

## تأثیر اجزاء ژئومورفیک دامنه بر فرسایش پذیری و کیفیت خاک (مطالعه موردی: حوضه آبریز هشتیان، دریاچه ارومیه)

میلاذ خضری - دانش آموخته کارشناسی ارشد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.  
کاظم نصرتی\* - استاد گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.  
سمیه خالقی - استادیار گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.  
زینب محمدی رایگانی - دانش آموخته دکتری گروه جغرافیای طبیعی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۲/۰۹      تأیید نهایی: ۱۴۰۰/۰۷/۱۵

### چکیده

کنترل فرسایش خاک و حفظ کیفیت خاک برای پایداری کشاورزی و محیط زیست ضروری است. تخریب کیفیت خاک ناشی از مسائلی از جمله تغییر کاربری اراضی، بیابان زایی، فرسایش خاک، آلودگی شیمیایی و کاهش حاصلخیزی خاک است. در میان این عوامل، فرسایش خاک به‌عنوان عامل مهمی در کاهش کیفیت و تخریب خاک در نظر گرفته می‌شود. از پارامترهای مهم و تأثیرگذار در فرسایش خاک مخصوصاً در مناطق کوهستانی، دامنه‌ها و بخش‌های مختلف آن است. اجزای مختلف دامنه (خط‌الراس، شانه، پشت دامنه، پای دامنه و پنجه دامنه) به‌طور مستقیم و غیرمستقیم بر فرسایش‌پذیری خاک و در نتیجه میزان کیفیت خاک، و تکوین و تکامل دامنه‌ها تأثیرگذار می‌باشند. از این رو هدف این تحقیق بررسی تأثیر اجزای ژئومورفیک دامنه بر فرسایش‌پذیری و کیفیت خاک در حوضه آبریز هشتیان می‌باشد. بنابراین از حوضه‌ی مورد مطالعه ۵۳ نمونه خاک از دامنه‌های حوضه برداشت شد. با انجام آزمایشات مربوطه ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی نمونه‌ها شامل سدیم، پتاسیم، فسفر کل، کربن آلی، هدایت الکتریکی، pH، آهک، وزن مخصوص ظاهری و حقیقی و بافت خاک مشخص شد. با استفاده از تحلیل واریانس ارتباط پارامترهای اندازه‌گیری شده با اجزای ژئومورفیک دامنه مشخص شد. نتایج نشان داد که فقط پارامتر پتاسیم دارای ارتباط معنادار با اجزاء دامنه می‌باشد ( $P=0/017$ ). همچنین کیفیت خاک در خط‌الراس و پای دامنه به ترتیب با مقدار ۵/۹۶ و ۵/۶ بهتر از سایر بخش‌های دامنه می‌باشد و شانه‌ی دامنه با مقدار ۰/۳۸ فرسایش‌پذیری بالاتری نسبت به سایر بخش‌های دامنه به دلیل وجود شیب زیاد دارد.

واژگان کلیدی: کیفیت خاک، فرسایش خاک، اجزاء ژئومورفیک دامنه، حوضه آبریز هشتیان.

## مقدمه

خاک یکی از با ارزش ترین ثروت های ملی هر کشور است (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱). در بحث خاک با دو مقوله ای اساسی یعنی کیفیت خاک و فرسایش خاک روبرو هستیم. کیفیت خاک اهمیت زیادی در ارزیابی وضعیت حاصلخیزی و فیزیکی خاک دارد و در تعیین آن باید ویژگی های فیزیکی، حاصل خیزی و شیمیایی خاک لحاظ شود (امامی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱). کیفیت خاک ظرفیت نوع مشخصی از خاک برای کاربرد آن در زیست بوم های طبیعی یا مدیریت شده است به گونه ای که اهداف: ۱) تولید پایدار محصول گیاهی و جانوری (۲) حفظ یا افزایش کیفیت آب و هوا (۳) تامین سلامت و سکونتگاه انسان را تامین می نماید (صوفی، ۱۳۹۴: ۱۴). خاک ها به طور طبیعی از نظر انجام این وظایف متفاوت بوده، بنابراین کیفیت هر نوع خاک ویژه همان خاک است. توابع و رفتارهای که کیفیت خاک را مشخص می سازد عبارتند از توانایی خاک در: ۱- پذیرش، نگهداری و آزادسازی عناصر غذایی و سایر ترکیبات شیمیایی، ۲- پذیرش، نگهداری و آزادسازی آب مورد نیاز گیاه، کاهش رواناب سطحی و تقویت آب زیرزمینی، ۳- تقویت و حفظ رشد ریشه، ۴- حفظ زیستگاه موجودات زنده خاک و ۵- واکنش به عملیات مدیریتی و مقاومت در مقابل تخریب خاک (صوفی، ۱۳۹۴: ۱۴؛ پیرس و لارسون<sup>۱</sup>، ۱۹۹۱).

بطور کلی می توان گفت فرسایش یعنی کنده شدن و انتقال ذرات خاک از محلی به محل دیگر که این عمل ممکن است به وسیله ی آب یا باد صورت گیرد (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱). تمامی پیامدهای فرسایش خاک حاصل برهم کنش عوامل اقلیمی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و مدیریت اراضی می باشند. به عبارتی هر اقدامی که باعث ایجاد فرسایش خاک شود، عامل آغاز اثرات درون و برون منطقه ای آن خواهد بود. برخی از عوامل موثر در فرسایش خاک تحت مدیریت انسان بوده و برخی دیگر ویژگی های طبیعی منطقه هستند و فعالیت های انسان نقش ثانویه در تاثیرگذاری آنها دارند (شهرپور و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۹). از این رو فرسایش خاک یک مشکل جهانی در قرن بیست و یکم می باشد (لال<sup>۲</sup>، ۲۰۱۵: ۲). نرخ فرسایش سالانه در دنیا ۰/۵ تا ۳۵۰ تن در هکتار می باشد (شیرزادی، ۱۳۹۳: ۵). هم چنین فرسایش خاک یکی از مهم ترین مشکلات زیست محیطی در حوضه های آبریز ایران است. با توجه به تغییر کاربری اراضی در ایران، فرسایش بین سال های ۱۹۵۱ تا سال ۲۰۰۲، ۸۰۰ درصد افزایش یافته است (نصرتی<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۱۵: ۱).

یکی از لندفرم های مهم و تاثیر گذار در فرسایش خاک، چگونگی توزیع، مقدار و شدت آن و همچنین سرعت تخریب و فرسایش دامنه ها می باشند. اجزای مختلف دامنه (خط الراس، شانه، پشت دامنه، پای دامنه و پنجه دامنه) در پیدایش و تکامل خاک اهمیت داشته و نقش مهمی در فرایندهای ژئومورفولوژیک مانند میزان فرسایش و در نتیجه میزان هدررفت کربن آلی خاک دارد. بنابراین اجزا دامنه به طور بالقوه در معرض فرایندهای فرسایش سطحی و زیر سطحی هستند (نصرتی، ۲۰۱۷: ۱). این موضوع باعث بررسی مسئله ی فرسایش خاک در سراسر جهان توسط پژوهشگران مختلف شده است که از جمله می توان به پژوهش های زیر اشاره کرد:

ایوبی<sup>۴</sup> و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی اثر تخریب مرتع بر کیفیت خاک بر دامنه های کوهستانی استان چهارمحال و بختیاری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کشت طولانی مدت به همراه تخریب مرتع به کاهش کیفیت خاک در محدوده مورد مطالعه منجر شده است. نبی اللهی<sup>۵</sup> و همکاران (۲۰۱۸) در پژوهشی به بررسی اثرات شیب و کاربری اراضی بر کیفیت خاک استان کردستان پرداختند و به این نتیجه رسیدند که مناطق دارای شیب بیشتر از ۱۰٪، بیش ترین میزان فرسایش خاک و

<sup>1</sup>- Larson and Pierce

<sup>2</sup>- Lal

<sup>3</sup>- Nosrati

<sup>4</sup>- Ayoubi

<sup>5</sup>-Nabiollahi

کم‌ترین درصد کیفیت خاک را دارند و همچنین تلفات خاک در مراتع بیشتر از زمین‌های کشاورزی در استان کردستان بوده است. گرجی و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی کمی کیفیت خاک در کاربری‌های باغ، مرتع، زراعت آبی، زراعت دیم و اراضی رها شده در جنوب شرق قزوین پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کاربری‌های باغ و مرتع به ترتیب بیشترین مقدار شاخص کیفیت تجمعی و شاخص کیفیت نمو را به خود اختصاص دادند. واعظی و همکاران (۱۳۹۵) خصوصیات هیدرولیکی کاربری‌های مختلف را در حوضه تهم چای زنجان مورد ارزیابی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که مراتع کمترین میزان نفوذپذیری خاک را دارد بطوری که میانگین نفوذ در آن نسبت به کاربری‌های کشت آبی و دیم به ترتیب ۸۶ و ۶۶ درصد کمتر بود. حیدری همکاران (۱۳۹۶) به ارزیابی فرسایش قابل تحمل خاک در مقیاس حوضه آبخیز بر اساس باروری خاک و کیفیت خاک در حوضه حاجی قوشان استان گلستان پرداختند و به این نتیجه رسیدند مقدار فرسایش قابل تحمل محاسبه شده برای منطقه مورد مطالعه با استفاده از مدل شاخص باروری  $9/2$  و براساس عمق و کیفیت خاک حدود  $10/2$  تن بر هکتار در سال برآورد شد. عالی‌نژادیان بید آبادی و کیانی (۱۳۹۶) خاک‌های کاربری‌های موجود در منطقه‌ی خرمرود همدان (مرتع، زراعی، باغی، و دو منطقه‌ی رها شده و حفاظت شده) از لحاظ برخی شاخص‌های فیزیکی مورد بررسی قرار دادند. نتایج به دست آمده بیانگر تفاوت معنی‌دار (در سطح اطمینان  $0/05$  درصد) تمام شاخص‌ها در کاربری‌های مختلف بود. به طوری که رطوبت ( $0/14$ )، میانگین وزنی قطر خاکدانه ( $mm/0/54$ ) و تخلخل ( $0/5$  درصد) در کاربری‌های باغی بالاترین میزان بود.

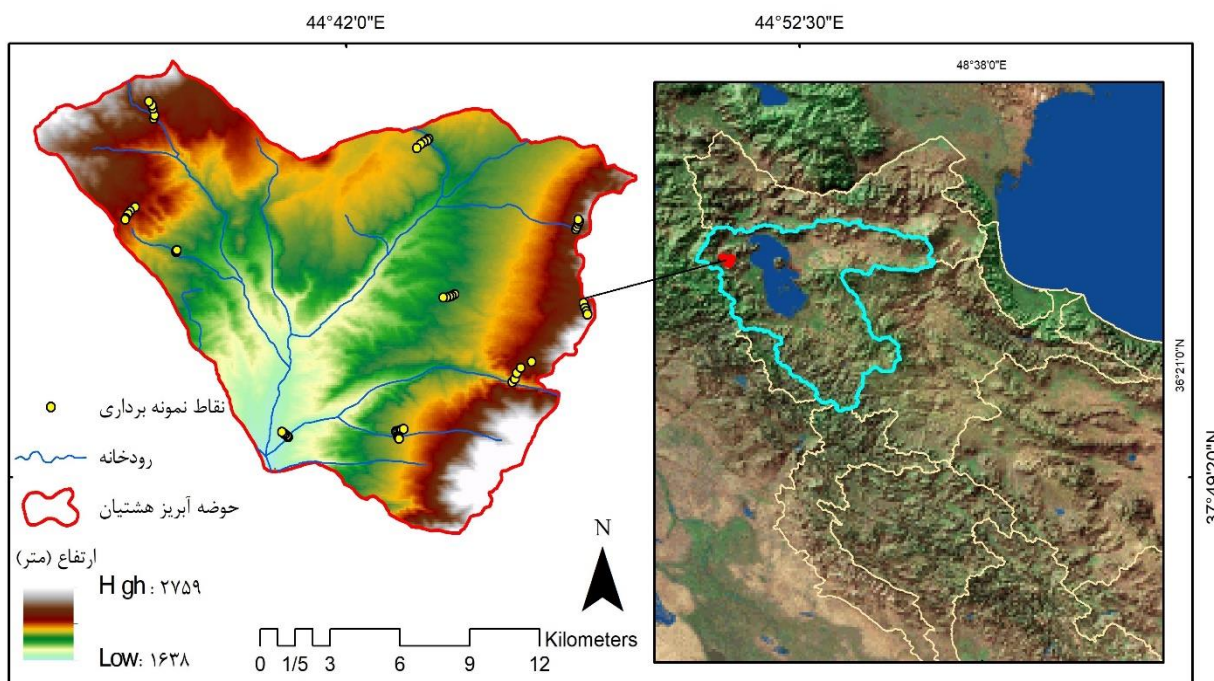
مطالعات، آمار و شواهد نشان می‌دهد که بیشتر خاک‌ها با شدت زیادی در حال فرسایش بوده و این امر خسارات جبران ناپذیری در پی خواهد داشت. با توجه به اینکه خاک منبع اصلی و بنیادین زندگی انسان در امنیت غذایی محسوب می‌گردد (لال و بلانکو، ۲۰۰۸) و با توجه به خسارات جبران ناپذیر ناشی از فرسایش خاک، حفاظت خاک و کنترل فرسایش امری ضروری است (فروزان، ۱۳۹۱). در حوضه آبخیز هشتیان نیز به دلیل شرایط طبیعی و دخالت‌های انسانی و تنوع کاربری اراضی بسیار حساس به فرسایش و بهره‌برداری نامناسب از اراضی، کشت و کار بر روی اراضی شیب‌دار، عدم رعایت اصول عملیات حفاظت خاک، چرای بیش از حد دام موجب افزایش شدت فرسایش، کاهش حاصلخیزی خاک و افزایش رواناب در حوضه و در نهایت ایجاد آلودگی منابع آب و مشکلات زیست محیطی گردیده است. از این رو با توجه به اینکه حوضه آبخیز هشتیان دارای دامنه‌های زیاد با مقیاس‌های مختلف می‌باشد، ضروری است که مناطق درگیر با فرسایش شناسایی شود و اقدامات آبخیزداری لازم در حوضه انجام شود. از آنجا که انجام عملیات آبخیزداری بدون آگاهی کامل از عامل اصلی فرسایش خاک امکان‌پذیر نیست یا لااقل در صورت امکان مقرون به صرفه نیست باید ابتدا عناصر اصلی تاثیرگذار بر فرسایش را شناسایی کرده و سپس اقدامات آبخیزداری مناسب با منطقه را در آن پیاده کرد. با توجه به اینکه تاثیر اجزاء مختلف دامنه بر کیفیت خاک و فرسایش‌پذیری خاک در تحقیقات، کمتر مورد توجه قرار گرفته، به همین دلیل پژوهش حاضر با هدف تعیین شاخص کیفیت خاک و فرسایش‌پذیری خاک در هر بخش از دامنه در حوضه آبریز هشتیان از طریق بررسی پارامترهای مربوط به ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و با استفاده از تحلیل‌های آماری صورت گرفت.

## مواد و روش‌ها

### منطقه‌ی مورد مطالعه

حوضه آبریز هشتیان در استان آذربایجان غربی، شهرستان ارومیه واقع شده است که در غرب دریاچه ارومیه قرار دارد. حوضه آبریز هشتیان بین  $44$  درجه و  $31$  دقیقه تا  $44$  درجه و  $52$  دقیقه عرض شمالی و  $37$  درجه و  $55$  دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). مساحت حوضه آبریز هشتیان  $21222$  هکتار، حداکثر ارتفاع  $2759$  متر و حداقل ارتفاع  $1639$

متر می‌باشد. شیب در منطقه‌ی مورد مطالعه از اطراف حوضه به میانه‌های حوضه به تدریج کاهش پیدار می‌کند که ارتفاع نیز به همین صورت است بطوری که بیشترین میزان شیب، شیب ۲۰-۰ درجه و بیشترین میزان ارتفاع، ارتفاع ۲۰۰۰-۱۸۰۰ متر می‌باشد. سه نوع کاربری اراضی شامل زمین‌های زراعی (کشاورزی آبی، کشاورزی دیم)، مرتع و باغ در حوضه آبریز هشتیان وجود دارد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیایی حوضه آبریز هشتیان و نقاط نمونه برداری خاک

### نمونه برداری

در این پژوهش از بخش‌های اصلی دامنه (خط‌الراس، شانه دامنه، پشت دامنه، پای دامنه، پنجه دامنه) تعداد ۵۳ نمونه (۱۰ نمونه از بخش خط‌الراس، ۱۱ نمونه از بخش شانه دامنه، ۱۱ نمونه از بخش پای دامنه، ۱۰ نمونه از بخش پنجه دامنه) از دامنه‌های اصلی در سطح حوضه آبریز هشتیان از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر خاک برداشت گردید (شکل ۱) و مختصات هر نقطه با دستگاه GPS ثبت شد. همچنین از رینگ مخصوص نمونه برداری جهت برداشت نمونه‌های دست نخورده و تعیین وزن مخصوص ظاهری استفاده شد.

### آنالیزهای آزمایشگاهی

در این مطالعه، ویژگی‌هایی از خاک مورد توجه قرار گرفتند که اغلب تحت تاثیر بخش‌های مختلف یک دامنه قرار می‌گیرند. پس از خشک شدن، نمونه‌ها با استفاده از الک دو میلی‌متری، الک شده و ویژگی‌های فیزیکی شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ظاهری با استفاده از برداشت نمونه‌های دست نخورده به وسیله رینگ نمونه برداری، تعیین حجم نمونه و سپس تقسیم آن بر وزن نمونه اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص حقیقی به روش وزنی و با اضافه کردن ۱۰ گرم خاک خشک درون استوانه، با حجم مشخص از آب و میزان جابجایی آن و تقسیم وزن خاک بر میزان جابجایی به دست آمد. تخلخل خاک از طریق محاسبه درصد منافذ موجود در خاک مشخص شد. بافت خاک از طریق روش هیدرومتری تعیین گردید (کروئتس<sup>۱</sup>، ۲۰۰۸: ۷۱۳). کربن آلی از طریق روش والکی - بلک اندازه‌گیری شد (واحدی و مقصودی، ۱۳۹۶:

<sup>۱</sup>- Kroetsch

۵: میلاراپو<sup>۱</sup>، ۲۰۱۴). pH و هدایت الکتریکی به وسیله دستگاه pH متر و EC متر تعیین شد (نصرتی و مجدی، ۱۳۹۶). میزان سدیم و پتاسیم با استفاده از عصاره ۱:۱ خاک با استفاده از دستگاه فیلم‌فوتومتر به دست آمد (نصرتی و مجدی، ۱۳۹۴: ۴؛ هالد<sup>۲</sup>، ۱۹۴۷). ظرفیت رطوبت اشباع از تفاضل وزن کل اشباع، قبل و بعد از خشک کردن در آون به دست آمد. آب قابل دسترسی نمونه‌ها با استفاده از دستگاه فشار آب خاک تعیین شد. ابتدا نمونه‌های خاک درون رینگ‌ها یا استوانه‌های روی صفحه‌ی دستگاه ریخته شد و با افزودن آب به حالت اشباع رسید، سپس دستگاه برای فشارهای ۱۵ و ۰/۰۱ بار در فشار یک سوم بار تنظیم و مدت ۲۴ ساعت بعد نمونه‌ها وزن شد و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد در آون قرار داده شد و در نهایت بر اساس وزنی، رطوبت نمونه‌ها تعیین شد که از تفاضل آنها آب قابل دسترسی محاسبه شد (نصرتی و مجدی، ۱۳۹۶: ۴). مقدار آهک موجود در خاک از طریق انحلال اسیدی و اندازه‌گیری گاز دی اکسید کربن آزاد شده به دست آمد (نصرتی و مجدی، ۱۳۹۶: ۴). و در نهایت اندازه‌گیری فسفر به روش اسپکتروفتومتری انجام گرفت (دا آنجلو<sup>۳</sup> و همکاران، ۲۰۰۱؛ نصرتی و مجدی، ۱۳۹۶: ۴)

### شاخص کیفیت خاک و فرسایش پذیری خاک

در این تحقیق به طور عمده در تمام مراحل بررسی‌ها از تکنیک‌های آماری چند متغیره مانند تحلیل عامل‌ها به روش تجزیه مولفه‌های اصلی و آزمون واریانس<sup>۴</sup> استفاده گردید. پیش از انجام هر یک از آنها ابتدا برای بررسی تاثیر اجزاء دامنه بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، کیفیت خاک و فرسایش خاک از آزمون تحلیل واریانس استفاده شد. روش تصمیم‌گیری در روش تحلیل واریانس بر اساس مقدار آماره F و مقدار P است. تمام آزمون‌های انجام شده در این تحقیق در سطح معنی‌داری ۰/۰۵ در نظر گرفته شده است. فرض برابری میانگین‌ها در صورتی که مقدار P کمتر از ۰/۰۵ باشد، پذیرفته نخواهد شد. انجام محاسبات آماری توسط نرم افزار IBM SPSS انجام شد.

شاخص کیفیت خاک<sup>۵</sup> به روش مجموعه حداقل داده‌ها (Minimum Data Set) طی چند مرحله تعیین شد (اندروز<sup>۶</sup> و همکاران، ۲۰۰۳-۵). در مرحله اول تحلیل عاملی روی متغیرها انجام شد. در این تحلیل، عامل‌هایی که دارای مقادیر ویژه بیشتر از یک بودند تعیین شده و بر اساس وزن خصوصیات خاک در هر عامل و مقدار اشتراک آنها، حداقل خصوصیات خاک تعیین گردید. در این تحقیق ۱۰ درصد بیشترین بار وزنی ملاک انتخاب خصوصیات خاک بود. چنانچه درون یک عامل یا مولفه تنها یک متغیر بود، تنها همان خصوصیت به عنوان متغیر مربوط به آن عامل یا مولفه انتخاب شد. چنانچه یک مولفه دارای متغیرهای متعدد بود ابتدا همبستگی آن بررسی شد و چنانچه همبستگی بالا (کمتر از ۰/۶) بین آنها وجود نداشته باشد، تمامی متغیرها در مجموعه داده حفظ گردید. از بین متغیرهایی که همبستگی بالا دارند، مجموع همبستگی با بقیه محاسبه می‌گردد و متغیری که بیشترین همبستگی را دارد انتخاب می‌گردد (نصرتی و مجدی، ۱۳۹۶: ۵). در مرحله بعد خصوصیات انتخابی در مرحله قبل بر اساس این که از چه تابعی پیروی می‌کنند (هر چه بیشتر بهتر، هر چه کمتر بهتر و یا مقدار بهینه) بین مقادیر صفر و یک امتیازبندی شدند. در مرحله آخر عامل‌های انتخابی بر اساس میزان توجیه واریانس هر یک از فاکتورها وزن دهی شدند. بطوری که مقدار توجیه واریانس هر یک از عامل‌ها بر واریانس کل توجیهی توسط تمامی عامل‌ها با مقادیر ویژه بیش از یک تقسیم شده و وزن هر یک از متغیرها تعیین شد در نهایت شاخص کیفیت خاک با استفاده از رابطه (۱) تعیین شد.

<sup>1</sup> - Mylavarapu

<sup>2</sup> - Hald

<sup>3</sup> -D'Angelo

<sup>4</sup> - ANOVA

<sup>5</sup> -Soil quality index

<sup>6</sup> - Andrews

$$SQI = \frac{\sum_{i=1}^n W_i S_i}{n} * 10 \quad (1)$$

که SQI شاخص کیفیت خاک،  $W_i$  وزن هر یک از فاکتورها،  $S_i$  امتیاز هر یک از معیارهای موثر در کیفیت خاک و  $n$  تعداد فاکتورهای مجموعه حداقل داده می‌باشد.

فرسایش‌پذیری خاک از رابطه‌ی ویشمایر محاسبه شده است. در این رابطه نیاز به آزمایش خاک و تهیه فاکتورهای درصد شن و سنگریزه، نفوذپذیری، مواد آلی و ساختمان خاک است (نصرتی و همکاران، 2011: 8) که فرمول آن به صورت زیر است:

$$K = ((2.1 * 10^{-4} M^{(1.14)} (12-a)) + (3.25(b-2))) + (2.5(c-3)/759) \quad (2)$$

$$M = (V.F.Sand + sand) * (100 - Ac)$$

که  $K$  عامل فرسایش‌پذیری خاک،  $Ac$  رس،  $a$  مواد آلی،  $b$  ساختار خاک و  $c$  کد نفوذپذیری می‌باشد که بر اساس ویژگی‌های خاک به دست می‌آید. در نهایت شاخص کیفیت خاک و فرسایش‌پذیری خاک در بخش‌های مختلف دامنه با استفاده از تحلیل واریانس مقایسه و ارتباط بخش‌های مختلف دامنه از آزمون Post-hoc و روش توکی تحلیل شدند.

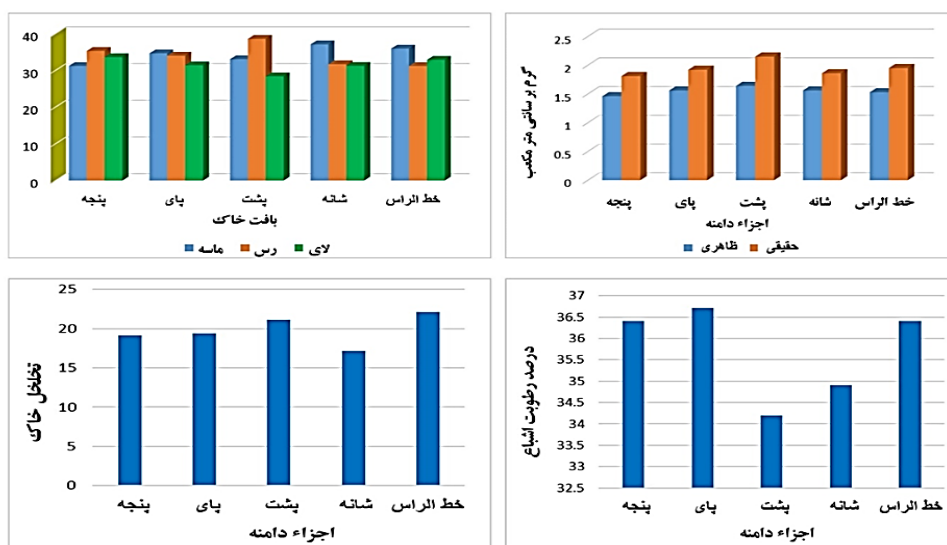
### نتایج و بحث

برای بررسی تأثیر اجزاء ژئومورفیک دامنه بر کیفیت خاک از آزمون تحلیل واریانس استفاده شد که روش تصمیم‌گیری در آن بر اساس مقدار آماره  $F$  و همچنین مقدار  $P$  است. در جدول ۱ نتیجه تحلیل آزمون آماری واریانس بر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک در اجزاء ژئومورفیک دامنه آمده است. نتایج به دست آمده از جدول ۱ نشان می‌دهد که اجزاء ژئومورفیک دامنه در بین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی فقط بر میزان پتاسیم با مقدار  $P=0/017$  تأثیرگذار است. بدین معنی که بخش‌های مختلف دامنه فقط بر میزان پتاسیم تأثیرگذار می‌باشد و تغییر میزان آن با بخش‌های مختلف دامنه دارای رابطه معنادار می‌باشد. سایر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با توجه به مقدار بالای  $P$  (بیشتر از  $0/05$ ) دارای ارتباط معنادار با اجزاء ژئومورفیک دامنه نمی‌باشند.

جدول ۱: نتیجه تحلیل آزمون آماری واریانس بر اساس اجزای ژئومورفیک دامنه

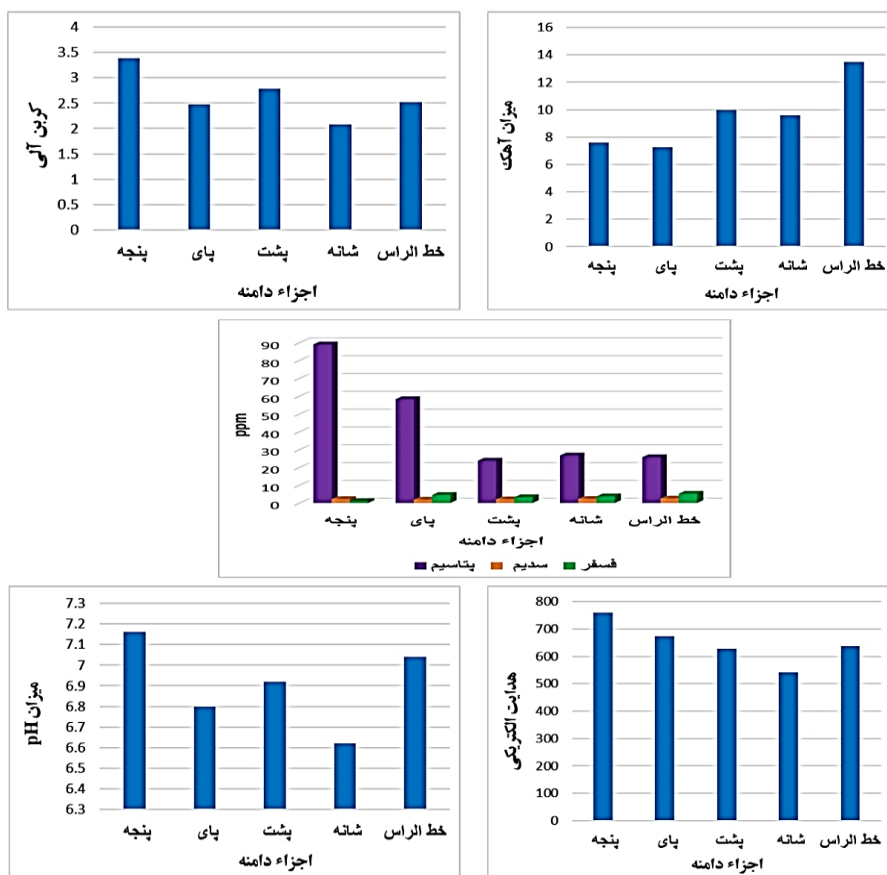
ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی	متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F آماره	P مقدار
وزن مخصوص ظاهری	بین گروهی	0/178	4	0/045	0/671	0/615
	درون گروهی	3/183	48	0/066		
	کل	3/361	52			
وزن مخصوص حقیقی	بین گروهی	0/739	4	0/185	1/621	0/184
	درون گروهی	5/471	48	0/114		
	کل	6/210	52			
تخلخل خاک	بین گروهی	156/808	4	39/202	0/248	0/909
	درون گروهی	7577/823	48	157/871		
	کل	7734/631	52			

۰/۹۵۵	۰/۱۶۶	۵۶/۷۱۵	۴	۲۲۶/۸۶۱	بین گروهی	ماسه
		۳۴۲/۳۴۴	۴۸	۱۶۴۳۲/۵۰۷	درون گروهی	
			۵۲	۱۶۶۵۹/۳۶۸	کل	
۰/۶۰۹	۰/۶۸۰	۹۶/۴۶۷	۴	۳۸۵/۸۶۷	بین گروهی	رس
		۱۴۱/۸۴۲	۴۸	۶۸۰۸/۴۰۲	درون گروهی	
			۵۲	۷۱۹۴/۲۶۹	کل	
۰/۸۲۶	۰/۳۷۴	۴۲/۹۷۳	۴	۱۷۱/۸۹۳	بین گروهی	لای
		۱۱۴/۷۸۳	۴۸	۵۵۰۹/۵۷۹	درون گروهی	
			۵۲	۵۶۸۱/۴۷۲	کل	
۰/۲۵۱	۱/۳۹۲	۲/۴۳۸	۴	۹/۷۵۲	بین گروهی	کربن آلی
		۱/۷۵۲	۴۸	۸۴/۰۸۰	درون گروهی	
			۵۲	۹۳/۸۳۲	کل	
۰/۱۴۹	۱/۷۷۹	۰/۴۵۶	۴	۱/۸۲۴	بین گروهی	pH
		۰/۲۵۶	۴۸	۱۲/۳۰۷	درون گروهی	
			۵۲	۱۴/۱۳۱	کل	
۰/۶۳۶	۰/۶۴۱	۶۵۶۱۷/۱۵۶	۴	۲۶۲۴۶۸/۶۲۲	بین گروهی	هدایت الکتریکی
		۱۰۲۳۴۶/۸۶۱	۴۸	۴۹۱۲۶۴۹/۳۰۷	درون گروهی	
			۵۲	۵۱۷۵۱۱۷/۹۲۹	کل	
۰/۹۱۶	۰/۲۳۷	۰/۵۱۵	۴	۲/۰۶۱	بین گروهی	سدیم
		۲/۱۷۵	۴۸	۱۰۴/۴۲۳	درون گروهی	
			۵۲	۱۰۶/۴۸۴	کل	
۰/۰۱۷	۳/۳۶۴	۸۴۰۲/۲۲۵	۴	۳۳۶۰۸/۹۰۰	بین گروهی	پتاسیم
		۲۴۹۷/۳۲۹	۴۸	۱۱۹۸۷۱/۷۷۶	درون گروهی	
			۵۲	۱۵۳۴۸۰/۶۷۵	کل	
۰/۸۵۰	۰/۳۳۹	۱۳/۲۰۱	۴	۵۲/۸۰۵	بین گروهی	رطوبت اشباع
		۳۸/۹۶۴	۴۸	۱۸۷۰/۲۷۷	درون گروهی	
			۵۲	۱۹۲۳/۰۸۲	کل	
۰/۴۱۰	۱/۰۱۳	۶۲/۵۸۶	۴	۲۵۰/۳۴۵	بین گروهی	آهک
		۶۱/۷۷۴	۴۸	۲۹۶۵/۱۶۳	درون گروهی	
			۵۲	۳۲۱۵/۵۰۷	کل	
۰/۶۸۴	۰/۵۷۳	۲۴/۸۸۱	۴	۹۹/۵۲۶	بین گروهی	فسفر
		۴۳/۴۴۴	۴۸	۲۰۸۵/۳۲۶	درون گروهی	
			۵۲	۲۱۸۴/۸۵۲	کل	



شکل ۳: ویژگی‌های فیزیکی خاک

همچنین میزان پراکنش هر یک از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی در شکل های ۳ و ۴ آمده است. با توجه به شکل های ۳ و ۴، می‌توان به این نتیجه رسید که درصد رطوبت اشباع و پتاسیم و تغییرات این دو ویژگی از خاک بیشتر تحت تأثیر شیب منطقه قرار دارد.



شکل ۴: ویژگی‌های شیمیایی خاک



بر اساس روش تحلیل عامل‌ها با استفاده از تجزیه مولفه‌های اصلی ۴ عامل دارای مقادیر ویژه بیش از یک بودند (جدول ۲). بر اساس بار عاملی هر یک از خصوصیات خاک در هر عامل، حداقل مجموعه داده تعیین گردید. در این پژوهش ۱۰ درصد بیشترین بار وزنی عامل‌ها ملاک انتخاب اولیه متغیرها بود. عامل اول با توجه بیش از ۲۳ درصد از مجموع کل واریانس دارای بار عاملی مثبت با خصوصیات کربن آلی و سدیم دارای همبستگی معنی‌دار با هم هستند، بنابراین ویژگی سدیم که دارای بیشترین بار عاملی است به عنوان معیار در مجموعه حداقل داده‌ها انتخاب گردید. عامل دوم با توجه میزان واریانس معنی‌دار ۲۲/۲۲ درصد از مجموع کل واریانس دارای بار عاملی مثبت قوی با خصوصیات وزن مخصوص ظاهری و رس می‌باشد. با توجه به اینکه خصوصیات وزن مخصوص ظاهری و رس دارای همبستگی معنی‌دار با هم هستند، بنابراین ویژگی رس که دارای بیشترین بار عاملی است نیز به عنوان معیار در مجموعه حداقل داده‌ها انتخاب گردید. در عامل سوم با توجه ۲۱/۷۰ درصد از مجموع کل واریانس و با توجه به عدم همبستگی معنادار ویژگی‌های وزن مخصوص حقیقی و فسفر، لذا هر دو ویژگی خاک نیز به عنوان معیار در مجموعه حداقل داده‌ها انتخاب گردید. عامل چهارم با توجه میزان ۱۳/۲۸ درصد از مجموع کل واریانس دارای بار عاملی مثبت قوی با میزان درصد رطوبت اشباع می‌باشد. با توجه به اینکه درصد رطوبت اشباع تنها ویژگی با بیشترین بار عاملی است بنابراین درصد رطوبت اشباع نیز به عنوان معیار در مجموعه حداقل داده‌ها شناخته شد.

جدول ۲: نتیجه تحلیل عاملی و بار عامل‌ها بر اساس چرخش واریماکس

بار عاملی حاصل از چرخش دورانی واریماکس				
PC 4	PC 3	PC 2	PC 1	مجموعه‌ی پارامترها
-۰/۰۹۰	۰/۰۵۰	-۰/۸۲۸	-۰/۴۹۵	وزن مخصوص ظاهری
-۰/۴۴۴	۰/۸۱۰	-۰/۰۴۷	-۰/۱۸۶	وزن مخصوص حقیقی
-۰/۰۳۱	۰/۶۵۸	۰/۶۵۶	۰/۲۶۰	تخلخل خاک
۰/۸۰۳	-۰/۱۰۹	۰/۳۵۳	-۰/۳۲۷	درصد رطوبت اشباع
-۰/۰۹۲	۰/۲۸۷	-۰/۷۲۵	-۰/۵۱۰	ماسه
۰/۰۲۸	-۰/۱۰۴	۰/۸۵۸	۰/۰۵۲	رس
۰/۱۰۱	-۰/۲۹۵	۰/۰۹۹	۰/۶۶۸	لای
-۰/۳۷۹	۰/۵۴۴	-۰/۵۱۶	-۰/۵۱۶	pH
۰/۳۷۹	-۰/۷۱۴	۰/۱۳۷	۰/۴۵۴	هدایت الکتریکی
۰/۷۷۳	-۰/۰۹۹	-۰/۰۸۶	-۰/۳۰۳	آهک
۰/۲۲۳	-۰/۶۳۸	۰/۲۹۰	۰/۳۶۴	پتاسیم
-۰/۰۳۳	۰/۰۷۴	۰/۱۶۷	۰/۸۶۰	سدیم
۰/۳۸۶	۰/۸۰۱	-۰/۱۴۴	۰/۰۹۰	فسفر
-۰/۰۷۳	-۰/۱۳۹	۰/۳۷۷	۰/۸۱۴	کربن آلی
۱۳/۲۸۷	۲۱/۷۰۲	۲۲/۲۲۶	۲۳/۳۵۱	درصد واریانس
۸۰/۵۶۶	۶۷/۲۷۹	۴۵/۵۷۷	۲۱/۳۵۱	واریانس تجمعی

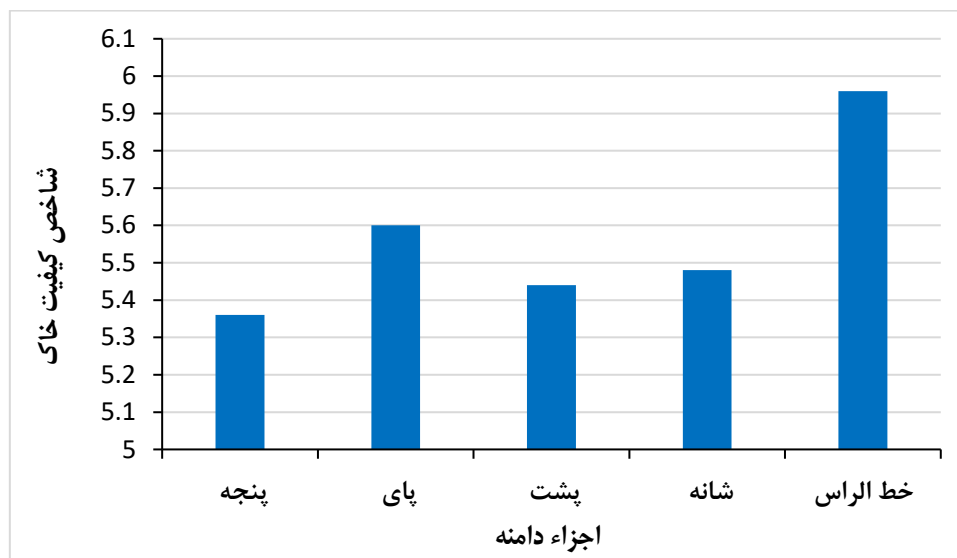
داده‌های معیارهای حداقل مجموعه داده بر اساس اینکه از چه تابعی پیروی می‌کنند نرمال‌سازی یا امتیازدهی شدند به طوری که برای فسفر و درصد رطوبت اشباع تابع هر چه بیشتر بهتر، در نظر گرفته شد و مقادیر فسفر و درصد رطوبت اشباع برای هر یک از نمونه‌ها بر مقدار حداکثر مشاهده شده در بین نمونه‌ها تقسیم شد. برای سدیم و وزن مخصوص حقیقی تابع هر چه کمتر بهتر، در نظر گرفته شد و مقدار حداقل مشاهده شده در بین نمونه‌ها بر مقادیر سدیم و وزن مخصوص حقیقی تقسیم شد. برای معیار رس تابع مقدار بهینه لحاظ شد و تا حد آستانه (صدک ۵۰) از تابع بیشتر بهتر، و بعد از آن از تابع کمتر بهتر در نظر گرفته شد و امتیازدهی شد. نتایج روش خطی امتیازدهی یا نرمال‌سازی متغیرها به طور شدید بستگی به واریانس هر یک متغیرها دارد، زیرا هر مشاهده بخشی از مشاهده حداکثر یا حداقل معیارها بسته به رویکرد بیشتر بهتر است یا کمتر بهتر است دارد. وزن‌های عامل‌ها با استفاده از نسبت میزان درصد توجیه واریانس هر یک از عامل‌ها به واریانس کل توجیهی توسط تمامی عامل‌های تجزیه مولفه‌های اصلی با آماره مقادیر ویژه بیش از یک تعیین شد. در نهایت شاخص ارزیابی کیفیت خاک (SQI) به منظور ارزیابی درجات کیفیت برای تمامی فاکتورهای موثر بر کیفیت خاک به صورت رابطه‌ی (۳) ارائه یافت.

$$(۳) \quad SQI = 0.29 Na\% + 0.27 Clay\% + 0.27 PD\% + 0.27 P\% + 0.16 SP\%$$

در این رابطه SQI شاخص کیفیت خاک، Na امتیاز معیار سدیم، Clay امتیاز معیار رس، PD امتیاز معیار وزن مخصوص حقیقی، P امتیاز معیار فسفر و SP امتیاز معیار درصد رطوبت اشباع می‌باشد. در نهایت کیفیت خاک محاسبه شده با استفاده از آزمون آماری واریانس در بخش‌های مختلف دامنه در حوضه آبریز هشتیان مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). نتایج حاصل از جدول ۳ نشان می‌دهد که بخش‌های مختلف دامنه با مقدار  $P = 0.793$  بر کیفیت خاک اثرگذار نیست و تغییر میزان آن با بخش‌های مختلف دامنه دارای رابطه معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین با توجه به شکل ۵ بر اساس آزمون Post-hoc و به روش توکی مشخص مقادیر میانگین کیفیت خاک در بخش خط‌الراس دامنه بهتر از سایر بخش‌های دامنه می‌باشد. در بین پنج جزء دامنه‌های حوضه آبریز هشتیان، دو بخش خط‌الراس و پای دامنه دارای خاک با کیفیت‌تر نسبت به بخش‌های پشت، شانه و پنجه دامنه می‌باشد. از طرفی، خط‌الراس در منطقه به صورت هموار و شیب کم بوده، پس با نفوذ آب و تامین رطوبت، خاک تکامل بیشتری یافته و دارای پوشش گیاهی بهتری است و در عین حال فرسایش خاک کمتر و کیفیت خاک بهتر است. همچنین در بخش پای دامنه با شکست شیب، نفوذ آب بیشتر و پوشش گیاهی بهتر است که موجب تکامل خاک شده و در اثر رسوب و ته‌نشین شدن خاک فرسایش یافته از شانه و پشت دامنه در پای دامنه‌ها که خاک سطحی و حاوی مواد آلی و مغذی فسفر و پتاسیم است، موجب شده تا در پای دامنه خاک از کیفیت مناسب‌تری برخوردار باشد.

جدول ۳: نتیجه تحلیل آزمون آماری واریانس بر کیفیت خاک

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	مقدار P
بین گروهی	۲/۲۷۶	۴	۰/۵۶۹	۰/۴۲۱	۰/۷۹۳
درون گروهی	۶۴/۹۱۶	۴۸	۱/۳۵۲		
کل	۶۷/۱۹۱	۵۲			

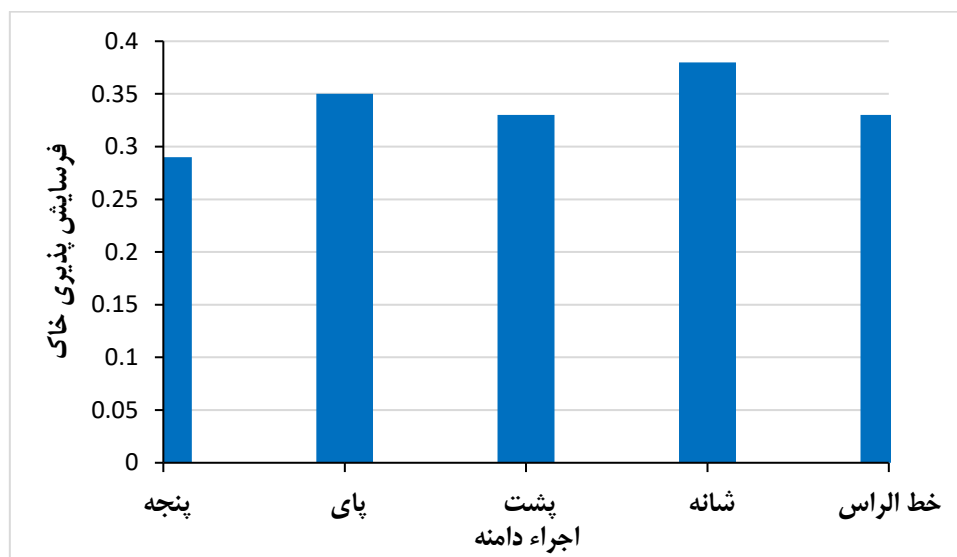


شکل ۵: میانگین میزان کیفیت خاک در اجزاء ژئومورفیک دامنه در حوضه آبریز هشتیان

بعد از محاسبه‌ی فرسایش‌پذیری خاک، برای بررسی تاثیر بخش‌های مختلف دامنه بر فرسایش خاک از آزمون آماری تحلیل واریانس استفاده شد (جدول ۴). طبق نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس، بخش‌های مختلف دامنه بر میزان فرسایش‌پذیری خاک با مقدار  $P = 0/814$  تاثیرگذار نمی‌باشد و دارای ارتباط معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین بر اساس آزمون Post-hoc و به روش توکی مشخص شد مقادیر میانگین فرسایش‌پذیری خاک در اجزاء دامنه دارای ارتباط معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۶). طبق شکل ۶، شانه دامنه از فرسایش‌پذیری بیشتری برخوردار است. نتایج حاصل از فرسایش‌پذیری خاک در بخش شانه دامنه در این تحقیق با نتایج نصرتی (2017) از نظر فرسایش‌پذیر بودن بخش شانه دامنه در حوضه آبریز ناچی و با نتایج حاصل از فرسایش‌پذیری بخش شانه دامنه‌ی در کار تحقیقی نصرتی و همکاران (2015) مشابهت دارد و هر دو تحقیق بیان می‌دارند که بیشترین فرسایش‌پذیری در بخش شانه دامنه می‌باشند. از طرفی ایوبی و همکاران (۲۰۱۴) در تحقیقی به بررسی کیفیت خاک دامنه‌های استان چهارمحال و بختیاری پرداختند و به این نتیجه رسیدند که کیفیت خاک در تمام بخش‌های دامنه کاهش یافته است که با نتایج تحقیق حاضر مشابهت ندارد.

جدول ۴: نتایج حاصل از تحلیل آزمون آماری واریانس بر فرسایش‌پذیر خاک

متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	آماره F	مقدار P
بین گروهی	۰/۰۴۲	۴	۰/۰۱۰	۰/۳۹۱	۰/۸۱۴
درون گروهی	۱/۲۸۲	۴۸	۰/۰۲۷		
کل	۱/۳۲۴	۵۲			



شکل ۶: میزان فرسایش پذیری خاک در اجزاء ژئومورفیک دامنه در حوضه آبریز هشتیان

### نتیجه‌گیری

در این تحقیق اثرات بخش‌های مختلف دامنه بر فرسایش‌پذیری و کیفیت خاک با استفاده از تحلیل‌های آماری مورد مطالعه قرار گرفت. بر اساس نتایج حاصل پارامتر پتاسیم دارای ارتباط معنی‌دار با اجزاء دامنه می‌باشد، بدین معنی که بخش‌های مختلف دامنه بر این پارامتر تأثیرگذار می‌باشد و ارتباط معنی‌داری بین سایر پارامترها با بخش‌های دامنه وجود ندارد. همچنین ارتباط معنی‌داری بین اجزاء دامنه و فرسایش‌پذیری مشاهده نشد. طبق نتایج حاصل و شاخص کیفیت خاک، بخش خط‌الرأس دامنه و پای دامنه دارای خاک با کیفیت‌تری نسبت به بخش‌های دیگر دامنه است که دلیل این امر پوسیده شدن بقایای پوشش گیاهی و تأثیر آن در تولید دی‌اکسید کربن و اسید کربنیک و در نتیجه افزایش قابلیت جذب مواد آلی و مغذی و بخصوص فسفر در خاک می‌باشد. تجمع مقدار بیشتر مجموعه حداقل داده‌های انتخاب شده در کیفیت خاک در بخش پای دامنه و خط‌الرأس دامنه نیز باعث افزایش کیفیت خاک شده است. وجود شیب زیاد در بخش شانه دامنه باعث شستشوی مواد آلی و مغذی خاک و پایین آمدن میزان pH و در نتیجه کاهش قابلیت جذب عناصر غذایی و فرسایش‌پذیری بیشتر شده است.

از جنبه کاربردی، نتایج این تحقیق نشان داد که کیفیت خاک در بخش‌ها یا اجزا دامنه یکسان نیست و متاثر از آن، کیفیت خاک در اجزا شانه و پشته دامنه به شدت آسیب‌پذیر و شکننده است و لذا باید در برنامه ریزی و مدیریت کاربری مد نظر قرار گیرد، و تا حد امکان نوع کاربری برای این اجزا مرتع باشد و در صورت کاربری به عنوان کشاورزی اصول استفاده از ادوات کشاورزی مانند شخم عمود بر شیب رعایت شود. همچنین پیشنهاد می‌شود پارامترهایی فیزیکی و شیمیایی که برای کیفیت (مانند سدیم، رس، وزن مخصوص حقیقی، فسفر، درصد رطوبت اشباع) و فرسایش‌پذیری خاک در این تحقیق مدنظر قرار گرفتند، به صورت متوالی اندازه‌گیری و پایش گردند.

### منابع

- امامی، ح.، آستارایی، ع.، فتوت، ا.، ۱۳۹۳. ارزیابی تأثیر مواد آلی بر توابع نمره‌دهی کیفیت خاک، نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)، جلد ۲۸، شماره ۳، صص ۵۷۴-۵۶۵.
- احمدی، ف.، نصرتی، ک.، ۱۳۹۱. تأثیر کاربری اراضی بر فرسایش خاک و تولید رسوب در حوضه طالقانی، خرم‌آباد، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۰۹.

- حیدری، ا.، غفاری گوشه، ح.، گرجی، م.، عربخدری، م.، روشنی، ق.، ۱۳۹۶. ارزیابی فرسایش قابل تحمل خاک در مقیاس حوضه آبخیز بر اساس باروری و کیفیت خاک (حوضه حاجی قوشان استان گلستان)، تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۸، شماره ۵، صص ۹۹۴-۹۸۵.
- زنگی‌آبادی، م.، رنگ‌آور، ع.، رفاهی، ح.، شرفا، م.، بی‌همتی، م.، ۱۳۸۹. بررسی مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر فرآیند فرسایش خاک در مراتع نیمه خشک کلات، نشریه آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۴، صص ۷۳۷-۷۴۴.
- شهرپور، ع.، نور، ح.، خزایی، م.، ۱۳۹۶. مسائل زیست‌محیطی فرسایش خاک، آموزشی تالیفی ارشدان.
- شیرزادی، ل.، نصرتی، ک.، ۱۳۹۳. تاثیر دامنه‌ها بر فرسایش خاک در حوزه آبخیز نچی، استان کردستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی تهران، ۹۲.
- صوفی، م.، حجت، ا.، ۱۳۹۴. بررسی اثر درجه و جهت شیب بر کیفیت خاک و فرسایش‌پذیری خاک‌های جنوب غرب مشهد (مطالعات موردی: حوضه سد طرق)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۹۸.
- عالی‌نژاد بیدآبادی، ا.، کیانی، ر.، ۱۳۹۶. بررسی برخی شاخص‌های کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف در منطقه خرم‌رود همدان، پانزدهمین کنگره علوم خاک ایران.
- گرجی، م.، کاله، ج.، علی محمدی، ع.، ۱۳۹۵. ارزیابی کمی کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف در بخشی از اراضی جنوب شرق قزوین، تحقیقات آب و خاک ایران، دوره ۴۷، شماره ۴، صص ۷۸۴-۷۷۵.
- نصرتی، ک.، مجدی، م.، ۱۳۹۶. ارزیابی کیفیت خاک در منطقه غرب شهر تهران با استفاده از روش مجموعه حداقل داده، علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، سال ۲۱، شماره ۴.
- نصرتی، ک.، مجدی، م.، ۱۳۹۴. تعیین شاخص کیفیت خاک در غرب شهر تهران با استفاده از تحلیل‌های آماری چند متغیره، پژوهش‌های دانش زمین، سال ششم، شماره ۲۲، صص ۱۱۳-۱۰۰.
- واعظی، ع.، عباسی، م.، حیدری، ج.، ۱۳۹۵. نفوذپذیری خاک و عوامل مؤثر بر آن در کاربری‌های مختلف در حوزه آبخیز تهم چای، زنجان، نشریه آب و خاک، جلد سی، شماره ۶، صص ۲۰۳۱-۲۰۱۹.
- واحدی، ع.، مقصودی، ر.، ۱۳۹۶. ارائه پروتکل محاسباتی و شبیه‌سازی برای پایش ذخایر کربن‌آلی خاک با استفاده از شاخص‌های تنوع زیستی گیاهی (مطالعه موردی: پارک جنگلی نور)، پژوهش‌های آب و خاک، جلد ۲۴، شماره ۲.

- Andrews, S. S, C. B. Florab, J. P. Mitchellc and D. L. Karlen., 2003. Growers' perceptions and acceptance of soil quality indices. *Geoderma*, 114, 187-213.
- Andrews, S. S. and C. R. Carroll, 2002. Designing a soil quality assessment for sustainable agroecosystem management. *Ecol. Appl.* 11, 1573-1585.
- Blanco, H., Lal, R, 2008. *Principles of soil conservation and management*. Springer Verlag.
- Bangkok, Thailand. *Int. Board Soil Res. Manage., Bangkok, Thailand. Thailand.*
- D'Angelo, E., J. Crutchfield and M. Vandiviere, 2001. Rapid, sensitive, microscale determination of phosphate in water and soil. *J. Environ. Qual.* 30, 2206-2209.
- Hald, P.M, 1947. The flame photometer for the measurement of sodium and potassium in biological materials, *Journal of Biological Chemistry*, 167, p. 499-510.
- Kroetsch, D. and C. Wang, 2008. Particle size distribution. PP. 713-725. In: Carter, M. R. and E.G. Gregorich. (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis*. CRC Press, Taylor & Francis Group, Boca Raton. FL.
- Larson, W.E. and Pierce. F.J, 1991. Conservation and enhancement of soil quality. P.175-203. In *Evaluation for sustainable and management in the developing world*. Vol. 2. *IBSRAM Proc.* 12 (2).

- Lal, R., 2015. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability*, 7(5), 5875–5895.
- Mylavarapu, R., 2014. Walkley-Black Method, *Soil Test Methods From the Southeastern United States*, p. 158-163.
- Nosrati. k, Haddadchi. A, Zare.M. R, Shirzadi. L, 2015. An evaluation of the role of hillslope components and land use in soil erosion using Cs137 and soil organic carbon stocks, *Geoderma*, pp. 29\_40.
- Nosrati. K, 2017. Ascribing soil erosion of hillslope components to river sediment yield. *Journal of Environmental Management*, 194, 63–72.
- Nosrati, Kazem; Haddadchi, Arman; Zare, Mohammad Reza; Shirzadi, Loghman, 2015. An evaluation of the role of hillslope components and land use in soil erosion using 137Cs inventory and soil organic carbon stock. *Geoderma*, 243-244, 29–40.
- Nosrati, Kazem; Feiznia, Sadat; Van Den Eeckhaut, Miet; Duiker, Sjoerd W. (2011). Assessment of Soil Erodibility in Taleghan Drainage Basin, Iran, Using Multivariate Statistics. *Physical Geography*, 32(1), 78–96.
- Nabiollahi, K.; Golmohamadi, F.; Taghizadeh-Mehrjardi, R.; Kerry, R.; Davari, M, 2018. Assessing the effects of slope gradient and land use change on soil quality degradation through digital mapping of soil quality indices and soil loss rate. *Geoderma*, 318, 16–28.
- Shamsollah Ayoubi, Nazanin Emami, Nasrin Ghaffar , 2014. Pasture degradation effects on soil quality indicators at different hillslope positions in a semiarid region of western Iran. *71(1)*, 375–381.