad et al,2017). سرعت و جهت باد و میزان فرسایش باد در ماندگاری آثار آفرود مؤثر می‌باشد و همین‌طور با فرسایش خاک سطحی در کریدورهای بین کلوت‌ها ارتباط مستقیم دارد.

برای ترسیم گلباد منطقه موردمطالعه از آمار ایستگاه سینوپتیک شهداد استفاده شده است. همانطور که گلباد منطقه در شکل (۱۳) نشان می‌دهد بیشترین فراوانی بادها دارای جهت شمالی هستند و جهت‌های شمال غرب و شمال شرق در مقام‌های بعدی قرار دارند. فقر پوشش گیاهی در منطقه مورد مطالعه و قدرت کاوشی باد با آفرود تشدید و باعث فرسایش و انتقال خاک سطحی می‌شود. سرعت و جهت باد در شکل (۱۳) آورده شده است. سرعت و جهت باد نقش بسیار مهمی در فرسایش لندفرم‌های بیابانی

دارد. سرعت باد بالا می‌تواند باعث ایجاد نیروهای فشاری بر روی سطح خاک و مصالح موجود شود. بادهای قوی می‌توانند ذرات خاک و ماسه را از روی سطح بیابان برداشته و آنها را در جهت حرکت باد جابجا کنند. این فرآیند باعث جریان و حمل و نقل رس، سیلت و ماسه در بیابان می‌شود که ممکن است منجر به افزایش تغییرات در لندفرم‌ها شود.



شکل (۱۳). گلباد سالانه ایستگاه سینوپتیک شهداد

آفرود وسایل نقلیه و پاکوب کردن انسان‌ها و حیوانات باعث تغییر شکل منظر طبیعی بیابان لوت می‌شود که با سرعت باد، تغییر در حمل و نقل عناصر ریز دانه این تخریب افزایش پیدا می‌کند. جهت وزش باد می‌تواند با جهت لاستیک‌های وسایل نقلیه نیز در تشدید تخریب خاک این منطقه مؤثر باشد. جهت و سرعت باد می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر تخریب لندفرم‌های بیابانی داشته باشند. همان طور که در جدول(۷) مشاهده می‌شود میانگین سرعت باد ثبت شده ایستگاه شهداد ۱۴.۹۵ متر بر ثانیه است. بادهای قوی و پایدار ممکن است باعث حرکت و جابجایی مصالح موجود در بیابان شده و فرآیند تغییر لندفرم‌ها را تسریع کنند. مسیرها و راه‌های آفرودی که توسط خودروها ایجاد می‌شوند می‌توانند باعث از بین رفتن پوشش گیاهی و خاک محافظ بیابان شده و عواملی مانند جهت و سرعت باد این فرایند را تسریع می‌کند.

جدول (۷). سرعت باد در منطقه موردمطالعه برحسب متر بر ثانیه

سرعت متر/ثانیه							
جهت باد	./۵–۲/۵	۲/۵–۵	۵–۷/۵	۷/۵–۹	۹–۱۱	>=۱۱	مجموع
۳۳۷/۵–۲۲/۵	۰	۰	۰/۰۷	۰/۱۸	۱/۳۱	۲۵/۶۲	۲۷/۱۹
۲۲/۵–۶۷/۵	۰	./۱۴	./۶۲	۰/۵۴	۲/۸۱	۱۲/۵۷	۱۶/۷۰
۶۷/۵–۱۱۲/۵	۰	./۰۳	۰/۴۰	۰/۲۱	۱/۱۶	۲/۰۸	۳/۹۱
۱۱۲/۵–۱۵۷/۵	۰	./۰۳	۰/۱۴	۰/۱۸	۰/۸۰	۱/۵۳	۲/۷۰
۱۵۷/۵ –۲۰۲/۵	۰	۰	۰/۱۸	۰/۰۷	۰/۳۲	./۹۵	۱/۵۳
۲۰۲/۵–۲۴۷/۵	۰	۰	۰/۰۷	۰/۰۳	./۲۹	۳/۳۲	۳/۷۲
۲۴۷/۵–۲۹۲/۵	۰	۰	۰/۴۰	۰/۶۹	۳/۹۸	۲۲	۱۷/۰۸
۲۹۲/۵–۳۳۷/۵	۰	۰	۰/۶۲	۰/۵۴	۲/۶۶	۱۳/۰۱	۱۶/۸۴
Sub-total	۸۲/۹۶						
calms	./۲۴						
Missing/incomplete	۱۶/۷۸						
مجموع	۱۰۰						
Frequency of calm winds	./۲۹٪						
Average wind speed	۱۴/۹۵ متر بر ثانیه						

نتیجه‌گیری

با توجه به این نکته که بیابان‌ها به عنوان یکی از انواع محیط‌های آسیب پذیر در برابر اقدامات انسانی شناخته شده‌اند، لازم است تحقیقات بیشتری در این زمینه انجام شود تا بتوان بهترین راهکارها برای حفاظت از لندفرم‌های بیابانی و کاهش تاثیرات منفی آفرود بر این مناطق را پیدا کرد. پژوهش حاضر ازآنجاکه به اثراتی که فعالیت انسان در یک محدوده بیابانی دارد پرداخته، با مطالعات از این قبیل متمایز می‌باشد. حرکت خودروهای آفرود و همین‌طور پاکوب کردن سطوح بیابانی توسط گردشگران باعث فشار و تراکم بیش از حد خاک و مواد معدنی زیرین شده و باعث ایجاد آسیب و شکستگی در ساختار بیابان و تخریب لندفرم‌های بیابانی می‌شود. بیابان لوت در جنوب شرقی ایران، در محدوده سه استان خراسان جنوبی، سیستان و بلوچستان و کرمان گسترده شده است. محدوده موردمطالعه واقع در لوت مرکزی در قسمت شمال غربی کلوت‌های بیابان لوت تا فاصله سه هزار متری از جاده تا رود شور می‌باشد. این پژوهش به بررسی تاثیرات آفرود و تجزیه‌وتحلیل آثار آن در محدوده مورد مطالعه طی سال‌های مختلف و به دست آوردن تراکم این آثار پرداخته و در نهایت، نقاط هات اسپات اثرات آفرود تعیین شد. همچنین تاکید بر حفاظت لندفرم‌های بیابانی و جلوگیری از اثرات مخربی که به دلیل تراکم پاکوب کردن سطوح توسط انسان و وسایل نقلیه و حیوانات ایجاد می‌شود دارد. این مطالعه مبتنی بر شیوه کمی و کیفی (توصیفی–تحلیلی) می‌باشد. از تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث برای محاسبه تراکم و به دست آوردن هات اسپات‌های اثرات آفرود و پایش تغییرات آن در طی سال‌های مختلف استفاده‌شده است. از نرم‌افزار WR PLOT برای محاسبه سرعت و جهت وزش باد منطقه، داده‌های ایستگاه شهداد به کار گرفته شد. در نرم‌افزار Arc GIS 10.8 تصاویر ماهواره‌ای گوگل ارث رقومی شده و سپس اندازه و تراکم آن‌ها در فواصل معین موردبررسی قرار گرفت و نقاط هات اسپات آفرود نمایش داده شد. نتایج به‌دست‌آمده نشان می‌دهد تراکم آفرود در مجاورت جاده بسیار بیشتر و با افزایش فاصله از جاده کاهش پیدا می‌کند و بررسی جداگانه دو طرف جاده گویای آن است که تراکم اثرات آفرود در بخش جنوبی جاده بیشتر از بخش شمالی آن است که می‌تواند به دلیل جاذبه کلوت‌های بیابان لوت برای گردشگران باشد و همین‌طور صعب‌العبور

بودن قسمت‌های شمالی جاده نیز می‌تواند دلیل دیگر آن باشد. البته پهنه‌های سیلابی رود شور در قسمت شمالی جاده نیز می‌تواند دلیل بر کم بودن این اثرات در این محدوده باشد. از پایش اثرات آفرود در سال‌های مختلف در قسمت‌هایی از منطقه مطالعاتی این نتیجه به‌دست‌آمده که در سال‌های اخیر توجه به آفرود در بیابان لوت افزایش چشمگیری داشته است. سپس باد منطقه با استفاده از داده‌های ایستگاه سینوپتیک شهداد بررسی شد نتایج حاصل از تحلیل گلباد سالانه در ایستگاه شهداد نشان داد که به‌طورکلی بادهای شمالی فراوانی بیشتری دارند و میانگین سرعت باد منطقه مورد مطالعه ۱۴.۹۵ متر بر ثانیه است. در آفرود وزن بالای وسایل نقلیه باعث فشرده شدن خاک و افزایش تراکم آن می شوند که باعث خرابی ساختار خاک و افزایش حساسیت خاک به فرسایش می‌شود و نیروی کاوشی باد و جهت وزش باد و جهت حرکت لاستیک‌های وسایل نقلیه آفرود باعث تشدید این تغییرات می‌شود.

اثرات وسایل نقلیه آفرود به مرور زمان ژئودایورسیتی بیابان لوت آسیب می‌رساند. به دلیل ویژگی‌های خاص جغرافیایی و تاریخی بیابان لوت، توجه بیشتر به اقدامات مدیریتی، حفاظتی و نظارتی آن بسیار ضروری است. عبور خودروهای آفرود از محل عوارض طبیعی و مسیرهای نامتعارف موجب از بین بردن لندفرم های بیابان لوت و تخریب و نابودی آن‌ها و هچنین پاکوب کردن تعداد زیاد گردشگران در محل کلوت ها سرعت تخریب را افزایش می‌دهد. در این رابطه توسعه یک برنامه عملیاتی حفاظت از میراث جهانی بیابان لوت، مدیریت مناسب و رعایت اصول بیابان‌گردی می‌تواند تأثیر منفی این تهدیدات را به حداقل برساند.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی

منابع

- خوشرفتار رضا؛ ۱۳۸۸. گوناگونی زمین پدیده ها و حفاظت ازآنها. رشد آموزش جغرافیا. (۸۹) ۲۴-۱۵
- صفری علی اکبری مسعود؛ صادقی حجت الله. (۱۴۰۱). تحلیل موانع و راهبردهای توسعه گردشگری شهرستان دزپارت، *نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی*۲۶ (۸۲)، ۱۴۳-۱۲۵.
- عمرزاده داوود ؛ پورمردادیان سامره؛ ولیزاده کامران خلیل؛ فیضی زاده بختیار؛ خلاقی هدی. (۱۴۰۱). قابلیت سنجی توسعه گردشگری طبیعی(اکوتوریسم) در استان آذربایجان غربی براساس تحلیل‌های مکانی GIS، *نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی* .۲۶ (۷۹)، ۲۵: -۲۴۳.
- کیانی سلمی صدیقه؛ عباسیان سعید. (۱۳۹۹).تحلیل پیامدهای توسعه گردشگری بر توانمندسازی مناطق روستایی (مورد مطالعه: روستاهای بخش مرکزی نطنز)،*نشریه علمی جغرافیا و برنامه ریزی*، ۲۴ (۷۱)، ۳۳۹-۳۶۷
- مستوفی احمد، (۱۳۵۱). شهداد و جغرافیای تاریخی دشت لوت، *نشریه گزارش‌های جغرافیایی*، مؤسسه جغرافیا، ۳(۸)،۰-۰.
- مقصودی مهران؛ عمادالدین سمیه.(۱۳۸۶). ارزیابی ویژگی‌های ژئوتوریسمی لند فرم‌های بیابانی با تأکید بر دشت لوت، *فصلنامه مطالعات جهانگردی*، (۶) ،۱۰۸-۹۵.
- مقصودی مهران، مقیمی ابراهیم، یمانی مجتبی، رضایی ناصر، مرادی انور.(۱۳۹۹). بررسی سیستماتیک ادبیات علمی میراث ژئومورفولوژیکی، *پژوهش های جغرافیای طبیعی*، دوره ۱ (۵۲)، ۱-۱۶
- یزدی عبدالله؛ دبیری رحیم. (۱۳۹۴). درآمدی بر ژئودایورسیتی به عنوان پایه ای برای ژئوتوریسم. *یافته های نوین زمین شناسی کاربردی*. ۹. ۱۸. ۷۴-۸۲.
- Arjmandzadeh, R., Santos, J.F.,2014 Sr-Nd isotope geochemistry and tectonomagmatic setting of the Dehsalm Cu-Mo porphyry mineralizing intrusives from Lut Block, eastern Iran. Int. J. Earth Sci. 103, 123–140. https://doi.org/10.1007/s00531-013- 0959-4
- Assaeed Abdulaziz M., P. S., Al-Rowaily Saud L., El-Bana Magdy I., A.A. Abood Abdullah., A.M. Dar Basharat., K. Hegazy Ahmad. (2018). Impact of off-road vehicles on soil and vegetation in a desert rangeland in Saudi Arabia. Saudi Journal of Biological Sciences.
- Brilha, J., (2016). Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: A review. Geoheritage,(8), 119–134
- Bolling, J.D., Walker, L.R., 2000. Plant and soil recovery along a series of abandoned
- desert roads. J. Arid Environ. 46 (1), 1-24.
- Burde JH, Renfro JR (1986) Use impacts on the Appalachian trail pp. 138–143. In Lucas RC (ed.), Proceedings: National wilderness research conference: Current research USDA Forest service Intermountain Research station. General Technical Report INT-212 Ogden Utah USA.
- Berry, K., ed., 1973, Preliminary studies on the effects of off road vehicles on the northwestern Mojave Desert: a collection of papers. Ridgecrest, California. 100 p.
- Bayfield, N.G., 1971. Some effects of walking and skiing on vegetationat Cairngorm. In:
- Duffey, E., Watt, A.S. (Eds.), The Scientific Management of Plant and Animal Communities for Conservation. Blackwell, Oxford, UK, pp. 469-485.
- Davaasuren Davaadorj., (2017). C Vehicle Off-Road Erosion Assessment in Southern Mongolia. Geosphere, United Nations University Land Restoration Training Programme [final project].
- Djamali, M., Akhani, H., Khoshravesh, R., Andrieu-Ponel, V., Ponel, P., Brewer, S., 2011. Application de la Classification Bioclimatique Globale en Iran: implications pour comprendre la végétation actuelle et la biogéographie. Ecol. Mediterr. Rev. Int. d'écologie méditerranéenne = Int. J. Mediterr. Ecol. 37, 91-114.

- Edington JM, Edington MA (1986) Ecology, Recreation and Tourism. Cambridge: Cambridge University Press.
- Greenberg, C.H., Crownover, S.H., Gordon, D.R., 1997. Roadside soil: a corridor for
- invasion of xeric scrub by non indigenous plants. Nat. Areas J. 17 (2): 99-109.
- Goudie A (ed.) (2004) Encyclopedia of Geomorphology. Routledge, London.
- Heinze Claudia. (2009). Spatial Planning for Off-Road Driving Areas – Pros and cons of environmental regulations: A case study in a semi-arid environment, Namibia. MS Dissertation, International Institute for Geo-information Science.
- Gheza, Gabrele, Assini, Silvia, Marini, Lorenzo, Nascimbene, Juri.,(2018), Impact of an invasive herbivore and human trampling on lichen-rich dry grasslands: Soil-dependent response of multiple taxa, the total environment journal, 639: 633-639.
- Hesp, P., Davidson-Arnott, R., Walker, I., Ollerhead, J., (2005). Flow dynamics over a foredune at Prince Edward Island Canada, Geomorphology 65: 71- 84.
- Kuriyama, Y., Mochizuki, N., Nalashima, T., (2005). Influence of vegetation on Aeolian sand transport rate from a backshore to a foreshore at Hasaki, Japan, Sedimentology 52, 1123-1132.
- Stebbins, R.C., 1974, Off-road vehicles and the fragile desert: Amer. Biol. Teacher, 36: 203-208, 294-304.
- Lathrop, E.W. (1983). Recovery of perennial vegetation in military maneuver areas. In: Webb, R.H. and Wilshire, H.G. (Eds), Environmental Effects of Off-road Vehicles, pp. 265–277. New York: Springer-Verlag. 534.
- Liu, Qianqian, Li, Wensui, Nie, Hui, Dong, Lina, Xiang, Liu, Zhang, Jinchi., (2019), The Effect of Human Trampling Activity on a Soil Microbial Community at the Urban Forest Park, Applied Soil Ecology,135: 104-112
- Liu, L.Y., Skidmore, E., Hasi, E., Wagner, L., Tatarko, J., (2005). Dune sand transport as influenced by wind directions, speed and frequencies in the Ordos Plateau, China, Geomorphology 67: 283- 297.
- Lovich, J.E. & Bainbridge, D. (1999). Anthropogenic degradation of the southern California desert ecosystem and prospects for natural recovery and restoration. Environmental Management, 24: 309–326.
- Mildrexler, D.J., Zhao, M., Running, S.W., 2006. Where are the hottest spots on Earth? Eos 87https://doi.org/10.1029/2006EO430002. (Washington. DC)
- Newsome D, Moore SA, Dowling RK (2002) Natural Area Tourism – Ecology, Impacts and Management. Channel View Publications, Clevedon-Buffalo-Toronto-Sydney
- Nourzadeh Haddad, M.; Gholami, A.; & A. Nikoo, 2017. Estimation of Sediment Potential Due to Wind Erosion in Abdul Khan (Sush) Lands Using the Eriffer Model, Geographical Space Journal, 16, 277-289.
- Reynard, E., Perret, A., Bussard, J., Grangier, L., & Martin, S. (2016). Integrated approach for the inventory and management of geomorphological heritage at the regional scale. Geoheritage, 8, 43–60.
- Rundel, P.W. & Gibson, A.C. (1996). Ecological Communities and Processes in a Mojave Desert ecosystem: Rock Valley, Nevada. Cambridge: Cambridge University Press. 369 pp.
- Panniza, m, 1996. Development in earth surface processes 4- environmental Geomorphology. Elsevier

- Sack D, da Luz S (2003) Sediment flux and compaction trends on off-road vehicle (ORV) and other trails in an Appalachian forest setting. Phys Geogr 24 (6): 536–554
- Santarém, F.; Saarinen, J.; Brito, J.C. Desert Conservation and Management: Ecotourism. Encycl. World's Biomes 2020, 259–273.
- Webb H., Wilshire H. G. (1983). Environmental effects of off-road vehicles: Impacts and management in arid regions. Springer-Verlag. New York.
- Willard BE, Marr JW (1970) Effects of human activities on alpine tundra ecosystems in Rocky Mountain National Park Colorado. Biol Cons 2: 257–265
- Wiggs, G.F.S., Atherton, R.J., Baird, A.J., (2004). Thresholds of aeolian sand transport: establishing suitable values, Sedimentology 51, 95- 108.
- Wu, Yong-Sheng, Li, Xin-Rong, Jia, Rong-Liang, Yin, Rui-Ping, Liu, Tie-Jun., (2023), Livestock trampling regulates the soil carbon exchange by mediating surface roughness and biocrust cover, geoderma, 429, 116275
- Zika, P.E., 1991. The role of recreation in the extirpation of alpine plant species in the northeastern United States. Yosemite Centennial Symposium Proceedings-Natural Areas and Yosemite: Prospects for the Future. NPS D-374. National Park Service, Denver Service Center, Denver, Colorado, pp. 554-559.

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی