پژوهش‌های ژئومورفولوژی کمّی، سال یازهم، شماره ۱، تابستان ۱۴۰۱
صص. ۲۴۳-۲۳۰

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

میلاد 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 تائید 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 تاثیرگذار در فرسایش خاک مخصوصا 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 تاثیرگذار می‌باشد. از این رو هدف این تحقیق بررسی تاثیر اجزای ژئومورفیک دامنه بر فرسایش پذیری 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=۰/۰۱۷). 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.

* نویسنده مسئول: E-mail: k_nosrati@sbu.ac.ir

مقدمه

خاک یکی از با ارزش‌ترین ثروت‌های ملی هر کشور است (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱). در بحث خاک با دو مقوله‌ی 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 ویژگی‌های فیزیکی، حاصل‌خیزی و شیمیایی خاک لحاظ شود (امامی و همکاران، ۱۳۹۳: ۱). کیفیت خاک ظرفیت نوع مشخصی از خاک برای کاربرد آن در زیست بوم‌های طبیعی یا مدیریت شده است به گونه‌ای که اهداف: ۱) تولید پایدار محصوص گیاهی و جانوری ۲) حفظ یا افزایش کیفیت آب و هوا ۳) تامین سلامت و سکونتگاه انسان را تامین می‌نماید (صوفی، ۱۳۹۴: ۱۴). خاک‌ها به‌طور طبیعی از نظر انجام این وظایف متفاوت بوده، بنابراین کیفیت هر نوع خاک ویژه همان خاک است. توابع و رفتاری که کیفیت خاک را مشخص می‌سازد 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[1]، ۱۹۹۱).

بطور کلی می‌توان گفت فرسایش یعنی کنده شدن و انتقال ذرات خاک از محلی به محل دیگر که این عمل ممکن است به وسیله‌ی آب یا باد صورت گیرد (زنگی آبادی و همکاران، ۱۳۸۹: ۱). تمامی پیامدهای فرسایش خاک حاصل برهم‌کنش عوامل اقلیمی، توپوگرافی، پوشش گیاهی و مدیریت اراضی می‌باشند. به‌عبارتی هر اقدامی که باعث ایجاد فرسایش خاک شود، عامل آغاز اثرات درون و برون منطقه‌ای آن خواهد بود. برخی از عوامل موثر در فرسایش خاک تحت مدیریت انسان بوده و برخی دیگر ویژگی‌های طبیعی منطقه هستند و فعالیت‌های انسان نقش ثانویه در تاثیرگذاری آنها دارند (شهریور و همکاران، ۱۳۹۶: ۱۹). از این رو فرسایش خاک یک مشکل جهانی در قرن بیست و یکم می‌باشد (لال[2]، 2015: 2). نرخ فرسایش سالانه در دنیا ۰/۵ تا ۳۵۰ تن در هکتار می‌باشد (شیرزادی، ۱۳۹۳: ۵). هم‌چنین فرسایش خاک یکی از مهم‌ترین مشکلات زیست محیطی در حوضه‌های آبریز ایران است. با توجه به تغییر کاربری اراضی در ایران، فرسایش بین سال‌های ۱۹۵۱ تا سال ۲۰۰۲، ۸۰۰ درصد افزایش یافته است (نصرتی[3] و همکاران، ۲۰۱۵-۱).

یکی از لندفرم‌های مهم و تاثیر گذار در فرسایش خاک، چگونگی توزیع، مقدار و شدت آن و همچنین سرعت تخریب و فرسایش دامنه‌ها 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 فرآیندهای فرسایش سطحی و زیر سطحی هستند (نصرتی، ۲۰۱۷- ۱). این موضوع باعث بررسی مسئله‌ی فرسایش خاک در سراسر جهان توسط پژوهشگران مختلف شده است که از جمله می‌توان به پژوهش های زیر اشاره کرد:

ایوبی[4] و همکاران (۲۰۱۴) به بررسی اثر تخریب مرتع بر کیفیت خاک بر دامنه‌های 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. نبی‌اللهی[5] 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٪ بیش‌ترین میزان فرسایش خاک و

---

[1]- Larson and Pierce

[2] - Lal

[3] - Nosrati

[4] - Ayoubi

[5] -Nabiollahi

کم‌ترین درصد کیفیت خاک را دارند و همچنین تلفات خاک در مراتع بیشتر از زمین های کشاورزی در استان کردستان بوده است. گرجی و همکاران (۱۳۹۵) به ارزیابی کمی کیفیت خاک در کاربری‌های باغ، مرتع، زراعت آبی، رزاعت 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 نمرو را به خود اختصاص دادند. واعظی و همکاران (۱۳۹۵) خصوصیات هیدرولیکی کاربری های 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 ۹/۲ و براساس عمق و کیفیت خاک حدود ۱۰/۲ 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 بیانگرتفاوت معنی دار (در سطح اطمینان ۰/۰۵ درصد) تمام شاخص‌ها درکاربری‌های مختلف بود. به طوری که رطوبت (۰/۱۴)، میانگین وزنی قطر خاکدانه (۰/۵۴mm) و تخلخل (۰/۵ 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[1]، ۲۰۰۸) و با توجه به خسارات جبران ناپذیر ناشی از فرسایش خاک، حفاظت خاک و کنترل فرسایش امری ضروروی 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، کشت‌وکار 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 امکان پذیر 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.

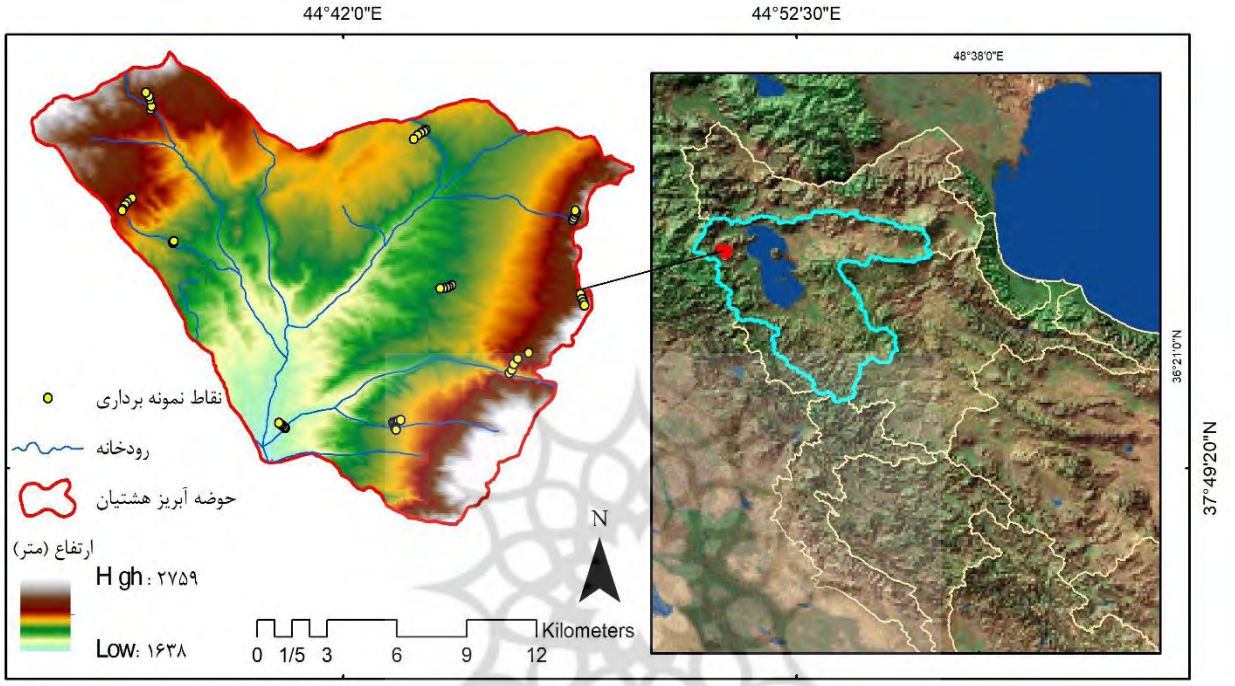
مواد و روش‌ها

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 ۴۴ درجه و ۳۱ دقیقه تا ۴۴ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۳۷ درجه ۵۵ دقیقه طول شرقی واقع شده است (شکل ۱). مساحت حوضه آبریز هشتیان ۲۱۲۲۲ هکتار، حداکثر ارتفاع ۲۷۵۹ متر و حداقل ارتفاع ۱۶۳۹

[1] -Lal and Blanco

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

نمونه‌برداری

در این پژوهش از بخش‌های اصلی دامنه (خطالراس، شانه دامنه، پشت دامنه، پای دامنه، پنجه دامنه) تعداد ۵۳ نمونه (۱۰ نمونه از بخش خطابراس، 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 نمونه‌برداری 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 فیزیکیو شیمیایی خاک اندازه‌گیری شد. وزن مخصوص ظاهری با استفاده از برداشت نمونه‌های دست نخورده به وسیله‌ی رینگ نمونه‌برداری، 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 محاسبه‌ی درصد منافذ موجود در خاک مشخص شد. بافت خاک از طریق روش هیدرومتری تعیین گردید (کروتش[1]، 2008: 713). کربن آلی از طریق روش والکی – بلک اندازه‌گیری شد (واحدی و مقصودی، ۱۳۹۶:

[1]- Kroetsch

۵ ؛ میلاواراپو[1]، ۲۰۱۴). pH و هدایت‌الکتریکی 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 فیلم‌فتومتر به دست آمد (نصرتی و مجدی، ۱۳۹۴: ۴ ؛ هالد[2]، 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 دسترس 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 [3]و همکاران، ۲۰۰۱ ؛ نصرتی و مجدی، ۱۳۹۶: ۴)

شاخص کیفیت خاک و فرسایش‌پذیری 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[4] 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 تصمیم-گیری 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[5] به روش مجموعه حداقل داده‌ها (Minimum Data Set) طی چند مرحله تعیین شد (اندروز[6] 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 وزن‌دهی 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.

---

[1] - Mylavarapu

[2] - Hald

[3] -D'Angelo

[4] – ANOVA

[5] -Soil quality index

[6] - Andrews

$$SQI = \frac{\sum_{i=1}^{n} W_i S_i}{n} * 10 \quad (۱)$$

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) (۲)

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.

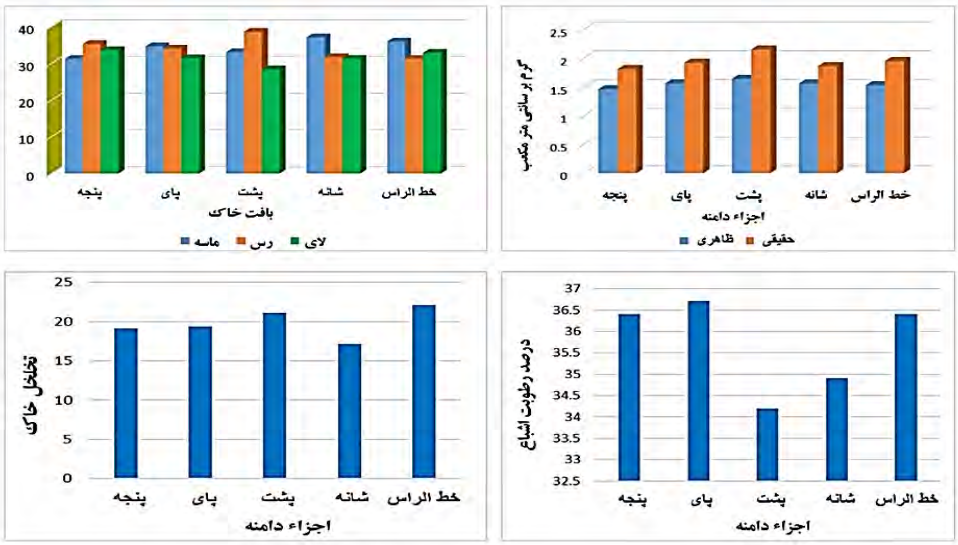
نتایج و بحث

برای بررسی تاثیر 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 شیمایی 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 شیمایی فقط بر میزان پتاسیم با مقدار P=۰/۰۱۷ تاثیرگذار است. بدین معنی که بخش‌های مختلف دامنه فقط بر میزان پتاسیم تاثیرگذار 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 ۰/۰۵) دارای ارتباط معنادار با اجزاء ژئومورفیک دامنه نمی‌باشند.

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

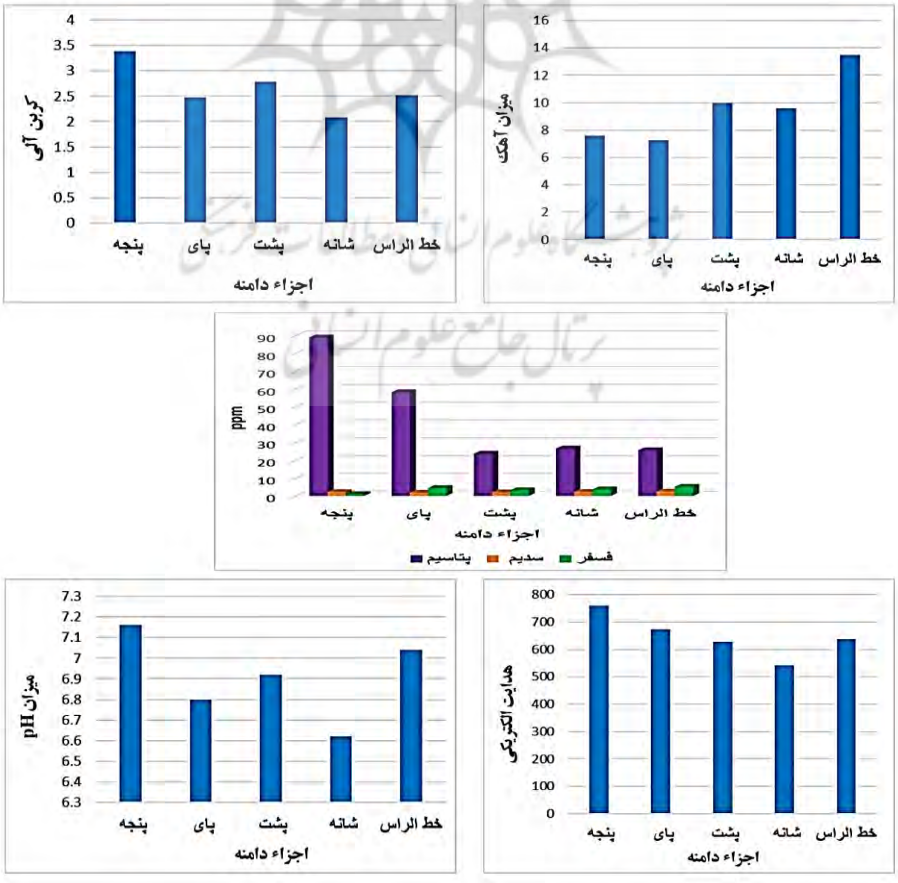
ویژگی‌های فیزیکی و شیمایی	متغیر	مجموع مربعات	درجه آزادی	میانگین مربعات	F آماره	Pمقدار
وزن مخصوص ظاهری	بین گروهی	۰/۱۷۸	۴	۰/۰۴۵	۰/۶۷۱	۰/۶۱۵
	درون گروهی	۳/۱۸۳	۴۸	۰/۰۶۶		
	کل	۳/۳۶۱	۵۲			
وزن مخصوص حقیقی	بین گروهی	۰/۷۳۹	۴	۰/۱۸۵	۱/۶۲۱	۰/۱۸۴
	درون گروهی	۵/۴۷۱	۴۸	۰/۱۱۴		
	کل	۶/۲۱۰	۵۲			
تخلخل خاک	بین گروهی	۱۵۶/۸۰۸	۴	۳۹/۲۰۲	۰/۲۴۸	۰/۹۰۹
	درون گروهی	۷۵۷۷/۸۲۳	۴۸	۱۵۷/۸۷۱		
	کل	۷۷۳۴/۶۳۱	۵۲			

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



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 تاثیر 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 توجیه بیش از ۲۳ درصد از مجموع کل واریانس دارای بار عاملی مثبت با خصوصیات کربن آلی و سدیم می‌باشد. با توجه به اینکه 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 توجیه میزان واریانس معنی‌دار ۲۲/۲۲ درصد از مجموع کل واریانس دارای بار عامل 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 توجیه 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 توجیه میزان ۱۳/۲۸ درصد از مجموع کل واریانس دارای بار عاملی مثبت قوی با میزان درصد رطوبت اشباع می باشد. 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				
مجموعه‌ی پارامترها	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4
وزن مخصوص ظاهری	-۰/۴۹۵	-۰/۸۲۸	۰/۰۵۰	-۰/۰۹۰
وزن مخصوص حقیقی	-۰/۱۸۶	-۰/۰۴۷	۰/۸۱۰	-۰/۴۴۴
تخلخل خاک	۰/۲۶۰	۰/۶۵۶	۰/۶۵۸	-۰/۰۳۱
درصد رطوبت اشباع	۰/۳۲۷	۰/۳۵۳	-۰/۱۰۹	۰/۸۰۳
ماسه	-۰/۵۱۰	-۰/۷۲۵	۰/۲۸۷	-۰/۰۹۲
رس	۰/۰۵۲	۰/۸۵۸	-۰/۱۰۴	۰/۰۲۸
لای	۰/۶۶۸	۰/۰۹۹	-۰/۲۹۵	۰/۱۰۱
pH	-۰/۵۱۶	-۰/۵۱۶	۰/۵۴۴	-۰/۳۷۹
هدایت الکتریکی	۰/۴۵۴	۰/۱۳۷	-۰/۷۱۴	۰/۳۷۹
آهک	-۰/۳۰۳	-۰/۰۸۶	-۰/۰۹۹	۰/۷۷۳
پتاسیم	۰/۳۶۴	۰/۲۹۰	-۰/۶۳۸	۰/۲۲۳
سدیم	۰/۸۶۰	۰/۱۶۷	۰/۰۷۴	-۰/۰۳۳
فسفر	۰/۰۹۰	-۰/۱۴۴	۰/۸۰۱	۰/۳۸۶
کربن آلی	۰/۸۱۴	۰/۳۷۷	-۰/۱۳۹	-۰/۰۷۳
درصد واریانس	۲۳/۳۵۱	۲۲/۲۲۶	۲۱/۷۰۲	۱۳/۲۸۷
واریانس تجمعی	۲۱/۳۵۱	۴۵/۵۷۷	۶۷/۲۷۹	۸۰/۵۶۶

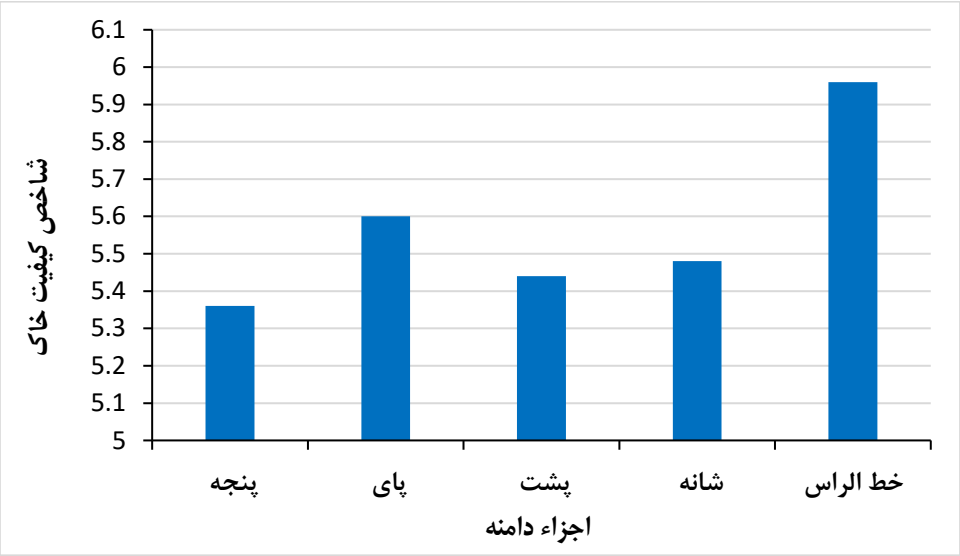
داده‌های معیارهای حداقل مجموعه داده بر اساس اینکه از چه تابعی پیروی می‌کنند نرمال‌سازی یا امتیازدهی شدند به طوری که برای فسفر و درصد رطوبت اشباع تابع هر چه بیشتر بهتر، در نظر گرفته شد و مقادیر فسفر و درصد رطوبت اشباع برای هر یک از نمونه‌ها بر مقدار حداکثر مشاهده شده در بین نمونه‌ها تقسیم شد. برای سدیم 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 نرمال سازی 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) $$SQI= 0.29\ Na\%+0.\ 27\ Clay\%+0.27\ PD\%+0.27\ P\%+0.16\ SP\%$$

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 آمون 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 =۰/۷۹۳ 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، خط الراس 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 کیفت 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 دامنه ها که خاک سطحی و حاوی مواد آلی و مغذی فسفر و پتاسیم است، موجب شده تا در پای دامنه خاک از کیفیت مناسب تری 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			

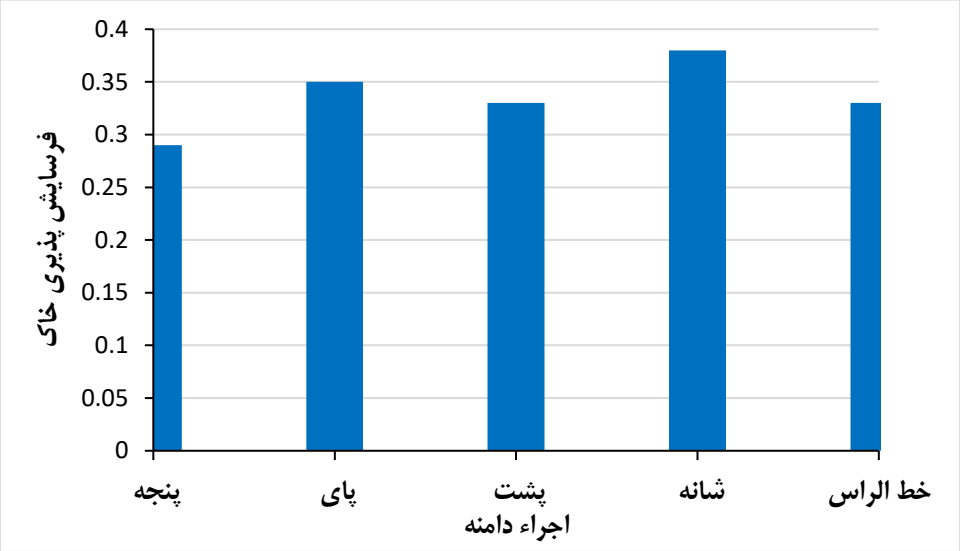


شکل ۵: میانگین میزان کیفیت خاک در اجزاء ژئومورفیک دامنه در حوضه آبریز هشتیان

بعد از محاسبه‌ی فرسایش‌پذیری خاک، برای بررسی تاثیر بخش‌های مختلف دامنه بر فرسایش خاک از آزمون آماری تحلیل واریانس استفاده شد (جدول۴). طبق نتایج حاصل از آزمون تحلیل واریانس، بخش‌های مختلف دامنه بر میزان فرسایش‌پذیری خاک با مقدار P= ۰/۸۱۴ تاثیرگذار نمی‌باشد و دارای ارتباط معنی‌دار نمی‌باشد. همچنین بر اساس آزمون Post-hoc و به روش توکی مشخص شد مقادیر میانگین فرسایش پذیری خاک در اجزاء دامنه دارای ارتباط معنی‌دار نمی‌باشد (شکل ۶). طبق شکل ۶، شانه دامنه از فرسایش پذیری 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 می دارند 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 فرسایش‌پذیری 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 تاثیرگذار می‌باشد و ارتباط معنی‌داری بین سایر پارامترها با بخش‌های دامنه وجود ندارد. همچنین ارتباط معنی داری بین اجزاء دامنه و فرسایش پذیری مشاهده نشد. طبق نتایج حاصل و شاخص کیفیت خاک، بخش خطالراس دامنه و پای دامنه دارای خاک با کیفیت‌تری نسبت به بخش‌های دیگر دامنه است که دلیل این امر پوسیده شدن بقایای پوشش گیاهی و تاثیر آن در تولید دی اکسید کربن و اسید کربنیک و درنتیجه 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 خطالراس 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 آسیب پذیر 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 می شود 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 اندازه گیری و پایش گردند.

منابع

- امامی، ح.، آستارایی، ع.، فتوت، ا.، ۱۳۹۳. ارزیابی تاثیر موادآلی بر توابع نمره‌دهی کیفیت خاک، نشریه آب و خاک(علوم و صنایع کشاورزی) ، جلد ۲۸، شماره۳، صص ۵۷۴-۵۶۵.
- احمدی، ف، نصرتی، ک.، ۱۳۹۱. تاثیر 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 حوضه‌آبخیز 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، شماره۴، صص ۷۴۴-۷۳۷.
- شهریور، ع.، نور، ح.، خزایی، م.، ۱۳۹۶. مسائل زیست‌محیطی فرسایش خاک، آموزشی تالیفی ارشدان.
- شیرزادی، ل، نصرتی، ک.، ۱۳۹۳. تاثیر دامنه‌ها بر فرسایش خاک در حوزه‌آبخیز 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)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه فردوسی مشهد، ۹۸.
- عالی‌نژاد بیدآبادی، ا.، کیانی، ر.، ۱۳۹۶. بررسی برخی شاخص‌های کیفیت خاک در کاربری‌های مختلف در منطقه‌ی 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 جنوب‌شرق 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، شماره۴.
- 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 ۱۰۰-۱۱۳.
- واعظی، ع.، عباسی، م.، حیدری، ج.، ۱۳۹۵. نفوذپذیری خاک و عوامل مؤثر بر آن در کاربری‌های مختلف در حوزه‌آبخیز تهم چای، زنجان، نشریه آب و خاک، جلد سی، شماره ۶، صص ۲۰۳۱-۲۰۱۹.
- واحدی، ع.، مقصودی، ر.، ۱۳۹۶. ارائه پروتکل محاسباتی و شبیه سازی 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. F.L*
- *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.*

پژوهشگاه علوم انسانی و مطالعات فرهنگی
پرتال جامع علوم انسانی