



Research Article

Evaluating the effect of geomorphology in the physicochemical properties of soils of alluvial fan surface (Case study: alluvial fan of northwest of Amiriyeh, Damghan)

Shahram Bahrami¹ * , Mohammad Mehdi Hoseinzadeh¹, Pooneh Babaei¹

1-Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 10 Jan 2025 Accepted: 25 Apr 2025

Extended Abstract

Introduction

Soil is one of the most important agents of production and profoundly influences the human life. Nowadays, soil erosion is one of the main environmental problems that is regarded as threat to natural resources, agriculture, and environment (Rahman et al, 2009). Therefore, it is very important to evaluate the physicochemical characteristics of soils in order to prevent its erosion. Alluvial fans are suitable locations for settlements (Waters and Field, 1986; Maghsoudi et al, 2014), the groundwater recharge (Bull, 1977; Houston, 2002; Blainey and Pelletier, 2008), the exploitation of aggregates (Fookes et al, 2007; Bahrami et al, 2015), soil formation (Norton et al, 2007; Bahrami and Ghahraman, 2019), agriculture (Field, 1992; Rahaman, 2016) and other human activities. Development of alluvial fans are affected by different factors such as tectonic activity, climate, base level change, geological and morphometric properties of catchments (Beaumont, 1972; Waters and Field, 1986; Blair and McPherson, 1998; Crosa et al, 2004; Arzani, 2005; Bahrami, 2013, Arzani and Jones, 2018; Goswami, 2018; Özpolat et al, 2022; Peng et al, 2024; Ghahraman and Nagy, 2024). Alluvial fans as one of the most important depositional landforms of arid and semi-arid regions have considerable diversity in terms of evolution and morphometry. Every alluvial fan may be composed of surfaces with different ages such as young, old and relict surfaces. Difference in relative age of fan surfaces can result in the variation of geomorphological processes and morphometry, and hence in the variation of soil properties and development. The aim of this research is to evaluate quantitative properties of soil in different surfaces, positions, and landforms of alluvial fan located in the northwest of Amiriyeh, Damghan. The study area is located in the southern part of Alborz structural zone, and northern part of Central Iran structural zone. Damghan Playa is located in the southern part of the study area.

Materials and Methods

First, the borders of relict, old and young surfaces of studied alluvial fan were identified based on weathering rate, fan surface morphology, drainage pattern, color/tone on satellite images (Field, 1994; Bahrami and Bahrami, 2011) and field works. Owing to the highest concentration of vegetation root and organic carbon in the top 30 cm of soils, in this research, 24 soil samples from depths of 0–30 cm were gathered from alluvial fan surface. Samples were collected from positions (apex, toe), surfaces (relict, old and young), and landforms of young surface (bar and swale), as well as landforms of relict and old surface (interfluvial and channel). The soil sampling squares at toes and apexes of different surfaces of fan were selected randomly.

Citation: Bahrami, Sh. et al, 2025. Evaluating the effect of geomorphology in the physicochemical properties of soils of alluvial fan surface, *Res. Earth. Sci.* 16(2), (145-166) DOI: 10.48308/esrj.2025.238331.1248

* Corresponding author E-mail address: sh_Bahrami@sbu.ac.ir



The selective sampling method was used to gather soil samples from landforms (interfluvial and channel on the relict and old surfaces, and bar & swale on the young surface). From each surface (old, relict and young), 8 soil samples were gathered (4 from apex and 4 from toe). On each position (apex and toe) of the old and relict surfaces, two soil samples were gathered from interfluvial and two from channels.

Also, on each position of the young surface, two soil samples were gathered from swale and two from bar landforms. The soil samples were transformed to the laboratory and then clay%, silt%, sand%, organic carbon, Ph, and soil hydraulic conductivity (K) were measured. The soil texture was calculated by the hydrometer method (Kroetsch and Wang, 2008). The soil organic carbon (OC) was measured by Walkley-Black titration method (Walkley and Black, 1934). The hydraulic conductivity (K) of soil samples was calculated based on the Saxton et al. (1986) method:

Eq. 1:

$$K = 2.778 \times 10^{-6} \left\{ \exp \left[12.012 - 0.0755 (\% \text{ sand}) + [-3.8950 + 0.03671 (\% \text{ sand}) - 0.1103 (\% \text{ clay}) + 8.7546 \times 10^{-4} (\% \text{ clay})^2] \left(\frac{1}{\theta} \right) \right] \right\}$$

where K is unsaturated hydraulic conductivity (m/ s) and θ is moisture content (m³/m³) as indicated by the following equation 2:

Eq. 2:

$$\theta = 0.332 - 7.251 \times 10^{-4} (\% \text{ sand}) + 0.1276 \log (\% \text{ clay})$$

To compare the means of soil variables in alluvial fan positions (apex and toe), landforms of old and relict surfaces (interfluvial and channels), and landforms of young surface (bars and swales), the independent sample t-tests were calculated. To compare the means of soil parameters in alluvial fan surfaces (relict, old and young) the ANOVA test was used.

Results and Discussion

The studied alluvial fan is composed of three surfaces including relict, old and young surfaces, each having distinct geomorphological features. The relict and old surfaces are characterized by dendritic drainage pattern. Nevertheless, channels on the old surface have lower depth compared to channels on the relict surface, implying lower erosion and relative age of old surface than relict one. Drainage pattern on the young surface is braided. The young surface of alluvial fan is characterized by relatively flat morphology, whereas the relict and old ones have crenulated and entrenched morphology. Field observation revealed that the young surface deposits lack desert varnish and weathering marks, whereas deposits on the relict and old surfaces are exposed to weathering. Results show that sand% on the studied alluvial fan surface varies from 36% (sample 12 on the toe of relict surface) to 96% (sample 11 on the toe of relict surface). The maximum value of Ph (9.27) corresponds to sample 8 on the toe of young surface, and the lowest Ph (7) belongs to sample 17 on the apex of relict surface. The value of soil organic carbon is lower than 1% in all samples, ranging from 0.07% (sample 17 on the apex of old surface) to 0.74% (sample 20 on the apex of relict surface). The value of soil hydraulic conductivity (K) varies from 1.22 (sample 15 on the apex of relict surface) to 13.71 cm/h (sample 11 on the toe of relict surface). Data show that soil texture is coarser in fan apex compared to its toe. This is due to decrease in slope gradient and also to flow diversion, and hence decrease in flow velocity that cause the coarse sediments to deposit in apex and the fine sediments to deposit in the toe of alluvial fan. In spite of the coarser texture soils of apex, the mean values of soil hydraulic conductivity do not have meaningful difference at apex and toe of alluvial fan. Although previous studies have suggested that soil organic carbon in depositional landforms is often higher compared to erosional landforms in upstream areas (Vanden Bygaart et al, 2015; Xiao et al, 2015), results of this study revealed that soil organic carbon is lower at fan toe than fan apex. The lower value of organic carbon in alluvial fan toe can be attributed to the higher moisture and hence increased microbial activity, facilitating soil organic carbon decomposition and consequently its loss (Mohseni et al, 2019). Results demonstrate that channels formed on the relict and old surfaces have remarkably coarser soils compared to interfluvial. The soil texture is also coarser in swales than bars of young surface. The mean value of Ph is higher at toe than apex implying that soils of fan toe is more alkaline than its apex. The more alkaline soils of alluvial fan toe can be attributed to the finer textured soils and hence their lower leaching. The higher value of soil organic carbon in channels compared to the interfluvial of old and relict surfaces can be attributed to the denser vegetation of channels. Results of ANOVA test show that the means of soil hydraulic conductivity do not have significant differences in different surfaces (relict, old, and young). The values of soil hydraulic conductivity at the apex and toe of alluvial fan are similar and do not show considerable difference. Evaluation of t-test to compare means of hydraulic conductivity revealed that the means of this parameter in bars and swales of young surface have

significant differences, implying the micro-landforms of bars and swales have fundamental impact in the variation of hydraulic conductivity. Based on t-test values, means of soil hydraulic conductivity also have significant differences in the interfluves and channels of relict and old surfaces, showing that the micro-landforms of interfluves and channels have also had strong control in the variation of soil hydraulic conductivity. Evaluation of the relation between parameters (Pearson's correlation coefficient) reveals that there is meaningful negative correlation between Ph and elevation. The soil organic carbon is strongly positively correlated with elevation. The soil hydraulic conductivity has a meaningful positive correlation with sand%, whereas it has meaningful negative correlations with clay% and silt%.


Conclusion

The study area alluvial fan is located in the in the northwest of Amiriyeh, and is composed of three surfaces of relict, old and young, where morphology and geomorphological processes are different on each surface. Different geomorphological processes and landforms in different surfaces and also in different positions (apex and toe) have resulted in the spatial variation of physicochemical characteristics of soils of alluvial fan. Results imply that soil hydraulic conductivity is lower in the old surface compared to the relict and young surfaces. The lower soil hydraulic conductivity of old surface can be associated with relative stability, weathering and increasing clay% of soils of old surface, resulting in reducing soils permeability and hydraulic conductivity. The values of soil texture and hydraulic conductivity in landforms (interfluves compared to channels, and bars compared to swales) have meaningful statistical differences. This implies the mentioned landforms have fundamental effect in the variation of soil hydraulic conductivity of alluvial fan. Regarding the fact that improved understanding of physicochemical properties of soils has important role in the management and conservation of soil and vegetation, it is suggested that planners and managers consider differences in quantitate properties of soils in different landforms, positions, and surfaces of alluvial fans.

Keywords: Alluvial fan, interfluve, Soil hydraulic conductivity, Damghan.



بررسی نقش ژئومورفولوژی در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک سطح مخروط افکنه (مطالعه موردی: مخروط افکنه شمال غرب امیریه، دامغان)

شهرام بهرامی^{۱*} , محمد مهدی حسین زاده^۱، پونه بابایی^۱

۱- گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

(پژوهشی) دریافت مقاله: ۱۴۰۳/۱۰/۲۱ پذیرش نهایی مقاله: ۱۴۰۴/۰۲/۰۵

چکیده گسترده

مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین عوامل تولید است که در زندگی انسان تأثیر زیادی دارد. با این وجود، امروزه فرسایش خاک یکی از مهمترین مشکلات محیطی است که تهدیدی برای منابع طبیعی، کشاورزی و محیط زیست به شمار می‌رود (Rahman et al, 2009). بنابراین مطالعه پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک به منظور حفظ خاک و جلوگیری از فرسایش آن دارای اهمیت زیادی است. مخروط افکنه‌ها مکان‌های مناسبی برای استقرار سکونتگاه‌های انسانی (Waters and Field, 1986; Maghsoudi et al, 2014), تغذیه آب‌های زیرزمینی (Houston, 2002; Blainey and Pelletier, 2008), استخراج سنگدانه‌ها (Fookes et al, 2007;) Field, 1992;)، تشکیل خاک (Bahrami et al, 2015; Bahrami and Ghahraman, 2019; Norton et al, 2007), کشاورزی (Rahaman, 2016) و دیگر فعالیت‌های انسانی هستند. تکامل مخروط افکنه‌ها تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند تکتونیک، اقلیم، تغییر سطح اساس، ویژگی‌های مورفومتری و زمین‌شناسی حوضه‌های آبخیز قرار دارد (Beaumont, 1972; Waters and Field, 1986; Blair and Mcpherson, 1998; Crosa et al, 2004; Arzani, 2005; Bahrami, 2013; Arzani and Jones, 2018; Goswami, 2018; Özpolat et al, 2022; Peng et al, 2024; Ghahraman and Nagy, 2024). مخروط افکنه‌ها به عنوان یکی از مهمترین لندفرم‌های مناطق خشک و نیمه خشک، دارای تنوع زیادی از نظر تکامل و مورفومتری هستند. هر مخروط افکنه ممکن است از سطوحی با سن مختلف (جوان، قدیمی و فسیل) تشکیل شده باشد. تفاوت در سن نسبی سطوح مختلف مخروط افکنه می‌تواند باعث تفاوت در فرایندهای ژئومورفولوژی، مورفومتری، و بنابراین در تکامل و ویژگی‌های خاک آنها شود. هدف این تحقیق ارزیابی ویژگی‌های کمی خاک در سطوح مختلف، موقعیت‌های مختلف و در لندفرم‌های مختلف تشکیل شده در سطح مخروط افکنه شمال غرب امیریه در دامغان است. منطقه مورد مطالعه در جنوب واحد زمین ساختی البرز و در شمال زون ایران مرکزی قرار دارد. پلایای دامغان در جنوب شرق منطقه مورد مطالعه قرار دارد.

مواد و روش‌ها

ابتدا بر اساس شاخص‌های میزان هوازدگی، مورفولوژی سطح مخروط افکنه، الگوی زهکشی و تن رنگ در تصاویر ماهواره‌ای (Field, 1994; Bahrami and Bahrami, 2011) و همچنین مطالعات میدانی، مخروط افکنه مورد مطالعه به سه سطح فسیل، قدیمی و جدید تفکیک شد.

استناد: بهرامی، ش. و همکاران، ۱۴۰۴. بررسی نقش ژئومورفولوژی در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک سطح مخروط افکنه، پژوهش‌های دانش زمین: ۱۶(۲)، (۱۶۶-۱۴۵)، DOI: 10.48308/esrj.2025.238331.1248

با توجه به اینکه بیشترین تجمع ریشه گیاهان و مواد آلی خاک در عمق کمتر از ۳۰ سانتیمتری است، در این تحقیق ۲۴ نمونه خاک از عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری سطح مخروط افکنه جمع‌آوری شد. نمونه‌ها از موقعیت‌ها (بالادست و پائین دست)، سطوح (فسیل، قدیمی و جدید)، و لندفرم‌های سطح جدید (پشته و کانال)، و سطوح فسیل و قدیمی (میاناب و کانال) برداشت شدند. انتخاب کادرهای نمونه‌برداری در بالادست و پائین دست سطوح مختلف به صورت تصادفی انجام شد. نمونه‌برداری از لندفرم‌ها (میاناب و کانال در سطوح فسیل و قدیمی، و پشته و کانال در سطح جدید) به صورت انتخابی انجام شد. از هر سطح مخروط افکنه (فسیل، قدیمی و جدید)، ۸ نمونه نمونه خاک (۴ نمونه از بالادست و ۴ نمونه از پائین دست) برداشت شد. در هر موقعیت (بالادست و پائین دست) سطوح فسیل و قدیمی، دو نمونه خاک از میاناب‌ها و دو نمونه از کانال‌ها برداشت شد. همچنین در هر موقعیت سطح جدید نیز دو نمونه خاک از پشته‌ها و دو نمونه از کانال‌ها برداشت شد. بعد از انتقال نمونه‌ها به آزمایشگاه، پارامترهای درصد رس، درصد سیلت، درصد ماسه، کربن آلی، Ph، و هدایت هیدرولیکی خاک محاسبه شد. بافت خاک بر اساس روش هیدرومتر انجام شد (Kroetsch and Wang 2008). محاسبه کربن آلی خاک بر اساس روش تیتراسیون والکی بلک (Walkley and Black, 1934) انجام شد. اندازه‌گیری اسیدیته خاک با استفاده از دستگاه Ph متر انجام شد.

در این مطالعه، هدایت هیدرولیکی خاک (K) بر اساس رابطه (۱) روش ساکستون (Saxton et al, 1986) انجام شد:

رابطه (۱)

$$K = 2.778 \times 10^{-6} \left\{ \exp \left[12.012 - 0.0755 (\% \text{ sand}) + [-3.8950 + 0.03671 (\% \text{ sand}) - 0.1103 (\% \text{ clay}) + 8.7546 \times 10^{-4} (\% \text{ clay})^2] \left(\frac{1}{\theta} \right) \right] \right\}$$

در این رابطه K هدایت هیدرولیکی غیر اشباع (متر در ثانیه) و θ مقدار رطوبت (متر مکعب بر متر مکعب) است که بر اساس روش زیر محاسبه می‌شود:

رابطه (۲)

$$\theta = 0.332 - 7.251 \times 10^{-4} (\% \text{ sand}) + 0.1276 \log (\% \text{ clay})$$

جهت مقایسه میانگین پارامترهای مربوط به خاک در موقعیت‌ها (بالادست و پائین دست)، لندفرم‌های سطح قدیمی (میاناب و کانال)، و لندفرم‌های سطح جدید (پشته و کانال) از آزمون T استفاده شد. جهت مقایسه میانگین پارامترهای مربوط به خاک در سطوح مختلف (قدیمی، فسیل و جدید)، از آزمون ANOVA استفاده شد.

نتایج و بحث

مخروط افکنه مورد مطالعه از سه سطح فسیل، قدیمی و جدید تشکیل شده است که هرکدام از سطوح از نظر اشکال ژئومورفولوژیکی، متفاوت هستند. سطح فسیل و قدیمی از کانال‌های شبکه درختی تشکیل شده است. با این وجود کانال‌های سطح قدیمی دارای عمق کمتری نسبت به کانال‌های سطح فسیل هستند، که این موضوع بیانگر فرسایش کمتر و سن نسبی کمتر سطح قدیمی در مقایسه با سطح فسیل مخروط افکنه است. الگوی زهکشی در سطح جدید به صورت الگوی شریانی است. سطح جدید دارای مورفولوژی نسبتاً هموار است در حالی که سطوح فسیل و قدیمی دارای مورفولوژی ناهموار و برش یافته می‌باشند. مشاهدات میدانی نشان داد که رسوبات سطح جدید فاقد زرنی صحرای و آثار هوازدگی هستند در حالی که رسوبات سطح فسیل و قدیمی دچار هوازدگی شده‌اند. نتایج نشان می‌دهد که درصد ماسه از ۳۶ درصد (نمونه شماره ۱۲ در پائین دست سطح فسیل) تا ۹۶ درصد (نمونه شماره ۱۱ در پائین دست سطح فسیل) در سطح مخروط افکنه مورد مطالعه متغیر است. حداکثر مقدار Ph (۹/۲۷) مربوط به نمونه شماره ۸ در پائین دست سطح جدید و حداقل مقدار Ph (۷) مربوط به نمونه شماره ۱۷ در بالادست سطح فسیل مخروط افکنه است. مقدار کربن آلی خاک در تمام نمونه‌ها زیر ۱ درصد است و از ۰/۰۷ درصد (نمونه شماره ۱۳ در بالادست سطح قدیمی) تا ۰/۷۴ درصد (نمونه شماره ۲۰ در بالادست سطح فسیل) متغیر است. مقدار پارامتر هدایت هیدرولیکی خاک (K) از ۱/۲۲ (نمونه شماره ۱۵ در بالادست سطح قدیمی) تا ۱۳/۷۱ سانتیمتر در ساعت (نمونه شماره ۱۱ در پائین دست سطح فسیل) متغیر است. داده‌ها نشان می‌دهد که بافت رسوبات در بالادست مخروط افکنه مقداری درشت‌تر از پائین دست مخروط افکنه است. این وضعیت عموماً به دلیل کاهش شیب و پخش جریان و در نتیجه کاهش سرعت جریان است که باعث می‌شود رسوبات درشت در بالادست و رسوبات ریز در پائین دست ته‌نشین شوند. با وجود بافت درشت‌تر

رسوبات در بالادست، مقدار میانگین هدایت هیدرولیکی در بالادست و پائین دست مخروط افکنه تفاوت معنی‌داری ندارد. با وجود اینکه مطالعات قبلی نشان داده‌اند که خاک لندفرم‌های تراکمی در مناطق پائین دست اغلب دارای کربن آلی بیشتری نسبت به خاک لندفرم‌های فرسایشی مناطق بالادست است (Vanden Bygaart et al, 2015; Xiao et al, 2015)، داده‌های این تحقیق نشان می‌دهد مقدار کربن آلی خاک در پائین دست مخروط افکنه مورد مطالعه کمتر از بالادست آن است. مقدار کمتر کربن آلی خاک در پائین دست مخروط افکنه را می‌توان به رطوبت بیشتر و بنابراین فعالیت‌های میکروبی بیشتر خاک‌های پائین دست مخروط افکنه نسبت داد به طوریکه این فعالیت‌ها می‌توانند باعث تجزیه بیشتر کربن آلی خاک و کاهش آن شوند (Mohseni et al, 2019). نتایج نشان می‌دهد که کانال‌های تشکیل شده در سطوح فسیل و قدیمی مخروط افکنه، دارای بافت بسیار درشت‌تری از میاناب‌ها هستند. همچنین بافت خاک در کانال‌های سطح جدید نسبت به پشته‌ها درشت‌تر است. مقدار میانگین Ph در پائین دست کمتر از بالادست مخروط افکنه است که بیانگر خاک‌های قلیایی تر در پائین دست مخروط افکنه است. وجود خاک‌های قلیایی تر در پائین دست مخروط افکنه را می‌توان به پوشش گیاهی نسبت داد. مقدار بیشتر کربن آلی خاک در کانال‌ها نسبت به میاناب‌های سطوح قدیمی و فسیل را می‌توان به پوشش گیاهی تراکم تر کانال‌ها نسبت داد. نتایج آزمون آنوا نشان می‌دهد که مقدار میانگین هدایت هیدرولیکی خاک در سه سطح قدیم، جدید و فسیل دارای تفاوت معنی‌داری نیست. مقدار هدایت هیدرولیکی خاک در بالا دست و پایین دست مخروط افکنه به هم نزدیک هستند و اختلاف قابل توجهی ندارند. بررسی آزمون T نشان داد که میانگین هدایت هیدرولیکی خاک در پشته‌ها و کانال‌های سطح جدید مخروط افکنه دارای تفاوت معنی‌داری است و این موضوع نشان می‌دهد که میکروندفرم‌های پشته و کانال در تفاوت هدایت هیدرولیکی خاک نقش اساسی داشته‌اند. نتایج آزمون T همچنین نشان داد که میانگین پارامتر هدایت هیدرولیکی خاک در میاناب‌ها و کانال‌ها (در سطوح فسیل و قدیمی مخروط افکنه) دارای تفاوت معنی‌داری است و این موضوع نشان می‌دهد که میکروندفرم‌های میاناب و کانال در تفاوت هدایت هیدرولیکی خاک نقش اساسی داشته‌اند. بررسی رابطه بین پارامترها (ضریب همبستگی پیرسون) نشان می‌دهد که بین Ph و ارتفاع رابطه منفی معنی‌داری وجود دارد. بین کربن آلی خاک و ارتفاع رابطه مثبت قوی وجود دارد. هدایت هیدرولیکی با درصد ماسه رابطه مثبت معنی‌دار دارد، در حالی که با درصد سیلت و رس رابطه منفی معنی‌داری دارد.

نتیجه‌گیری

مخروط افکنه مورد مطالعه در شمال غرب امیریه دارای سه سطح فسیل، قدیمی و جدید است و مورفولوژی و فرایندهای ژئومورفولوژی هرکدام از سطوح مذکور متفاوت است. وجود فرایندها و لندفرم‌های ژئومورفولوژی متفاوت در سطوح مختلف و در موقعیت‌های مختلف (بالادست و پائین دست) مخروط افکنه باعث تفاوت در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک در بخش‌های مختلف مخروط افکنه می‌شود. نتایج بیانگر آن است که مقدار هدایت هیدرولیکی خاک در سطح قدیمی کمتر از سطوح جدید و فسیل است. پائین بودن مقدار هدایت هیدرولیکی خاک سطح قدیمی را می‌توان به ثبات بیشتر سطح قدیمی، هوازگی و افزایش مقدار رس در خاک نسبت داد که باعث کاهش نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی در آن شده است. مقادیر پارامترهای بافت و هدایت هیدرولیکی خاک در لندفرم‌ها (میاناب در مقایسه با کانال و پشته در مقایسه با کانال) دارای تفاوت معنی‌دار آماری است. این موضوع نشان می‌دهد که میکروندفرم‌های مذکور نقش مهمی در تفاوت هدایت هیدرولیکی خاک ایفا کرده‌اند. با توجه به اینکه درک بهتر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک نقش مهمی در مدیریت و حفظ خاک و پوشش گیاهی دارد، پیشنهاد می‌شود برنامه ریزان و مدیران تفاوت پارامترهای کمی خاک در لندفرم‌های مختلف، موقعیت‌های مختلف، و سطوح مختلف مخروط افکنه‌ها را مد نظر قرار دهند.

واژگان کلیدی: مخروط افکنه، میاناب، هدایت هیدرولیکی خاک، دامغان.

مقدمه

خاک یکی از مهم‌ترین عوامل تولید است که در زندگی انسان تأثیر زیادی دارد. با این وجود، امروزه فرسایش خاک یکی از مهمترین مشکلات محیطی است که تهدیدی برای منابع طبیعی، کشاورزی و محیط زیست به شمار می‌رود (Rahman et al, 2009). بنابراین مطالعه پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک به منظور حفظ خاک و جلوگیری از فرسایش آن دارای اهمیت زیادی است. تشکیل خاک تحت تأثیر پنج عامل اقلیم، موجودات زنده، لیتولوژی، توپوگرافی و زمان قرار دارد (Jenny, 1941). تغییر در ویژگی‌های خاک تحت تأثیر مواد مادری، فرایندهای ژئومورفیک و پدولوژیک، فعالیت‌های گیاهی و جانوری، فعالیت‌های انسانی، میکرواقلیم، هیدرولوژی و کاربری زمین صورت می‌گیرد (Alexander, 1986). ژئومورفولوژی یکی از عوامل مرتبط با تشکیل و تکامل خاک است به طوری که نه تنها ژئومورفولوژی در فرایندهای خاکسازای تأثیرگذار است بلکه خاک‌شناسی نیز در بررسی فرایندهای تکامل اشکال زمین مهم است (Farpur et al, 2003). مخروط افکنه‌ها اشکال آبرفتی مثلثی شکل دوران چهارم هستند که در محل ورود آبراهه و یا رودخانه‌ها به سطوح تقریباً هموار دشت‌ها تشکیل می‌شوند. مخروط افکنه‌ها از رسوباتی مانند تخته سنگ، شن، ماسه، سیلت و رس تشکیل شده‌اند. مخروط افکنه‌ها مکان‌های مناسبی برای استخراج سنگدانه‌ها (Fookes et al, 2007; Bahrami et al, 2015)، تغذیه آب-های زیرزمینی (Houston, 2002; Blainey and Pelletier, 2008)، استقرار سکونتگاه‌های انسانی (Waters and Field, 2014; Maghsoudi et al, 1986)، تشکیل خاک (Norton et al, 2007; Bahrami and Ghahraman, 2019) و کشاورزی (Field, 1992; Rahaman, 2016) هستند. تکامل مخروط افکنه‌ها تحت تأثیر عوامل مختلفی مانند تکتونیک، تغییر سطح اساس، ویژگی‌های مورفومتری و زمین-شناسی حوضه‌های آبخیز قرار دارد (Beaumont, 1972; Waters and Field, 1986; Blair and Mcpherson, 1998; Crosa et al, 2004; Arzani, 2005; Bahrami, 2013; Arzani and Jones, 2018; Goswami, 2018; Özpölat et al, 2022; Peng et al., 2024; Ghahraman and Nagy, 2024). به دلیل اینکه مخروط افکنه‌ها دارای منابع آب و خاک مناسبی هستند، اغلب مورد توجه جوامع انسانی هستند. مخروط افکنه‌ها به دلیل نفوذپذیری بالای آن‌ها دارای منابع آب زیرزمینی مناسبی هستند (Houston et

al, 2002). مخروط افکنه‌ها همچنین می‌توانند تأثیر قابل توجهی بر حاصلخیزی خاک و همچنین تنوع و تراکم پوشش گیاهی داشته باشند (Bahrami and Ghahraman, 2021; Imeni et al, 2019). مخروط افکنه‌ها از نظر تکامل و مورفولوژی دارای تنوع زیادی هستند (Maghsudi and Mohammadnejad Arooq, 2013). مسیرهای جریان در مخروط افکنه‌ها اغلب ناپایدار هستند و از این رو تمام قسمت‌های یک مخروط افکنه ممکن است در معرض سیل یا رسوب قرار نگیرند (Weissman et al, 2002; Young et al, 2006; Winfield et al, 2004). بنابراین بخش‌هایی از یک مخروط افکنه ممکن است متروک یا قدیمی باشند در حالی که بخش‌هایی تحت تأثیر سیلاب و رسوبگذاری باشند (سطح جدید). تفکیک سطوح مختلف مخروط افکنه‌ها (جدید، قدیمی و فسیل) توسط روش‌های تعیین سن مطلق، بر هزینه و مشکل است. از طرفی دیگر، شاخص‌های ژئومورفیک مختلفی مانند الگوی شبکه زهکشی، مورفولوژی، میزان هوازدهی مواد آواری، عمق برش، ورنی صحرا، سنگ فرش بیابان، تشکیل خاک، افق آهکی، انحراف مسیر جریان، شاخص تضاریس یا ناهماری سطح، نوع و تراکم پوشش گیاهی، و تن (رنگ) عکس هوایی یا تصاویر ماهواره‌ای جهت تفکیک سطوح مخروط افکنه‌ها معرفی شده است (Field, 1994; Bahrami and Bahrami, 2011). که بر اساس آنها به سادگی می‌توان سن نسبی سطح مخروط افکنه‌ها را تعیین کرد. تکامل و کیفیت خاک در سطح جدید (در معرض رسوبگذاری)، و در سطح قدیمی (در معرض هوازدهی و فرسایش) مخروط افکنه‌ها ممکن است متفاوت باشد. همچنین به علت تغییرات بافت خاک، مورفولوژی و فرایندهای سطحی، میزان نفوذ آب در خاک سطح مخروط افکنه‌ها یکسان نیست. بنابراین ارزیابی بافت و هدایت هیدرولیکی خاک در سطح مخروط افکنه‌ها دارای اهمیت زیادی در تغذیه آب‌های زیرزمینی و همچنین رشد گیاهان است (Bahrami and Ghahraman, 2019). با وجود اینکه محققین زیادی ارتباط بین ویژگی‌های خاک و ژئومورفولوژی سطح مخروط افکنه‌ها را بررسی کرده‌اند (McCraw, 1968; Waters and Field, 1986; Hill, 1993; Parker, 1995; White and Walden, 1997; Butterworth et al, 2000; Dickerson et al, 2015). مطالعات محدودی به تأثیر فرایندها و فرم‌های ژئومورفولوژی بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک بویژه هدایت هیدرولیکی خاک سطح

آنها نشان داد که کانال های U شکل در بخش قدیمی مخروط افکنه ها، دارای گونه‌های گیاهی بزرگتر و تاج پوشش گیاهی بیشتری هستند که این وضعیت به دلیل بافت درشت‌تر خاک و بنابراین نفوذ پذیری، هدایت هیدرولیکی و رطوبت بیشتر خاک در کانال‌ها است. عزیزی و همکاران (Azizi et al, 2023) تعداد ۷۲ نمونه خاک از بالادست، میان دست و پائین دست مخروط افکنه جنوب شرق گنبد نمکی شاه غیب لارستان را برداشت کردند و تاثیر ژئومورفولوژی بر پارامترهای فسفر، پتاسیم، سدیم قابل جذب، کربنات کلسیم، رطوبت اشباع خاک، ظرفیت نگهداری آب در خاک، بافت خاک و کربن آلی خاک را ارزیابی کردند. بررسی آنها نشان داد هدایت هیدرولیکی خاک در کانال‌ها و فرورفتگی‌ها سطح جدید نسبت به میاناب‌ها و پشته‌های واقع در سطح فسیل و قدیمی بیش‌تر است. سطح میاناب‌ها، به دلیل هوازگی طولانی مدت آبرفت‌ها، دارای رس و سیلت بیش‌تری هستند که این امر منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی خاک میاناب‌ها شده است. هدف این تحقیق ارزیابی پارامترهای درصد رس، درصد سیلت، درصد ماسه، کربن آلی، Ph، و هدایت هیدرولیکی خاک (K) مخروط افکنه شمال غرب امیریه در دامغان و ارتباط این پارامترها با ژئومورفولوژی است.

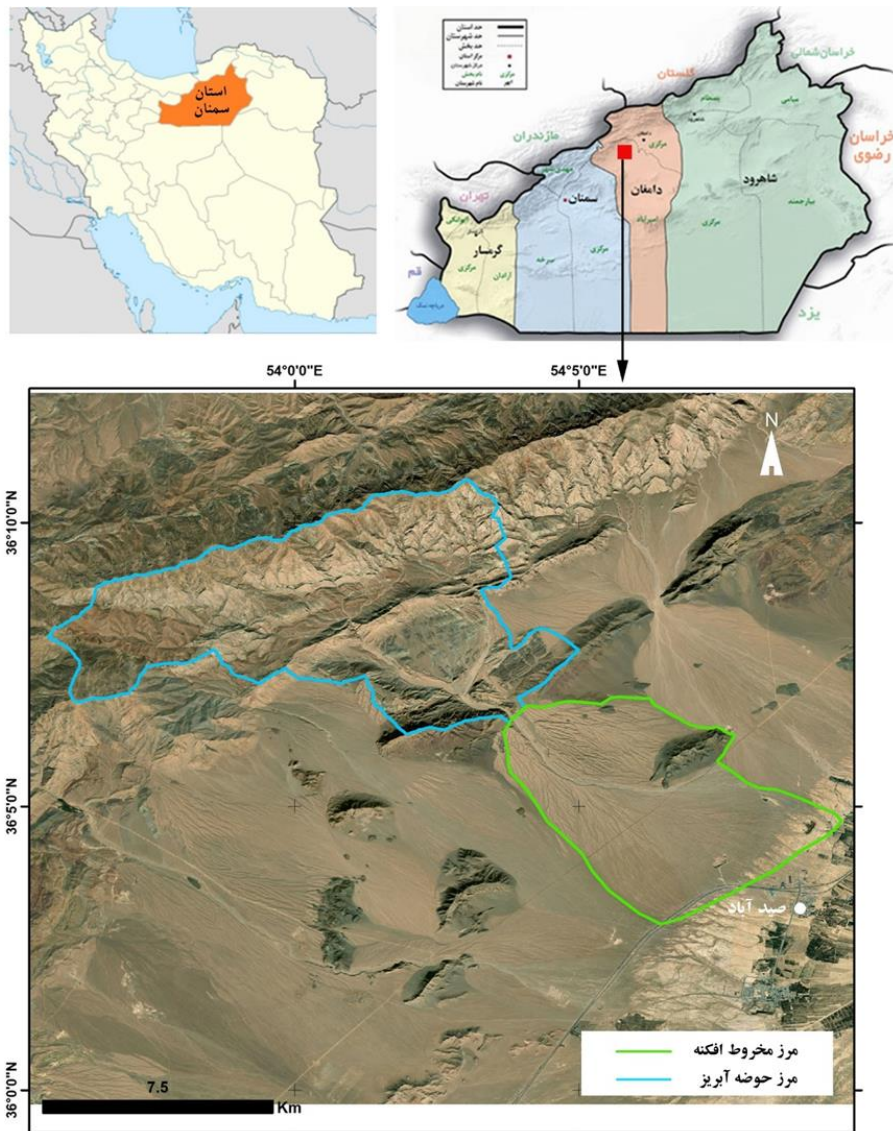
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه، مخروط افکنه واقع در شمال غرب روستای امیر آباد (امیریه) در حدود ۲۰ کیلومتری غرب دامغان می‌باشد (شکل ۱). مساحت مخروط افکنه مورد مطالعه و حوضه بالا دست آن به ترتیب ۳۷/۵۷ و ۶۱/۳۳ کیلومتر مربع می‌باشد. طول مخروط افکنه از راس تا قاعده ۸/۲ کیلومتر می‌باشد. مساحت سطوح جدید، قدیمی و فسیل مخروط افکنه به ترتیب ۲/۱، ۱۳/۰۳ و ۲۰/۰۶ کیلومتر مربع می‌باشد. ارتفاعات بالادست مخروط افکنه مورد مطالعه بخشی از رشته کوه‌های البرز با جهت غربی-شرقی هستند که ارتفاع آنها از شمال به جنوب به تدریج کاهش می‌یابد. کویر حاج علی قلی در فاصله ۴۰ کیلومتری جنوب شرق منطقه مورد مطالعه قرار دارد. حداقل و حداکثر ارتفاع مخروط افکنه مورد مطالعه به ترتیب ۱۱۶۱ و ۱۴۷۰ متر می‌باشد. حداقل و حداکثر ارتفاع حوضه آبخیز بالادست مخروط افکنه به ترتیب ۱۴۴۵ و ۲۸۰۱ متر است. از نظر

مخروط افکنه‌ها پرداخته‌اند که در زیر به آنها اشاره می‌شود: یانگ و همکاران (Young et al, 2004) هدایت هیدرولیکی خاک را بر اساس روش‌های Wooding و van-Genuchten محاسبه کردند و نقش افق‌های سطحی خاک مخروط افکنه های صحرای موهاوی آمریکا در مقادیر هدایت هیدرولیکی خاک را تحلیل کردند. آنها مدل‌سازی معکوس داده‌های نفوذ آب در خاک و مقدار نهایی آب موجود در خاک را بر اساس نرم افزار HYDRUS-2D انجام دادند. بررسی آنها نشان داد که بیش از ۹۰ درصد تغییرپذیری هدایت هیدرولیکی خاک سطح مخروط افکنه ها، متاثر از سن مخروط افکنه ها است. همچنین مطالعه آن‌ها نشان داد که هدایت هیدرولیکی خاک مخروط افکنه ها بیشتر متاثر از افق‌های سطحی خاک است. بلینی و پلتیر (Blainey and Pelletier, 2008)، با هدف بررسی نقش مورفولوژی سطح مخروط افکنه های منطقه آریزونا در مقدار نفوذ آب در خاک، مقدار نفوذ را بر اساس مدل Green-Ampt محاسبه نمودند. مطالعه آنها نشان دادند که سطح مخروط افکنه های قدیمی به علت قرارگیری طولانی مدت رسوبات آن در معرض هوازگی، دارای رس و سیلت بیشتری در سطح هستند که این موضوع باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک شده است. بر عکس، سطح جوان مخروط افکنه به دلیل درصد رس و سیلت کمتر دارای نفوذپذیری بیشتری است. مطالعات بهرامی و قهرمان (Bahrami and Ghahraman, 2019) روی دامنه جنوبی کوه‌های جغتای در سبزواری نشان داد که فرم‌ها و فرایندهای مختلف سطوح فسیل، قدیمی و جدید مخروط افکنه نقش مهمی در تغییرات بافت خاک و هدایت هیدرولیکی خاک سطوح ذکر شده دارند. مقادیر هدایت هیدرولیکی خاک محاسبه شده توسط روش تجربی ساکستون (Saxton et al, 1986) نشان داد مقدار نفوذ آب در خاک سطوح فسیل و قدیمی، به دلیل هوازگی و بافت ریزتر رسوبات، بیشتر از سطح جدید مخروط افکنه است. ایمنی و همکاران (Imeni et al, 2021)، با استفاده از تصاویر هوایی تهیه شده با پهباد، DEM با دقت ۱۱ سانتیمتری از سطح سه مخروط افکنه جنوب غرب میامی در استان سمنان را تهیه کردند و بر اساس نیمرخ های دقیق توپوگرافی، مورفومتری سطوح قدیمی و جدید مخروط افکنه ها را با هم مقایسه و نقش آنها را در ویژگی‌های خاک و پوشش گیاهی ارزیابی کردند. مطالعه

نیز این فعالیت ادامه دارد. گسل عطاری از حوضه آبخیز بالادست مخروط افکنه مورد مطالعه عبور می‌کند. مهمترین سنگ‌های واقع در حوضه بالادست مخروط افکنه مورد مطالعه شامل آهک، آهک دولومیتی، شیل، ماسه سنگ، توف، ژئپس، کنگلومرا، سنگ رس به همراه زغال سنگ می‌باشد (Alavi and Salehi Rad, 1993).

زمین‌شناسی ساختمانی منطقه مورد مطالعه بخشی از زون ساختمانی البرز است. رشته کوه البرز، در کمربند زمین ساختی آلپ-همیالیا واقع شده و چین خوردگی البرز و تشکیل آن، در فاز چین خوردگی آلپی صورت گرفته است ولی پس از آن نیز فعالیت‌های زمین ساختی، همواره رشته کوه‌های البرز را تحت تأثیر قرار داده است. به طور کلی، تکتونیک البرز، یک تکتونیک جوان و فعال بوده و اکنون



شکل ۱: موقعیت مخروط افکنه و حوضه آبخیز بالادست آن در استان سمنان و شهرستان دامغان.

Fig. 1: Location of alluvial fan and its drainage basin in the Semnan Province and Damghan County.

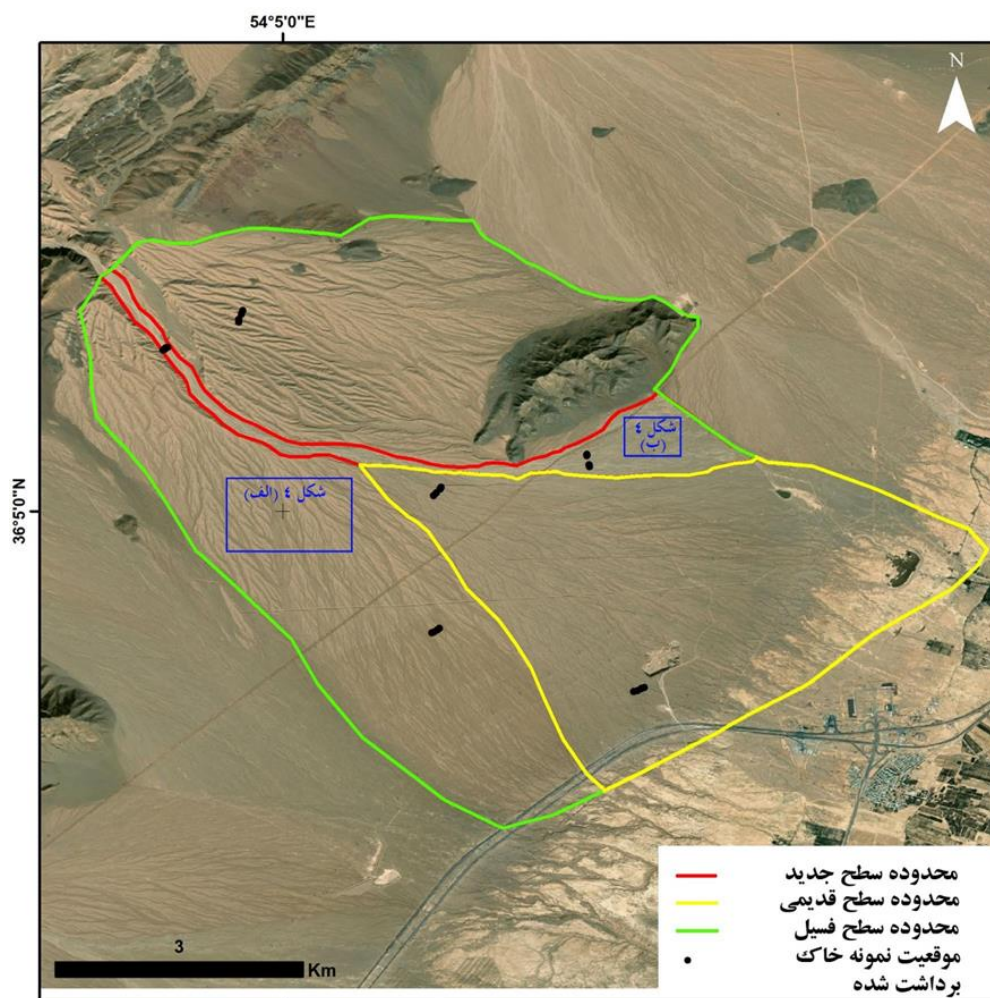
و همچنین مطالعات میدانی، مخروط افکنه مورد مطالعه به سه سطح فسیل، قدیمی و جدید تفکیک شد (شکل ۲). سطوح مختلف مخروط افکنه ها به دلایلی از جمله تفاوت در فرایندهای رسوبگذاری و فرسایش با هم متفاوت هستند.

منطقه‌ی مورد مطالعه

ابتدا بر اساس شاخص‌های میزان هوازدگی، مورفولوژی سطح مخروط افکنه، الگوی زهکشی و تن رنگ در تصاویر ماهواره‌ای (Field, 1994; Bahrami and Bahrami, 2011)

بیانگر فرسایش کمتر و سن نسبی کمتر سطح قدیمی در مقایسه با سطح فسیل مخروط افکنه است. الگوی زهکشی در سطح جدید، الگوی شریانی است (شکل ۴ ب). بررسی میدانی نشان داد که رسوبات سطح جدید فاقد ورنی صحرا و هوازدگی هستند (شکل ۵ الف) در حالی که رسوبات سطح فسیل و قدیمی به دلیل سن نسبی بیشتر، دچار هوازدگی شده‌اند (شکل ۵ ب). سطح جدید دارای رنگ روشن‌تری در تصاویر ماهواره‌ای است در حالی که سطوح فسیل و قدیمی، به علت هوازدگی طولانی مدت، دارای تن رنگ تیره‌تری هستند.

سطح جدید تحت تأثیر سیلاب و رسوبگذاری دارای مورفولوژی نسبتاً هموار می‌باشد (شکل ۳ الف) و عموماً از مواد ریزدانه تشکیل شده است، در حالی که سطوح فسیل و قدیمی به دلیل در امان بودن از سیلاب برای مدت طولانی (صدها یا هزاران سال)، فرسایش قهقرایی و کانال‌ها در سطح آنها توسعه یافته و لذا دارای مورفولوژی ناهموار و برش یافته می‌باشند. سطح فسیل عموماً از کانال‌های بسیار عمیق تشکیل شده (شکل ۳ ب) و شبکه زهکشی آن دارای الگوی شبکه درختی است (شکل ۴ الف). در سطح قدیمی، شبکه جریان‌های سطحی دارای الگوی شبکه درختی است، با این وجود کانال‌ها دارای عمق کمتر هستند. این موضوع



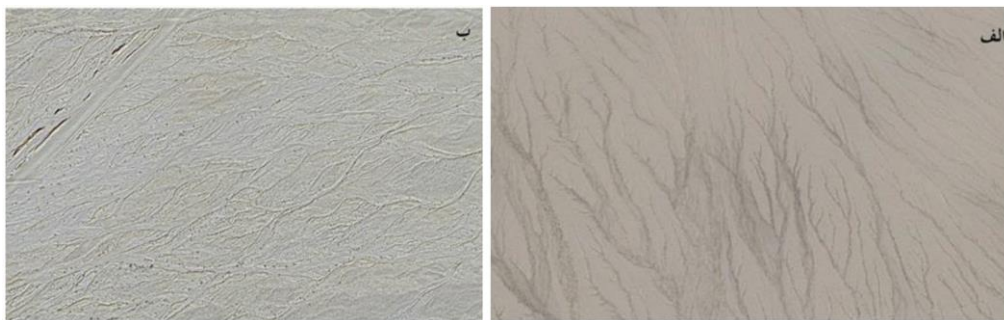
شکل ۲: محدوده سطوح جدید، قدیمی و فسیل مخروط افکنه و موقعیت نمونه‌های خاک برداشت شده از سطح آن. موقعیت شکل ۴ با کادرهای آبی رنگ مشخص شده است.

Fig. 2: Borders of young, old and relict surfaces of studied alluvial fan, and location of gathered soil samples on alluvial fan surfaces. The location of Fig. 4 is shown as blue rectangles.



شکل ۳: تصاویر میدانی از سطح جدید مخروط افکنه با مورفولوژی نسبتاً هموار (الف) و سطح فسیل مخروط افکنه با مورفولوژی ناهموار و برش یافته (ب).

Fig. 3: Field photographs from young surface of alluvial fan with relatively flat morphology (a) and relict surface of alluvial fan with crenulated and entrenched morphology.



شکل ۴: مقایسه الگوی شبکه درختی کانال های سطح فسیل (الف) و الگوی شریانی کانال های سطح جدید (ب) مخروط افکنه مورد مطالعه (منبع: تصاویر Google earth). موقعیت کادرها در شکل ۲ نشان داده شده است.

Fig. 4: Comparison of dendritic channel pattern on the relict surface (a) and braided channel pattern on the relict surface (a) of studied alluvial fan (based on Google earth images). Location of rectangles is shown in Fig. 2.



شکل ۵: مقایسه رسوبات فاقد هوازدگی در سطح جدید (الف) و رسوبات هوازده در سطح قدیمی (ب) مخروط افکنه مورد مطالعه.

Fig. 5: Comparison of sediments without weathering on the young surface (a) and weathered sediments on the old surface (b) of studied alluvial fan.

عمود بر شیب توپوگرافی باشند، نمونه برداری از لندفرمها (میاناب و کانال در سطوح فسیل و قدیمی، و پشته و کانال در سطح جدید) به صورت انتخابی انجام شد. با توجه به اینکه سطوح مختلف (فسیل، قدیمی و جدید) از نظر سن نسبی و فرایندهای ژئومورفولوژی متفاوت هستند و این تفاوتها در ویژگیهای خاک تاثیرگذار هستند، از هر سطح تعداد ۸ نمونه خاک برداشت شد. ویژگیهای توپوگرافی،

با توجه به اینکه بیشترین فعالیت ریشه گیاهان و تجمع مواد آلی خاک در عمق کمتر از ۳۰ سانتیمتری است، در این تحقیق ۲۴ نمونه خاک یک کیلویی از عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری سطح مخروط افکنه جمع آوری شد (شکل ۲). انتخاب کادرهای نمونه برداری در بالادست و پائین دست سطوح مختلف به صورت تصادفی انجام شد. با توجه به اینکه نمونههای خاک از لندفرمها باید به طور پیوسته و

پارامترهای خاک و فرایندهای ژئومورفولوژی در بالادست و پائین دست مخروط افکنه ها متفاوت هستند. بنابراین از هر سطح مخروط افکنه، ۴ نمونه خاک از بالادست و ۴ نمونه از پائین دست برداشت شد. لندفرم‌های ژئومورفولوژی در سطح جدید نسبت به سطوح متروک (فسیل، قدیمی) متفاوت هستند به طوری که در سطوح متروک اغلب میاناب‌ها و کانال‌های نسبتاً عمیق (در مواردی با عمق ۴ متر) تشکیل می‌شوند در حالی که در سطح جدید، پشته‌ها و کانال‌های کم عمق (عموماً کمتر از یک متر) ایجاد می‌شوند (Bahrami and Ghahraman, 2019; Azizi et al, 2023). بنابراین جهت مقایسه ویژگی‌های خاک در لندفرم‌های مذکور، در هر موقعیت (بالادست و پائین دست) سطوح فسیل و قدیمی، دو نمونه خاک از میاناب‌ها و دو نمونه از کانال‌ها برداشت شد. همچنین در هر موقعیت سطح جدید نیز دو نمونه خاک از پشته‌ها و دو نمونه از کانال‌ها برداشت شد. لازم به ذکر است به دلیل وجود محدودیت‌هایی از جمله دسترسی به منطقه و هزینه‌های نمونه‌برداری، تعداد نمونه‌های برداشت شده (۲۴ نمونه) محدود بوده و بدون شک برداشت تعداد نمونه‌های بیشتری از خاک منطقه مورد مطالعه می‌توانست درک بهتری از تاثیر ژئومورفولوژی بر ویژگی‌های خاک به همراه داشته باشد. بعد از برداشت نمونه‌ها، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک شامل مواد آلی (OM)، کربن آلی (OC)، هدایت هیدرولیکی (K)، درصد رس، درصد سیلت، درصد ماسه، و Ph خاک مورد آزمایش قرار گرفت. بافت خاک بر اساس روش هیدرومتری انجام شد (Kroetsch and Wang, 2008).

محاسبه کربن آلی خاک با استفاده از روش والکی بلک (Walkley and Black, 1934) انجام شد. اندازه‌گیری اسیدیته خاک با استفاده از دستگاه Ph متر انجام شد. با توجه به اینکه محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک به صورت مستقیم کاری زمان بر و پر هزینه است، در این مطالعه تخمین هدایت هیدرولیکی خاک (K) بر اساس رابطه تجربی ساکستون (Saxton et al, 1986) انجام شد:

رابطه ۱)

$$K = 2.778 \times 10^{-6} \left\{ \exp \left[12.012 - 0.0755 (\% \text{ sand}) + [-3.8950 + 0.03671 (\% \text{ sand}) - 0.1103 (\% \text{ clay}) + 8.7546 \times 10^{-4} (\% \text{ clay})^2] \left(\frac{1}{\theta} \right) \right] \right\}$$

در این رابطه K هدایت هیدرولیکی غیر اشباع (متر در ثانیه) و θ مقدار رطوبت (متر مکعب بر متر مکعب) است که بر اساس روش رابطه ۲ محاسبه می‌شود:

رابطه ۲)

$$\theta = 0.332 - 7.251 \times 10^{-4} (\% \text{ sand}) + 0.1276 \log (\% \text{ clay})$$

جهت مقایسه میانگین پارامترهای مربوط به خاک در موقعیت‌ها (بالادست و پائین دست)، لندفرم‌های سطح قدیمی (میاناب و کانال)، و لندفرم‌های سطح جدید (پشته و کانال) از آزمون T استفاده شد. جهت مقایسه میانگین پارامترهای مربوط به خاک در سطوح مختلف (قدیمی، فسیل، و جدید)، از آزمون ANOVA استفاده شد.

نتایج

مقدار پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک در مخروط افکنه مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است. درصد ماسه در نمونه‌های مورد مطالعه از ۳۶ (نمونه شماره ۱۲ در پائین دست سطح فسیل) تا ۹۶ درصد (نمونه شماره ۱۱ در پائین دست سطح فسیل) متغیر است. مقدار Ph در سطح مخروط افکنه دارای تغییرات زیادی است به طوری که مقدار آن از ۷ (نمونه شماره ۱۷ در بالادست سطح فسیل) تا ۹/۲۷ (نمونه ۸ در پائین دست سطح جدید) متغیر است. مقدار کربن آلی خاک در تمام نمونه‌ها زیر ۱ درصد است و از ۰/۰۷ درصد (نمونه شماره ۱۳ در بالادست سطح قدیمی) تا ۰/۷۴ درصد (نمونه شماره ۲۰ در بالادست سطح فسیل) متغیر است. مقدار پارامتر هدایت هیدرولیکی خاک (K) از ۱/۲۲ (نمونه شماره ۱۵ در بالادست سطح قدیمی) تا ۱۳/۷۱ سانتیمتر در ساعت (نمونه شماره ۱۱ در پائین دست سطح فسیل) متغیر است.

جدول ۱: مقادیر پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک در مخروط افکنه مورد مطالعه.

Table 1: Values of physicochemical properties of soils in the studied alluvial fan.

شماره نمونه	سطح	موقعیت	لندفرم	ارتفاع (متر)	شیب (درصد)	بافت	درصد ماسه	درصد سیلت	درصد رس	Ph	OM (%)	OC (%)	k (cm/h)
1		پائین دست	کانال	1217.5	13	ماسه لومی	64	30	6	8.81	0.44	0.26	4.61
2	قدیمی	پائین دست	میاناب	1217	17	لومی	44	41	15	9.09	0.56	0.33	1.48

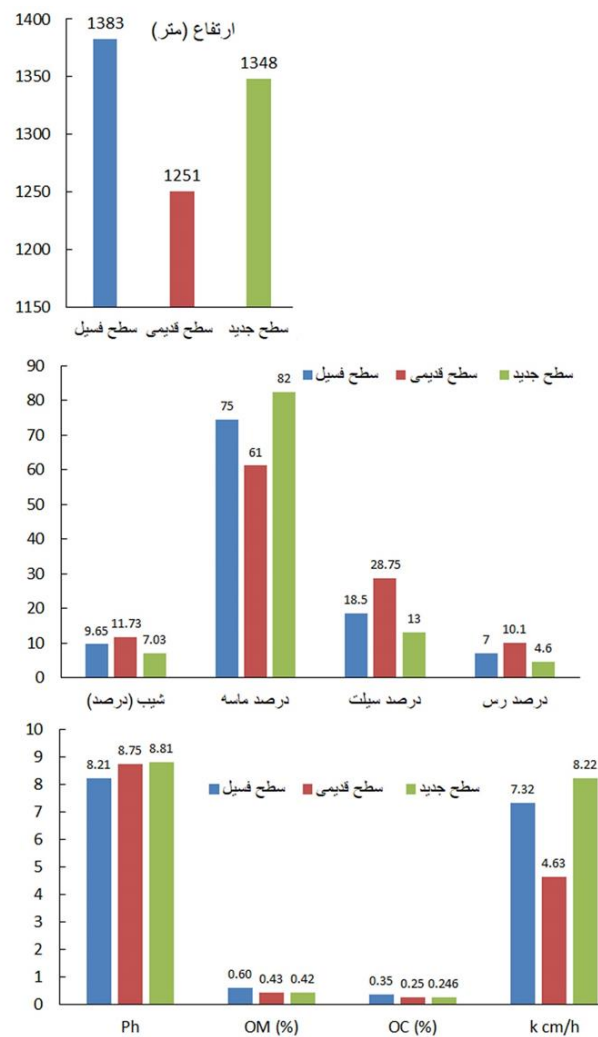
8.64	0.29	0.49	9.16	4	10	86	لومی ماسه	6.1	1218	کانال	پایین دست	3
1.58	0.28	0.48	9.18	15	49	36	لومی	22	1224	میاباب	پایین دست	4
6.53	0.11	0.18	9.19	5	15	80	لومی ماسه‌ای	2	1265	پشته	پایین دست	5
13.26	0.14	0.24	9.21	3	2	95	ماسه‌ای	3.1	1267	کانال	پایین دست	6
6.42	0.33	0.56	9.1	5	16	79	لومی ماسه‌ای	3.6	1262	پشته	پایین دست	7
10.99	0.2	0.34	9.27	3	8	89	ماسه‌ای	3	1262.5	کانال	پایین دست	8
13.26	0.28	0.48	8.74	3	2	95	ماسه‌ای	1.6	1326	کانال	پایین دست	9
1.61	0.14	0.24	9.02	14	36	50	لومی	10	1329	میاباب	پایین دست	10
13.71	0.13	0.22	9.16	3	1	96	ماسه‌ای	16	1329.5	کانال	پایین دست	11
1.27	0.2	0.34	8.05	17	47	36	لومی	9	1330	میاباب	پایین دست	12
1.28	0.07	0.12	7.76	16	36	48	لومی	5.4	1284	میاباب	بالا دست	13
11.68	0.26	0.44	9.11	3	6	91	ماسه‌ای	5.4	1283	کانال	بالا دست	14
1.22	0.2	0.34	8.18	17	43	40	لومی	6.9	1280	میاباب	بالا دست	15
6.53	0.31	0.53	8.68	5	15	80	لومی ماسه‌ای	18	1283	کانال	بالا دست	16
4.38	0.28	0.48	7	7	20	73	ماسه‌ای لومی	12.5	1432	میاباب	بالا دست	17
8.07	0.59	1.01	8.02	4	13	83	لومی ماسه‌ای	18	1435	کانال	بالا دست	18
6.21	0.44	0.75	7.98	5	18	77	لومی ماسه‌ای	4.7	1442	میاباب	بالا دست	19
10.07	0.74	1.27	7.71	3	11	86	لومی ماسه‌ای	5.4	1441	کانال	بالا دست	20
11.68	0.18	0.31	8.24	3	6	91	ماسه‌ای	3.5	1428	کانال	بالا دست	21
4.95	0.33	0.56	8.62	6	23	71	لومی ماسه‌ای	11	1429	پشته	بالا دست	22
8.25	0.33	0.56	8.12	4	12	84	لومی ماسه‌ای	17	1435	کانال	بالا دست	23
3.68	0.35	0.6	8.72	8	22	70	ماسه‌ای لومی	13	1439	پشته	بالا دست	24

(۰/۳۵) بیشتر از سطح قدیم و جدید است. مقدار هدایت هیدرولیکی در سطح جدید (۸/۲۲) بیشتر از سطوح قدیمی و فسیل است (شکل ۶). مقایسه داده‌ها در بالادست و پائین دست مخروط افکنه مورد مطالعه نشان می‌دهد که میانگین درصد ماسه در بالادست (۷۴/۵) بیشتر از پائین دست (۷۰/۸۳) است (شکل ۷)، در حالی درصد رس و سیلت در پائین دست بیشتر از بالادست مخروط افکنه است. این موضوع بیانگر بافت ریزتر خاک در پائین دست مخروط افکنه است. میانگین Ph در پائین دست (۹) بیشتر از بالادست (۸/۱۸) است که بیانگر خاک‌های قلیایی‌تر در پائین دست مخروط افکنه است. مقدار کربن آلی در بالادست (۰/۳۴) کمی بیشتر از پائین دست (۰/۲۲) است. میانگین هدایت هیدرولیکی خاک در پائین دست (۶/۹۵)

شکل ۶ نشان می‌دهد که ارتفاع متوسط سطح فسیل (۱۳۸۳ متر) بیشتر از سطح قدیمی و جدید (به ترتیب ۱۲۵۱ و ۱۳۴۸ متر) مخروط افکنه است. درصد شیب در سطح قدیمی (۱۱/۷۳ درصد) بیشتر از دو سطح فسیل و جدید (به ترتیب ۹/۶۵ و ۷/۰۳ درصد) است. میانگین درصد ماسه، در سطح جدید (۸۲/۳۸) بیشتر از دو سطح قدیم و فسیل مخروط افکنه است. درصد سیلت در سطح قدیمی (۲۸/۷۵) بیشتر از دو سطح جدید و فسیل است. همچنین درصد رس در سطح قدیمی (۱۰/۱) بیشتر از دو سطح جدید و فسیل است. مقدار Ph در سطح قدیمی (۸/۷۵) بیشتر از سطح جدید و فسیل است. درصد ماده آلی (OM) در سطح فسیل (۰/۵۹۹) بیشتر از سطح قدیمی و جدید است. درصد کربن آلی (OC) نیز در سطح فسیل

ماسه در کانال‌ها (۸۵/۱۳) نسبت به میاناب‌ها (۵۰/۵)، نشان دهنده بافت درشت‌تر خاک در کانال‌ها است. مقدار میانگین Ph، OM، OC و هدایت هیدرولیکی در کانال‌ها بیشتر از میاناب‌ها است که بیانگر وجود خاک‌های قلیایی‌تر، و مواد آلی و هدایت هیدرولیکی بیشتر کانال‌ها نسبت به میاناب‌ها است.

کمی بیشتر از بالادست (۶/۵ سانتیمتر در ساعت) مخروط افکنه است. شکل ۸ میانگین پارامترهای Ph، شیب توپوگرافی، درصد رس، ماسه و سیلت در کانال‌ها و میاناب‌های سطح فسیل و قدیمی مخروط افکنه را نشان می‌دهد. میانگین شیب توپوگرافی در میاناب‌ها (۱۰/۹ درصد) کمی بیشتر از کانال‌ها (۱۰/۴) است. مقدار بالاتر میانگین درصد

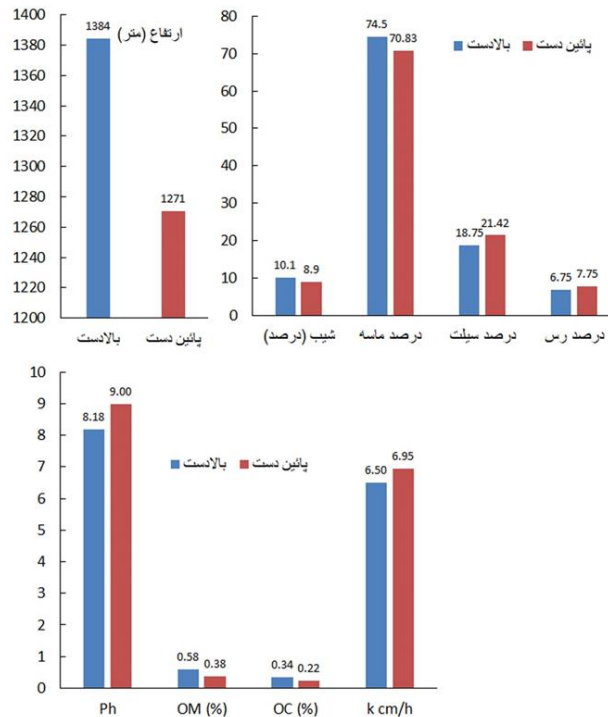


شکل ۶: مقایسه میانگین پارامترها در سطوح قدیم، جدید و فسیل مخروط افکنه مورد مطالعه.

Fig. 6: Comparison of means of parameters in the relict, old and young surfaces of studied alluvial fan.

درشت‌تر خاک کانال‌ها نسبت به پشته‌های سطح جدید مخروط افکنه است. بررسی شکل ۹ نشان می‌دهد میانگین Ph، OM و OC در پشته‌ها بیشتر از کانال‌های سطح جدید مخروط افکنه است، در حالی که میانگین هدایت هیدرولیکی خاک در کانال‌ها بیشتر از پشته‌های سطح جدید مخروط افکنه است.

میانگین پارامترهای شیب توپوگرافی، درصد رس، ماسه و سیلت در پشته‌ها و کانال‌های سطح جدید مخروط افکنه در شکل ۹ ارائه شده است. کانال‌ها و پشته‌ها از نظر شیب توپوگرافی دارای تفاوت قابل توجهی نیستند. با این وجود، میانگین شیب پشته‌ها (۷/۴ درصد) اندکی بیشتر از کانال‌ها (۶/۶۵ درصد) است. مقدار بالاتر میانگین درصد ماسه در کانال‌ها (۸۹/۷۵) نسبت به پشته‌ها (۷۵) نشان دهنده بافت



شکل ۷: مقایسه میانگین پارامترها در بالادست و پائین دست مخروط افکنه مورد مطالعه.

Fig. 7: Comparison of means of parameters in the apex and toe of studied alluvial fan.

جدول ۲ نشان می‌دهد که میانگین پارامتر ارتفاع توپوگرافی در بالادست و پائین دست مخروط افکنه دارای تفاوت معنی‌دار است. همچنین میانگین پارامتر Ph در بالادست و پائین دست مخروط افکنه دارای تفاوت معنی‌دار است. مقدار میانگین سایر پارامترها در بالادست و پائین دست دارای تفاوت معنی‌دار آماری نیست.

تحلیل آماری پارامترها

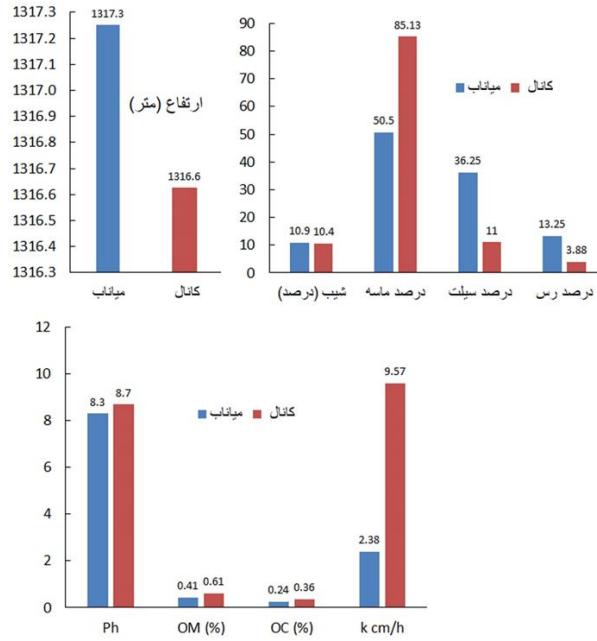
آزمون T

در این تحقیق میانگین پارامترهای مربوط به خاک در موقعیت‌ها (بالادست و پائین دست)، سطوح (قدیمی، فسیل و جدید)، لندفرم‌های سطح قدیمی (میاناب و کانال)، و لندفرم‌های سطح جدید (پشته و کانال) مقایسه شد. ارزیابی

جدول ۲: نتایج آزمون T جهت مقایسه میانگین پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک در موقعیت‌ها (بالادست و پائین دست)، لندفرم‌های سطح قدیمی (میاناب و کانال)، و لندفرم‌های سطح جدید (مجرا و پشته) مخروط افکنه مورد مطالعه.

Table 2: Results of T-test to compare means of physicochemical properties of soils in the positions (apex and toe), landforms of relict and old surfaces (interfluvial and channel), and landforms of young surface (bar and swale) of studied alluvial fan.

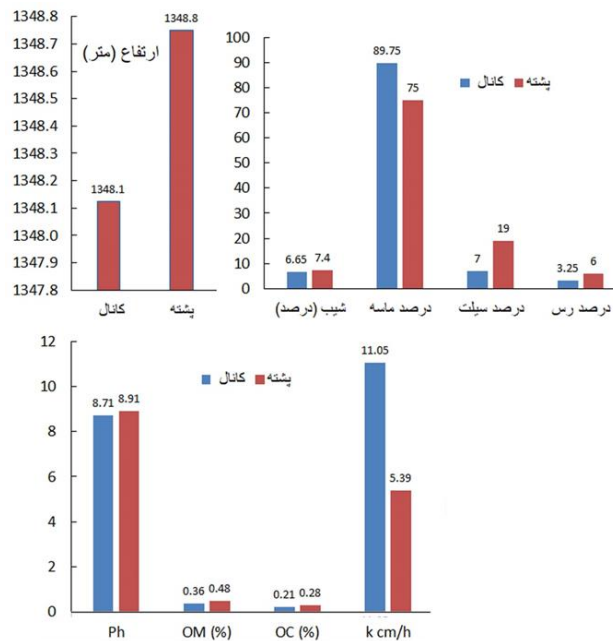
پارامتر	P value (Sig. (2 Tailed))		
	بین بالادست و پائین دست	بین میاناب و کانال	بین پشته و مجرا
ارتفاع	0.00	0.989	0.993
شیب (%)	0.640	0.876	0.870
ماسه (%)	0.661	0.000	0.005
سیلت (%)	0.671	0.000	0.006
رس (%)	0.646	0.001	0.010
Ph	0.000	0.256	0.589
کربن آلی	0.056	0.183	0.373
هدایت هیدرولیکی	0.802	0.000	0.004



شکل ۸: مقایسه میانگین پارامترها در کانال‌ها و میاناب‌های تشکیل شده در سطوح قدیمی و فسیل مخروط افکنه مورد مطالعه.
 Fig. 8: Comparison of means of parameters in the interfluves and channels on the relict and old surfaces of studied alluvial fan.

جهت مقایسه پارامترهای خاک در پشته و کانال سطح جدید مخروط افکنه (جدول ۲) نشان می‌دهد که درصد رس، ماسه و سیلت و همچنین هدایت هیدرولیکی خاک در پشته‌ها و کانال‌های سطح جدید دارای تفاوت معنی‌دار آماری هستند. مقدار میانگین سایر پارامترها در پشته‌ها و کانال‌های سطح جدید دارای تفاوت معنی‌دار آماری نیستند.

بررسی جدول ۲ نشان می‌دهد که بافت خاک (درصد رس، ماسه و سیلت) و همچنین هدایت هیدرولیکی در میاناب‌ها و کانال‌های سطح فسیل و قدیمی مخروط افکنه دارای تفاوت معنی‌دار آماری هستند. مقدار میانگین سایر پارامترها در میاناب‌ها و کانال‌های سطح فسیل و قدیمی دارای تفاوت معنی‌دار آماری نیستند. ارزیابی آزمون T



شکل ۹: مقایسه میانگین پارامترها در پشته‌ها و کانال‌های تشکیل شده در سطح جدید مخروط افکنه.
 Fig. 9: Comparison of means of parameters in the bars and swales on the young surface of studied alluvial fan.

ANOVA

موضوع بیانگر آن است که تفاوت در سن نسبی سطح مخروط افکنه و ایجاد سطوح فسیل، قدیمی و جدید تاثیر مهمی در تفاوت ویژگی‌های خاک سطح مخروط افکنه نداشته است.

داده‌های جدول ۳ نشان می‌دهد که تنها میانگین ارتفاع در سطوح مختلف مخروط افکنه (فسیل، قدیمی و جدید) دارای تفاوت معنی‌دار آماری است. میانگین سایر پارامترها در سطوح مختلف فاقد تفاوت معنی‌دار آماری است. این

جدول ۳: مقادیر P در آزمون ANOVA جهت مقایسه میانگین پارامترها در سه سطح فسیل، قدیمی و جدید، و آزمون Tukey's post-hoc

Table 3: The P-Values of T-test to compare means of parameters in the relict, old and young surfaces of alluvial fan, and the Tukey's post-hoc test.

پارامتر		ارتفاع	شیب	Sand	Silt	Clay	Ph	OC	K
ANOVA test (Between surfaces)		0.002	0.317	0.09	0.094	0.098	0.098	0.302	0.217
Tukey's post-hoc test	مقایسه فسیل-قدیمی	0.002	0.774	0.336	0.32	0.416	0.177	0.382	0.407
	مقایسه فسیل جدید	0.546	0.666	0.676	0.71	0.597	0.119	0.357	0.901
	مقایسه سطوح مخروط قدیمی-جدید	0.018	0.287	0.078	0.08	0.082	0.973	0.999	0.214

ارتفاع رابطه منفی معنی‌داری وجود دارد. بین کربن آلی خاک و ارتفاع رابطه مثبت معنی‌داری وجود دارد. هدایت هیدرولیکی با ماسه رابطه مثبت معنی‌دار دارد، در حالی که با سیلت و رس رابطه منفی معنی‌داری دارد. شیب توپوگرافی با هیچ کدام از پارامترها رابطه معنی‌داری ندارد.

ضریب همبستگی پیرسون

ضریب همبستگی پیرسون برای پارامترهای فیزیکی و شیمیایی خاک در مخروط افکنه مورد مطالعه در جداول ۴ ارائه شده است. بررسی جدول ۴ نشان می‌دهد که بین رس و ماسه، و سیلت و ماسه روابط منفی معنی‌داری با ضریب همبستگی بالا وجود دارد که امری بدیهی است. بین Ph و

جدول ۴: ماتریس همبستگی پیرسون برای متغیرهای مربوط به مخروط افکنه مورد مطالعه.

Table 4: Pearson's correlation matrix for variables related to studied alluvial fan.

پارامتر	ارتفاع	شیب	ماسه	سیلت	رس	Ph	OC	K
ارتفاع	1							
شیب	0.052	1						
ماسه	0.267	-0.345	1					
سیلت	-0.260	0.369	-0.996**	1				
رس	-0.279	0.262	-0.969**	0.94**	1			
Ph	-0.661**	-0.044	0.143	-0.14	-0.141	1		
OC	0.484*	0.207	0.180	-0.139	-0.291	-0.354	1	
K	0.137	-0.359	0.931**	-0.94**	-0.87**	0.235	0.089	1

** . Correlation is significant at the 0.01 level. * . Correlation is significant at the 0.05 level.

نشان می‌دهد که بافت رسوبات در بالادست مخروط افکنه مقداری درشت‌تر از پائین دست مخروط افکنه است. این وضعیت عموماً به دلیل کاهش شیب و پخش سیلاب و در نتیجه کاهش سرعت جریان است که باعث می‌شود رسوبات درشت در بالادست و رسوبات ریز در پائین دست ته‌نشین شوند. به طور کلی هدایت هیدرولیکی خاک متأثر از بافت خاک است و با افزایش درصد ماسه مقدار هدایت هیدرولیکی خاک افزایش می‌یابد (جدول ۴). با این حال، با وجود مقدار بالاتر ماسه در بالادست مخروط افکنه، مقدار

بحث

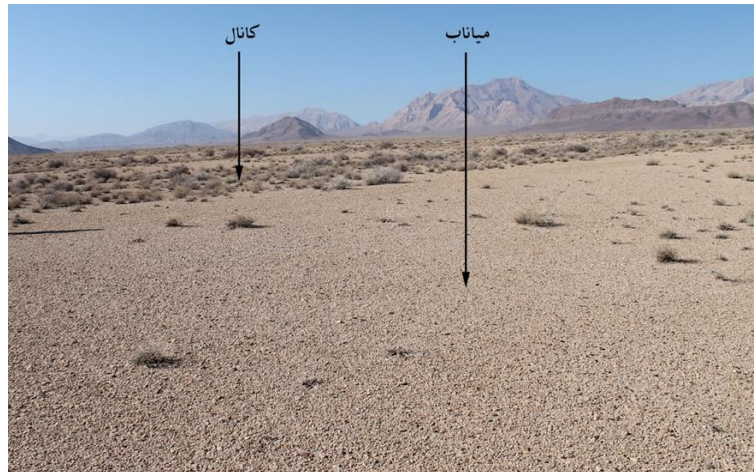
مخروط افکنه مورد مطالعه در شمال غرب امیریه دارای سه سطح فسیل، قدیمی و جدید است که مورفولوژی و فرایندهای ژئومورفولوژی هر کدام از سطوح مذکور متفاوت است. وجود فرایندها و لندفرم‌های ژئومورفولوژی متفاوت در سطوح مختلف و در موقعیت‌های مختلف (بالادست و پائین دست) باعث تفاوت مکانی در ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک مخروط افکنه می‌شود. مقایسه داده‌ها در بالادست و پائین دست مخروط افکنه مورد مطالعه

داد. خاک سطح فسیل دارای بافت درشت‌تری نسبت به سطح قدیمی است. برش بیشتر و سطح ناهموارتر و پرشیب‌تر سطح فسیل باعث فرسایش بیشتر این سطح نسبت به سطح قدیمی (با سطح هموارتر و فرسایش کمتر) گردیده است که باعث شستشوی رسوبات ریزتر (رس و سیلت شده) شده است. این موضوع باعث شده است خاک سطح فسیل دارای بافت درشت‌تری نسبت به سطح قدیمی باشد. بر همین اساس، مقدار هدایت هیدرولیکی که تابع بافت خاک است در سطح جدید بیشتر از فسیل، و در سطح فسیل بیشتر از سطح قدیمی است. پائین بودن مقدار هدایت هیدرولیکی خاک در سطح قدیمی را می‌توان به ثبات بیشتر سطح قدیمی، خاکزایی بیشتر و افزایش مقدار رس خاک نسبت داد که باعث کاهش نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی در آن شده است. مقایسه داده‌ها در دو لندفرم میاناب و کانال تشکیل شده در سطوح فسیل و قدیمی مخروط افکنه نشان می‌دهد که مقادیر پارامترهای درصد ماسه و هدایت هیدرولیکی در کانال‌ها به مقدار قابل توجهی بیشتر از میاناب‌ها است. در کانال‌ها به دلیل غلبه فرایند برش، ذرات ریز رسی و سیلتي شسته شده‌اند و بنابراین درصد رس و سیلت در آنها بسیار کمتر از سطح میاناب‌ها است. درصد بالای رس و سیلت در میاناب‌ها نقش مهمی در کاهش هدایت هیدرولیکی آنها داشته است. میانگین کربن آلی خاک در کانال‌های سطوح قدیمی و فسیل بیشتر از میاناب‌ها است (شکل ۸). مطالعات میدانی نشان داد که پوشش گیاهی در کانال‌های سطوح قدیمی و فسیل به طور قابل توجهی بیشتر از میاناب‌ها است (شکل ۱۰). بنابراین مقدار بیشتر کربن آلی خاک در کانال‌ها را می‌توان به پوشش گیاهی متراکم‌تر آنها نسبت داد. بررسی داده‌ها در پشته‌ها و کانال‌های واقع در سطح جدید مخروط افکنه بیانگر بافت ریز تر و هدایت هیدرولیکی کمتر خاک در پشته‌ها نسبت به کانال‌ها است. بافت ریز تر و هدایت هیدرولیکی کمتر خاک در پشته‌ها را می‌توان به ارتفاع بیشتر پشته‌ها نسبت به مجرا‌ها نسبت داد. در زمان وقوع سیلاب‌های اتفاقی، عمق آب روی پشته‌ها کمتر از مجرا‌ها بوده و این موضوع باعث رسوبگذاری نهشته‌های ریز تر (رس و سیلت) در پشته‌ها می‌شود. با وجود اینکه بافت خاک یکی از مهمترین پارامترهای تاثیرگذار در مقدار هدایت هیدرولیکی خاک است، عوامل دیگری مانند مواد آلی (Vereecken, 2002)

میانگین هدایت هیدرولیکی خاک در پائین دست مخروط افکنه کمی بیشتر از بالادست آن است (شکل ۷). در توجیه این موضوع می‌توان به تاثیر نمونه‌های شماره ۶ و ۹ (در پائین دست مخروط) که به طور غیر معمولی درصد ماسه در آنها بسیار بالا است (۹۵ درصد) اشاره کرد که به طور قابل توجهی باعث افزایش مقدار میانگین هدایت هیدرولیکی خاک در پائین دست مخروط افکنه شده‌اند. به نظر می‌رسد افزایش ماسه در دو نمونه مذکور (شماره ۶ و ۹) در پائین دست مخروط افکنه مورد مطالعه ناشی از فعالیت باد باشد که باعث تجمع ذرات ماسه و افزایش آن در کانال‌های پائین دست مخروط افکنه شده است. مقدار میانگین Ph در پائین دست کمتر از بالادست مخروط افکنه است که بیانگر خاک‌های قلیایی‌تر در پائین دست مخروط افکنه است. با وجود اینکه مطالعات قبلی نشان می‌دهند که خاک لندفرم‌های تراکمی در مناطق پائین دست اغلب دارای کربن آلی بیشتری نسبت به خاک لندفرم‌های فرسایشی مناطق بالادست است (Vanden Bygaert et al, 2015; Xiao et al, 2015)، داده‌های این تحقیق نشان می‌دهد مقدار کربن آلی خاک در پائین دست مخروط افکنه مورد مطالعه کمتر از بالادست آن است (شکل ۷). مقدار کمتر کربن آلی خاک در پائین دست مخروط افکنه را می‌توان به رطوبت بیشتر و بنابراین فعالیت‌های میکروبی بیشتر خاک‌های پائین دست مخروط افکنه نسبت داد به طوری که این فعالیت‌ها می‌توانند باعث تجزیه بیشتر کربن آلی خاک و کاهش آن شوند (Wieder et al, 2013; Mohseni et al, 2019; Tao et al, 2023). نتایج آزمون T نشان می‌دهد که مقدار میانگین Ph دارای تفاوت معنی‌داری در پائین دست و بالادست مخروط افکنه است. وجود خاک‌های قلیایی‌تر در پائین دست مخروط افکنه را می‌توان به بافت ریزتر خاک در این مناطق و آبشویی کمتر نسبت داد. همچنین در پائین دست مخروط افکنه، وجود رسوبات ریزتر و آبشویی کمتر می‌تواند در تجمع مواد معدنی قلیایی موثر باشد که این موضوع می‌تواند باعث افزایش Ph شود. مقایسه داده‌ها در سطوح فسیل، قدیمی و جدید مخروط افکنه نشان می‌دهد که خاک سطح جدید مخروط افکنه دارای بافت درشت‌تری از سطوح فسیل و قدیمی آن است. وجود بافت درشت‌تر خاک در سطح جدید را می‌توان به هوازنگی کمتر این سطح در مقایسه با سطوح قدیمی و فسیل نسبت

(شکل ۱۱). سیمانی شدن و سخت شدگی رسوبات مذکور می‌تواند نقش مهمی در نفوذپذیری خاک داشته باشد که نقش آن در محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک در این مطالعه لحاظ نشده است. بنابراین پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، نقش مواد آلی، پوشش گیاهی و چسبندگی ذرات خاک نیز در محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک در نظر گرفته شود.

چسبندگی خاک و یا سیمانی شدن ذرات خاک (Deng et al, 2015; Govindasamy and Taha, 2016) نیز می‌توانند نقش مهمی در هدایت هیدرولیکی خاک داشته باشند که در این تحقیق نقش آنها در تخمین هدایت هیدرولیکی خاک لحاظ نشده است. مطالعات میدانی نشان دهنده سیمانی شدن رسوبات در بالادست سطح فسیل مخروط افکنه مورد مطالعه است



شکل ۱۰: مقایسه پوشش گیاهی ضعیف میاناب با پوشش گیاهی نسبتاً متراکم کانال تشکیل شده در سطح قدیمی مخروط افکنه مورد مطالعه.

Fig. 10: The weak vegetation of interfluvial compared to relatively dense vegetation of channel formed on the old surface of studied alluvial fan.



شکل ۱۱: سیمانی شدن رسوبات در بالادست سطح فسیل مخروط افکنه مورد مطالعه.

Fig. 11: Cementation of sediments in the apex of relict surface of studied alluvial fan.

تحت تاثیر سیلاب و رسوبگذاری قرار دارد (سطح جدید). ویژگی‌های خاک هر مخروط افکنه ممکن است در سطوح مختلف، موقعیت‌های مختلف (بالادست و پائین دست) و لندفرم‌های مختلف تشکیل شده در سطح آن متفاوت باشد.

نتیجه‌گیری

تحت تاثیر فعالیت‌های تکتونیک و احتمالاً تغییرات اقلیمی، بخش‌هایی از مخروط افکنه مورد مطالعه متروک شده (سطوح فسیل و قدیمی)، در حالی که بخش‌های از آن

قدیمی و فسیل، و پشته‌ها و کانال‌ها در سطح جدید) است. با این وجود سن نسبی سطوح مختلف مخروط افکنه و موقعیت‌های مختلف (بالادست و پائین دست) نیز در مقدار هدایت هیدرولیکی خاک تا حدودی موثر بوده‌اند. در این مطالعه، برآورد هدایت هیدرولیکی خاک بر اساس روش تجربی ساکستون و همکاران (Saxton et al, 1986) انجام شده است که تنها نقش بافت خاک را در محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک لحاظ نموده است. با توجه به اینکه غیر از بافت خاک، عوامل دیگری مانند مواد آلی، پوشش گیاهی و سیمانی شدن ذرات خاک نیز در هدایت هیدرولیکی خاک نقش دارند، پیشنهاد می‌شود در مطالعات بعدی، نقش پارامترهای مذکور نیز در محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک در نظر گرفته شود. با توجه به اینکه درک بهتر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک نقش مهمی در مدیریت و حفظ خاک و پوشش گیاهی دارند، پیشنهاد می‌شود در برنامه‌ریزی و مدیریت مخروط افکنه‌ها، تفاوت پارامترهای کمی خاک در لندفرم‌های مختلف، موقعیت‌های مختلف، و سطوح مختلف مخروط افکنه‌ها مد نظر قرار گیرد. به دلیل وجود محدودیت‌هایی از جمله دسترسی به منطقه و هزینه‌های نمونه‌برداری، در این مطالعه تعداد ۲۴ نمونه خاک از سطح مخروط افکنه مورد مطالعه برداشت شد. با توجه به تغییرپذیری زیاد فرم‌ها و فرایندهای سطح مخروط افکنه‌ها پیشنهاد می‌شود در مطالعات آتی مربوط به ویژگی‌های خاک مخروط افکنه‌ها، نمونه‌های خاک بیشتری برداشت و مطالعه شود.

سپاسگزاری

نویسنده این مقاله از هیچ سازمان یا ارگانی کمک مالی دریافت نکرده است.

نتایج مطالعه حاضر نشان داد که مقدار هدایت هیدرولیکی خاک در سطح جدید بیشتر از سطح فسیل، و در سطح فسیل بیشتر از سطح قدیمی مخروط افکنه است. پائین بودن مقدار هدایت هیدرولیکی خاک سطح قدیمی را می‌توان به ثبات بیشتر سطح قدیمی، هوازدگی و افزایش مقدار رس در خاک نسبت داد که باعث کاهش نفوذپذیری و هدایت هیدرولیکی خاک در آن شده است. در مقایسه با سطح قدیمی، سطح فسیل به دلیل مورفولوژی ناهموارتر و توپوگرافی پر شیب‌تر، بیشتر تحت‌تأثیر فرسایش و شستشوی رسوبات ریز (رس و سیلت) قرار داشته است و این امر باعث کاهش درصد رس در سطح آن و بنابراین کاهش مقدار هدایت هیدرولیکی خاک شده است. نتایج آزمون T نشان داد که میانگین پارامترهای درصد ماسه، درصد سیلت، درصد رس و هدایت هیدرولیکی خاک در میاناب‌ها و کانال‌های واقع در سطوح فسیل و قدیمی دارای تفاوت معنی‌داری هستند. همچنین نتایج آزمون T نشان داد که میانگین پارامترهای درصد ماسه، درصد سیلت، درصد رس و هدایت هیدرولیکی خاک در پشته‌ها و کانال‌های واقع در سطح جدید دارای تفاوت معنی‌داری هستند. این موضوع نشان می‌دهد که میکرو لندفرم‌های تشکیل شده در سطوح قدیمی و جدید (میاناب و کانال) و همچنین سطح جدید (پشته و کانال) نقش مهمی در تفاوت در بافت و هدایت هیدرولیکی خاک سطح مخروط افکنه مورد مطالعه ایفا کرده‌اند. ارزیابی روابط بین پارامترها نشان داد که هدایت هیدرولیکی خاک ارتباط آماری معنی‌داری با شیب توپوگرافی، ارتفاع، Ph و مواد آلی خاک نداشته است. به طور کلی از داده‌های تحقیق حاضر می‌توان نتیجه گرفت که تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک در سطح مخروط افکنه مورد مطالعه بیشتر متأثر از میکرو لندفرم‌های تشکیل شده در سطح مخروط افکنه (میاناب‌ها و کانال‌ها در سطح

References

- Alavi, M. and Salehi Rad, R., 1993. Geological map of Damghan. Scale: 1:100000. Geological Survey of Iran.
- Alexander, M., 1986. Micro-scale soil variability along a short moraine ridge at Okstindan, Northern Norway. *Geoderma*, v. 31, p. 341-360.
- Arzani, N., 2005. The fluvial megafan of Abarokh basin (central Iran): an example of flash-flood sedimentation in arid lands. In: Harvey, A., Mather, A.E., Stokes, M. (Eds.), *Alluvial Fans: Geomorphology, Sedimentology, Dynamics: Geological Society Special Publication*, v. 251, p. 41-60.
- Arzani, N. and Jones, S.J., 2018. Upstream controls on evolution of dryland alluvial megafans: Quaternary examples from the Kohrud Mountain Range, central Iran. *Geological Society, London, Special Publications*, v. 440, p. 245-264.
- Azizi, S.B., Bahrami, S., Khaleghi, S. and Mehrabian, A.R., 2023. Effects of Geomorphology of Alluvial Fans on the Physical

- and Chemical Changes of the soil of Alluvial Fan in the Southeast of Shah Gheib's Salt Dome, Larestan. *Physical Geography Research*, v. 55 (3), p. 55-70 (In Persian).
- Bahrami, S., 2013. Tectonic controls on the morphometry of alluvial fans around Danekkhoshk anticline, Zagros, Iran. *Geomorphology*, v. 180-181, p. 217-230.
- Bahrami, S. and Bahrami, K., 2011. Assessment of geomorphologic techniques for identification of the old and new alluvial fan for the purpose of specifying susceptible areas to flood in four alluvial fans in Folded Zagros. *Geography and Development*, v. 22, p. 89-106 (In Persian).
- Bahrami, S., Fatemi Aghda, S.M., Bahrami, K., Motamedi Rad, M. and Poorhashemi, S., 2015. Effects of weathering and lithology on the quality of aggregates in the alluvial fans of Northeast Rivand, Sabzevar, Iran. *Geomorphology*, v. 241, p. 19-30.
- Bahrami, S. and Ghahraman, K., 2019. Geomorphological controls on soil fertility of semi-arid alluvial fans: A case study of the Joghatay Mountains, Northeast Iran. *Catena*, v. 176, p. 145-158.
- Beaumont, P., 1972. Alluvial fans along the foothills of the Elburz Mountains, Iran, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 12, p. 251-273.
- Blainey, J.B. and Pelletier, J.D., 2008. Infiltration on alluvial fans in arid environments: influence of fan morphology. *J. Geophys. Res.*, v. 113, p. 1-18.
- Blair, T.C. and McPherson, J.G., 1998. Recent debris-flow processes and resultant form and facies of the Dolomite alluvial fan, Owens Valley, California. *Journal of Sedimentary Research*, v. 68, p. 800-818.
- Butterworth, R., Wilson, C.J., Herron, N.F., Greene, R.S.B. and Cunningham, R.B., 2000. Geomorphic controls on the physical and hydrologic properties of soils in a valley floor. *Earth Surface Process and Landforms*, v. 25(11), p. 1161-1179.
- Crosta, G.B. and Frattini, P., 2004. Controls on modern alluvial fan processes in the central Alps, northern Italy. *Earth Surface Processes and Landforms. The Journal of the British Geomorphological Research Group*, v. 29(3), p. 267-293.
- Deng, Y., Yue, X., Liu, S., Chen, Y. and Zhang, D., 2015. Hydraulic conductivity of cement-stabilized marine clay with metakaolin and its correlation with pore size distribution. *Engineering Geology*, v. 193, p. 146-152.
- Dickerson, R.P., Bierman, P.R. and Cocks, G., 2015. Alluvial fan surfaces and an age-related stability for cultural resource preservation: Nevada Test and Training Range, Nellis Air Force Base, Nevada, USA. *Journal of Archaeological Science: Reports*, v. 2, p. 551-568.
- Farpour, M.H., Eghbal, M.K. and Khademi, H., 2003. Genesis and Micromorphology of Saline and Gypsiferous Aridisols on Different Geomorphic Surfaces in Nough Area, Rafsanjan. *Journal of Water and Soil Science*, v. 7(3), p. 71-93 (In Persian).
- Field, J.J., 1992. An evaluation of alluvial fan agriculture. In: Fish, S.K., Fish, P.R. and Madsen, J.H. (Eds.), *The Marana Community in the Hohokam World*, v. 56, p. 53-63.
- Field, J.J., 1994. Surficial processes, channel change, and geological methods of flood-hazard assessment on fluvially dominated alluvial fans in Arizona. Ph.D thesis, University of Arizona, 258 p.
- Fookes, P.G., Lee, E.M. and Griffiths, J.S., 2007. *Engineering Geomorphology, Theory and Practice*, Taylor and Francis Group, CRC Press, Scotland, 281 p.
- Ghahraman, K. and Nagy, B., 2024. Tectonic controls on the morphometry of alluvial fans in an arid region, 542 northeast Iran. *Physical Geography*, v. 45(5), p. 581-604.
- Goswami, P.K., 2018. Controls of basin margin tectonics on the morphology of alluvial fans in the western Ganga foreland basin's piedmont zone, India, *Geological Journal*, v. 53(5), p. 1840-1853.
- Govindasamy, P. and M.R. and Taha, M.R., 2016. IOP Conf. Ser.: Mater. Materials Science and Engineering, 136 p. DOI: 10.1088/1757-899X/136/1/012031.
- Hill, R.B., 1993. *Soil Landform Relationship on Bullock Creek Fan North Canterbury*, Master of Applied Science Thesis. Lincoln University.
- Houston, J., 2002. Groundwater recharge through an alluvial fan in the Atacama Desert, northern Chile: mechanisms, magnitudes and causes. *Hydrological Processes*, v. 16, p. 3019-3035.
- Imeni, S., Sadough, H., Bahrami, S., Mehrabian, A. and Nosrati, K., 2021. Geomorphological controls on vegetation changes: a case study of alluvial fans in southwest of Miami City, Northeastern Iran, *Arabian Journal of Geosciences*, v. 14, 349 p.
- Jenny, H., 1941. *Factors of Soil Formation*. McGraw-Hill, New York, N.Y., 281 p.
- Kroetsch, D. and Wang, C., 2008. Particle size distribution. In: Carter MR, Gregorich EG (eds) *Soil sampling and methods of analysis*, 2nd edition. CRC Press, Boca Raton, p. 713-725.
- Lee, D.H., 2005. Comparing the inverse parameter estimation approach with pedo-transfer function

- method for estimating soil hydraulic conductivity, *Geosciences Journal*, v. 9(3), p. 269-276.
- Maghsudi, M. and Mohammadnejad Arooq, V., 2013. *Geomorphology of alluvial fans*. University of Tehran Press, 2nd edition (In Persian).
- Maghsoudi, M., Simpson, I.A., Kourampas, N. and Fazeli Nashli, H., 2014. Archaeological sediments from settlement mounds of the Sagzabad Cluster, central Iran: human induced deposition on an arid alluvial plain. *Quaternary International*, v. 324, p. 67-83.
- McCraw, J.D., 1968. The soil pattern of some New Zealand alluvial fans. In: *Transactions of the 9th International Congress of Soil Science*, Adelaide, v. 4, p. 631-640.
- Mohseni, N., Mohseni, A., Karimi, A. and Shabani, F., 2019. Impact of geomorphic disturbance on spatial variability of soil CO₂ flux within a depositional landform. *Land Degradation & Development*, v. 30, p. 1699-1710.
- Norton, J.B., Sandor, J.A., White, S.C. and Lahty, V., 2007. Organic matter transformations through arroyos and alluvial fan soils within a native American agroecosystem, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 71(3), p. 829-835.
- Özpolat, E., Yıldırım, C., Görüm, T., Gosse, J.C., Sahiner, E., Sarkaya, M.A. and Owen, L.A., 2022. Three-dimensional control of alluvial fans by rock uplift in an extensional regime: Aydın Range, Aegean extensional province. *Sci. Rep.*, v. 12, 15306. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-19795-0>.
- Parker, K.C., 1995. Effects of complex geomorphic history on soil and vegetation patterns on arid alluvial fans. *Journal of Arid Environment*, v. 30, p. 19-39. [https://doi.org/10.1016/S0140-1963\(95\)80036-0](https://doi.org/10.1016/S0140-1963(95)80036-0).
- Peng, Z., Yu, X. and Li, S., 2024. Aggradation and reworking of an alluvial fan in response to climate changes on the south bank of Lake Qinghai, NE Tibetan Plateau, *Journal of Asian Earth Sciences*, v. 264, 106073.
- Rahaman, S., 2016. The formation and morphological characteristics of alluvial fans deposit in the Rangpo basin Sikkim. *European Journal of Geography*, v. 7, p. 86-98.
- Rahman, M.R., Shi, Z.H. and Chongf, C., 2009. Soil erosion hazard evaluation: an integrated use of remote sensing, GIS and statistical approaches with biophysical parameters towards management strategies. *Ecol. Modell.*, v. 220, p. 1724-1734.
- Saxton, K.E., Rawls, W.J., Romberger, J.S. and Papendick, R.I., 1986. Estimating generalized soil-water characteristics from texture. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, v. 50, p. 1031-1036.
- Tao, F., Huang, Y., Hungate, B.A. et al, 2023. Microbial carbon use efficiency promotes global soil carbon storage. *Nature*, v. 618, p. 981-985.
- Vanden Bygaart, A.J., Gregorich, E.G. and Helgason, B.L., 2015. Cropland C erosion and burial: Is buried soil organic matter biodegradable? *Geoderma*, v. 239, p. 240-249.
- Vereecken, H., Maes, J. and Feyen, J., 1990. Estimating unsaturated hydraulic conductivity from easily measured soil properties, *Soil Science*, v. 149, p. 1-12.
- Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, v. 37, p. 29-38.
- Waters, M.R. and Field, J.J., 1986. Geomorphic analysis of Hohokam settlement patterns on alluvial fans along the western flank of the Tortolita Mountains, Arizona, *Geoarchaeology*, v. 1(4), p. 329-345.
- Wieder, W.R., Bonan, G.B. and Allison, S.D., 2013. Global soil carbon projections are improved by modelling microbial processes, *Nature Climate Change*, v. 3, p. 909-912.
- Weissman, G.S., Mount, J.E. and Fogg, G.E., 2002. Glacially driven cycles in accumulation space and sequence stratigraphy of a stream-dominated alluvial fan, San Joaquin Valley, California, *U.S.A. Journal of Sedimentary Research*, v. 72, p. 270-281.
- White, K. and Walden, J., 1997. The rate of iron oxide enrichment in arid zone alluvial fan soils, Tunisian southern atlas, measured by mineral magnetic techniques, *Catena*, v. 30(2-3), p. 215-227.
- Winfield, K.A., Nimmo, J.R., Izbicki, J.A. and Martin, P.M., 2006. Resolving structural influences on water-retention properties of alluvial deposits. *Vadose Zone Journal*, v. 5(2), p. 706-719.
- Xiao, H., Li, Z., Chang, X., Huang, B., Nie, X., Liu, C., Liu, L., Wang, D. and Jiang, J., 2018. The mineralization and sequestration of organic carbon in relation to agricultural soil erosion, *Geoderma*, v. 329, p. 73-81.
- Young, M.H., McDonald, E.V., Caldwell, T.G., Benner, S.G. and Meadows, D.G., 2004. Hydraulic properties of a desert soil chronosequence in the Mojave Desert, USA. *Vadose Zone Journal*, v. 3(3), p. 956-963.