



دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهر

فصلنامه علمی فضای جغرافیایی

سال بیستم و پنجم، شماره ۸۹

بهار ۱۴۰۴، صفحات ۱۶۲-۱۴۰

۱- سیده بیان عزیزی<sup>۱</sup>

۲- شهرام بهرامی\*<sup>۲</sup>

۳- سمیه خالقی<sup>۳</sup>

۴- احمدرضا محرابیان<sup>۴</sup>

## ارزیابی هدایت هیدرولیکی خاک و ارتباط آن با ژئومورفولوژی سطح مخروط افکنه شاه غیب لارستان

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۴/۲۰

### چکیده

در این پژوهش، تاثیر فرم‌ها و فرایندهای ژئومورفولوژی سطح مخروط افکنه بر هدایت هیدرولیکی خاک در مخروط افکنه جنوب شرق گنبد نمکی شاه غیب لارستان بررسی شد. ابتدا محدوده منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر Google Earth و مشاهده میدانی مشخص گردید. بعد از تعیین محدوده مخروط افکنه و سطوح آن (جدید، قدیمی و فسیل)، به منظور تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، تعداد ۷۲ نمونه در موقعیت‌های مختلف (بالادست، میان دست و پایین دست) و در لندفرم‌های مختلف (میاناب‌ها، کانال‌ها، پشته‌ها و فرورفتگی‌ها) برداشت شد. محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک (K) بر اساس روش (Saxton et al., 1986) انجام گردید. سپس ارتباط این پارامتر با بافت خاک، کربن آلی، اسیدیته خاک، درصد رطوبت اشباع خاک و نگهداشت آب در خاک مورد تحلیل قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد هدایت هیدرولیکی خاک در کانال‌ها و فرورفتگی‌ها نسبت به میاناب‌ها و پشته‌ها بیشتر است. همچنین مقدار هدایت هیدرولیک خاک در سطح قدیمی نسبت به سطوح فسیل و جدید بیشتر می باشد. سطح میاناب‌ها، به دلیل هوازگی طولانی مدت آبرفت‌ها، دارای رس و سیلت بیشتری هستند که این امر منجر به کاهش هدایت هیدرولیکی میاناب‌ها شده است. همچنین میانگین این پارامتر در پایین دست مخروط (۲/۹۰) نسبت به میان دست (۲/۲۱) و

<sup>۱</sup> گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۲</sup> گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۳</sup> گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

<sup>۴</sup> دانشکده علوم و فناوری زیستی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران گروه علوم و زیست فناوری گیاهی

بالادست (۱/۷۴) بالاتر است. هدایت هیدرولیکی خاک در موقعیت‌ها و لندفرم‌های مختلف مخروط‌افکنه به علت تغییرات بافت خاک، مورفولوژی و فرآیندهای سطح مخروط‌افکنه یکسان نیست. در مجموع لندفرم‌ها، فرایندها و موقعیت‌های ژئومورفیک سطح مخروط افکنه در بافت خاک تاثیرگذار بوده و بافت خاک عامل اصلی تغییرات هدایت هیدرولیکی سطح مخروط‌افکنه مورد مطالعه است.

واژه‌های کلیدی: بافت خاک، شاه غیب، مخروط‌افکنه، هدایت هیدرولیکی

#### مقدمه

هدایت هیدرولیکی خاک یکی از مهمترین ویژگی‌های خاک است که از مکانی به مکان دیگر متفاوت است. یکی از اساسی‌ترین مسائل در علوم مختلف مرتبط با خاک، شناسایی وضعیت جریان و رفتار آب در خاک است. عوامل متعددی در تعیین نحوه‌ی رفتار جریان آب در خاک مؤثر هستند. بسته به بافت و ساختمان خاک، حرکت آب در خاک متفاوت بوده و این موضوع می‌تواند بر پدیده‌ها و شرایط مختلف همچون کشاورزی، نشت آب از یک سد خاکی، استخراج از یک معدن اثرگذار باشد. آگاهی از هدایت هیدرولیکی اشباع خاک برای درک و مدل‌سازی بسیاری از فرآیندهای فیزیکی خاک ضروری است. نفوذ آب در مخروط‌افکنه‌های بسیار نفوذپذیر می‌تواند منبع مهمی برای تغذیه آب‌های زیرزمینی در اقلیم‌های خشک باشد. با این وجود به دلیل تفاوت در مورفولوژی و فرایندهای ژئومورفولوژیک در بخش‌های مختلف مخروط‌افکنه‌ها، نفوذ آب در بخش‌های مختلف یک مخروط یکسان نیست. از آنجا که اندازه‌گیری مستقیم این خصوصیت به زمان و هزینه زیادی نیاز دارد، بنابراین روش‌های اندازه‌گیری غیرمستقیم با استفاده از سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مانند وزن مخصوص ظاهری، مقدار مواد آلی، تخلخل و توزیع اندازه ذرات، برای مدل‌سازی هدایت هیدرولیکی اشباع و غیراشباع دارای اهمیت زیادی است (Wosten et al., 2001). میزان هدایت هیدرولیکی اشباع خاک بر مقدار رواناب سطحی و نفوذپذیری خاک، ماندگاری موقتی آب در محیط ریشه، نرخ انتقال اصلاح و بسیاری دیگر از فرایندهای کشاورزی و زیست محیطی تاثیرگذار است (Zelege and Si, 2005).

هدایت هیدرولیکی خاک به طور مستقیم و غیرمستقیم تحت تاثیر ساختمان خاک، بافت خاک، مواد آلی، درصد آهک، جرم ویژه ظاهری و تخلخل کل خاک است. همچنین توزیع اندازه خلل و فرج هدایت کننده آب بر هدایت هیدرولیکی خاک تاثیرگذار است، به طوری که در حالت اشباع تمامی خلل و فرج در هدایت آب نقش دارند. از طرفی، اندازه و شکل ذرات خاک تعیین کننده فضای خالی در خاک می‌باشد (Alami, 1981).

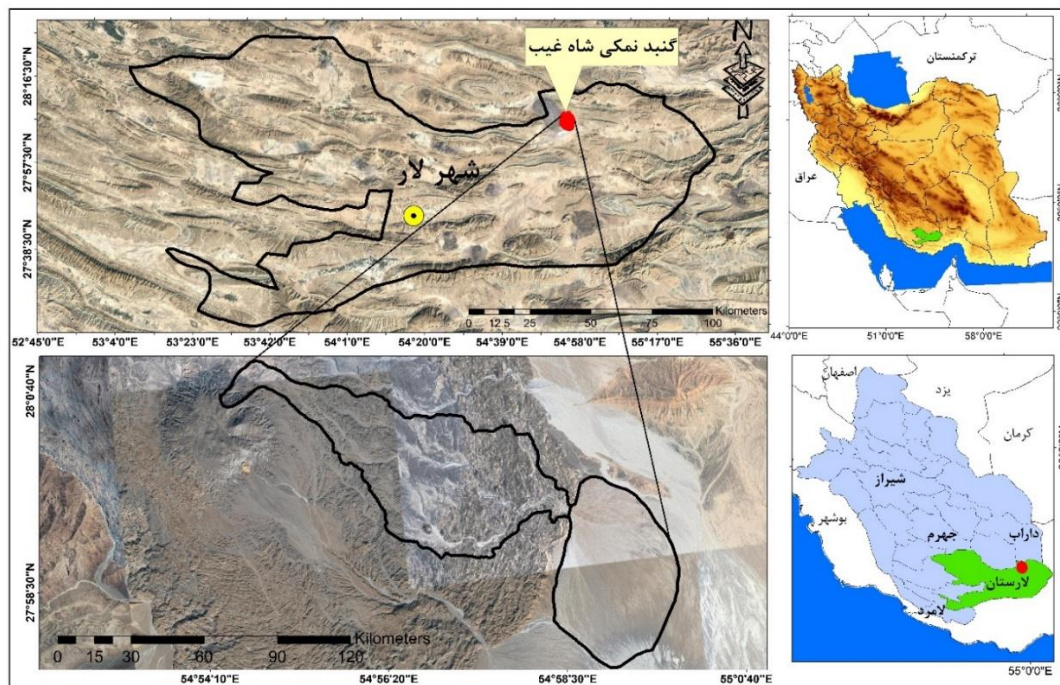
میزان نفوذ آب در خاک بخش‌های مختلف مخروط‌افکنه‌ها به علت تغییرات بافت خاک، مورفولوژی و فرآیندهای سطح مخروط افکنه‌ها، یکسان نیست. ارزیابی نفوذ پذیری و هدایت هیدرولیکی خاک در سطح مخروط‌افکنه‌ها دارای اهمیت زیادی در تغذیه آب‌های زیرزمینی و همچنین رشد گیاهان می‌باشد. هوازدگی و ژئومورفولوژی سطح مخروط‌افکنه‌ها (پشته‌ها، فرورفتگی‌ها، میاناب‌ها و کانال‌ها) نیز نقش تعیین کننده‌ای در هدایت هیدرولیکی خاک دارند (Bahrami and Ghahraman, 2019). نتایج مطالعه (Blainey and Pelletier, 2008) نشان داد که در سطح قدیمی مخروط‌افکنه‌ها به علت هوازدگی طولانی مدت آبرفت‌ها، میزان رس و سیلت خاک افزایش یافته و بنابراین هدایت هیدرولیکی خاک کمتر می‌شود. مخروط افکنه‌ها به دلیل فرایندهای رسوبی پیچیده، از نظر خواص هیدرولیک بسیار ناهمگن هستند و این موضوع توصیف توزیع فضایی هدایت هیدرولیکی (k) را دشوار می‌کند. هدایت هیدرولیکی خاک در هیدروژئولوژی اهمیت زیادی دارد. فعالیت‌های مربوط به توسعه، مدیریت و حفاظت از آب‌های زیرزمینی و پیش‌بینی انتقال آلاینده‌ها نیاز به تخمین‌های قابل اعتماد هدایت هیدرولیکی دارد (Chen et al., 2010). هدایت هیدرولیکی بیش‌تر تحت تاثیر بافت خاک قرار دارد به گونه‌ای که خاک‌های دارای بافت ریزدانه، هدایت هیدرولیکی کمتری دارند (Schwinning et al., 2011). هدایت هیدرولیکی می‌تواند در نفوذ و نگهداشت آب و همچنین در دسترس بودن آب برای رشد گیاهان مؤثر باشد (Horel et al., 2015).

هدف این تحقیق ارزیابی هدایت هیدرولیکی خاک و ارتباط آن با ژئومورفولوژی سطح مخروط افکنه شاه غیب در لارستان فارس است. به دلیل کمبود باران، گرمای زیاد و فقر پوشش گیاهی، خاک‌های منطقه مورد مطالعه فاقد پوشش زنده و هموس هستند و به همین دلیل نسبت به فرسایش حساس هستند. از طرفی بهره برداری بی رویه انسان نیز خاک‌ها را در معرض فرسایش قرار داده و حساسیت خاک را بیش‌تر نموده است. مخروط‌افکنه مورد مطالعه که دارای سه سطح فسیل، قدیمی و جدید است، در دامنه جنوب شرقی گنبد نمکی شاه غیب تشکیل شده است. گنبد نمکی شاه غیب بر اساس تقسیم بندی (Jahani et al, 2007) جزء گنبدهایی است که در حال حاضر دارای حرکت است. یکی از ویژگی‌های گنبد های نمکی فعال این است که نمک مانند یخچال‌ها حرکت می‌کند و دائماً خط جبهه کوهستان را تغییر می‌دهد. تغییر جبهه کوهستان می‌تواند مورفولوژی، فرآیندهای سطح مخروط‌افکنه‌ها و تکامل مخروط‌افکنه‌ها را تحت تأثیر قرار دهد. پژوهش حاضر، اثر فرم‌ها و فرایندهای ژئومورفولوژی سطح مخروط افکنه بر ویژگی هدایت هیدرولیکی خاک در مخروط‌افکنه جنوب شرق گنبد نمکی شاه غیب را بررسی می‌کند.

### مواد و روش‌ها

#### منطقه مورد مطالعه

مخروط‌افکنه گنبد نمکی شاه غیب، با مساحت ۶/۶ کیلومتر و ارتفاع ۶۴۵ تا ۷۲۵ متر در شهرستان لارستان استان فارس واقع شده است (شکل ۱). این مخروط‌افکنه از لحاظ زمین شناسی ساختمانی بخشی از زاگرس چین خورده است. حوضه بالادست مخروط مورد مطالعه شامل سنگ نمک، ژئوپس، ماسه‌سنگ قرمز، خاک رس و سنگ‌های آذرین می‌باشد (Mehrabi, 2019). از قدیمی‌ترین لایه‌های بیرون زده در حوضه آبخیز بالادست منطقه مورد مطالعه، سازند تبخیری هرمز است که به شکل گنبد‌های نمکی در مناطق مختلف شهرستان لارستان قابل مشاهده است (Yarahmadi et al., 2015). همچنین سازندهای آسماری، رازک، میشان، آغاچاری، بختیاری و سازند کواترنر در اطراف این مخروط افکنه برنزد دارند. از ویژگی‌های مهم حوضه بالادست مخروط مورد مطالعه، وجود فروچاله‌های متعدد به دلیل انحلال نمک، و همچنین حرکت مواد نمکی به سمت پایین دست (راس مخروط) است که وجود شکاف‌های کششی از شواهد این حرکت است (شکل ۲). به لحاظ اقلیمی لارستان دارای زمستان‌های معتدل با تابستان‌هایی گرم و خشک است (Ghasemi et al., 2020). بررسی متغیرهای دما و بارش طی دوره آماری ۳۰ ساله نشان می‌دهد که متوسط بارش سالانه منطقه ۲۱۰/۳۳ میلی‌متر و متوسط دمای آن ۲۳/۷ درجه سانتیگراد است. پوشش گیاهی منطقه شامل گونه‌های کروج، ترات، پیچیلوک، گنار، دیوخارگرمسیری، درمنه دشتی، لباسیر، اسفند رومی بنفش، آسمانی سیخک دار، قیج لوبیایی، گیشدر پیچ، طارون، خارشتر و اشنان است.



شکل ۱: موقعیت مخروط افکنه مورد مطالعه و حوضه آبریز بالادست آن در جنوب شرق گنبد نمکی شاه غیب

Figure 1: The location of the studied alluvial fan and its upstream drainage basin in the southeast of Shah Ghaib salt Dome

### روش پژوهش

محدوده منطقه مورد مطالعه با استفاده از تصاویر Google Earth و مشاهده میدانی مشخص گردید و سپس محدوده سه سطح فسیل، قدیمی و جوان مشخص شد. در تفکیک سطوح فسیل، قدیمی و جدید از شاخص‌هایی مانند میزان هوازگی، مورفولوژی سطح مخروط، الگوی زهکشی و تن رنگ در تصاویر ماهواره‌ای استفاده شده است. سطح فسیل و قدیمی، به علت هوازگی، دارای تن رنگ تیره‌تری در تصاویر ماهواره‌ای هستند، درحالی‌که سطح جدید دارای رنگ روشن‌تری هستند (Bahrami et al., 2018).

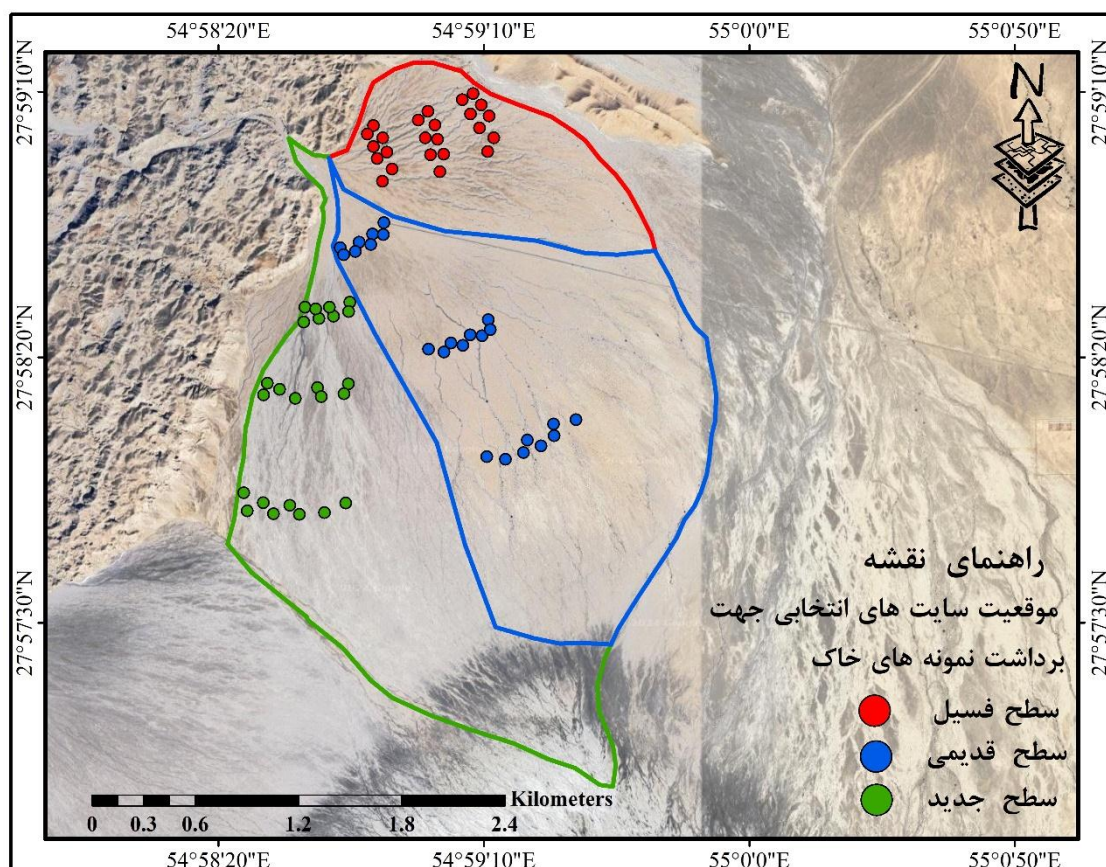
نمونه‌برداری از منطقه مورد مطالعه

به منظور محاسبه هدایت هیدرولیک خاک (K)، ۹ کادر در بالادست، میان‌دست و پایین‌دست سطوح فسیل، قدیمی و جدید انتخاب گردید. تعداد ۷۲ نمونه خاک (از هر سطح، ۲۴ نمونه) در موقعیت‌های مختلف به طور هدفمند (بالادست، میان‌دست و پایین‌دست) در میان‌بها و کانال‌های منطقه مورد مطالعه، برداشت شد (شکل ۳).



شکل ۲: تصاویر میدانی از لندفرمها و فرایندهای ژئومورفولوژی سطح مخروط و حوضه بالادست آن. فروچاله ناشی از انحلال نمک در حوضه بالادست مخروط (الف)، شکافهای کششی ناشی از حرکت نمک به سمت پائین دست در حوضه بالادست مخروط (ب و پ)، حرکت توده نمکی به سمت راس مخروط و ایجاد پرتگاه پرشیب (ت)، هوازدگی شدید رسوبات سطح فسیل مخروط (ج)، کانالهای عمیق تشکیل شده در راس سطح فسیل مخروط (د)، کانال توسعه یافته در سطح قدیمی مخروط (ر)، و مورفولوژی نسبتاً هموار میاناب در سطح فسیل (ز)

Figure 2: Field photos of landforms and processes of alluvial fan surface and its drainage basin. Sinkhole developed from salt dissolution in the basin of fan (a), extensional cracks formed due to the downward movement of salt in the basin of fan (b and c), movement of salt towards the apex of fan, and the formation of steep cliff (d), intense weathering of sediments at the fossil surface of fan (e), deep channels developed on the apex of fossil surface of fan (f), channel developed on the old surface of fan (g), and relatively flat morphology of interfluvial on the fossil surface of fan (h)



شکل ۳: موقعیت نمونه های خاک برداشت شده در سطوح فسیل، قدیمی و جدید

Figure 3: The location of gathered soil samples from fossil, old and young surfaces

### مطالعات آزمایشگاهی

نمونه های خاک برداشت شده از منطقه مورد مطالعه جهت اندازه گیری پارامترهای فیزیکوشیمیایی خاک، به آزمایشگاه انتقال یافت و آزمایش های pH، بافت خاک، کربن آلی (OCT)، درصد رطوبت اشباع خاک (Sp) و نگهداشت آب در خاک (WHC) انجام گرفت. به منظور اندازه گیری اسیدیته خاک از دستگاه pH متر استفاده شد. درصد مواد آلی خاک به روش تیتراسیون والکی بلک انجام شد (Skjemstad and Baldock, 2008). تعیین بافت خاک و اندازه گیری درصد سیلت، رس و ماسه نمونه ها براساس روش هیدرومتر انجام شد (Kroetsch and Wang, 2008). اندازه گیری درصد رطوبت اشباع خاک (Sp) از طریق رابطه زیر بدست آمد (Cassel and Nielsen, 1986):

$$\%Sp = \frac{(\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک مرطوب})}{\text{وزن خاک مرطوب}} \times 100 \quad \text{رابطه ۱)}$$

نگهداشت آب در خاک (WHC) از طریق رابطه زیر بدست آمده است (Nosrati, 2013).

$$\%WHC = \frac{(\text{وزن خاک خشک} - \text{وزن خاک مرطوب})}{\text{وزن خاک خشک}} \times 100 \quad \text{رابطه ۲)}$$

محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک (K)

در این مطالعه، محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک منطقه مورد مطالعه بر اساس فرمول تجربی انجام شد. محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک (K) بر اساس روش (Saxton et al., 1986) محاسبه شده است:

رابطه ۳)

$$K = 62.778 \times 10^{-6} \left\{ \exp \left[ 12.012 - 0.0755 (\%sand) + [-3.8950 + 0.03671 (\%sand) - 0.1103 (\%clay) + 8.7546 \times 10^{-4} (\%clay)^2] \left( \frac{1}{\theta} \right) \right] \right\}$$

در این رابطه K هدایت هیدرولیکی غیر اشباع (متر در ثانیه) و  $\theta$  مقدار رطوبت (متر مکعب بر متر مکعب) است که بر اساس روش زیر محاسبه می شود:

$$\theta = 0.332 - 7.251 \times 10^{-4} (\%sand) + 0.1276 \log (\%clay) \quad \text{رابطه ۴)}$$

جهت مقایسه میانگین پارامترهای خاک در میانابها و کانالهای سطوح فسیل، قدیمی و همچنین در پشتهها و فرورفتگیهای سطح جدید از آزمون T مستقل استفاده شد (جدول ۲). جهت ارزیابی اینکه میانگین پارامترهای خاک در سطوح فسیل، قدیمی و جدید همچنین در موقعیت‌های بالادست، میان دست و پایین دست مخروط، دارای تفاوت معنی داری است یا خیر، از آزمون ANOVA یک طرفه استفاده شد (جداول ۴ و ۵). در ادامه ضریب همبستگی میان پارامترهای خاک محاسبه شد.

## یافته‌های پژوهش

مخروط افکنه شاه غیب از سه سطح فسیل، قدیمی و جدید تشکیل شده است. سطوح متروک قدیمی و فسیل دارای مورفولوژی مضرس و ناهمواری است و فرایند غالب آنها هوازگی در میانابها و برش در کانالها است. در سطوح جوان مخروط، فرایند غالب رسوبگذاری است و مورفولوژی نسبتاً همواری دارد. به دلیل سن زیاد و تأثیر عملکرد فرسایش قهقراپی در سطح مخروط افکنه فسیل، سطحی کاملاً مضرس و بریده بریده ایجاد شده است (شکل ۲) به طوری که کانالها عمیق و میانابها کم عرض هستند. نتایج نشان می‌دهد که مقدار هدایت هیدرولیکی در سطوح مختلف مخروط متفاوت است. در سطوح فسیل و قدیمی مخروط، میانگین هدایت هیدرولیکی در کانالها (۲/۹۷)، بیشتر از میانابها (۱/۹۲) است. میانابها نسبت به کانالها پایدارتر هستند و بنابراین امکان تشکیل خاک و تشکیل رسوبات ریز بافت مانند رس در آنها بیش تر است (شکل ۴). همچنین میانگین هدایت هیدرولیکی در فرورفتگیهای

سطح مخروط جدید (۲/۲۶) بیش تر از پشته‌ها (۱/۸۴) می‌باشد. مقایسه نتایج میانگین هدایت هیدرولیکی در سطوح مختلف مخروط‌افکنه نشان داد که مقدار آن در سطح قدیمی (۲/۸۱) نسبت به سطوح فسیل (۲/۱۱) و جدید (۲/۰۲) بالاتر است. ارزیابی میانگین این پارامتر در موقعیت‌های مختلف (بالادست، میان‌دست و پایین‌دست) مخروط‌افکنه نشان می‌دهد پایین‌دست مخروط‌افکنه از هدایت هیدرولیکی (۲/۹۰) بالاتری نسبت به میان‌دست (۲/۲۱) و بالادست (۱/۷۴) برخوردار است (شکل ۴).

جدول ۱- نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ۷۲ نمونه خاک در سطوح فسیل، قدیمی و جدید مخروط‌افکنه مورد مطالعه

Table 1- The results of physicochemical parameters of 72 soil samples in the fossil, old and young surfaces of the studied alluvial fan

شماره نمونه	موقعیت	درصد ماسه	درصد سیلت	درصد رس	هدایت هیدرولیکی (سانتیمتر بر ساعت)	TOC	pH	نگهداشت آب در خاک	رطوبت اشباع خاک
۱	میاناب- پایین‌دست قدیمی	۶۷/۵	۲۶	۶/۵	۴/۴۶	۰/۳۴	۷/۷	۲۴/۸۳	۲۶/۰۲
۲	کانال- پایین‌دست قدیمی	۸۹/۵	۴	۶/۵	۵/۹۲	۰/۳۴	۸/۱	۲۲/۶۴	۲۸/۳۱
۳	میاناب- پایین‌دست قدیمی	۸۳/۵	۱۰	۶/۵	۵/۳۹	۰/۳۶	۷/۷	۱۸/۶۵	۲۴/۴۸
۴	کانال- پایین‌دست قدیمی	۸۹/۵	۶	۴/۵	۸/۵۹	۰/۲۶	۸/۰۵	۲۱/۶۴	۲۷/۳۸
۵	میاناب- پایین‌دست قدیمی	۶۵/۵	۲۴	۱۰/۵	۲/۵	۰/۲۴	۷/۹	۲۲/۵۸	۲۴/۱۵
۶	کانال- پایین‌دست قدیمی	۸۹/۵	۲	۸/۵	۴/۰۹	۰/۲۴	۷/۹	۲۵/۱۰	۳۰/۱۹
۷	کانال- پایین‌دست قدیمی	۸۷/۵	۶	۶/۵	۵/۷۳	۰/۲۸	۷/۹	۲۵/۳۹	۲۶/۲۰
۸	میاناب- پایین‌دست قدیمی	۵۷/۵	۲۸	۱۴/۵	۱/۴۶	۰/۵۴	۷/۵	۲۴/۷۵	۳۱/۷۹
۹	پشته- پایین‌دست جدید	۶۷/۵	۱۶	۱۶/۵	۱/۰۸	۰/۲۴	۷/۶	۲۳/۴۷	۲۱/۳۲
۱۰	کانال- پایین‌دست جدید	۷۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱/۹۲	۰/۴۸	۷/۶	۲۲/۶۳	۲۳/۷۳
۱۱	کانال- پایین‌دست جدید	۸۳/۵	۶	۱۰/۵	۲/۷۳	۰/۴۶	۷/۷	۲۰/۶۴	۲۶/۲۹
۱۲	پشته- پایین‌دست جدید	۶۵/۵	۲۰	۱۴/۵	۱/۴۳	۰/۵۶	۸	۳۳/۴۷	۲۹/۶۶

۲۲/۹۶	۲۴/۰۸	۷/۵	۰/۵۲	۱/۹۳	۱۲/۵	۸	۷۹/۵	کانال پایین دست جدید	۱۳
۲۴/۰۹	۲۰/۵۴	۷/۴	۰/۴۲	۲/۶۹	۱۰/۵	۸	۸۱/۵	پشته - پایین دست جدید	۱۴
۲۴/۷۴	۲۲/۴۰	۷/۶	۰/۴۶	۱/۴۲	۱۴/۵	۱۲	۷۳/۵	پشته - پایین دست جدید	۱۵
۲۱/۲۰	۱۹/۸۳	۷/۸	۰/۵۲	۱/۹۲	۱۲/۵	۱۰	۷۷/۵	کانال - پایین دست جدید	۱۶

ادامه جدول ۱ - نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ۷۲ نمونه خاک در سطوح فسیل، قدیمی و جدید مخروط افکنه مورد مطالعه

Continues of table 1- The results of physicochemical parameters of 72 soil samples in the fossil, old and young surfaces of the studied alluvial fan

شماره نمونه	موقعیت	درصد ماسه	درصد سیلت	درصد رس	هدایت هیدرولیکی (سانتیمتر بر ساعت)	TOC	pH	نگهداشت آب در خاک	رطوبت اشباع خاک
۱۷	پشته - میان دست جدید	۷۳/۵	۱۲	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۵۴	۷/۳	۲۳/۰۸	۵۲/۲۷
۱۸	کانال - میان دست جدید	۸۱/۵	۸	۱۰/۵	۲/۶۹	۰/۵۲	۷/۶	۲۲/۶۹	۲۳/۵۸
۱۹	پشته - میان دست جدید	۶۹/۵	۱۶	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۵۹	۷/۳	۲۳/۹۳	۲۳/۸۸
۲۰	کانال - میان دست جدید	۷۵/۵	۱۴	۱۰/۵	۲/۵۹	۰/۴۶	۷/۴	۲۳/۳۷	۲۳/۸۹
۲۱	پشته - میان دست جدید	۶۹/۵	۲۰	۱۰/۵	۲/۵۳	۰/۴	۷/۳	۲۷/۵۵	۲۱/۰۱
۲۲	کانال - میان دست جدید	۷۹/۵	۱۰	۱۰/۵	۲/۶۵	۰/۵۲	۷/۶	۲۵/۲۳	۲۴/۱۶
۲۳	پشته - میان دست جدید	۷۵/۵	۱۲	۱۲/۵	۱/۹۱	۰/۵	۷/۵	۲۴/۰۳	۵۳/۱۷
۲۴	کانال - میان دست جدید	۸۳/۵	۴	۱۲/۵	۱/۹۶	۰/۳۶	۷/۴	۲۴/۹۵	۲۷/۲۳
۲۵	کانال - بالادست جدید	۸۱/۵	۸	۱۰/۵	۲/۶۹	۰/۲	۷/۲	۲۳/۶۲	۲۴/۵۳
۲۶	پشته - بالادست	۷۳/۵	۱۴	۱۲/۵	۱/۹	۰/۳۴	۷/۵	۲۱/۶۰	۲۳/۶۷

								جدید	
۲۱/۷۲	۲۴/۷۱	۷/۴	۰/۲	۱/۹۲	۱۲/۵	۱۰	۷۷/۵	کانال- بالادست	۲۷
								جدید	
۲۲/۸۳	۱۹/۵	۷/۵	۰/۳	۲/۶۵	۱۰/۵	۱۰	۷۹/۵	پشته- بالادست	۲۸
								جدید	
۲۳/۳۱	۲۰/۶۳	۷/۶	۰/۳۴	۱/۴۲	۱۴/۵	۸	۷۷/۵	کانال- بالادست	۲۹
								جدید	
۲۴/۴۵	۲۳/۳۸	۷/۴	۰/۳	۱/۴۲	۱۴/۵	۶	۷۹/۵	پشته- بالادست	۳۰
								جدید	

ادامه جدول ۱- نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ۷۲ نمونه خاک در سطوح فسیل، قدیمی و جدید مخروط افکنه مورد مطالعه

Continues of table 1-The results of physicochemical parameters of 72 soil samples in the fossil, old and young surfaces of the studied alluvial fan

شماره	موقعیت	درصد ماسه	درصد سیلت	درصد رس	هدایت هیدرولیکی (سانتیمتر بر ساعت)	TOC	pH	نگهداشت آب در خاک	رطوبت اشباع خاک
۳۱	کانال- بالادست جدید	۸۱/۵	۸	۱۰/۵	۲/۶۹	۰/۴	۷/۷	۲۵/۱۷	۲۶/۳۱
۳۲	پشته- بالادست جدید	۷۹/۵	۶	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۳	۷/۳	۲۳/۱۳	۲۴/۲۲
۳۳	میاناب- بالادست قدیمی	۶۵/۵	۱۸	۱۶/۵	۱/۰۹	۰/۲۸	۷/۷	۲۳/۸۹	۲۲/۵۰
۳۴	کانال- بالادست قدیمی	۸۳/۵	۴	۱۲/۵	۱/۹۶	۰/۷۹	۷/۹	۲۶/۱۳	۲۵/۹۴
۳۵	میاناب- بالادست قدیمی	۶۷/۵	۱۸	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۴۴	۸/۹	۲۴/۸۵	۲۵/۱۰
۳۶	کانال- بالادست قدیمی	۸۷/۵	۲	۱۰/۵	۲/۸۱	۰/۳	۸/۰۳	۲۷/۲۷	۲۷/۹۳
۳۷	میاناب- بالادست قدیمی	۷۷/۵	۸	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۴۸	۷/۹۸	۲۲/۰۳	۲۳/۶۰
۳۸	کانال- بالادست قدیمی	۷۳/۵	۱۰	۱۶/۵	۱/۰۷	۰/۶۵	۸/۱	۲۱/۷۸	۲۴/۳۱
۳۹	میاناب- بالادست قدیمی	۷۳/۵	۱۲	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۴	۸/۴	۲۴/۶۶	۲۳/۶۲
۴۰	کانال- بالادست	۸۱/۵	۶	۱۲/۵	۱/۹۵	۰/۴۲	۸/۰۵	۲۴/۲۶	۲۵/۹۱

								قدیمی	
۲۶/۰۹	۲۸/۶۴	۸/۱۵	۰/۲۶	۲/۸۷	۱۰/۵	۰	۸۹/۵	کانال- میان دست قدیمی	۴۱
۲۵/۱۸	۲۵/۸۴	۸/۳	۰/۲۸	۱/۹۳	۱۲/۵	۸	۷۹/۵	میاناب- میان دست قدیمی	۴۲
۲۴/۶۲	۲۱/۸۸	۸/۳	۰/۲۴	۲/۶۹	۱۰/۵	۸	۸۱/۵	کانال- میان دست قدیمی	۴۳
۲۲/۲۳	۲۴/۶۲	۸/۳	۰/۲۴	۱/۴۲	۱۴/۵	۱۸	۶۷/۵	میاناب- میان دست قدیمی	۴۴
۲۶/۰۶	۲۳/۲۱	۷/۸	۰/۱۱	۲/۸۱	۱۰/۵	۲	۸۷/۵	کانال- میان دست قدیمی	۴۵

ادامه جدول ۱- نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ۷۲ نمونه خاک در سطوح فسیل، قدیمی و جدید مخروط افکنه مورد مطالعه

Continues of table 1- The results of physicochemical parameters of 72 soil samples in the fossil, old and young surfaces of the studied alluvial fan

شماره	موقعیت	درصد ماسه	درصد سیلت	درصد رس	هدایت هیدرولیکی (سانتیمتر بر ساعت)	TOC	pH	نگهداشت آب در خاک	رطوبت اشباع خاک
۴۶	میاناب- میان دست قدیمی	۷۳/۵	۱۲	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۳	۸	۲۴/۰۹	۲۳/۳۲
۴۷	کانال- میان دست قدیمی	۸۳/۵	۶	۱۰/۵	۲/۷۳	۰/۳	۷/۸	۲۴/۳۴	۲۴/۸۴
۴۸	میاناب- میان دست قدیمی	۷۳/۵	۱۰	۱۶/۵	۱/۰۶	۰/۲۶	۷/۳	۲۲/۲۳	۲۱/۱۹
۴۹	کانال- بالادست فسیل	۸۱/۵	۶	۱۲/۵	۱/۹۵	۰/۳۴	۷/۶	۲۹/۷۸	۲۴/۸۳
۵۰	میاناب- بالادست فسیل	۶۷/۵	۱۸	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۳	۷/۶	۲۷/۸۲	۲۵/۶۴
۵۱	کانال- بالادست فسیل	۷۵/۵	۱۰	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۳۴	۸/۳	۲۵/۶۸	۲۵/۷۹
۵۲	میاناب- بالادست فسیل	۷۳/۵	۱۶	۱۰/۵	۲/۵۷	۰/۳	۸/۳	۲۸/۹۹	۲۵/۴۵
۵۳	کانال-	۷۹/۵	۱۰	۱۰/۵	۲/۶۵	۰/۴۶	۸/۴	۲۶/۶۲	۲۳/۹۶

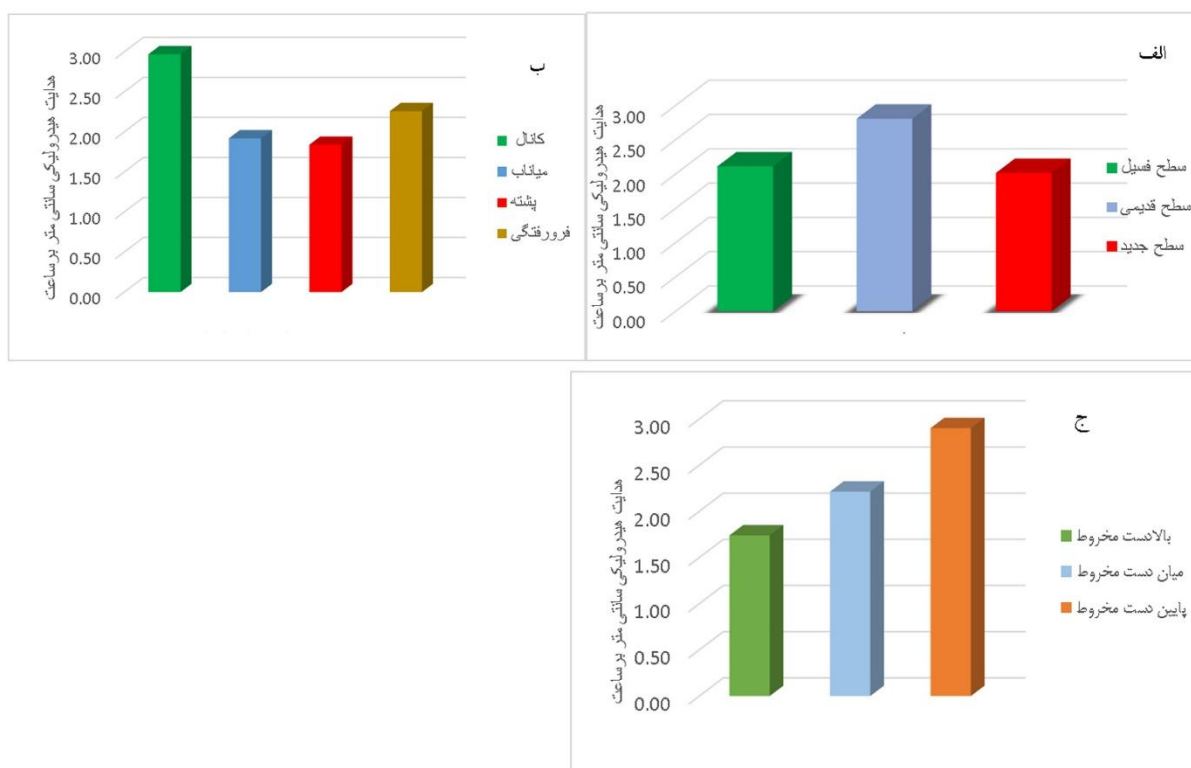
								بالادست فسیل	
۲۵/۶۲	۲۹/۶۹	۷/۸	۰/۳	۱/۰۸	۱۶/۵	۱۴	۶۹/۵	میاناب- بالادست فسیل	۵۴
۲۴/۶۹	۲۷/۰۱	۷/۹	۰/۵	۲/۷۷	۱۰/۵	۴	۸۵/۵	کانال- بالادست فسیل	۵۵
۲۴/۳۹	۲۶/۰۲	۸	۰/۴۴	۱/۴۳	۱۴/۵	۲۰	۶۵/۵	میاناب- بالادست فسیل	۵۶

ادامه جدول ۱ - نتایج پارامترهای فیزیکی و شیمیایی ۷۲ نمونه خاک در سطوح فسیل، قدیمی و جدید مخروط افکنه مورد مطالعه

Continues of table 1- The results of physicochemical parameters of 72 soil samples in the fossil, old and young surfaces of the studied alluvial fan

شماره	موقعیت	درصد ماسه	درصد سیلت	درصد رس	هدایت هیدرولیکی (سانتیمتر بر ساعت)	TOC	pH	نگهداشت آب در خاک	رطوبت اشباع خاک
۵۷	کانال- میان دست فسیل	۷۹/۵	۸	۱۲/۵	۱/۹۳	۰/۳۴	۸/۱	۲۵/۶۶	۲۳/۵۹
۵۸	میاناب- میان دست فسیل	۵۹	۲۴/۵	۱۶/۵	۱/۱۲	۰/۲۴	۷/۷	۲۷/۰۲	۲۱/۸۹
۵۹	کانال- میان دست فسیل	۸۳/۵	۶	۱۰/۵	۲/۷۳	۰/۵	۸/۰۲	۲۵/۶۶	۲۴/۶۹
۶۰	میاناب- میان دست فسیل	۶۹/۵	۱۶	۱۴/۵	۱/۴۲	۰/۲۸	۸/۰۴	۲۷/۰۲	۲۴/۷
۶۱	کانال- میان دست فسیل	۸۳/۵	۶	۱۰/۵	۲/۷۳	۰/۳۸	۸/۲	۲۶/۱۷	۲۶/۰۳
۶۲	میاناب- میان دست فسیل	۷۳/۵	۱۶	۱۰/۵	۲/۵۷	۰/۲۶	۷/۹	۲۹/۴۱	۲۶/۹۷
۶۳	کانال- میان دست فسیل	۸۷/۵	۴	۸/۵	۳/۹۹	۰/۲۸	۷/۳	۳۴/۴۶	۲۵/۵۳
۶۴	میاناب- میان دست فسیل	۷۱/۵	۱۸	۱۰/۵	۲/۵۵	۰/۲	۷/۷	۳۲/۳۳	۲۵/۸۹
۶۵	کانال- پایین دست فسیل	۷۷/۵	۱۰	۱۲/۵	۱/۹۲	۰/۴۶	۷/۴	۲۸/۲۹	۲۴/۵۳

۲۵/۵۳	۲۸/۳	۸/۰۹	۰/۳	۲/۵۷	۱۰/۵	۱۶	۷۳/۵	میاناب- پایین دست فسیل	۶۶
۲۶/۳۹	۲۸/۲۷	۷/۹	۰/۳۲	۲/۸۱	۱۰/۵	۲	۸۷/۵	کانال- پایین دست فسیل	۶۷
۲۶/۷۱	۳۱/۰۳	۷/۲	۰/۲۸	۱/۸۸	۱۲/۵	۲۰	۶۷/۵	میاناب- پایین دست فسیل	۶۸
۲۵/۹۵	۲۴/۹۸	۸/۳	۰/۴	۲/۶۹	۱۰/۵	۸	۸۱/۵	کانال- پایین دست فسیل	۶۹
۲۶	۳۱/۶۳	۷/۹	۰/۱۵	۱/۴۲	۱۴/۵	۱۴	۷۱/۵	میاناب- پایین دست فسیل	۷۰
۲۶/۶۵	۲۵/۲۱	۷/۸	۰/۳۴	۱/۹۶	۱۲/۵	۴	۸۳/۵	کانال- پایین دست فسیل	۷۱
۲۷/۰۵	۲۶/۹۴	۷/۰۵	۰/۲۶	۱/۱۱	۱۶/۵	۲۲	۶۱/۵	میاناب- پایین دست فسیل	۷۲



**شکل ۴:** مقایسه میانگین هدایت هیدرولیکی خاک در سطوح فسیل، قدیمی و جدید (الف)، در کانالها، میانابها، فرورفتگیها و پشتهها (ب)، در بالادست، میان دست و پایین دست مخروط افکنه مورد مطالعه (ج)

Figure 4: Comparison of the average hydraulic conductivity of the soil in the fossil, old and young surfaces (A), the average hydraulic conductivity of the soil in the channels, interfluvial areas, swales and bars (B), and in the apex, middle and toe of the studied alluvial fan (J)

ارزیابی آزمون T (جدول ۲) نشان می‌دهد که مقادیر میانگین کربن آلی، سیلت، ماسه، رس و هدایت هیدرولیکی در میاناب‌ها و کانال‌ها دارای تفاوت معناداری هستند (مقادیر Sig. کمتر از ۰/۰۵). جدول (۳) نشان می‌دهد که سیلت، ماسه، رس و هدایت هیدرولیکی در پشته‌ها و فرورفتگی‌ها دارای تفاوت معنی‌داری هستند.

جدول ۲- نتایج آزمون T برای مقایسه میانگین پارامترهای خاک در کانال‌ها و میاناب‌ها (در سطوح فسیل و قدیمی)

Table 2- The results of the T-test to compare the average soil parameters in the channels and the interfluves (in fossil and old surfaces)

Parameters	t-test Parameters (بین کانال و میاناب)		
	T	df	Sig(2tailed)
pH	-۱/۰۶۷	۴۶	۰/۲۹۲
کربن آلی	-۲/۵۵	۴۶	۰/۰۱۴
رس	۲/۵۵	۴۳/۳۶	۰/۰۱۴
سیلت	۴/۲۵۵	۴۶	۰/۰۰۰
ماسه	-۴/۶۱	۴۱	۰/۰۰۱
K	-۲/۵۷	۴۶	-۱/۱۰۹
درصد رطوبت اشباع	-۱/۶۵	۴۶	۰/۱۰۴
نگهداشت آب در خاک	۰/۷۹۴	۴۶	۰/۴۳۱

جدول ۳- نتایج آزمون T برای مقایسه میانگین پارامترهای خاک در پشته و فرورفتگی (سطح جدید)

Table 3- The results of the T-test to compare the average soil parameters in the bar and swale (young fan surface)

Parameters	t-test Parameters (بین پشته و فرورفتگی)		
	T	df	Sig(2tailed)
pH	-۰/۸۸۳	۲۲	۰/۳۸۷
کربن آلی	-۰/۰۵۲	۲۲	۰/۹۵۹
رس	۲/۴۰۶	۲۲	۰/۰۲۵

سیلت	۲/۵۸	۲۲	۰/۰۲
ماسه	-۳/۳۳۷	۲۲	۰/۰۰۳
<b>K</b>	-۲/۳۲۸	۲۲	۰/۰۲۹
درصد رطوبت اشباع	۱/۴۱۲	۲۲	۰/۱۷۲
نگهداشت آب در خاک	۰/۸۳۵	۲۲	۰/۴۱۵

جدول ۴- مقادیر P برای آزمون AVOVA (بین سه سطح فسیل، قدیمی و جدید)، و آزمون Tukey's post-hoc.

Table 4- P values for AVOVA test (between three fossil, old and young surfaces), and Tukey's post-hoc test

پارامترها		pH	کربن آلی	سیلت	ماسه	رس	K	رطوبت اشباع	نگهداشت آب در خاک
ANOVA test (بین سطوح فسیل، قدیمی و جدید)		+/+++	+./۰۳۸	./۵۶۴	./۴۶۷	./۳۶۶	+./۰۴۵	./۷۲۱	+./۰۰۱
Tukey's post-hoc test	مقایسه زوجی	فسیل- قدیمی	./۱۴۲	./۵۷۴	./۴۳۴	./۴۶۹	./۰۷۷	./۹۹۷	+./۰۰۱
	فسیل- جوان	+/+++	./۰۳۹	./۶۸۷	./۷۹۷	./۹۹۴	./۱۰۰	./۷۴۴	+./+++
	قدیمی- جوان	+/+++	./۱۰۲	./۹۸۲	./۸۲۲	./۴۰۷	./۰۵۶	./۷۸۵	./۸۴۵

نتایج جدول (۴) بیانگر آن است که میانگین پارامترهای کربن آلی، هدایت هیدرولیکی، pH خاک و نگهداشت آب در خاک بین سه سطح فسیل، قدیمی و جوان دارای اختلاف معنی دار هستند. مقایسه زوجی سطوح با استفاده از (post-hoc) نشان می‌دهد میانگین پارامتر نگهداشت آب در خاک در زوج فسیل-قدیمی و همچنین در فسیل-جوان دارای اختلاف معنی داری است. میانگین کربن آلی در زوج فسیل-جوان دارای تفاوت معنی دار است. میانگین پارامتر PH بین زوج فسیل-جوان و همچنین در قدیمی-جوان، دارای اختلاف معنی دار است.

جدول ۵- مقادیر P برای آزمون AVOVA (بین بالادست، میان دست و پایین دست)، و آزمون Tukey's post-hoc.

Table 5- P values for AVOVA test (between apex, middle, and toe), and Tukey's post-hoc test

		پارامترها	pH	کربن آلی	سیلت	ماسه	رس	K	رطوبت اشباع	نگهداشت آب در خاک
ANOVA test (بین بالادست، میان دست و پایین دست)			۰/۴۴۴	۰/۹۵۵	۰/۴۷۰	۰/۸۹۱	*/+***	*/+۱۳	۰/۳۳۰	۰/۸۰۰
Tukey's post-hoc test	مقایسه زوجی	بالادست-میان دست	۰/۵۸۷	۰/۹۷۸	۰/۹۶۳	۰/۹۷۱	۰/۳۶۱	۰/۵۶۱	۰/۳۰۱	۰/۸۴۰
		بالادست-پایین دست	۰/۴۵۶	۰/۹۵۳	۰/۴۷۱	۰/۸۸۱	*/+***	*/+۱۱	۰/۶۴۵	۰/۸۲۳
		میان دست-پایین دست	۰/۹۷۵	۰/۹۹۵	۰/۶۳۴	۰/۹۶۷	*/+۰۹	۰/۱۳۱	۰/۸۲۲	۰/۹۹۹

مقدار هدایت هیدرولیکی خاک (K) و رس بین بالادست - میان دست و پائین دست دارای تفاوت معنی دار هستند. به عبارت دیگر موقعیت مخروط افکنه‌ها نقش مهمی در تفاوت پارامترهای هدایت هیدرولیکی خاک و رس داشته است. مقایسه زوجی موقعیت‌ها نشان می‌دهد که مقدار هدایت هیدرولیکی (K) در بالادست و پایین دست دارای اختلاف معنی دار است درحالی‌که مقدار این پارامتر در بالادست و میان دست به هم نزدیک‌تر هستند.

جدول ۶- ضریب همبستگی میان ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک سطح مخروط افکنه مورد مطالعه

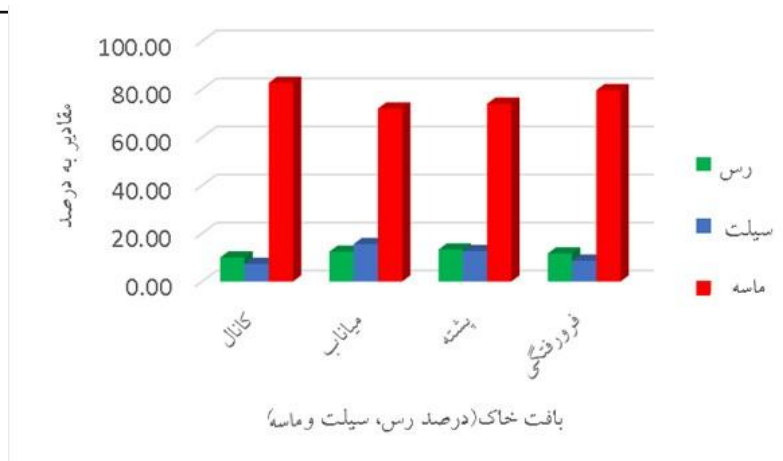
Table 6- Correlation coefficient between the physical and chemical characteristics of the soil of the studied alluvial fan

	K	PH	TOC	Clay	silt	Sand	Sp	WHC
K	۱							
PH	۰/۱۱۷	۱						
TOC	-۰/۲۲۶	*/+۲۴۳*	۱					
Clay	-۰/۷۸***	-۰/۱۱۸	۰/۲۰۱	۱				
silt	-۰/۱۷۷	-۰/۱۱۷	-۰/۰۰۵	*/+۳۵۸***	۱			
Sand	*/+۴۲***	۰/۱۳۷	-۰/۰۶۶	-۰/۶۴۳***	-۰/۹۴۵***	۱		
Sp	۰/۰۴۹	-۰/۱۰۲	-۰/۱۳۲	-۰/۰۴۳	-۰/۰۱۱	۰/۰۲۴	۱	
WHC	-۰/۰۸۱	۰/۰۰۳	۰/۲۲۳	-۰/۰۸۱	-۰/۰۲۶	۰/۰۵	-۰/۰۳۴	۱

جدول (۶) ضریب همبستگی بین پارامترهای مختلف خاک را بر اساس روش پیرسون نشان می‌دهد. پارامتر هدایت هیدرولیکی با رس و ماسه دارای همبستگی معنی دار است. همچنین رس با ماسه، سیلت با رس، و ماسه با سیلت دارای همبستگی معنی دار هستند. بین سایر پارامترهای خاک همبستگی معنی دار وجود ندارد.

#### بحث

ارزیابی داده‌های مربوط به هدایت هیدرولیکی خاک نشان می‌دهد که مقدار این پارامتر کاملاً متأثر از بافت خاک است به طوری که با افزایش درصد ماسه در خاک، مقدار هدایت هیدرولیکی خاک افزایش می‌یابد. نتایج همچنین نشان می‌دهد که مقدار هدایت هیدرولیکی خاک در سطوح مختلف (فسیل، قدیمی و جدید)، موقعیت‌ها (بالادست، میان دست و پائین دست) و لندفرم‌های مختلف سطح مخروط تفاوت دارند. مقایسه داده‌ها در لندفرم‌های سطوح غیرفعال (فسیل و قدیمی) نشان می‌دهد که عناصر سیلت و رس در میاناب‌ها بیش‌تر از کانال‌هاست. افزایش عناصر مذکور در میاناب‌ها را می‌توان به هوازگی و خاکزایی بیش‌تر و همچنین شیب کمتر میاناب‌ها نسبت به کانال‌ها نسبت داد. فرایند غالب در کانال‌ها، برش و فرسایش می‌باشد و این مسئله در کاهش پارامترهایی مانند، رس و سیلت تاثیرگذار است (شکل ۵). بررسی داده‌ها نشان داد در بالادست مخروط افکنه، مقدار کربن آلی و رس بالا می‌باشد و در پایین دست مخروط افکنه عناصر ماسه و هدایت هیدرولیکی بیش‌تر هستند. معمولاً بالادست مخروط‌ها دارای رسوبات درشت‌تر (ماسه) و پایین‌دست آن‌ها دارای بافت ریزتری (رس) هستند، اما یافته‌های پژوهش حاضر (جدول ۱) نشان می‌دهد که میانگین درصد ماسه در بالادست سطح فسیل با پائین دست آن تفاوت معنی داری ندارد. این موضوع را می‌توان به حرکت گنبد نمکی شاه غیب به سمت پایین دست و در نتیجه مدفون کردن بخش بالادست سطح فسیل نسبت داد. در واقع می‌توان اظهار کرد که بالادست سطح فسیل در زیر گنبد نمکی مدفون شده است و بنابراین، این قاعده کلی که بالادست مخروط‌افکنه‌ها نسبت به پایین دست آنها دارای بافت درشت‌تری است در مورد سطح فسیل مخروط مورد مطالعه صدق نمی‌کند. بالا بودن هدایت هیدرولیکی خاک در کانال‌ها به دلیل بافت درشت‌تر این لندفرم می‌باشد. هرچه دانه‌بندی خاک درشت‌تر باشد، حجم فضای خالی و نفوذ پذیری آن‌ها افزایش می‌یابد. در رسوبات ماسه‌ای، آب به راحتی و با سرعت بالاتری درون خاک حرکت می‌کنند. از این‌رو، خاک‌های دانه درشت، نفوذپذیرتر از خاک‌های دانه ریز هستند. در میاناب‌ها مقدار هدایت هیدرولیکی کمتر از کانال‌ها می‌باشد. هوازگی و خاکزایی بیشتر و در نتیجه افزایش درصد رس در سطح میاناب‌ها باعث کاهش هدایت هیدرولیکی خاک شده است. ذرات ریز مانند رس آب بیش‌تری را در خود نگه می‌دارند، اما باعث عبور آب نمی‌شوند. رس‌ها بسیار متخلخل‌اند ولی به علت ریز بودن ذرات، نفوذپذیری بسیار اندکی دارند.



شکل ۵: بافت خاک (درصد رس، سیلت و ماسه)

Figure 5: Soil texture (percentage of clay, silt and sand)

### نتیجه گیری

منطقه مورد مطالعه، مخروطافکنه واقع در جنوب شرق گنبد نمکی شاه غیب است. شواهد ژئومورفیک بیانگر حرکت گنبد نمکی به دلیل خاصیت شکل پذیری نمکها است و این موضوع باعث تغییر مسیر مکرر جریان در بالادست مخروط و همچنین مدفون شدن بخش بالادست سطح فسیل مخروط شده است. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی اثر فرمها و فرایندهای ژئومورفولوژی در هدایت هیدرولیکی خاک صورت گرفته است. لذا پارامترهای بافت خاک، کربن آلی، pH خاک، درصد رطوبت اشباع خاک، نگهداشت آب در خاک و هدایت هیدرولیکی ۷۲ نمونه خاک انجام شد. مقایسه میانگین پارامتر هدایت هیدرولیکی خاک در سطوح مختلف (فسیل، قدیمی و جدید)، موقعیت‌های مختلف (بالادست، میان‌دست و پایین‌دست)، و لندفرم‌های مختلف کانال‌ها و میاناب‌های (در سطوح فسیل و قدیمی)، پشته و فرورفتگی (در سطح جدید) انجام شد. نتایج نشان می‌دهد که هدایت هیدرولیک خاک در بخش‌های مختلف مخروطافکنه به علت تغییرات بافت خاک، مورفولوژی و فرایندهای سطح مخروطافکنه یکسان نیست، به طوری که درصد عناصر سیلت و رس در میاناب‌ها بیش‌تر از کانال‌هاست. در میاناب‌ها مقدار هدایت هیدرولیکی کمتر از کانال‌ها می‌باشد. یکی از دلایل این امر درصد بیشتر عناصر سیلت و رس موجود در میاناب‌ها نسبت به کانال‌هاست. همانگونه که مشخص است، خاک رس آب بیشتری را در خود نگه می‌دارد و هدایت هیدرولیکی خاک را کاهش می‌دهد. از طرفی فرایند غالب در کانال‌ها، برش و فرسایش می‌باشد که این مسئله در کاهش پارامترهایی مانند، رس و سیلت تاثیرگذار است. لذا هدایت هیدرولیکی خاک به دلیل بافت درشت این لندفرم در کانال‌ها بیشتر از میاناب‌ها است. به طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که هدایت هیدرولیکی خاک در مخروطافکنه مورد مطالعه تابع بافت خاک است و بافت خاک نیز تحت تاثیر لندفرم‌ها و فرایندهای ژئومورفولوژی سطح مخروط از یک طرف، و حرکت و شکل پذیری نمک از طرف دیگر است.

## References

- Alemi, M.H. (1981). Distribution of water and salt in soil under trickle and pot irrigation regimes. **Agricultural Water Management**, 3(3), 195-203. [https://doi.org/10.1016/0378-3774\(81\)90003-2](https://doi.org/10.1016/0378-3774(81)90003-2).
- Bahrami, S., & Ghahraman, K. (2019). Geomorphological controls on soil fertility of semi-arid alluvial fans: A case study of the Joghatay Mountains, Northeast Iran. **Catena**, 176, 145-158. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.016>
- Bahrami, S., Biramali, f., filekesh, E., & ghahraman, K. (2018). Evaluating the effect of geomorphology on the vegetation type and density of Foshtanq alluvial fans, Sabzevar. **Geography and Development**, 52, 193-210. doi: 10.22111/GDIJ.2018.4004. [In Persian].
- Blainey, J.B., & Pelletier, J.D. (2008). Infiltration on alluvial fans in arid environments: influence of fan morphology. **J. Geophys. Res**, 113, 1-18. doi:10.1029/2007JF000792, 2008.
- Cassel, DK., & Nielsen., D.R. (1986). Field capacity and available water capacity In: Klute, A., (ed). **Methods of soil analysis part 1: soil physical properties, Agron. Monogr, vol 9**. ASA and SSSApub: Madison, 901-926. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c36>
- Chen, X., Song, J., & Wang, W. (2010). Spatial variability of specific yield and vertical hydraulic conductivity in a highly permeable alluvial aquifer. **Journal of Hydrology**, 388, 379-388. doi:10.1016/j.jhydrol.2010.05.017.
- Ghasemi, A., Sarvati, MR., Bahrami, S., & Rahimzade, B. (2020). Evaluation of salt diapir activity in - Larestan Region Using From tectonic indices and SBAS time series method. **Quantitative Geomorphological Research**, 8 (4), 207-220. doi: 10.22034/GMPJ.2020.106431. [In Persian].
- Horel, A., Tóth, E., Gelybó, G., Kása, I., Bakacsi, Z., & Csilla Farkas, C. (2015). Effects of land use and management on soil hydraulic properties. **Open Geoscience**, 1, 742-754. <https://doi.org/10.1515/geo-2015-0053>.
- Jahani, S., Callot, J.P., Frizon de Lamotte, D., Letouzey, J., & Leturmy, P. (2007). The salt diapirs of the eastern Fars province (Zagros, Iran): a brief outline of their past and present. In: Lacombe, O., et al. (Eds.), **Thrust Belt and Foreland Basin**. Springer pub: Berlin, pp. 289-308.
- Kroetsch, D., Wang., & C. (2008). Particle size distribution. In: Carter, MR., Gregorich, EG., (eds). **Soil sampling and methods of analysis, 2nd edn**. CRC pub: Boca Raton, pp. 713-725.
- Mehrabi, A. (2019). The effects of different weather conditions on the mobility of salt masses using interferometry method of ASAR time series images (Case Study: Larestan Shah-gheyb Salt Dome). **Quantitative Geomorphological Research**, 51 (3), 513-528. doi:10.22059/JPHGR.2019.261855.1007253. [In Persian].
- Nosrati, K. (2013). Assessing soil quality indicator statistical techniques. **Environmental Monitoring and Assessment**, 185, 2895- 2907. doi: 10.1007/s10661-012-2758-y.
- Schwinning, S., Sandquist, D.R., Miller, D.M., Bedford, D.R., Phillips, S.L., & Belnap, J. (2011). The influence of stream channels on distributions. of *Larrea tridentata* and *Ambrosia dumosa* in the Mojave Desert, CA, USA: patterns, mechanisms and effects of stream redistribution. **Ecohydrology**, 4(1), 12-25. doi: 10.1002/eco.116.

- Skjemstad, J.O., & Baldock, J.A. (2008). Total and organic carbon. In: Carter, M.R., Gregorich, E.G. (Eds.). **Soil Sampling and Methods of Analysis, second ed.** CRC pub: Taylor & Francis Group, Boca Raton, pp. 225–237.
- Saxton, K.E., Rawls, W., Romberger, J.S., & Papendick, R.I. (1986). Estimating generalized soilwater characteristics from texture. **Soil sciencesociety of America Journal**, 50(4), 1031-1036. doi: 10.2136/sssaj1986.03615995005000040039.
- Wosten, J.H.M., Pachepsky, Y.A., & Rawls, W.J. (2001). Pedotranfer functions: Bridging the gap between available basic soil data and missing soil hydraulic characteristics. **Journal of Hydrology**, 251, 123–150. doi: 10.1016/S0022-1694(01)00464-4.
- Zelege, T.B., & Si, B.C. (2005). Scaling relationships between saturated hydraulic conductivity and soil physical properties. **SSSA J**, 69, 1691-1702. doi:10.2136/sssaj2005.0072.
- Yarahmadi, D., Yousefi, AH., & Divsar, I. (2015). Diaperism and its effects on soil and water resources (Case study: Shah Ghaib plain of Larestan), The first international congress on the development of agricultural sciences and natural resources. 2015 December 7, University of Wojciech, Poland <https://civilica.com/doc/449178>. [In Persian].

## Evaluation of the soil hydraulic conductivity and its relationship with the surface geomorphology of the Shah Ghaib alluvial fan in Larestan.

Seyyede Bayan Azizi<sup>1</sup>, Shahram Bahrami<sup>2\*</sup>, Somayeh Khaleghi<sup>3</sup>, Ahmadreza Mehrabian<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.  
E-mail: se\_azizi@sbu.ac.ir

<sup>2</sup> Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.  
E-mail: Sh\_Bahrami@sbu.ac.ir

<sup>3</sup> Department of Physical Geography, Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.  
E-mail: s\_khaleghi@sbu.ac.ir

<sup>4</sup> Faculty of Biological Sciences and Technology, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran.

Email: mehrabian.pe@gmail.com

### Abstract

In this study, the influence of geomorphological forms and processes of the alluvial fan surfaces on the soil hydraulic conductivity in the alluvial fan located in the southeast of Shah Ghaib Salt Dome, Larestan, was evaluated. First, the border of the study area alluvial fan was determined using Google Earth images and field observation. After identification of fan border and their surfaces (young, old and fossil), a total number of 72 soil samples in different positions (apex, middle, and toe), and different landforms (interfluvial, channel, bar, and swale) were collected to determine physico-chemical properties of soils. Soil hydraulic conductivity (K) was calculated based on the (Saxton et al., 1986) method. Then, the relationship of this parameter with soil texture, organic carbon, soil acidity, soil moisture percentage, and soil water retention was analyzed. The results showed that the hydraulic conductivity of the soil is higher in the channels and swales compared to the interfluvial and bars. Also, the mean of hydraulic conductivity of the soil is higher on the old surface than the fossil and young surfaces. The surface of interfluvial has higher clay% and silt% due to the long-term weathering of alluviums, resulting in increased soil hydraulic conductivity. The mean K value is higher in the toe (2.90) than in the middle (2.21) and apex (1.74) of the fan. The Soil hydraulic conductivity is not the same in different positions and landforms due to changes in soil texture, morphology, and surface processes of the alluvial fan. Overall, landforms, processes, and geomorphic positions of the alluvial fan surface affect the soil texture, and the soil texture is the main factor in the hydraulic conductivity changes of the studied alluvial fan surface.

**Keywords:** soil texture, Shah Ghaib, alluvial fan, hydraulic conductivity

### Introduction

Hydraulic conductivity is one of the characteristics of soil hydrodynamics, which plays an important role in the movement and transfer of water and solutes in the soil. Knowledge of its spatial and temporal changes is very essential for optimizing water and soil management. The amount of water infiltration in the soil of different parts of the alluvial fan is not the same due to the changes in soil texture, morphology, and surface processes of the alluvial fan. The purpose of this research is to investigate the influence of geomorphological forms and processes of the alluvial fan surfaces on the hydraulic conductivity of the soil in the alluvial fan located in the southeast of Shah Ghaib Salt Dome, Larestan.

### Material and Methods

First, the borders of the study area alluvial fans were determined using Google Earth images and field observation. After the identification of borders, surfaces, and geomorphological positions and landforms of the alluvial fan, a total number of 72 soil samples in different positions (apex, middle, and toe), and different landforms (interfluvial, channel, bar, and swale) were collected to determine physico-chemical

properties of soils. Soil hydraulic conductivity (K) was calculated based on the (Saxton et al, 1986) method. Then, the relationship of this parameter with soil texture, organic carbon, soil acidity, soil moisture percentage, and soil water retention was analyzed.

### **Discussion and results**

The presence of different processes in different surfaces of an alluvial fan, as well as the difference in the age of surfaces, makes their morphology different. The results showed that the hydraulic conductivity of the soil is higher in the channels and swales compared to the interfluves and bars. Due to the long-term weathering of alluvium, the surface of the interfluves has more clay and silt, which has resulted in the reduction of hydraulic conductivity of interfluves. Also, the hydraulic conductivity of the soil in the old surface is higher than in the fossil and young surfaces. The K value is higher in the toe (2.90) than in the middle (2.21) and apex (1.74) of the fan.

### **Conclusion**

In this research, the relationship between hydraulic conductivity and the geomorphology of the alluvial fan surfaces, as well as the effect of salt dome movement on the processes and forms of the alluvial fan and soil hydraulic conductivity have been investigated. The Soil hydraulic conductivity is not same in different positions and landforms due to changes in soil texture, morphology, and surface processes of the alluvial fan. Landforms, processes, and geomorphic positions of the alluvial fan surface affect the soil texture, and the soil texture is the main factor in the hydraulic conductivity changes of the studied alluvial fan surface. The results of this research can be used in the field of watershed management and environmental engineering.