Study of the Changes in Aeolian Sediment Indices in the Ardamah Region of Neyshabur County

Mohammad Javad Yousefi[a], Mohsen Hosseinalizadeh[b]*, Alireza Rashki[c], Hamidreza Abbasi[d], Ali Mohammadian Behbahani[e], Narges Kariminejad[f]

[a] *Ph.D. student of Desert Mangement and Control, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*
[b] *Department of Arid Zone Managemen, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*
[c] *Department of Arid and Desert Areas Management, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad*
[d] *Desert Research Department, National Forest and Rangeland Research Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization*
[e] *Department of Arid Zone Managemen, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran*
[f] *Department of Natural Resources and Environmental Engineering, Faculty of Agriculture, Shiraz University*

Research Full Paper
Article History (Received: 2025/07/17 Accepted: 2025/12/19)

Extended abstract

1. Introduction

Aeolian erosion is a significant geomorphological process wherein wind acts as a powerful agent, mobilizing and transporting large quantities of sediment across terrestrial surfaces. This phenomenon is particularly consequential in arid and semi-arid regions, where it impacts human settlements, infrastructure, agricultural productivity, water resources, and air quality, mainly via the generation and dispersal of dust and fine particulate matter. Over recent decades, scientific research has made considerable strides in understanding the properties and behaviors of wind-blown sediments. Globally, studies have emphasized the importance of grain size distribution, particle shape (including roundness and sphericity), and surface texture in deciphering sediment provenance, transport mechanisms, and depositional histories. These advances have been facilitated by technological innovations such as scanning electron microscopy and robust statistical modeling, which have enabled more detailed and quantitative characterization of sediments and past environmental conditions.

Despite the wealth of research on aeolian processes worldwide, there is a relative paucity of studies focusing on the morphological attributes and organic matter content of buried aeolian sediments in Iran. This knowledge gap limits our ability to reconstruct sedimentary dynamics, understand paleoenvironmental evolution, and address the mechanisms behind land degradation in some of the world's most vulnerable and rapidly changing landscapes. The present study seeks to address this gap by conducting a comprehensive, multi-parameter analysis of buried aeolian sediments from the Ardameh region of Neyshabur, located in the Razavi Khorasan Province of Iran. By integrating analyses of grain size, morphology, organic matter, and calcium carbonate content, this study aims to enhance scientific understanding of aeolian depositional systems within the Iranian desert context.

2. Materials and Methods

* **Corresponding Author: alizadeh_m2001@yahoo.com, mhalizadeh@gau.ac.ir**

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

The study area was selected based on the presence of buried aeolian sediments in a dryland setting, as identified through high-resolution satellite imagery (Google Earth) and corroborated by extensive field surveys in the Ardameh region. Soil sampling was conducted systematically along a single stratigraphic profile, with samples collected at 10-centimeter intervals to a maximum depth of three meters, resulting in a total of 30 samples. Each sample underwent laboratory analysis to determine particle size distribution, organic matter content, and calcium carbonate concentration.

Granulometric parameters such as median grain size (D_{50}), mean particle diameter, standard deviation, variance, geometric mean diameter, skewness, maximum particle size, and cumulative frequencies at the 10th, 50th, and 90th percentiles were extracted from the particle size data. These metrics allowed for a detailed assessment of the vertical variation in sediment properties throughout the profile. Further, statistical correlation analyses were performed to evaluate the relationships among these physical and chemical properties, providing a comprehensive understanding of sediment dynamics and potential environmental controls.

3. Results

The sediment samples analyzed in this study predominantly exhibited sandy textures—classified as sand, sandy loam, and loamy sand which are characteristic of the local parent materials and sediment sources typically found in arid environments. Organic matter content showed considerable variability with depth, reaching a maximum of 5.01% at a depth of 205 cm and a minimum of 1.64% at 65 cm. This pronounced decrease in organic matter toward the surface is consistent with the ecological limitations of desert landscapes, where sparse vegetation, high evaporation rates, and minimal biological activity inhibit the accumulation and preservation of organic material in surface layers.

The mean particle diameter did not display a strictly monotonic trend with depth; however, a general decrease in grain size was observed toward the uppermost layers. This pattern may indicate a transition toward more localized sediment sources in recent depositional episodes, likely as a result of intensified surface disturbance, diminished vegetation cover, and increased dust availability. Thus, changes in grain size distribution provide indirect evidence for recent landscape instability and heightened aeolian activity.

Sorting indices indicated moderately poor to moderate sorting throughout the profile, reflecting deposition under variable wind turbulence. Notably, sorting improved with increasing depth, suggesting that older, deeper sediments were deposited during more stable and less energetic environmental conditions possibly when vegetation cover was denser and wind velocities lower. The progressive decline in both standard deviation and variance with depth supports this interpretation, indicating a narrowing of particle size distribution in older strata and more consistent transport and depositional dynamics in the past. Importantly, statistical analyses revealed no significant correlations between organic matter content and granulometric parameters, underscoring the independence of organic matter fluctuations from textural variability.

4. Discussion and Conclusion

The results of this study suggest a temporal shift in the Ardameh region from historically stable, low-energy depositional environments to a modern regime marked by increased landscape dynamism and erosion. These trends mirror broader patterns observed in Iran, where both anthropogenic activities and climatic changes are accelerating the expansion of desertification. In the Ardameh region, aeolian sediments are primarily derived from local sources, with ongoing desertification raising erosion rates and promoting the movement of coarser grains over relatively short distances. As sediment depth increases, organic matter content generally declines, reflecting reduced external organic input and a shift toward more localized sediment sources.

Collectively, these findings highlight the significant roles played by both climatic and anthropogenic factors in shaping the sedimentary and ecological landscapes of Iran’s arid regions. The study underscores

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

the need for continued research and monitoring to better understand the dynamics of aeolian processes and to develop strategies for mitigating the impacts of land degradation and desertification.

Key Words: Grain size distribution–Morphology–Aeolian sediments–Vertical distribution– Ardameh

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

Cite this article: Yousefi M. J., Hosseinalizadeh M., Rashki A., Abbasi H., Behbahani A. M., & Kariminejad N. (2026). Study of the Changes in Aeolian Sediment Indices in the Ardamah Region of Neyshabur County. *Journal of Environmental Erosion Research. 2026; 16 (2): 1-21*. http//doi.org/10.61882/jeer.16.2.1

© The Author(s).

DOI: http//doi.org/10.61882/jeer.16.2.1

Published by Hormozgan University Press.

URL: http://magazine.hormozgan.ac.ir

بررسی تغییرات شاخص‌های رسوبات بادی نهشته شده در منطقه اردمه شهرستان نیشابور

محمدجواد یوسفی : *دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده آبخیزداری.*
محسن حسینعلی‌زاده*: *گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.*
علیرضا راشکی: *گروه مدیریت مناطق خشک و بیابانی دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد.*
حمیدرضا عباسی *بخش تحقیقات بیابان، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی.*
علی محمدیان بهبهانی : *گروه مدیریت مناطق بیابانی، دانشکده مرتع و آبخیزداری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران.*
نرگس کریمی‌نژاد : *بخش مهندسی منابع طبیعی و محیط‌زیست، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.*

نوع مقاله: پژوهشی
تاریخچهٔ مقاله (تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۴/۲۶ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۰۹/۲۸)
DOI: http//doi.org/10.61882/jeer.16.2.1

چکیده

مشخصه‌های دانه‌بندی رسوبات، اطلاعات مهمی را درباره شرایط رسوب‌گذاری و محیط حمل و نقل فراهم می‌کنند. این مشخصه‌ها شامل قطر میانه، چولگی، کشیدگی، جورشدگی، گردشدگی، فراوانی تجمعی ذرات، محتوای مواد آلی، مقدار کربنات کلسیم و بافت رسوبات هستند. در این پژوهش، ویژگی‌های گرانولومتری، مقدار مواد آلی، کربنات کلسیم و بافت رسوبات بادی مدفون در منطقه اردمه نیشابور در یک پروفیل عمودی از سطح زمین تا عمق ۳ متری مورد مطالعه قرار گرفت. بدین منظور، ۳۰ نمونه با فواصل ۱۰ سانتی‌متری عمقی نسبت به یکدیگر از این پروفیل جمع‌آوری شده و آزمایش‌های دانه‌بندی، مواد آلی و کربنات کلسیم انجام شد. همچنین، به منظور بررسی الگوهای تغییرات این شاخص‌ها نسبت به یکدیگر، تمامی متغیرهای مورد مطالعه به‌صورت جداگانه و نیز از طریق تحلیل همبستگی مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که منبع اصلی رسوب‌گذاری در این منطقه بیشتر به‌صورت محلی بوده است. در لایه‌های سطحی رسوبات، درصد ماسه‌های ریزدانه و متوسط دانه بالاتری نسبت به لایه‌های عمیق‌تر وجود دارد که می‌تواند نشانه‌ای از فعالیت بیشتر فرآیندهای بادی در سطح خاک باشد. بیشترین مقدار کربنات کلسیم برابر با ۸,۲۵ درصد و کمترین مقدار آن ۴,۲۵ درصد بود و با افزایش عمق، روند کاهشی نشان داد که این می‌تواند به تغییر شرایط شیمیایی خاک و فرآیندهای رسوب‌گذاری مرتبط باشد. در بررسی میزان ماده آلی، با افزایش عمق روند افزایشی (بین ۱,۶۴ تا ۵,۰۱ درصد) مشاهده شد که می‌تواند حاکی از ثبات بیشتر لایه‌های عمیق نسبت به لایه‌های سطحی یا وجود شرایط مساعدتر برای انباشتگی مواد آلی در گذشته باشد. نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی نیز نشان داد که با افزایش عمق، شاخص‌هایی چون میانگین قطر ذرات، چولگی، جورشدگی و انحراف معیار کاهش یافته‌اند. این موضوع می‌تواند بیانگر تغییر در منبع رسوب، نوع فرآیند حمل یا شرایط رسوب‌گذاری در طول زمان باشد. در نهایت تحلیل همبستگی‌ها حاکی از هدم روابط معنی دار بین متغیرها بود.

واژگان کلیدی: توزیع دانه‌بندی رسوبات – مورفولوژی – رسوبات بادی- تغییرات عمقی– اردمه.

* **نویسندهٔ مسئول:** *mhalizadeh@gau.ac.ir*

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

۱ـ مقدمه

مناطق خشک، حدود ۴۱ درصد سطح خشکی‌های زمین را پوشش می‌دهند و این مناطق دائما در معرض ابتلا به بیابان‌زایی قرار دارند. برآورد شده است که حدود ۲۵ درصد از مناطق خشک جهان تحت تاثیر بیابان‌زایی قرار دارند (Asli Nejad,2013). فرسایش بادی پدیده‌ای است که مقدار زیادی از رسوبات را جابجا می‌کند. جدا از مسائل فرسایش خاک، انتقال و رسوب مواد می‌تواند بر روی مناطق مسکونی، تاسیسات، کشاورزی، منابع آبی و آلودگی تاثیر بسزایی داشته باشد (Toranjzar et al,2015). پژوهش‌ها و تحقیقات بی‌شماری در زمینه‌ی مطالعه‌ی ذرات ماسه در مناطق کویری و ساحلی جهان صورت گرفته است. در این پژوهش‌ها، تحلیل‌های دانه‌سنجی و شکل‌سنجی، ابزارهای متداول در تعیین منشا و شناخت ماسه‌های بادی و ساحلی محسوب می‌شوند. در این ارتباط پارامترهایی همچون اندازه‌ی ذرات ماسه و تحلیل‌های آماری آن‌ها از جمله میانگین، انحراف معیار، کشیدگی و چولگی محاسبه و مورد استفاده واقع می‌شود (Guang et al, 2004). بعد از تحقیقات انجام شده در ارتباط با پارامترهای مربوط به اندازه ذرات در دهه‌ی ۱۹۳۰تا ۱۹۵۰ توسط تراسک (۱۹۳۲)، کرمبین و پتی‌جن (۱۹۳۸)، اینمان (۱۹۵۲)، کرومبین (۱۹۵۲)، فولک و وارد (۱۹۵۷)، بعدها تحقیقات زیادی در این زمینه انجام گرفت که بیشتر این تحقیقات به درک ویژگی‌های اندازه ذرات ماسه تاکید شده است (Folk,1971).

در اکثر تحقیقات و منابع قدیمی که در مناطق بیابانی و کویری انجام شده، بیشتر به بررسی الگوهای انتقال رسوبات بادی و رفتار دینامیکی رسوبات پرداخته شده است. اما از اوایل دهه ۱۹۸۰ این گونه مطالعات بیشتر بر روی پارامترهای مشخصی از قبیل میانگین قطر ذرات، جورشدگی و کشیدگی دانه‌های ماسه متمرکز گردید. در دیگر مطالعات، مک‌لارن (۱۹۸۱) اولین مدل را در ارتباط با انتقال رسوب ارائه داد که بیشتر بر اساس مطالعه و ترکیب پارامترهای آماری استوار بود. زادی و همکاران (۲۰۰۸) نیز با استفاده از روش‌های گرانولومتری و میکرومورفولوژی به مطالعه‌ی ماسه‌ها در دشت یامین، واقع در قسمت شرقی بیابان نقب، پرداختند. آن‌ها برای این منظور از پارامترهای مختلفی از قبیل شکل و اندازه‌ی ذرات و همچنین مقدار کشیدگی ذرات ماسه استفاده نمودند. دانشمندان مختلفی با استفاده از روش‌های توزیع آماری در تحلیل داده‌ها به بررسی دقیق تفاوت گرانولومتری شکل برخان پرداختند که تفاوت معنی‌داری بین اندازه‌ی ذرات برخان و فرایندهای بادی در فصول مختلف را نشان می‌دهد. اما مطالعه در مورد ماسه‌ی مناطق ساحلی بر روی مواردی از قبیل بررسی تراکم نسبی ماسه‌ها در تپه‌های ماسه‌ای (Terzaghi,1995)، بررسی ارتباط متقابل بین تپه‌های ماسه‌ای و ساحل (Hesp,2002 ، Sherman & Bauer,1993)، بررسی تغییرات مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای (Short & Hesp,1982) و یا بررسی مورفودینامیک تپه‌ها (Aagaard et al.,2007) متمرکز بوده است. کروی و همکاران (۲۰۰۸)، به تجزیه و تحلیل اندازه ذرات لسی بادی در صحرای نقب در جنوب سرزمین اشغالی فلسطین پرداختند و با استفاده از تحلیل‌های کانی‌شناسی و سن‌سنجی OSL نشان دادند که ذرات درشت‌تر عمدتا از کانی کوارتز تشکیل شده‌اند و مقدار نسبی آن با گذشت زمان به صورت منطقه‌ای افزایش می‌یابد. (Hugenholtz et al, 2008)، به بررسی تأثیر تأمین ماسه بر مورفودینامیک و لایه‌بندی تپه‌های ماسه‌ای پارابولیک فعال در ساسکاچوان، کانادا پرداختند و نتایج آن‌ها نشان داد که تغییرات در تأمین ماسه می‌تواند الگوهای مورفولوژیکی و فرآیندهای رسوبی را تحت تأثیر قرار دهد. (Zhang et al,2017)، به بررسی تأثیر الگوهای وزش باد بر تغییرات مورفولوژیک تپه‌های ماسه‌ای در بیابان تکله مکان چین پرداختند و مدل‌سازی عددی برای

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

تحلیل پویایی تپه‌ها ارائه کرده نمودند. یافته‌ها نشان داد که تغییرات جهت و شدت باد منجر به تغییرات قابل توجه در شکل و اندازه تپه‌ها می‌شود. (Lü et al,2021)، به مطالعه آزمایش‌های میدانی در حاشیه بیابان گبی چین را برای بررسی رشد اولیه تپه‌های ماسه‌ای تحت تأثیر باد طبیعی پرداختند. نتایج نشان داد که الگوهای رشد تپه‌ها می‌توانند به‌طور مستقل از شرایط بادی و تأمین ماسه متفاوت باشند. (Perera et al, 2023)، در پژوهشی به بررسی توزیع اندازه رسوبات در سریلانکا پرداختند. تغییرات اندازه دانه‌ها نشان داد که سریلانکا عمدتاً از ماسه متوسط تشکیل شده است، در حالی که قسمت شمال شرقی کشور به دلیل تأثیر رسوبات دلتای بنگال با ماسه ریز مخلوط می‌شود. تغییرات چولگی و مرتب‌سازی نشان‌دهنده نمونه‌های طبقه‌بندی شده با توزیع متقارن بود.(Paul et al,2023)، به بررسی مورفودینامیک تپه‌های ماسه‌ای ساحلی در منطقه آتلانتیک فرانسه پرداختند و تأثیر تغییرات سطح دریا و بادهای موسمی را بر تکامل مورفولوژیکی آن‌ها تحلیل نمودند. نتایج نشان داد که تعامل عوامل هیدرودینامیکی و اقلیمی نقش کلیدی در شکل‌گیری و پایداری تپه‌ها دارد. (Yoo et al., 2024)، در پژوهشی به پیش‌بینی اندازه ذرات ماسه ساحلی بر اساس فناوری هوش مصنوعی با استفاده از تصاویر پهپاد در ارتفاع پایین در سواحل کره جنوبی پرداختند. یافته‌ها نشان دادند که مدل هوش مصنوعی قادر به پیش‌بینی دقیق اندازه ذرات ماسه است. علاوه بر این، یک شاخص تشخیصی ساحلی برای ارزیابی پایداری ساحل توسعه داده شد. (de Luna et al.,2024)، در پژوهشی به تعیین پارامترهای گرانولومتری رسوبات ساحلی بارتا در برزیل پرداختند و اعلام نمودند توزیع رسوبات با اندازه ذرات ماسه در رسوبات غالب، تقریباً متقارن است. همچنین تجزیه و تحلیل مورفوسکوپی نشان داد که غلبه ذرات ماسه‌ای زاویه‌دار تا زیر گوشه‌ای (۶۴ درصد) و همچنین درجه کروی بالایی (۵۹ تا ۷۸ درصد) در رسوبات وجود دارد. در زمینه‌ی بررسی ارتباط اندازه ذرات خاکدانه‌ها با مقدار کربن آلی خاک نیز (Cambardella & Elliott,1993)، (Mbagwu et al.,1998) و (John et al.,2005) نشان دادند که با کاهش اندازه ذرات خاکدانه‌ها، مقدار کربن آلی نیز کاهش می‌یابد.

در ایران نیز در دهه‌های اخیر، تحقیقات زیادی با موضوع ذرات ماسه و مورفولوژی آن، صورت گرفته است که با گذشت زمان، این پژوهش‌ها از حالت کیفی به کمی تغییر ماهیت داده است. از جمله (Alinejad et al.,2013)، به بررسی ژئومورفو-پدولوژیکی رخسارهٔ نبکا در دشت صوفیکم (آق قلا) استان گلستان پرداختند. نتایج نشان داد که بین شاخص جورشدگی، اندازه رسوبات با قطر ماسه خیلی ریز، سیلت، رس، pH، Ec و ماده آلی در دو محیط نبکا و اراضی مجاور آن، تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، اما شاخص کج شدگی، میانگین قطر ذرات، رسوبات با قطر ماسه ریزدانه، متوسط دانه، درشت دانه و خیلی درشت، SAR و ESP رسوبات تفاوت معنی‌داری داشتند. (Siami Kandeh & Abbasi, 2025)، به بررسی فرسایش‌پذیری بادی خاک با استفاده از آنالیز توزیع اندازه ذرات در کانون‌های گردوغبار کشور پرداختند. هدف آن‌ها از پژوهش، تعیین پتانسیل فرسایش‌پذیری خاک‌های کانون‌های گردوغباری کشور بر اساس توزیع اندازه ذرات با انجام آزمایش دانه‌بندی و بافت بود. نتایج آن‌ها نشان داد ماسه، سیلت و رس به طور میانگین ۴۴/۴، ۳۲/۴ و ۲۳/۲ درصد ذرات خاک کانون‌های گردوغبار کشور را تشکیل می‌دهند .(Shafiei Sharifabadi et al., 2021)، رابطه دانه‌بندی رسوبات بادی با ارتفاعات مختلف در برخان‌های محدوده‌ی شهرستان اردکان را بررسی نمودند. نتایج مبین آن بود که نسبت همگنی اندازه ذرات ماسه در شیب‌های پشت به باد و رو به باد متفاوت است. (Mohammadnia et al., 2022)، به بررسی پارامترهای دانه‌بندی رسوبات در مطالعات فرسایش بادی در شهرستان گناباد پرداختند. در پژوهشی

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

دیگر، نتایج نشان داد بیشترین فراوانی قطر ذرات در نمونه‌های ماسه در طبقه ۲۵۰-۱۲۵ میکرون بوده و با توجه به رابطه میانگین ذرات با فاصله حمل آن‌ها می‌توان به این نتیجه رسید که فاصله حمل ذرات از یک مکان نزدیک و محلی بوده است. (Hasani Darabad et al.,2023)، به بررسی مورفولوژی، تحرک و ویژگی‌های اندازه ذرات رسوب در تپه‌های ماسه‌ای جدید در ارگ جوان آب‌شیرین قم پرداختند. نتایج نشان داد که رابطه خوبی بین میانگین شاخص تحرک، فعالیت و مورفولوژی تپه‌های ماسه‌ای وجود دارد. نمودارهای طرح پراکندگی جورشدگی، چولگی و کشیدگی در مقابل اندازه متوسط ذرات، در تمایز انواع تپه‌های ماسه‌ای نشان داد که رابطه جورشدگی و چولگی در مقابل میانگین اندازه ذرات، در نشان‌دادن تحرک تپه‌ها موثر هستند.

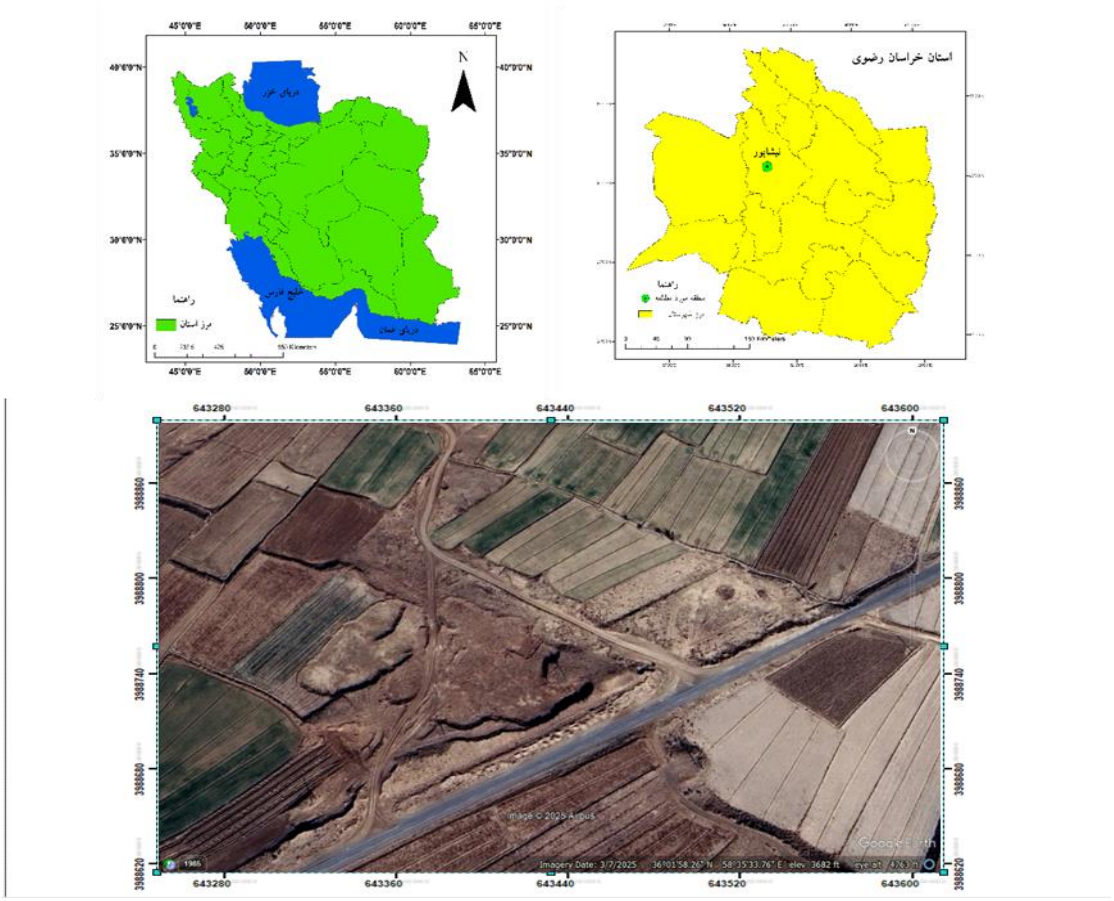
با وجود پژوهش‌های گسترده‌ای که در زمینه فرسایش بادی و ویژگی‌های دانه‌بندی رسوبات در مناطق خشک و بیابانی جهان انجام شده است، مطالعات مرتبط با ویژگی‌های مورفولوژیکی و میزان مواد آلی رسوبات بادی مدفون در مناطق مختلف ایران، به‌ویژه مناطق بیابانی، همچنان محدود و ناکافی است. منطقه اردمه به دلیل وجود تپه‌های ماسه‌ای مدفون با ساختارهای پیچیده و شرایط اقلیمی خاص، فرصت مناسبی برای بررسی دقیق‌تر فرآیندهای رسوب‌گذاری و دینامیک مورفولوژیکی فراهم می‌آورد. بررسی مشخصات مورفولوژیکی، ترکیب مواد آلی و بافت رسوبات در این منطقه، علاوه بر افزایش دانش علمی درباره فرسایش بادی و پایداری ساختارهای تپه‌ای، می‌تواند اطلاعات کاربردی ارزشمندی برای مدیریت پایدار خاک و مقابله با گسترش بیابان‌زایی ارائه دهد. همچنین، انجام تحلیل عمقی در یک پروفیل تا عمق سه متر این امکان را می‌دهد که روندهای تاریخی رسوب‌گذاری و تغییرات محیطی مرتبط با آن‌ها بررسی شود و خلأهای مطالعاتی قبلی پر گردد. از این رو، پژوهش حاضر با هدف ارزیابی جامع ویژگی‌های مورفولوژیکی، میزان مواد آلی، میزان کربنات کلسیم و بافت رسوبات بادی مدفون در منطقه اردمه نیشابور انجام شده است تا علاوه بر ارتقای دانش پایه، کاربردهای مدیریتی و حفاظتی این مناطق حساس را نیز در نظر بگیرد. همچنین برای بررسی چگونگی تغییرات این شاخص‌ها نسبت به یکدیگر، هر یک از این مشخصه‌ها به صورت جداگانه با یکدیگر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

۲ـ منطقهٔ مورد مطالعه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش در ماسه‌زارهای جنوب تا جنوب شرق شهرستان نیشابور در موقعیت جغرافیایی ۳۶ درجه و ۷ دقیقه ۲۸ ثانیه شمالی و ۵۹ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی گسترش یافته‌اند. این مناطق، از کانون‌های بحرانی فرسایش بادی در شهرستان نیشابور محسوب می‌شوند. ارتفاع متوسط این مناطق ۱۱۲۵ متر از سطح دریا و متوسط بارندگی ۱۸۰ میلیمتر و میانگین دمای سالانه ۱۵٫۵ درجه‌ی سانتیگراد است. جهت باد غالب نیز از سمت شرق به سمت غرب می‌باشد (Memarian et al.,2008). پس از بررسی تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی جهت انجام پژوهش مورد نظر، مکانی دارای رسوبات بادی مدفون شده در منطقه مورد نظر مورد بررسی قرار گرفت که دارای عمق زیادی از رسوبات بادی نهشته شده بر روی هم بود. شکل شماره‌ی (۱) موقعیت منطقه مورد مطالعه را در تقسیمات سیاسی کشور و همچنین تصویر ماهواره‌ای آن را نشان می‌دهد.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]



شکل شماره ۱: موقعیت جغرافیایی منطقه مورد مطالعه

۳ـ مواد و روش

الف) بخش میدانی:

ابتدا با استفاده از تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای میدانی، محدوده‌ی مورد مطالعه و قلمرو توسعه‌ی اراضی ماسه‌ای تعیین شد. پس از بررسی‌های میدانی، منطقه‌ای دارای رسوبات بادی مدفون شده برای پژوهش حاضر انتخاب شد. برای انجام پژوهش در مهر سال ۱۴۰۳، نمونه‌برداری از پروفیلی به عمق ۳ متر با فواصل ۱۰ سانتیمتری رسوبات بادی مدفون شده صورت پذیرفت. شکل شماره (۲) نمای کلی از تپه‌ی ماسه‌ی مدفون شده مورد مطالعه و نحوه نمونه‌برداری را نمایش می‌دهد.

ب) بخش آزمایشگاهی و تجزیه و تحلیل:

پس از انجام نمونه‌برداری از رسوبات مدفون در منطقه مورد مطالعه و انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، برای تعیین مشخصه‌های دانه‌بندی، مقداری از هر نمونه به آزمایشگاه زمین‌شناسی پژوهشگاه ملی اقیانوس‌شناسی و علوم جوی تهران ارسال شد و آزمایش دانه‌بندی لیزری (اندازه‌گیری ذرات با ابعاد بین ۰,۰۱ تا ۳۰۰۰ میکرومتر) انجام شد. همچنین، به منظور تعیین میزان مواد آلی و بررسی الگوی تغییرات آن در طول پروفیل، آزمایش اندازه‌گیری مواد آلی به روش احتراق خشک در کوره در دمای ۵۵۰ سانتی‌گراد انجام گرفت. آزمایش اندازه‌گیری میزان کربنات کلسیم نیز به روش تیتراسیون صورت پذیرفت (Zarrini, 2025). پس از به دست آمدن نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی، مواد آلی و کربنات کلسیم، مهم‌ترین شاخص‌های دانه‌بندی ذرات شامل :**میانه** (D_{50}) ، میانگین قطر ذرات، انحراف معیار،

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

واریانس، اندازه هندسی، چولگی، حداکثر اندازه ذرات، فراوانی تجمعی **در** صدک‌های ۱۰٪، ۵۰٪ و ۹۰٪ استخراج شد. سپس، روند تغییرات هر یک از این شاخص‌ها در طول پروفیل عمودی به طور جداگانه مورد تحلیل قرار گرفت. برای بررسی ارتباط بین شاخص‌های مختلف، ضریب همبستگی دو به دو بین تمامی متغیرهای مورد مطالعه محاسبه شد. در نهایت، با توجه به روند تغییرات مشاهده شده در شاخص‌های دانه‌بندی و بافت رسوبات، تحلیلی از شرایط و نحوه رسوب‌گذاری انجام شد تا الگوی محیطی و فرآیندهای مؤثر در تشکیل رسوبات مدفون منطقه روشن‌تر گردد.



شکل شماره ۲: تصاویری از منطقه مورد مطالعه و عملیات نمونه‌برداری (۱۰ مهر ماه ۱۴۰۳)

نتایج و بحث:

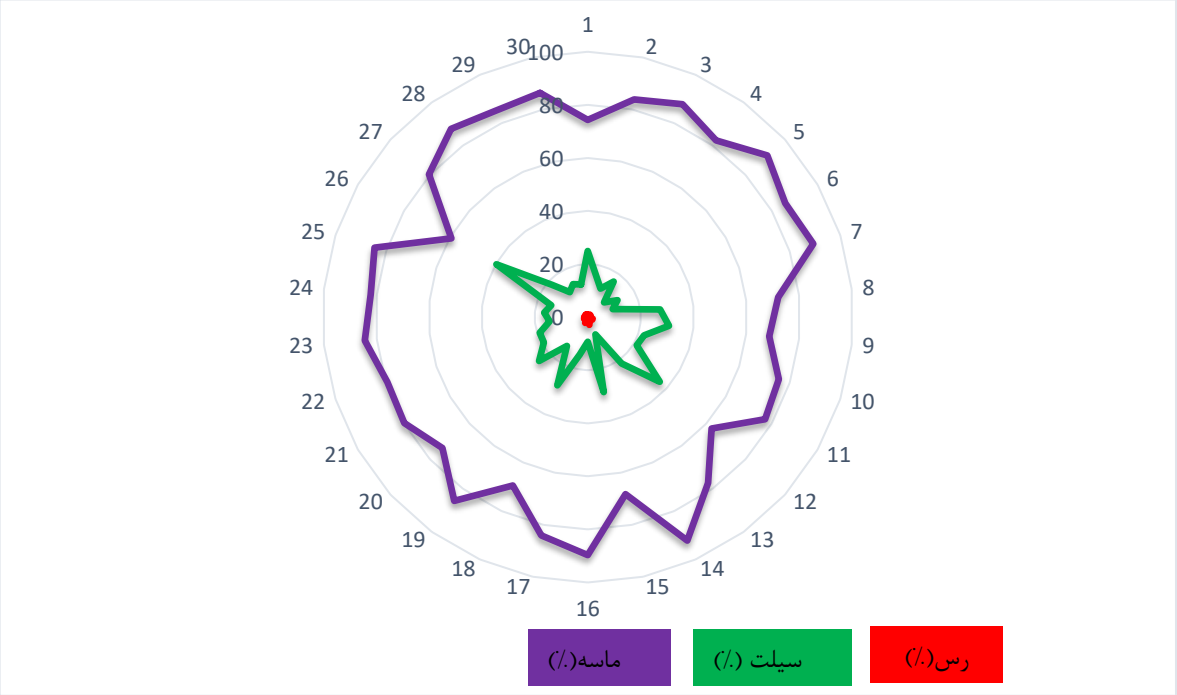
نتایج آزمایش بافت رسوب در اعماق مختلف در جدول شماره (۱) آورده شده است:

جدول شماره ۱: بافت نمونه‌های رسوب بادی در عمق‌های مختلف نمونه‌برداری

عمق نمونه (cm)	۵	۱۵	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵	۷۵	۸۵	۹۵
بافت رسوب	ماسه لومی	ماسه لومی	ماسه	ماسه لومی	ماسه	ماسه	ماسه	ماسه لومی	لومی ماسه‌ای	ماسه لومی
عمق نمونه (cm)	۱۰۵	۱۱۵	۱۲۵	۱۳۵	۱۴۵	۱۵۵	۱۶۵	۱۷۵	۱۸۵	۱۹۵
بافت رسوب	ماسه لومی	لومی ماسه‌ای	ماسه لومی	ماسه	لومی ماسه‌ای	ماسه	ماسه لومی	لومی ماسه‌ای	ماسه	ماسه لومی
عمق نمونه (cm)	۲۰۵	۲۱۵	۲۲۵	۲۳۵	۲۴۵	۲۵۵	۲۶۵	۲۷۵	۲۸۵	۲۹۵
بافت رسوب	ماسه لومی	ماسه لومی	ماسه لومی	ماسه لومی	ماسه لومی	لومی ماسه‌ای	ماسه لومی	ماسه	ماسه	ماسه

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

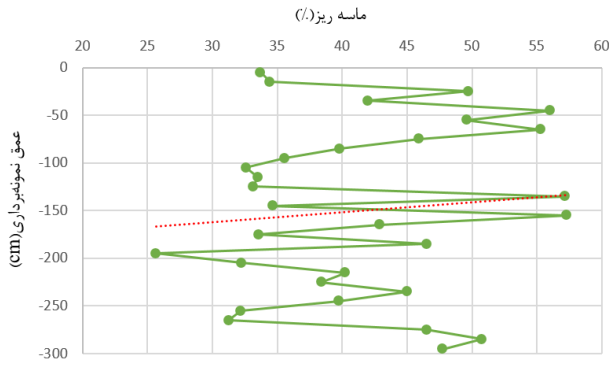
[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]



شکل شماره ۳: نمودار بافت نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری

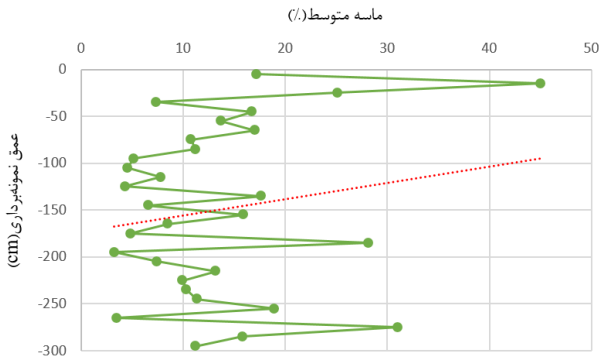
همانطور که در جدول شماره ۱ و شکل شماره ۳ مشاهده می‌شود، تمامی نمونه‌های رسوب دارای بافت ماسه‌ای بودند. این موضوع قابل پیش‌بینی است، زیرا منشا رسوبات در منطقه مورد مطالعه، بادی در نظر گرفته شده است. همچنین، بافت رسوبات حاکی از این است که منطقه برداشت رسوب جزو مناطق دوردست نبوده و اغلب منشا محلی داشته‌اند. برای بررسی دقیق‌تر الگوی تغییرات انواع ماسه‌ها، نمودار روند تغییرات میزان ماسه‌های خیلی ریز، ریز و متوسط در ارتباط با عمق پروفیل ترسیم شد.

بر اساس نمودار شماره ۴، اگرچه مقدار نسبی ماسه خیلی ریز در عمق‌های مختلف متغیر است، اما به طور کلی مشاهده می‌شود که با افزایش عمق، درصد ماسه‌های خیلی ریز افزایش یافته و درصد ماسه‌های ریز (شکل۵) تا متوسط (شکل۶) کاهش می‌یابد. این روند می‌تواند نشانه‌ای از وجود شرایطی در زمان‌های اولیه رسوب‌گذاری باشد که در آن، منابع برداشت ماسه از مناطق دورتری نسبت به موقعیت فعلی منطقه مطالعاتی بوده‌اند.

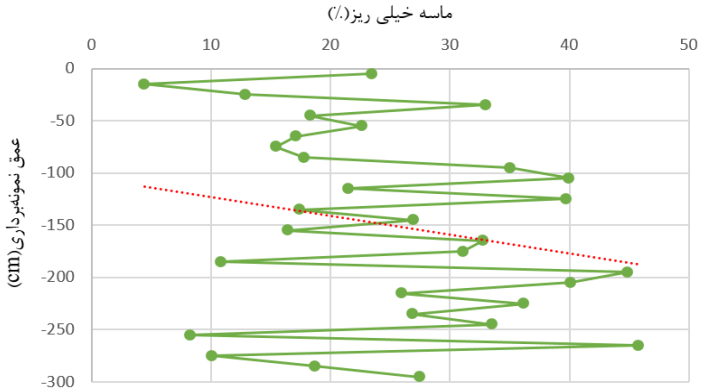


[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]
[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

شکل شماره ۴: نمودار تغییرات سهم نسبی ماسه ریز نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری



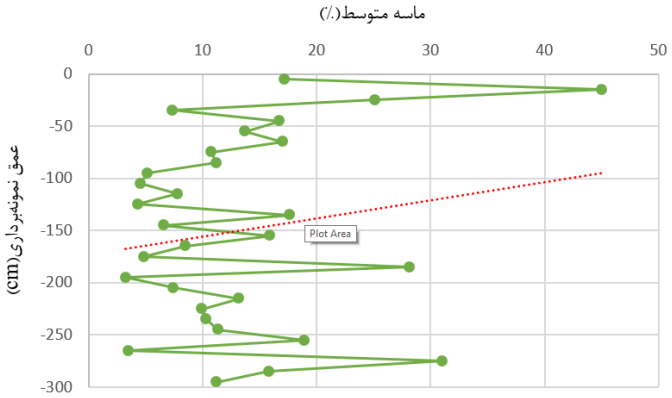
شکل شماره ۵: نمودار تغییرات سهم نسبی ماسه متوسط نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری



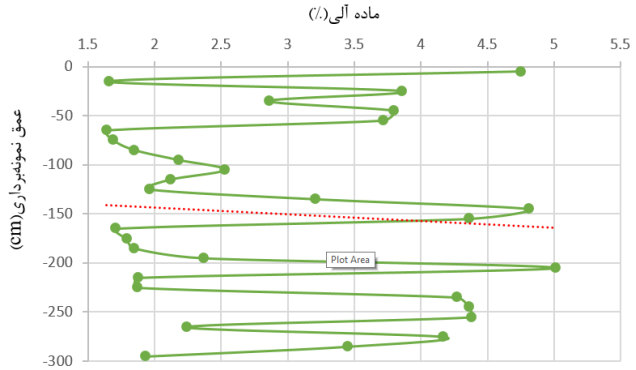
شکل شماره ۶: نمودار تغییرات سهم نسبی ماسه خیلی ریز نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

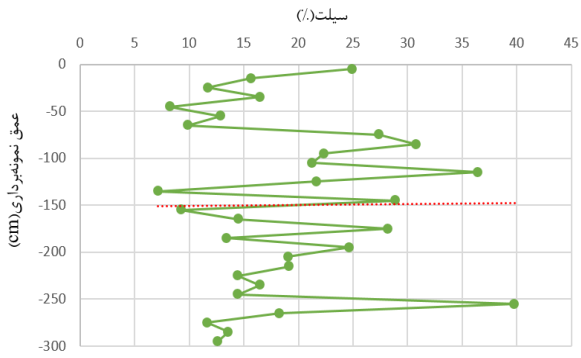
[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]



شکل شماره ۷: نمودار تغییرات سهم نسبی ماسه متوسط نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری



شکل شماره ۸: نمودار تغییرات سهم نسبی ماده الی نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری



شکل شماره ۹: نمودار تغییرات سهم نسبی سیلت نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

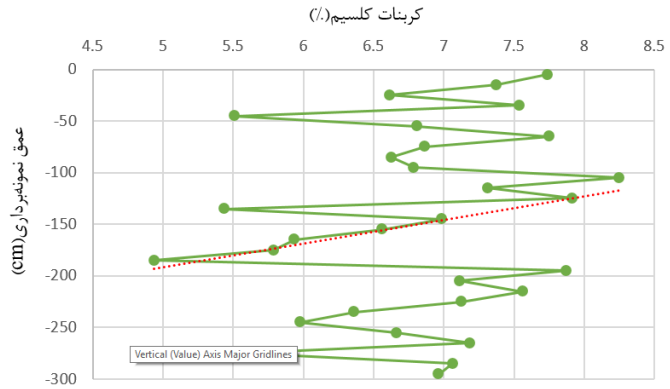
[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

آزمایش مواد آلی در جدول شماره (۲) آمده است، همانطور که نتایج آزمایش نشان می‌دهد بیشینه مواد آلی موجود در پروفیل عمقی به مقدار ۵,۰۱ درصد در عمق ۲۰۵ سانتیمتری و کمینه آن نیز به مقدار ۱,۶۴ درصد در عمق ۶۵ سانتیمتری رسوبات می‌باشد. این میزان مواد آلی موجود در نمونه‌ها با کم بودن ذاتی مواد آلی در خاک و رسوب مناطق بیابانی قابل توجیه می‌باشد. در ادامه به بررسی روند تغییرات میزان مواد آلی در پروفیل عمقی پرداخته شد. همانطور که نمودار(شکل۹) نشان می‌دهد با افزایش عمق نمونه‌ها روند تغییرات میزان مواد آلی کمی افزایشی می‌باشد.

جدول شماره ۲.: مقدار ماده آلی نمونه‌های رسوب بادی در عمق‌های مختلف نمونه‌برداری

عمق خاک(cm)	۵	۱۵	۲۵	۳۵	۴۵	۵۵	۶۵	۷۵	۸۵	۹۵
ماده آلی(٪)	۴,۷۵	۱,۶۶	۳,۸۶	۲,۸۶	۳,۸	۳,۷۲	۱,۶۴	۱,۶۹	۱,۸۵	۲,۱۸
عمق خاک(cm)	۱۰۵	۱۱۵	۱۲۵	۱۳۵	۱۴۵	۱۵۵	۱۶۵	۱۷۵	۱۸۵	۱۹۵
ماده آلی(٪)	۲,۵۳	۲,۱۲	۱,۹۶	۳,۲۱	۴,۸۱	۴,۳۶	۱,۷۱	۱,۷۹	۱,۸۵	۲,۳۷
عمق خاک(cm)	۲۰۵	۲۱۵	۲۲۵	۲۳۵	۲۴۵	۲۵۵	۲۶۵	۲۷۵	۲۸۵	۲۹۵
ماده آلی(٪)	۵,۰۱	۱,۸۸	۱,۸۷	۴,۲۷	۴,۳۶	۴,۳۸	۲,۲۴	۴,۱۷	۳,۴۵	۱,۹۳

نمودار تغییرات درصد کربنات کلسیم در طول پروفیل رسوبی روندی نسبتا کاهشی را نشان می‌دهد (شکل ۱۰). بیشترین مقدار کربنات کلسیم حدود ۸,۲۵٪ و کمترین مقدار آن به حدود ۴,۹۴٪ می‌باشد. این کاهش نسبی در میزان کربنات کلسیم می‌تواند ناشی از تغییرات تدریجی شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق‌های مختلف باشد. همچنین، کاهش کربنات کلسیم ممکن است نشان‌دهنده فرآیندهای شسته‌شدگی یا تغییر در منبع تأمین مواد معدنی طی زمان رسوب‌گذاری باشد. به‌علاوه، کاهش کربنات کلسیم در عمق می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر pH و قلیایی بودن خاک داشته باشد و در نهایت بر فعالیت‌های زیستی و فرآیندهای تثبیت مواد آلی در خاک اثرگذار باشد.

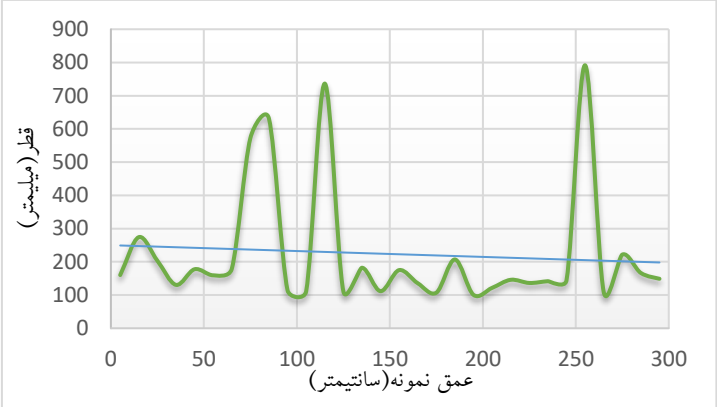


شکل شماره ۱۰: نمودار تغییرات میزان کلسیم کربنات نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری

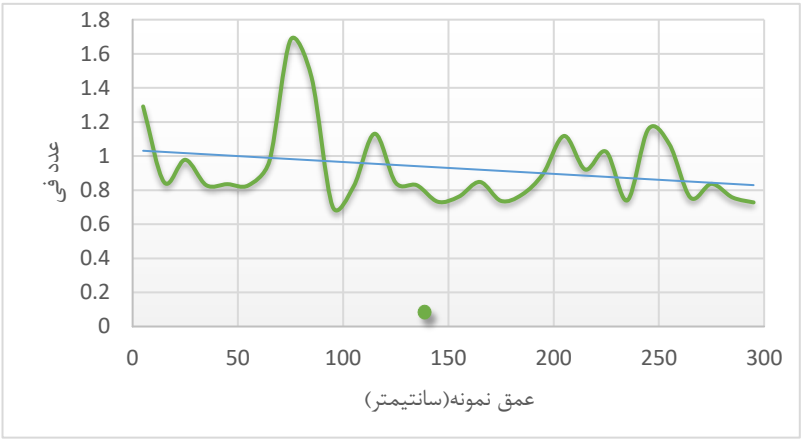
نتایج به دست آمده از آزمایش دانه‌بندی نیز به صورت نمودارهای مربوطه (شکل‌های ۱۲،۱۱ و ۱۳) ارایه شده است:

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

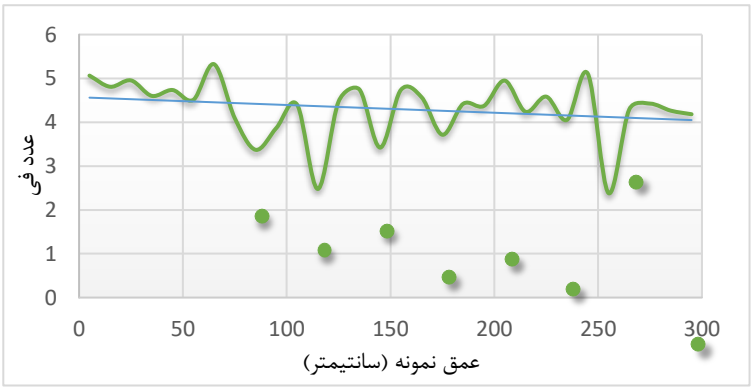
[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]



شکل شماره ۱۱: نمودار تغییرات میانگین قطر ذرات نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری



شکل شماره ۱۲: نمودار تغییرات شاخص کشیدگی ذرات نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری



شکل شماره ۱۳ نمودار تغییرات شاخص چولگی ذرات نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

جدول شماره ۳: رابطه میان قطر ذرات فرسایش یافته با فاصله‌ی حمل (Yousefi,2016)

قطر ذرات (میلیمتر)	فاصله‌ی جابه جایی (کیلومتر)
کمتر از ۱	کمتر از ۱
۱-۰,۵	۵-۱
۰,۵-۰,۲۵	۲۰-۵
۰,۲۵-۰,۱۲۵	۵۰-۲۰
۰,۱۲۵-۰,۰۶۴	۲۰۰-۵۰
بزرگتر از ۰,۰۶۴	بیشتر از ۲۰۰

همان‌طور که در نمودار(شکل۱۱) آورده شده است، میانگین قطر ذرات رسوب در اعماق مختلف دارای تغییرات منظم و یکنواختی نبوده است. با این حال، روند کلی تغییرات میانگین قطر ذرات با افزایش عمق، کاهشی است؛ به طوری که لایه‌های عمیق‌تر دارای ذرات ریزتری نسبت به لایه‌های سطحی می‌باشند. بر اساس محل برداشت نمونه‌ها (جدول شماره۳)، بیشتر منابع رسوب‌گذاری در فواصل ۲۰ تا ۵۰ کیلومتری از منطقه مورد مطالعه قرار داشته‌اند. با توجه به اینکه رسوبات جدیدتر (لایه‌های بالایی) دارای دانه‌بندی درشت‌تری نسبت به لایه‌های قدیمی‌تر هستند، می‌توان استدلال کرد که منابع برداشت ماسه در طول زمان نزدیک‌تر شده‌اند. این موضوع می‌تواند حاکی از تغییر در شرایط محیطی منطقه باشد؛ به گونه‌ای که در دوره‌های اخیر افزایش فعالیت‌های بیابانی شدن و گسترش مناطق منبع ماسه در نزدیکی منطقه مشاهده شده است.

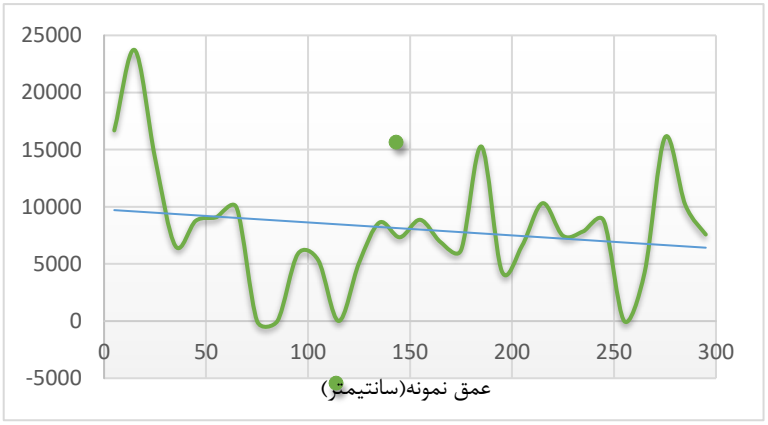
بر اساس نمودار (شکل۱۳) مربوط به میزان و تغییرات جورشدگی رسوبات در اعماق مختلف، مشخص می‌شود که جورشدگی ذرات غالباً در رده بسیار ضعیف (ضریب جورشدگی >۴) قرار می‌گیرد. در برخی نقاط نمونه‌برداری نیز، مقدار جورشدگی در رده ضعیف (ضریب جورشدگی بین ۲ تا ۴) قرار دارد. این یافته‌ها حاکی از آن است که شرایط رسوب‌گذاری در منطقه عموماً تحت تأثیر محیطی با انرژی نسبتاً بالا بوده و شرایطی خیلی آرام وجود نداشته است. همچنین، بهبود تدریجی روند جورشدگی ذرات با افزایش عمق نشان می‌دهد که در دوره‌های گذشته، شرایط رسوب‌گذاری در منطقه آرام‌تر بوده است. این الگو می‌تواند نشانه‌ای از تغییرات محیطی در طول زمان باشد؛ به گونه‌ای که فرآیندهای رسوبی در لایه‌های عمیق‌تر تحت شرایط پایدارتری رخ داده‌اند، در حالی که در لایه‌های سطحی، فعالیت‌های بیابانی و فرسایش بادی نقش بیشتری در جابجایی و رسوب‌گذاری ذرات داشته‌اند.

با توجه به نتایج مشخص در نمودار شکل شماره ۱۳ تغییرات میزان چولگی نمونه‌های رسوب می‌توان بیان نمود چولگی در نمونه‌های رسوب به زیاد به سمت ذرات ریزدانه می‌باشد که روند کاهشی کلی رسوبات نشان‌دهنده تقارن بیشتر در نمونه‌های رسوب اعماق پایین‌تر می‌باشد. از نظر کج‌شدگی بر اساس طبقه‌بندی فولک (Yousefi et al,2016)، قسمت اعظم نمونه‌های رسوب در طبقه متوسط تا پهن قرار گرفته که البته با توجه به روند کلی کاهشی میزان کج‌شدگی می‌توان انتظار داشت با افزایش عمق رسوبات کج‌شدگی رسوبات به بسیار پهن میل کند. بر اساس نمودار شکل شماره ۱۲ که تغییرات میزان چولگی (کج‌شدگی) نمونه‌های رسوب را در اعماق مختلف نشان می‌دهد، مشخص می‌شود که چولگی در بیشتر نمونه‌ها به سمت ذرات ریزدانه گرایش دارد. همچنین، روند کلی کاهشی چولگی با افزایش عمق نشان‌دهنده آن است که لایه‌های عمیق‌تر دارای توزیع ذرات متقارن‌تری نسبت به لایه‌های سطحی هستند. از نظر کج‌شدگی و بر اساس

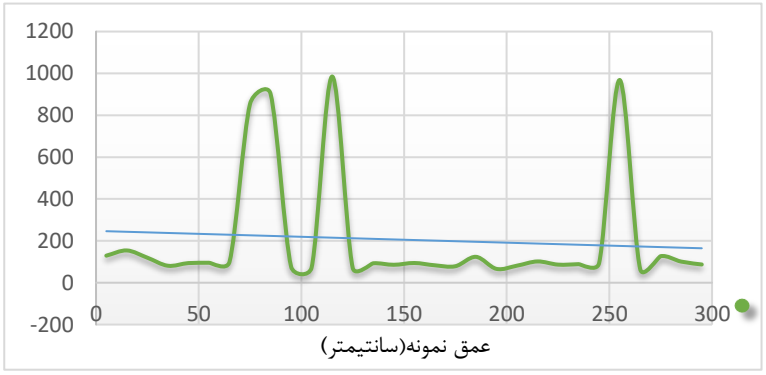
[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

طبقه‌بندی فولک — (Folk, 1980) که توسط یوسفی و همکاران (۲۰۱۶) نیز مورد استفاده قرار گرفته است — بیشتر نمونه‌ها در رده متوسط تا پهن قرار می‌گیرند. با این حال، با توجه به روند کاهشی مشاهده شده در میزان چولگی، می‌توان انتظار داشت که با افزایش عمق، کج‌شدگی ذرات به سمت رده بسیار پهن تمایل یابد. این الگو می‌تواند نشانه‌ای از تغییر در منبع رسوب، شدت فرآیندهای بادی و یا شرایط رسوب‌گذاری در دوره‌های مختلف زمانی باشد؛ به گونه‌ای که در لایه‌های عمیق‌تر، شرایطی مساعدتر برای انباشت ذرات یکنواخت و متقارن وجود داشته است.



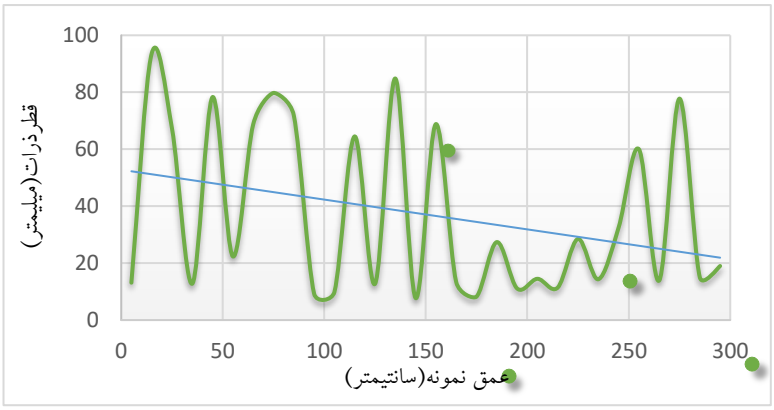
شکل شماره ۱۴: نمودار شاخص تغییرات انحراف معیار ذرات نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری



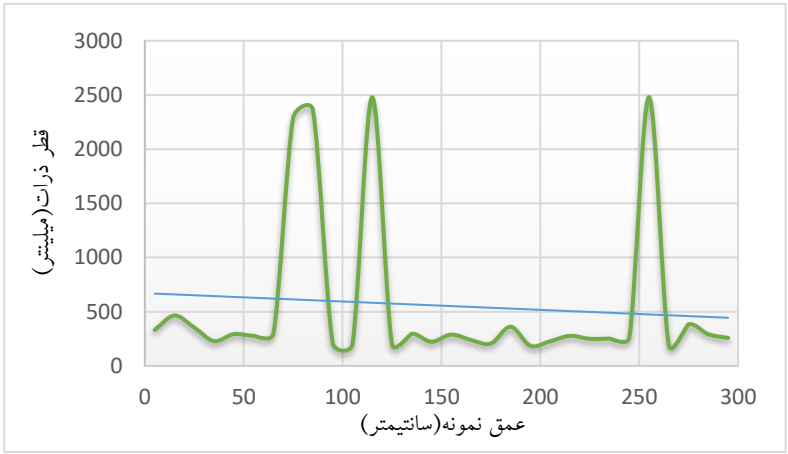
شکل شماره ۱۵: نمودار تغییرات شاخص واریانس ذرات نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]



شکل شماره ۱۶: نمودار تغییرات شاخص ذرات با قطر تجمعی ۱۰٪ ذرات نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری



شکل شماره ۱۷: نمودار تغییرات شاخص ذرات با قطر تجمعی ۹۰٪ ذرات نمونه‌های رسوب در اعماق مختلف نمونه‌برداری

نتایج بررسی روند تغییرپذیری دیگر شاخص‌های آماری آزمایش دانه‌بندی (شکل‌های ۱۴ تا ۱۷) مانند انحراف معیار، واریانس و قطر ذرات تجمعی با فراوانی ۱۰٪ و ۹۰٪ نشان داد که ضمن اینکه تغییرات این شاخص‌ها با افزایش عمق رسوبات دارای تغییرات یکنواختی نیست اما در تمامی نمودارها بطور کلی مشاهده می‌گردد که با افزایش عمق رسوبات تغییرات روند کاهشی دارند، به عبارت دیگر به طور کلی با افزایش عمق رسوبات انحراف معیار و واریانس ذرات کاهش می‌یابد و همچنین میانگین قطر ذرات با فراوانس تجمعی ۱۰٪ و ۹۰٪ نیز کمتر می‌شود.

جدول شماره (۴):میزان همبستگی شاخص‌های بررسی شده در پژوهش

	میانگین	انحراف معیار	اندازه هندسی	چولگی	جورشدگی صد	قطر فراوانی تجمعی ۱۰در	قطر فراوانی تجمعی ۵۰در	قطر فراوانی تجمعی ۹۰در	کربنات ـ ماده آلی (٪)

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

میانگین	۱	۰,۹۸	۰,۹۲	۰,۶۱	-۰,۶۹	-۰,۱۰	۰,۶۲	۰,۹۸	-۰,۰۸	-۰,۰۴
انحراف معیار	۰,۹۸	۱	۰,۸۵	۰,۶۸	-۰,۷۱	۰,۴۵	۰,۴۹	۰,۹۹	-۰,۱۲	۰,۰۲
اندازه هندسی ذرات	۰,۹۲	۰,۸۵	۱	۰,۵۲	-۰,۴۸	۰,۷۶	۰,۸۶	۰,۸۶	-۰,۰۴	-۰,۱۸
چولگی	۰,۶۱	۰,۶۸	۰,۵۲	۱	-۰,۱۰	۰,۳۶	۰,۲۳	۰,۶۹	-۰,۰۲	۰,۱۴
جورشدگی	-۰,۶۹	-۰,۷۱	-۰,۴۸	-۰,۱۰	۱	۰,۳۶	-۰,۱۶	-۰,۷۰	-۰,۰۹	۰,۰۲
قطرتجمعی ۱۰درصد	-۰,۱۰	۰,۴۵	۰,۷۶	۰,۳۶	۰,۳۶	۱	۰,۸۰	۰,۴۷	-۰,۰۱	-۰,۳۰
قطرتجمعی ۵۰درصد	۰,۶۲	۰,۴۹	۰,۸۶	۰,۲۳	-۰,۱۶	۰,۸۰	۱	۰,۵۰	۰,۰۲	-۰,۳۲
قطرتجمعی ۹۰درصد	۰,۹۸	۰,۹۹	۰,۸۶	۰,۶۹	-۰,۷۰	۰,۴۷	۰,۵۰	۱	-۰,۱۳	-۰,۰۱
ماده آلی(٪)	-۰,۰۸	-۰,۱۲	-۰,۰۴	-۰,۰۲	۰,۰۹	-۰,۰۱	۰,۰۲	-۰,۱۳	۱	-۰,۱۷
کربنات کلسیم(٪)	-۰,۰۴	۰,۰۲	-۰,۱۸	۰,۱۴	۰,۰۲	-۰,۳۰	-۰,۳۲	-۰,۰۱	-۰,۱۷	۱

با توجه به نتایج جدول فوق، در بیشتر شاخص‌های دانه‌بندی بررسی شده رابطه‌ی همبستگی در سطح قابل قبولی مشاهده می‌گردد. اما بررسی رابطه‌ی همبستگی بین میزان ماده آلی با شاخص‌های دانه‌بندی نشان داد که میزان ماده‌ی آلی موجود در رسوبات با هیچکدام از شاخص‌های دانه‌بندی رسوبات دارای همبستگی نمی‌باشد.

نتیجه‌گیری:

بر اساس نتایج حاصل از آزمایش بافت خاک و تعیین کلاس اصلی رسوبات، مشخص شد که رسوبات موجود در منطقه عمدتاً دارای بافت ماسه‌ای هستند. این موضوع نشان‌دهنده منشا بادی رسوبات بوده و حاکی از آن است که منبع برداشت این رسوبات بیشتر محلی بوده است. همچنین، بررسی روند تغییرات میزان ماسه‌های متوسط، ریز و خیلی ریز در لایه‌های مختلف نشان داد که در لایه‌های سطحی (رسوبات جدیدتر)، درصد ماسه‌های متوسط و ریز بالاتری نسبت به لایه‌های عمیق‌تر وجود دارد. این الگو می‌تواند نشانه‌ای از تقویت فرآیندهای بادی و گسترش شرایط بیابانی در دوره‌های اخیر باشد. این یافته از نظر ارزیابی تغییرات محیطی منطقه، نکته مثبتی محسوب نمی‌شود؛ زیرا می‌تواند حاکی از افزایش فعالیت‌های بیابانی و کاهش ثبات سطح خاک تلقی شود. وجود ماسه‌های درشت‌تر در لایه‌های بالایی نیز می‌تواند نشانه‌ای از افزایش فرسایش بادی در نزدیکی منطقه باشد؛ چرا که ذرات سنگین‌تر تمایل کمتری به جابجایی بلندمدت داشته و معمولاً در مسافت‌های کوتاه‌تری تحت تأثیر نیروی باد قرار می‌گیرند. بنابراین، تغییر در الگوی دانه‌بندی رسوبات در طول زمان می‌تواند به عنوان یک شاخص مؤثر در تشخیص تغییرات محیطی و گسترش بیابانی در منطقه مطالعاتی مورد استفاده قرار گیرد.

در این پژوهش نیز به طور کلی میزان مواد آلی در لایه‌های مختلف به طور کلی کم و ناچیز بوده اما با افزایش عمق رسوب روند تغییرات میزان مواد آلی افزایشی بود که نشان‌دهنده‌ی کاهش میزان مواد آلی در رسوبات با سن کمتر بود. کاهش میزان مواد آلی در رسوبات را می‌توان با رشد بیابان‌زایی مرتبط دانست که باعث شده منطقه برداشت رسوبات محلی‌تر شده و میانگین قطر دانه‌های رسوب نیز افزایش یابد. (Kushwaha et al.,2001) نیز اظهار داشتند که مقدار کربن آلی و نیتروژن در خاکدانه‌های درشت نسبت به خاکدانه‌های ریز بیشتر است. با این وجود، (Ashagrie et al.2007) مشاهده کردند که در خاک‌های کشاورزی بـا کـاهش اندازه خاکدانه، مقدار کربن آلی و نیتروژن افزایش می‌یابـد که

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

به نظر می رسد کربن آلی نیز همانند سایر عناصر خاک تمایل دارند به ذرات ریزدانه‌تر متصل شوند. در این پژوهش نتایج نشان داد با کاهش قطر دانه‌های رسوب، میزان مواد آلی افزایش می‌یابد. تغییرات درصد کربنات کلسیم در طول پروفیل رسوبی روندی نسبتا کاهشی را نشان می‌دهد. این کاهش نسبی در میزان کربنات کلسیم می‌تواند ناشی از تغییرات تدریجی شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق‌های مختلف باشد. همچنین، کاهش کربنات کلسیم ممکن است نشان‌دهنده فرآیندهای شسته‌شدگی یا تغییر در منبع تأمین مواد معدنی طی زمان رسوب‌گذاری باشد. به‌علاوه، کاهش کربنات کلسیم در عمق می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر pH و قلیایی بودن خاک داشته باشد و در نهایت بر فعالیت‌های زیستی و فرآیندهای تثبیت مواد آلی در خاک اثرگذار باشد. بین تغییرات میزان کربنات کلسیم با سایر شاخص‌های بررسی شده، همبستگی مناسبی مشاهده نشد و می‌توان نتیجه گرفت در این پژوهش تغییرات میزان کربنات کلسیم وابسته به شاخص‌های دانه‌بندی خاک و مواد آلی نبوده است.

نتایج آزمایش‌های دانه‌بندی نشان دادند با افزایش عمق رسوبات روند تغییرات شاخص‌های دانه‌بندی نظیر میانگین قطر ذرات، جورشدگی، چولگی، انحراف معیار ذرات، واریانس و فراوانی تجمعی ذرات با قطرهای کمتر از ۱۰ درصد و ۹۰ درصد ذرات روندی همسو و کاهشی داشتند. با توجه به میانگین قطر ذرات رسوب، فاصله‌ی منطقه برداشت تا رسوب‌گذاری بین ۲۰ تا ۵۰ کیلومتر پیش‌بینی شد. جورشدگی رسوبات غالبا در کلاس بی نهایت ضعیف قرار می‌گیرد. این مهم نشان می‌دهد که شرایط رسوب‌گذاری شرایط خیلی آرامی نبوده است. همچنین گواه آنست که در گذشته شرایط رسوب‌گذاری در منطقه آرام‌تر بوده است. چولگی در نمونه‌های رسوب به سمت ذرات ریزدانه بود که روند کاهشی کلی رسوبات نشان‌دهنده تقارن بیشتر در نمونه‌های رسوب اعماق پایین‌تر بود. قسمت اعظم نمونه‌های رسوب از نظر کشیدگی در طبقه متوسط تا پهن قرار گرفتند. غالب مطالعات صورت گرفته در مورد دانه‌بندی رسوبات بر روی قسمت‌های مختلف یک عارضه یا عارضه‌های بیابانی مختلف صورت پذیرفته است و تاکنون تغییرات دانه‌بندی پروفیل عمقی مورد بررسی قرار نگرفته است. به عنوان مثال (Shafiei Sharifabadi,2021)، به بررسی رابطه دانه‌بندی رسوبات بادی با دامنه‌های مختلف در برخان‌های محدوده شهرستان اردکان پرداختند. (Nakhai et al.,2019)، به بررسی ویژگی‌های مورفوسکوپی و دانه‌بندی رسوبات نبکا در منطقه شهداد کرمان پرداختند. در بررسی روابط همبستگی بین انواع شاخص‌های دانه‌بندی و ماده آلی نیز مشخص شد که تغییرات هیچ‌کدام از شاخص‌های دانه‌بندی و مواد آلی دارای همبستگی معنی‌داری نیستند، اما بررسی روند کلی تغییرات شاخص‌های دانه‌بندی و میزان مواد آلی نشان داد که به صورت کلی تغییرات این دو خلاف جهت یکدیگر بود. در این پژوهش سعی بر آن بود که با روش ساده نمونه‌گیری از رسوبات مدفون بادی اطلاعات مفیدی در مورد تغییرات وضعیت رسوب‌گذاری از گذشته تاکنون حاصل گردد و همچنین مقایسه‌ای بین تغییرات دانه‌بندی و مواد آلی در اعماق مختلف رسوبات صورت پذیرد. جهت بررسی بیشتر و بهتر نتایج نیز پیشنهاد می‌شود که بر روی رسوبات منطقه آزمایش‌های سن‌سنجی و کانی‌شناسی صورت پذیرد. همچنین برای بررسی نتایج تغییرات شاخص‌های دانه‌بندی رسوبات با تغییرات عمق نیز پیشنهاد می‌شود در سایر مناطق دارای رسوبات بادی تحقیقات مشابه انجام شود.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

منابع:

1. Aagaard, T., Orford, J., & Murray, A. S. (2007). Environmental controls on coastal dune formation; Skallingen Spit, Denmark. Geomorphology, 83(1-2), 29-47.
2. Ali Nejad, Mohammad, Hosseini Zadeh, Mohsen, Onq, and Mohammadian Behbahani, (2017). *Geomorphological and Pedological Study of Nebkha Forms in the Sofikim Plain (Aq Qala) of Golestan Province. Desert Ecosystem Engineering Journal*, 6(16), pp. 59-70.
3. Ali Nejad, N. (2013). *Assessment of Desertification Potential Using the IMDPA Model in the Chah Hashem Region of Iranshahr, Faculty of Water and Soil*, University of Zabol.
4. Ashagrie Y., Zech W., Guggenberger G., and Mamo T. 2007. *Soil aggregation, and total and particulate organic matter following conversion of native forests to continuous cultivation in Ethiopia. Soil and Tillage Research*, 94:101–108.
5. Crouvi, O., Amit, R., Enzel, Y., Porat, N. and Sandler, A., 2008. *Sand dunes as a major proximal dust source for late Pleistocene loess in the Negev Desert, Israel. Quaternary Research*, 70(2), pp.275-282.
6. Cambardella C.A., and Elliott E.T. 1993. *Carbon and nitrogen distributions in aggregates from cultivated and grassland soils. Soil Science Society of America Journal*, 57:1071–1076.
7. de Luna, E. O., Araujo, M., & Varona, H. L. (2024). *Sediment granulometric parameters of the Brazilian Barreta beach in Rio Grande do Norte. Pan-American Journal of Aquatic Sciences*, *19*(2), 56-64.
8. Folk, R. L. (1971). *Longitudinal dunes of the Northwestern edge of the Simpson Desert, Northern Territory, Australia, 1. Geomorphology and grain size relationships Sedimentology*, 16, 4–54.
9. Guang, H., Guifang, Z., & Wenbin, Y. (2004). A quantitative analysis on the sources of dune sand in the Hulun Buir Sandy Land: Application of stepwise discriminant analysis (SDA) to the granulometric data. *Journal of Geographical Sciences*, *14*(2), 177-186.
10. Hugenholtz, C. H., Wolfe, S. A., & Moorman, B. J. (2008). *Effects of sand supply on the morphodynamics and stratigraphy of active parabolic dunes, Bigstick Sand Hills, southwestern Saskatchewan. Canadian Journal of Earth Sciences, 45(3), 321-335.*
11. Hasani Darabad, Mashhadi, and Keshtkar, Amir Reza. (2023). *Morphology, Mobility, and Particle Size Characteristics of Sediments in New Sand Dunes (Case Study: Argh-e-Javan Ab-Shirin). Journal of Natural Geography Research*, 55(4).
12. Hesp, P. (2002). *Foredunes and blowouts(2002), initiation, geomorphology and dynamics, Journal of Geomorphology*, 48, 245–268 .
13. John B., Yamashita T., Ludwig B., and Flessa H. 2005. *Storage of organic carbon in aggregate and density fractions of silty soils under different types of land use. Geoderma*, 128:63–79.
14. Mbagwu J.S.C., and Piccolo A. 1998. *Water-dispersible clay in aggregates of forest and cultivated soils in southern Nigeria in relation to organic matter constituents. In: Bergstrom, L. and Kirchman, H. (Eds.), Carbon and Nutrient Dynamics in Natural and Agricultural Ecosystems. CAB International*, UK., 71–83.
15. Mc Laren, P. (1981). *An interpretation of trends in grain size measures. J. Sediment. Petrol*, 51 (2), 611–624.
16. Memarian Khalilabad, Safdari, & Ekhtesasi. (2008). *Source Identification of Aeolian Sediments in the Fadishah Region of Nishapur. Iranian Rangeland and Desert Research*, 15(1), pp. 26-41.

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]

17. Mohammadnia, Amir Ahmadi, and Zangeneh Asadi, (2022). *Granulometric Parameters of Sediments in Wind Erosion Studies (Case Study: Gonabad County). Journal of Applied Geographical Sciences*, 22(66), pp. 159-169.
18. Nakhai, Omid, Sepehr, Adel, & Rashki. (2019). *Morphosculptural and Granulometric Characteristics of Nebkha Sediments in the Shahdad Region, Kerman. Geography and Environmental Hazards*, 8(2), pp. 61-73.
19. Kushwaha C.P., Tripathi S.K., and Singh K.P. 2001. *Soil organic matter and water-stable aggregates under different tillage and residue conditions in a tropical dryland agroecosystem. Applied Soil Ecology*, 16:229–241.
20. Lü, P., Narteau, C., Dong, Z., Claudin, P., Rodríguez, S., An, Z., Gadal, C., & Courrech du Pont, S. (2021). *Direct validation of dune instability theory. Nature Communications, 12(1), 1-8.*
21. Paul, D., Le Dantec, N., Le Roy, P., Menier, D., Jouet, G., Ehrhold, A., Franzetti, M., & Trotot, A. (2023). *Morphodynamics of coastal sand dunes under sea-level and seasonal wind influence: A case study from the Atlantic coast of France. Geomorphology, 423, 108383*
22. Perera, U. L. H. P., Ratnayake, A. S., Weerasingha, W. A. D. B., Subasinghe, H. C. S., & Wijewardhana, T. D. U. (2023). *Grain size distribution of modern beach sediments in Sri Lanka. Anthropocene Coasts*, *6*(1), 10.
23. Shafiei Sharifabadi, Masoud, Kalantari, Sadeghi Nia, and Tazeh, (2021). *Granulometric Relationship of Aeolian Sediments with Different Elevations in the Sand Dunes of Ardakan County. Ecosystem Management Journal*, 1(1), pp. 58-68.
24. Sherman, D. J., Bauer, B. O. (1993). *Dynamics of beach–dune system Progress in Physical Geography*, 17, 413–447.
25. Short, A. D., Hesp, P. A. (1982). *Wave, beach and dune interactions in southeastern Australia. Marine Geology*, 48, 259–284.
26. Siami Kandeh, Hashem, & Abbasi. (2025). Investigation Wind Erodibility of Soil using Particle Size Distribution Analysis in Dust Sources of Iran. *Journal of Arid Biome*.
27. Terzaghi, K., (1955). *Influence of geological factors on the engineering properties of sediments. Economic Geology,50th Anniversary Volume*, pp. 557.
28. Toranjzar, H., Fathi, A., & Ahmadi, A. (2015). Study of the morphometric characteristics of nebkhas and the amount of accumulated sand in Nitraria schoberi type in Mighan Playa Arak, Iran, *Journal of Rangeland Science (JRS) Volume 5, Issue 1*.
29. Yoo, H. J., Kim, H., Kang, T. S., Kim, K. H., Bang, K. Y., Kim, J. B., & Park, M. S. (2024). *Prediction of Beach Sand Particle Size Based on Artificial Intelligence Technology Using Low-Altitude Drone Images. Journal of Marine Science and Engineering*, *12*(1), 172.
30. Yousefi, Rashki, Farzam, and Kashki. (2016). *Morphology, Spatial Distribution, and Characteristics of Nebkha Sediments in the Sarakhs Region. Master's Thesis, Faculty of Natural Resources and Environment, Ferdowsi University of Mashhad.*
31. Zaady, E., Dody, A., Weiner, D., Barkai, D., & Offer, ZY. (2008). *A. comprehensive method for Aeolian particle Granulometry and micromorphology analyses.*
32. Zarrini bahador & moslem. (2025). *Digital mapping of soil equivalent calcium carbonate using Landsat 8 satellite images and auxiliary data by machine learning models in the Badr watershed, Kurdistan province, Soil and water sciences, (Isfahan University of Technology), 29(1), 81-96.*
33. Zhang, L., Li, Y., & Jiang, J. (2017). *Wind pattern effects on morphological changes of sand dunes: A numerical modeling approach in the Taklimakan Desert, China. Aeolian Research, 26, 67-77.*

[Downloaded from magazine.hormozgan.ac.ir on 2026-11-20]

[DOI: 10.61882/jeer.16.2.1]