ارزیابی ارتباط برخی خصوصیات خاک با فاکتورهای خاکسازی (مطالعه موردی: چهار حوزه آبخیز در استان قزوین)

علیرضا پژوهنده[۱]، علی محمدی ترکاشوند[۲]*، ابوالفضل معینی[۳] و ابراهیم پذیرا[۴]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۱/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۵/۰۹

چکیده

عوامل موثر در تشکیل خاک شامل مواد مادری، اقلیم، توپوگرافی، زمان و موجودات زنده می باشند. تغییرات این فاکتورهای خاکسازی باعث به وجود آمدن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت در خاک می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی رابطه فاکتورهای خاکساز با خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک بود. بدین منظور در چهار حوزه آبخیز از استان قزوین، به نام‌های جوینک، مدان، نیارک و پلنگه ابتدا نقشه واحدهای کاری با بازدیدهای صحرایی به کمک سامانه اطلاعات جغرافیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ تهیه شد. تعداد ۱۰۱ نمونه خاک برداشت و مقدار EC ، pH، درصد مواد آلی، درصد شن، درصد سیلت و درصد رس اندازه‌گیری شد. از رگرسیون چند متغیره خطی به سه روش Enter، Forward و Stepwise برای بررسی ارتباط فاکتورهای خاکسازی و خصوصیات خاک استفاده شد. به طوری که فاکتورهای خاکساز متغیرهای مستقل و خصوصیات خاک‌ها متغیر وابسته بودند. برای بررسی مواد مادری از عامل حساسیت به فرسایش سنگ‌ها، برای موجودات زنده، درصد مواد آلی از طریق آنالیز آزمایشگاه، برای توپوگرافی از دو عامل شیب و ارتفاع و از دوران زمین‌شناسی برای بررسی زمان و برای عامل آب و هوا از دو عامل باران و دما استفاده گردید. برای صحت سنجی این مدل‌ها از دو آماره ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا استفاده شد. نتایج نشان داد بهترین مدل در ارتباط pH با فاکتورهای خاکسازی (در رگرسیون به روش Enter) با R^2 = ۰/۷۸ و RMSE=۰/۵۶ بدست آمد. مقادیر R^2 برای ارتباط سیلت، رس و هدایت الکتریکی در ارتباط با فاکتورهای خاکسازی کمتر از ۵۰ درصد بود. باتوجه به مدل‌های بدست آمده در این پژوهش، مشخص شد می‌توان با استفاده از مدلسازی‌های گسترده‌تر اقدام به تهیه نقشه‌های خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک با کمک نقشه‌های فاکتورهای خاکسازی در مناطق مختلف کرد.

واژه‌های کلیدی: خصوصیات خاک، رگرسیون، فاکتورهای خاکسازی، میانگین مربعات خطا.

[۱] دانشجوی دکتری، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲ استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران. نویسنده مسئول m.torkashvand54@yahoo.com

۳ استادیار، نام گروه مهندسی طبیعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۴ استاد تمام، گروه خاکشناسی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

مقدمه

شناخت انسان از خاک قدمتی به‌اندازه تاریخ پیدایش انسان بر روی کره زمین دارد. انسان از بدو پیدایش بر روی خاک قدم نهاده و آن را لمس نموده است؛ در خاک مسکن گزیده است و غذا و مایحتاج خود را از خاک به دست آورده است (۳۵). شناخت انسان از خاک باعث شده است که در علوم طبیعی و فلسفی یونان باستان و ایران کهن، خاک را یکی از عناصر چهارگانه سازنده طبیعت بشناسند (۷). عوامل موثر در تشکیل خاک شامل مواد مادری، اقلیم، توپوگرافی، زمان و موجودات زنده می باشند (۲۰).

واکنش‌های پنج‌گانه فوق در تشکیل کلیه خاک‌ها صورت می‌گیرد ولی شدت و اهمیت نسبی آنها در خاک‌های مختلف متفاوت است و مشخصات نیمرخی متفاوتی ایجاد می‌شود (۳۳). تنوع زیاد در عوامل و فرایندهای پیدایش خاک در محیط‌های مختلف منجر به تغییرپذیری زیاد در انواع خاک‌ها در شرایط مختلف اقلیمی، زمین‌شناسی، پستی‌وبلندی، پوشش گیاهی و زمان شده است (۷). تغییرات فاکتورهای مختلف خاکسازی باعث به وجود آمدن خصوصیات فیزیکی و شیمیایی متفاوت خاک می‌شود (۳۳، ۱۸). توزیع عناصر بین فاز جامد و محلول خاک در تعیین تحرک و تثبیت آنها در خاک حائز اهمیت می‌باشد. تحرک عناصر و قابلیت فراهمی آنها به خصوصیات فیزیکوشیمیایی (از قبیل توزیع اندازهای ذرات به ویژه میزان رس، pH خاک، مواد آلی، وجود کربنات در خاک، قدرت یونی محلول خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی وغیره)، خصوصیات کانی‌شناسی و خصوصیات بیولوژیکی خاک وابسته است (۱۶). مهمترین فرآیندهای خاکسازی که رفتار عناصر را در خاک تحت تأثیر قرار می‌دهند عبارت‌اند از: ۱-رهاشدن عناصر از مواد مادری در طی عمل هوادیدگی و ۲ – جابه‌جایی و تجمع اجزا تشکیل‌دهنده خاک، شامل رس‌های سیلیکاتی، اکسیدها و هیدراکسیدها و مواد آلی، که قابلیت جذب عناصر را دارند (۱۲). به طور کلی بررسی نحوه پیدایش و تکامل خاکها با در نظر گرفتن زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی آنها درک بهتری را از فرآیندهای خاکسازی و نحوه تشکیل خاک‌ها فراهم خواهد کرد (۲۸). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، عامل مواد مادری تشکیل خاک را بیشتر کنترل خواهد کرد و دو عامل موجودات زنده و توپوگرافی در طول زمان اثر این عامل را متعادل خواهند نمود (۲۵). درجه توسعه و تکامل خاک، خصوصیات و ویژگی‌های خاک را کنترل میکند و این درجه توسعه در مقایسه با مواد مادری نشان داده می‌شود (۲۶). شدت و طبیعت هوادیدگی به مقدار زیادی به زمین‌شناسی و ترکیب مواد مادری خاک بستگی دارد (۸). در ابتدای تشکیل خاک، ترکیب شیمیایی آن به شدت به وسیله ماده مادری کنترل می‌شود، در حالیکه این ترکیب در خاک‌های بالغ منعکس‌کننده اثرات محیط هوادیدگی است (۳۳، ۵، ۱۹).

ردیف زمانی یعنی تشکیل خاک، متأثر از زمان می‌باشد وقتی بر روی مواد مادری یکسان قرار گرفته و فاکتورهایی دیگر نظیر اقلیم، فعالیت موجودات زنده و پستی و بلندی ثابت باشد. اگر هوادیدگی در مدت کوتاهی صورت گیرد، ویژگی‌های سنگ مادر تا حدود زیادی در خاک دیده می‌شود. وقتی فرآیند هوادیدگی ادامه یابد، تأثیر مواد مادری در تشکیل خاک به سایر عوامل

وابسته می‌شود. بنابراین زمان، عاملی مهم در تشکیل خاک است. هرچه زمان تشکیل خاک طولانی‌تر باشد، ضخامت خاک بیش‌تر و شباهت آن به مواد مادری کم‌تر است (۱۵، ۲۴). مواد مادری که خاک از آن‌ها حاصل می‌شود ممکن است سنگ بستر زیرین و یا لایه‌ای از رسوبات ناپیوسته باشند. خاک‌هایی که روی سنگ بستر تشکیل می‌شوند، خاک‌های برجا[1] و خاک‌های موجود روی نهشته‌های سخت نشده را خاک‌های منتقل شده[2] یا نابرجا می‌نامند (۲۴).

نوع سنگ بستر به دو طریق بر خاک‌ها تأثیرگذار است. نخست آن‌که جنس سنگ مادر بر هوادیدگی و نیز سرعت تشکیل خاک تأثیر می‌گذارد. به‌عنوان مثال، ترکیب کانی‌شناسی سنگ مادر بر میزان هوادیدگی شیمیایی مؤثر است. همچنین چون نهشته‌های ناپیوسته تا حدودی متحمل هوادیدگی شده‌اند، تشکیل خاک بر روی آن‌ها سریع‌تر از سنگ بستر صورت می‌گیرد. دوم آن‌که ترکیب شیمیایی مواد بر حاصلخیزی خاک اثر می‌گذارد. اگر خاکی فاقد عناصر لازم برای رشد گیاه باشد، اهمیت آن ناچیز است (۱). در تحقیقی که در لهستان بر روی ۸۶ نمونه خاک که حدود ۳۳ نمونه خاک آن بر روی ماسه‌سنگهای دوره تریاس و نیز ۵۳ نمونه خاک بر روی خاکهای حاوی شن کواترنری (از هوازدگی ماسه‌سنگها به وجود آمده بودند) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که مقدار رس، کربن و اسیدیته کل بر روی خاک‌های حاصل از ماسه-سنگهای تریاس بیشتر از نمونه خاک‌های حاوی شن کواترنر بوده است (۱۳).

فراهم کردن مواد آلی خاک، عمل اصلی گیاهان و جانوران است. برخی از خاک‌ها به‌طور کامل از مواد آلی تشکیل شده‌اند، در حالی‌که خاک صحراها ممکن است درصد کمی مواد آلی داشته باشند. گرچه درصد مواد آلی خاک‌ها متغیر است لیکن هیچ خاکی از مواد آلی بی‌بهره نیست. منبع اصلی مواد آلی، گیاهان هستند ولی نقش جانوران و میلیون‌ها موجود میکروسکوپی نیز نباید نادیده گرفته شود. وقتی مواد آلی تجزیه می‌شوند، مقدار زیادی مواد غذایی در اختیار گیاهان، جانوران و موجودات میکروسکوپی موجود در خاک می‌گذارند. همچنین تجزیه بقیای گیاهان و جانوران سبب تولید انواع اسیدهای آلی می‌گردد، این اسیدهای پیچیده فرآیندهای هوادیدگی را تشدید می‌کنند. همچنین مواد آلی، قدرت زیادی در نگهداری آب دارند بنابراین سبب نگهداری آب در خاک می‌شوند. موجودات ذره‌بینی مثل قارچ‌ها، باکتری‌ها و تک‌یاختگان نقش عمده‌ای در تجزیه بقایای گیاهی و جانوری دارند. محصول نهایی آن‌ها ماده‌ای به نام هوموس است که شباهتی به گیاهان و جانورانی که از آن‌ها حاصل شده است، ندارد (۴).

مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده تشکیل خاک عامل آب و هوا است. این عامل، میزان اثر هوادیدگی شیمیایی یا مکانیکی را مشخص می‌کند و تأثیری مهم بر سرعت و عمق هوادیدگی دارد. به‌عنوان مثال، در آب و هوای گرم و مرطوب اگر در مدت زمان معین لایه ضخیمی از خاک به طریق هوادیدگی شیمیایی به‌وجود آید، در آب و هوای سرد و با رطوبت کم در همان مدت، لایه نازکی از خاک با هوادیدگی فیزیکی به‌وجود می‌آید (۹). همچنین مقدار نزولات بر شدت شستشوی مواد از

1 -Residual Soils
2- Transported Soils

خاک تأثیر می‌گذارد که موجب غنی و یا فقیر شدن خاک می‌شود. بنابراین در عامل آب و هوا دو عامل اصلی بارندگی و دما در تشکیل خاک مؤثر هستند (۷).

پستی و بلندی در واکنش‌های شیمیایی خاک نقش زیادی ایفا می‌کنند که از جمله آن‌ها می‌توان به شدت و مقدار هرزآب سطحی (رواناب)، شدت و مقدار زهکشی زیرسطحی و در نتیجه سرعت آبشویی املاح و تشکیل خاک‌های خاص، شدت فرسایش و انتقال مواد تخریب یافته یا به‌عبارت دیگر حمل مواد معلق و محلول در آب از یک نقطه به نقطه دیگر و کاهش مواد از طریق فرسایش اشاره کرد. همچنین پستی و بلندی بر خصوصیات عمق سولوم خاک، ضخامت یا میزان مواد آلی، میزان رطوبت یک پروفیل، رنگ خاک، درجه وضوح افق‌های خاک، واکنش خاک و درجه حرارت خاک اثر می‌گذارد (۲۱).

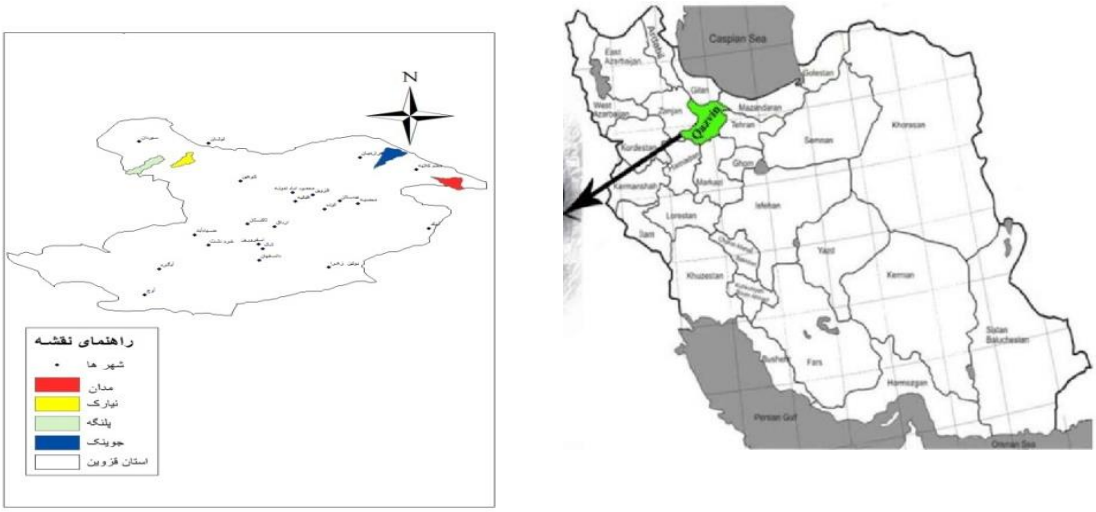
یکی از جنبه‌های مهم بررسی خاک دانستن روابط و همبستگی بین خصوصیات مختلف خاک و بیان کمی آنها در قالب مدل‌های آماری است (۷، ۱۱). در تحقیقی در مجارستان از ۱۲۴۰۰ نمونه خاک و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی استفاده نمودند تا با بیان رابطه بین زمین‌شناسی و خاک نقشه خاکی با دقت بالا بدست بیاورند در این تحقیق ۳ خصوصیت مهم خاک pH، مواد آلی و کاتیون‌های بازی در نظر گرفته شد و بیان کردند که طبقه‌بندی ژئوشیمیایی مواد مادری برای ایجاد نقشه خاک لازم است و همچنین بیان کردند که آب و هوا بیشتر از زمین‌شناسی در تهیه نقشه خاک تأثیر دارد (۲۳).

هدف این پژوهش بررسی ارتباط خصوصیات فیزیکو و شیمایی خاک و فاکتورهای خاکسازی می‌باشد که امکان تهیه نقشه‌های خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک از روی لایه‌های ملی فاکتورهای خاکسازی بررسی گردد.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ مورد مطالعه

این مطالعه در چهار حوزه آبخیز در استان قزوین به نام‌های جوینک، مدان، نیارک و پلنگه با مشخصاتی که در جدول شماره ۱ آمده، انجام شده است و نیز اقلیم منطقه مورد مطالعه در حوزه‌های آبخیز جوینک و مدان ارتفاعات و در حوزه‌های نیارک و پلنگه نیمه خشک سرد می‌باشد. کل منطقه مورد مطالعه در زون زمین‌شناسی ایران مرکزی واقع شده‌اند.



شکل ۱- موقعیت چهار حوزه مورد بررسی در کشور و استان

جدول ۱- خصوصیات چهار حوزه آبخیز مورد مطالعه

منطقه	عرض جغرافیایی	طول جغرافیایی	میانگین بارندگی سالانه (mm)	میانگین دمای سالانه(c)	مساحت (هکتار)
جوینک	۴۱″, ۱۶′, ۵۰° to ۰۸″, عرض شرقی ۲۶′, ۵۰°	۲۶″, ۲۷′, ۳۶° to ۲۹″, ۳۶′, طول شمالی ۳۶°	۵۶۶/۵۲	۹/۶۸	۸۵۳۶/۳۴
مدان	۳۰″ , ۳۲′, ۵۰° to ۰۰″, عرض شرقی ۵۲′, ۵۰°	۳۰″ , ۱۸′, ۳۶° to ۳۰″, ۲۴′, طول شمالی ۳۶°	۵۶۳/۵	۶/۷	۶۸۱۲/۲۹۴
نیارک	۱۶.۲″, ۲۰′, ۴۹° to ۸.۸″, ۲۷′, ۴۹° عرض شرقی	۰.۵۹, ۲۷′, ۳۶° to ۲۹.۱″, ۳۴′, طول شمالی۳۶°	۲۹۹/۷	۱۲/۴	۴۸۵۵/۷
پلنگه	۴۳" ۴۹′ ۰۷° to ۴۰″ عرض شرقی ۴۹° ۱۸’	۵۷" ۲۴′ ۳۶° to ۰۲″ ۳۳′ ۳۶° طول شمالی	۳۵۰	۱۰/۴	۷۲۹۱/۰۶

روش تحقیق

ابتدا با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰، نقشه‌های کاربری، شیب، پهنه‌بندی بارندگی، دما و ارتفاع تهیه شده و با روی‌هم‌اندازی این نقشه‌ها در ArcGIS10.8 و ادغام محدوده‌های مشابه، واحدهای کاری مشخص گردید. در نهایت ۱۰۱ واحد براساس فاکتورهای خاکسازی در محدوده مورد مطالعه بدست آورده شد. سپس با مراجعه به منطقه، از هر واحد کاری یک نمونه در مناطق معرف آن

واحد (در کل تعداد ۱۰۱ نمونه)، نمونه‌برداری و جهت اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شد.

در آزمایشگاه پس از هواخشک نمودن نمونه‌های برداشت شده و عبور آنها از الک ۲ میلی متری، تجزیه‌های آزمایشگاهی لازم بر روی آنها انجام شد. برای این منظور، واکنش خاک در خمیر اشباع با دستگاه پ‌هاش‌متر و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج (۲۹)، بافت خاک به روش هیدرومتری (۶)، مواد آلی بـا روش والکلی و بلاک (۳۶)، اندازه‌گیری گردید. سپس مدلسازی رگرسیون چند متغیره خطی به سه روش Enter، Forward و Stepwise انجام شد. در روش Enter کلیه متغیرهای مستقل بطور همزمان وارد مدل می‌شوند تا تأثیر کلیه متغیرهای مهم و غیر مهم بر متغیر وابسته مشخص گردد. در این روش تمام متغیرها در یک مرحله به ترتیب حداقل تولرانس وارد تحلیل می‌شوند. یکی از مشکلات روش همزمان این است که چون تمامی متغیرها بدون توجه به ضریب همبستگی شان با متغیر وابسته وارد معادله می‌شوند بنابراین احتمالاً متغیرهایی هم که حضورشان در معادله معنی‌دار نیست، در آن باقی می‌مانند که در اثر حضور نابجا، مقادیر F و R^2 کاهش می‌یابد. در روش Forward ابتدا همبستگی ساده بین هر یک از متغیرهای مستقل را با متغیر وابسته محاسبه می‌شود. سپس متغیر مستقلی که بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته دارد و به عبارتی بیشترین مقدار واریانس را تبیین می‌کند، وارد تحلیل می‌کند. دومین متغیری که وارد تحلیل می‌شود، متغیری است که پس از تفکیک متغیر اول، بیشترین ضریب همبستگی را با متغیر وابسته دارد. در روشStepwise، مانند روش Foreward متغیرها یک به یک وارد مدل می‌شوند. یعنی ابتدا متغیری که بیشترین همبستگی را با متغیر وابسته دارد انتخاب می‌شود. دومین متغیری که وارد تحلیل می‌شود متغیری است متغیری است که پس از تفکیک متغیر مقدم بر آن موجب بیشترین افزایش در مقدار ضریب R^2 می شود. فرق اصل این روش با روش Forward در آن است که در روش Forward متغیرهای وارد شده در تحلیل در معادله باقی می‌مانند ولی در روش Stepwise با ورود متغیر جدید، متغیرهایی که قبلاً وارد معادله شده‌اند از نو آزموده می‌شوند تا مشخص گردد آیا هنوز هم حضور آن‌ها در مدل به موفقیت آن کمک می‌کند یا خیر، بنابراین احتمال دارد برخی از متغیرهایی که در مرحله اول قدرت تبیین بالایی داشته‌اند در مرحله بعدی حذف شوند. در هر سه مدل فاکتورهای ۵ گانه خاکساز متغیرهای مستقل و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک در هر مدل متغیر وابسته در نظر گرفته شدند و در نهایت برای صحت سنجی این مدل‌ها از دو آماره ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا استفاده شد. در این پژوهش برای بررسی مواد مادری از عامل حساسیت به فرسایش سنگ‌ها که در جدول زیر ارائه شده است، استفاده گردید. همچنین برای موجودات زنده، درصد مواد آلی از طریق آنالیز آزمایشگاه، برای توپوگرافی از دو عامل شیب و ارتفاع و از دوران زمین‌شناسی برای بررسی زمان و برای عامل آب و هوا از دو عامل باران و دما استفاده گردید.

جدول ۲- حساسیت به فرسایش

زیاد (۱۰)	متوسط (۵)	کم (۰)
مارن و شیل	سنگ های نسبتا سخت و سنگ های دگرگونی	سازندهای سخت و فشرده
گچ و مارن با انیدریت (خرد شده و تکه تکه شده)	سنگ های خرد شده یا هوازدگی متوسط	دولومیت ها
	ناپیوستگی متوسط	
لایه ای از سنگ های سخت و شیل	گرانیت (سنگ آذرین)	لایه های آبرفتی بزرگ
ماسه سنگ ها	کنگلومرا	
	سنگ آهک با لایه های ضخیم	

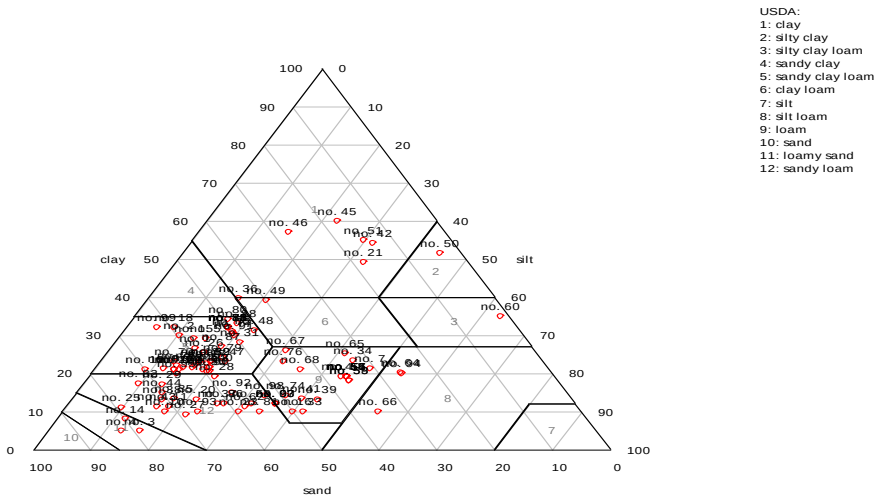
نتایج

آمار توصیفی خصوصیات فیزیکوشیمیایی در جدول ۳ ارائه شده است. با استفاده از آزمون کولموگرف-اسمیرنوف نرمال بودن داده‌ها آزمایش شد و مشخص گردید که پراکنش داده‌ها نرمال می‌باشد. مقادیر چولگی ارائه شده در این جدول برای خصوصیات مختلف که بین ۱+ و ۱- قرار گرفته است، بیانگر این مطلب است.

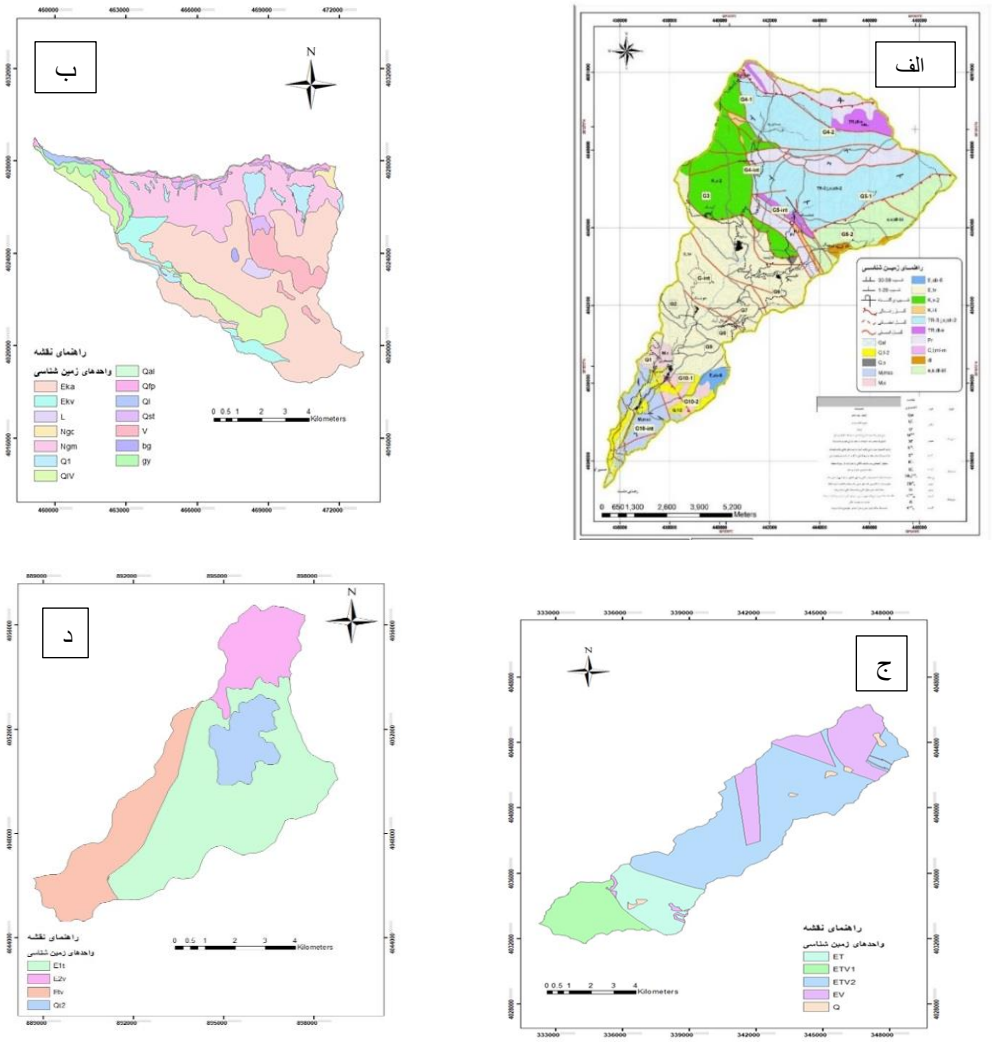
جدول ۳- توصیف آماری خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک منطقه مورد مطالعه

پارامتر	میانگین	کمینه	بیشینه	چولگی	کشیدگی
شیب	۳۴/۳	۱۰/۰	۴۵/۰	-۰/۷۸	۰/۰۹
ارتفاع	۲۶۰۶	۱۲۵۰	۳۵۰۰	-۰/۶۰	۱/۶۸
رس	۲۹/۵	۵/۰	۸۰/۰	۰/۹۳	-۰/۲۱
سیلت	۲۳/۹	۵/۵	۶۵/۲	۰/۱۷	۱/۱۶
شن	۴۵/۸	۲/۰	۸۶/۰	-۰/۶۵	-۰/۶۲
کربن آلی	۰/۶	۰/۰	۱/۷	۰/۳۱	-۰/۴۷
هدایت الکتریکی	۰/۴	۰/۰	۲/۴	۰/۲۵	۲/۲۰
اسیدیته	۷/۵	۴/۰	۹/۳	-۰/۲۲	۷/۱۵
دما	۱۲/۹	۹/۰	۲۰/۰	۰/۹۱	-۰/۱۲
باران	۲۹۷/۳	۲۱۰/۰	۷۰۰/۰	۰/۰۲	۴/۴۴

در شکل ۲ محدوده کلاس‌های بافتی نمونه‌های مورد مطالعه ارائه شده است. همان طور که در این شکل مشخص است، اغلب نمونه‌ها در بخش لومی رسی شنی قرار دارد.



شکل ۲: کلاس‌های بافتی خاک نمونه‌های مورد مطالعه



شکل ۳: نقشه زمین‌شناسی حوزه‌های آبخیز الف: جوینک ب: مدان ج: نیارک د: پلنگه

در شکل ۳ نقشه واحدهای سنگی برای تعیین امتیاز حساسیت به فرسایش ارائه شده است. پس از تعیین تمام فاکتورها مدلسازی رگرسیون چند متغیره خطی به سه روش Enter، Forward و Stepwise انجام شد. به‌طوری که فاکتورهای ۵ گانه خاکسازی متغیرهای مستقل و فاکتورهای فیزیکی و شیمیایی خاک متغیر وابسته در نظر گرفته شدند. در جدول شماره ۴ مدل‌های بدست آمده از سه روش ارائه شده است که برای صحت سنجی این مدل‌ها از دو آماره ضریب تبیین و میانگین مربعات خطا استفاده شد.

جدول ۴- مدل سازی خطی چندمتغیره پارامترهای خاک با سه روش به همراه صحت سنجی

متغیر وابسته	روش	مدل	R^2	RMSE
اسیدیته	Enter	pH=0.08V-0.005Rain-0.059Temperature +0.0001Slope+0.0001Height+0.077hgeo+9.223	۰/۷۸	۰/۵۶
	Stepewise	pH=-0.005Rain-0.051Temperature +0.076hgeo+8.915	۰/۷۸	۰/۵۶
	Forward	pH=-0.005Rain-0.051Temperature +0.076hgeo+8.915	۰/۷۸	۰/۵۶
هدایت الکتریکی	Enter	EC=0.005Hgeo-0.023Temperature +0.0001Rain+0.001Slope+0.0001Height+0.832	۰/۳۱	۰/۲۳
	Stepewise	-	-	-
	Forward	-	-	-
درصد رس	Enter	Clay=3.714Temperature +0.84Rain+106Slope-10.707V-1.910-86.141	۰/۴۷	۱۲/۳۸
	Stepewise	Clay=0.083Rain+3.890Temperature +0.024Height-1.948Hgeo-10.469V-87.544	۰/۴۶۷	۱۲/۳۷
	Forward	Clay=0.083Rain+3.890Temperature +0.024Height-1.948Hgeo-10.469V-87.544	۰/۴۶۷	۱۲/۳۷
درصد سیلت	Enter	silt=0.510Temperature-3.439Hgeo-0.029Rain-0.123Slope+0.001Height+47.501	۰/۳۳	۹/۸۵
	Stepewise	silt=7.171V-3.524Hgeo+47.990	۰/۲۷	۹/۹۱
	Forward	silt=7.171V-3.524Hgeo+47.990	۰/۲۷	۹/۹۱
درصد شن	Enter	Sand=3.743Hgeo-3.576Temperature-0.070Rain-0.119Slope-0.022Height+5.024V+142.368	۰/۵۴	۱۵/۷۷
	Stepewise	Sand=3.691Hgeo-0.061Rain-3.920Temperature-0.22Height+143.060	۰/۵۶	۱۵/۷۳
	Forward	Sand=3.691Hgeo-0.061Rain-3.920Temperature-0.22Height+143.060	۰/۵۶	۱۵/۷۳

Temperature = میانگین دمای سالانه Hgeo=حساسیت به فرسایش واحد سنگی Slope= شیب Rain= متوسط بارندگی سالانه
Height=ارتفاع V= درصد پوشش گیاهی

بحث و نتیجه‌گیری

در مورد اسیدیته سه مدل بدست آمده تقریباً آماره‌های یکسانی نشان دادند که در نتیجه استفاده از هر سه مدل مناسب است لیکن مدل گام به گام به علت پارامترهای کمتر، آسانتر و سریع‌تر به محاسبه اسیدیته می‌پردازد. در این مدل سه عامل دما، بارش و حساسیت سنگ به فرسایش وجود دارد که همگی به آسانی در دسترس می‌باشند. این یافته با تحقیقی که بیان کردند می‌توان pH یک منطقه را با چینه‌شناسی آن منطقه توجیه کرد، مطابقت دارد (۳۴، ۲). در اثر باران عناصر قلیایی مانند کلسیم، منیزیم و پتاسیم را از خاک می‌شوید و عناصر اسیدی مانند هیدروژن، آلمینیوم و منگنز در خاک باقی می‌مانند. این به این معناست که در مناطقی که بارش باران زیاد است به طور کلی خاک اسیدی‌تر

از مناطق خشک می‌باشد. البته این همیشه درست نیست، با این حال عوامل دیگری نیز تعیین کننده pH خاک هستند. درباره ارتباط اسیدیته و مواد مادری، اگر سنگ‌های اصلی که خاک را به وجود آورده‌اند اسیدی باشند مانند سنگ گرانیت، خاک ایجاد شده به نوبه خود اسیدی‌تر است. در صورتی که خاک با استفاده از سنگ آهک به وجود آمده باشد خاک قلیایی می‌شود (۳۷). با این حال با گذشت زمان، بافت خاک تعیین کننده این است که خاک چه میزان توسط باران تحت تأثیر قرار گیرد. خاک‌های رسی و لومی مقدار زیادی مواد ارگانیک دارند و عناصر آن‌ها نسبت به خاک‌های شنی بیشتر به هم چسبیده هستند. در نتیجه مقاومت این خاک‌ها در برابر شسته شدن عناصر قلیایی در اثر باران بیشتر است (۲۲). اسیدی شدن خاک با بارش باران در یک فصل رشد اتفاق نمی‌افتد و برای این اتفاق باید صدها سال باران شدید در منطقه باریده شود. pH در خاک‌های شنی با سرعت بیشتری تغییر می‌کند، زیرا عناصر خاک اتصال قوی با هم ندارند و آب به سرعت بیشتری از شن و ماسه‌ها عبور می‌کند(۱۸). به دلیل فاصله بین ذرات خاک، آب بیشتری از ذرات خاک جریان پیدا می‌کند و عناصر خاک را به همراه خود می‌شوید(۱۹). در خاک‌های رسی که زهکشی ضعیفی دارند، آب کمتر از ذرات خاک عبور می‌کند و در نتیجه عناصر خاک کمتر در معرض شسته شدن قرار می‌گیرند (۲۲، ۳۲).

در مورد هدایت الکتریکی تنها روش Enter مدل ارائه داد و در دو روش دیگر پارامترها وارد مدل نگردید. هدایت الکتریکی خاک بستگی خاصی به مقدار کاتیون‌های خاک دارد هر چه مقدار این کاتیون‌ها بیش‌تر باشد مقدار هدایت الکتریکی افزایش می‌یابد (۳۱). برای این عامل، باران، شیب، دما، حساسیت سنگ به فرسایش و ارتفاع که همگی در همه مناطق وجود دارد وارد مدل شدند که با این روش بدون برداشت نمونه می‌توان هدایت الکتریکی را در این منطقه تعیین کرد.

درصد رس خاک نیز با سه روش مدلسازی گردید. که با بررسی دو آماره روش گام به گام با میانگین مربعات خطای کم‌تر برای این برآورد مناسب‌تر می‌باشد. برای درصد سیلت نیز روش گام‌به گام هم به علت آماره مناسب هم تعداد فاکتورهای کم‌تر انتخاب گردید. در این برآورد درصد کربن آلی و حساسیت سنگ‌ها به فرسایش وارد مدل گردیدند. در مورد درصد شن نیز روش گام به گام سریع‌تر درصد شن را تعیین می‌کند. در تمام مدل‌های بدست آمده علامت مثبت نشانه رابطه خطی مستقیم و علامت منفی نشانه رابطه خطی معکوس بین پارامترها می‌باشد. در مورد بافت خاک با افزایش ارتفاع، میزان رس و سیلت کاهش و مقدار شن افزایش می‌یابد. درصد ذرات خاک بر پوشش گیاهی تأثیر زیادی دارد. برای مثال حضور گونه‌ها در جایی اتفاق می‌افتد که درصد سیلت در خاک بیش‌تر باشد، زیرا سیلت سبب ذخیره بیش‌تر رطوبت در محدوده پراکنش ریشه گیاهان می‌شود(۱۸)، این در حالی است که شن سبب افزایش نفوذپذیری و خشک شدن سریع خاک می‌شود(۳۰).

در ارزیابی توانایی توابع انتقالی پارامتریک برای برآورد شاخص جذب منحنی مشخصه آبِ خاک در شهرستان بویین زهرا نتیجه گرفته شد که

استفاده از معادله‌های رگرسیونی استخراج شده سبب می‌گردد ریشه میانگین مربعات خطا توابع انتقالی کاهش یافته و در نتیجه باعث بهبود برآورد شاخه جذب منحنی مشخصه آبِ خاک می‌گردد(۱۰) که در پژوهش حاضر نیز استفاده از رگرسیون‌گیری بین پارامترهای خاک مورد تاکید قرار گرفته است. در برآورد ضریب پخشیدگی گرمایی خاک با استفاده از توابع انتقالی رگرسیونی به این نتیجه رسیدند که بهترین مدل‌ها برای تخمین ضریب پخشیدگی گرمایی مدل با ورودی‌های رس، نسبت سیلت به شن و هدایت هیدرولیکی اشباع بودند که با پژوهش حاضر در ارتباط دما و خصوصیات خاک مطابقت دارد(۳). در برآورد حد قابل تحمل هدررفت خاک با استفاده از روش‌های رگرسیون خطی و درختی به این نتیجه رسیدند که، روش رگرسیون درختی با میانگین برآوردی حد قابل تحمل هدررفت خاک ۱/۰۸ تن در هکتار در سال و داشتن ضریب تعیین بالاتر در داده، کارآرایی بیشتری در مقایسه با روش رگرسیونی چندگانه با میانگین برآوردی حد قابل تحمل ۱/۱۳ تن در هکتار در سال داشت (۲۷).

در تحقیقی در مجارستان از ۱۲۴۰۰ نمونه خاک و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی استفاده نمودند تا با بیان رابطه بین زمین‌شناسی و خاک نقشه خاکی با دقت بالا بدست بیاورند در این تحقیق ۳ خصوصیت مهم خاک pH مواد آلی و کاتیون‌های بازی در نظر گرفته شد و بیان کردند که طبقه‌بندی ژئوشیمیایی مواد مادری برای ایجاد نقشه خاک لازم است و همچنین بیان کردند که آب و هوا بیشتر از زمین‌شناسی در تهیه نقشه خاک تأثیر دارد که با نتایج پژوهش حاضر همخوانی دارد (۲۳). جوادی و همکاران (۱۳۹۷) با مطالعه بر روی بخش جنوبی دشت ارومیه به این نتیجه رسیدند که از عوامل پنجگانه خاکساز، مواد مادری نقش مهم در خاکسازی داشته است آهک موجود در همه خاک‌ها چه ژئوژنیک و چه پدوژنیک از منشاء مواد مادری است و آهک در اکثر سازندهای حوزه آبخیز مورد مطالعه بوده است در پژوهش حاضر نیز ضریب مواد مادری در اغلب مدل‌های بدست آمده نسبت به ضرایب سایر عوامل تقریباً بیشتر می‌باشد(۱۷). حقیان و همکاران (۱۳۹۶) با مطالعه منطقه دراسله سوادکوه مازندران به این نتیجه رسیدند که خصوصیات خاک از لحاظ مواد آلی، کربن آلی، پتاسیم و فسفر در سازندها اختلاف معنی‌داری نداشتند اما از نظر دیگر خصوصیات خاک بین سازندهای مختلف اختلاف معنی‌داری مشاهده شد که با نتایج مدل‌های بدست آمده در پژوهش حاضر همخوانی دارد (۱۴).

باتوجه به مدل‌های بدست آمده در این پژوهش، مشخص شد می‌توان با استفاده از مدلسازی‌های گسترده‌تر اقدام به تهیه نقشه‌های خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک با کمک نقشه‌های فاکتورهای خاکسازی در مناطق مختلف کرد. این کار هم به سرعت مطالعات کمک خواهد کرد و هم با توجه به داشتن رابطه فاکتورهای خاکسازی با خصوصیات فیزیکو شیمایی سریع‌تر و دقیق‌تر می‌توان اقدامات و تصمیمات مدیریتی پیشنهاد و اجرا کرد.

منابع

1- Araujo. M. A.\ Zinn. Y. L. and Lal. R. (2017). Soil parent material, texture and oxide contents have little effecton soil organic carbon retention in tropical highlands.–Geoderma. 300: 1–10. doi:.1016/j.geoderma.04.006.
2- Bayat. A. Farpour. M.H. and Jafari. a. (2015). Physicochemical, micromorphological and mineralogical properties of clay soils of Bardsir region affected by geological formations, geomorphology and climate. Water and Soil Journal. 30 (5). 1515-1530. [in Persian]
3- Bayat. H. Sahebi Hamrah. Sh and Islami. (2016). Thermal diffusion coefficient estimation using regression transfer functions. 15th Congress of Soil Sciences of Iran. [In Persian]
4- Birkeland. P. W. (1999). Soils and geomorphology. 3rd ed. Oxford Univ. Press, New York
5- Bouma J. (1989). Using soil survey data for quantitative land evaluation Adv. Soil Sci. Soc. Am. J. 9: 177-213.
6- Bouyoucos. G.J. (1951). A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soil. Agronomy. 43: 434-438.
7- Buol. S. W. Southard. R. J. Graham. R. C. and Mc-Daniel. (2011). Soil Genesis and Classification. 6th ed. York. 560 p Wiley-Blackwell. New
8- Bluth. G. J. S. and Kump. L. R. (1994). Lithologic and climatologic controls of river chemistry. Geochimica ET Cosmochimica Acta. 58(10). 2341-2359.
9- Egli. M. Merkli. Ch. Sartori. G. Mirabella. A. and Plotze. M. (2008). Weathering, mineralogical evolution and soil organic matter along a Holocene soil toposequence developed on carbonate-rich materials. Geomorphology. 97:675-696.
10- Ganji Azadpour. A. Rasulzadeh. A. and Azizi. M. (2014). Evaluation of the ability of parametric transfer functions to estimate the absorption branch of soil water characteristic curve (case study: Boeen Zahra city). Irrigation science and engineering (scientific-research journal). 39(3): 173-179. [In Persian]
11- Gray. J.M. Bishop. T.F.A. and Wilford. J.R. (2016). Lithology and soil relationships for soil modelling and mapping. Catena. 147: 429–440. Doi: 10.1016/j.catena.2016.07.045.
12- Gomes. P. C. Fontes. M. P. Da Silva. A. G. Mendoca. E. S. and Netto. A. R. (2001). Selectivity sequence and competitive adsorption of heavy metal by Brazilian soils. Soil Science Society of America Journal. 48: 794-752.
13- Gruba. P. Socha. J. (2016). Effect of parent material on soil acidity and carbon content insoils under silver fir (Abies alba Mill.) stands in Poland. Catena 140: 90–95
14- Haghian. A. Rokh Firouz. G. and Ghorbani. J. (2017). Comparison of geological formations in terms of soil characteristics and vegetation. 4th Conference on Geology and Environment. Period 4. [In Persian]
15- Harden. J.W. (1982). A quantitative index of soil development from field descriptions examples from a chronosequence in central California. Geoderma. 28: 1-28.
16- He. Z. L. Zhang. M. K. Calvert. D. V. Stoffella. P. J. Yong. X. E. and Yu. S. (2004). Transport of heavy metals in surface runoff from vegetable and citrus fields. Soil Science Society of American Journal. Academic research library
17- Javadi. H. Sokoti. R. and Pazira. A. (2018). The relationship between geological formations and land shape with soil formation and evolution (case study: southern

part of Urmia Plain). Journal of Water and Soil Resources Protection. 9 (1): 51-66. [In Persian]
18- Javadi. M.R. Mahmoudi Mianabad. E. (2011). Investigation on the Effects of Water Spreading on the Variation of Some Physical and Chemical Properties of Soil (Case Study: Jajarm Water Spreading System). Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources. 6 (1).
19- Javadi. M.R., Baghery. M., Vafakhah. M., and Shabani. G. (2014). Effect Of Flood Spreading On Physical Soil Properties (A Case Study: Delijan Flood Spreading). Journal of Watershed Management Research. 5(9): 119-129. Https://Sid.Ir/Paper/230312/En
20- Jenny. H. (1994). Factors of Soil Formation. Dover. New York. p. 281.
21- Jiang. P. and Thelen. K.D. (2004). Effect of soil and topographic properties on crop yield in a northcentral corn-Soybean cropping system. J. Agron. 96: 252-258.
22- Kaiser. E. A. Mueller. T. Joergensen. R. G. Insam. H. and Heinemeyer. O. (1992). Evaluation of methods to estimate the soil microbial biomass and the relationship with soil texture and organic matter. Soil Biology and Biochemistry. 24(7): 675–683. Doi:10.1016/0038-0717(92)90046-z
23- Kassai. P and Sisák. I. (2018). Role of geology in the spatial prediction of soil properties in the watershed of Lake Balaton. Hungary. Journal of the Croatian Geological Survey and the Croatian Geological Society. 71/1 | 29–39. [in Persian]
24- Nael. M. Khademi. H. Jalalian. A. Schulin. R. Kalbasi. M. and Sotohian. F. (2009). Effect of geo-pedological conditions on the distribution and chemical speciation of selected trace elements in forest soils of western Alborz. Iran. Geoderma. 152:157-170. [in Persian]
25- Navidi. N. and Abtahi. A. (2001). Effects of climate and topography in forest soils genesis Khirrod Kenar of Nowshahr in Mazandaran province. Journal of Soil and Water Science. 15: 299-316. [In Persian]
26- Ortiz. M. Simon. C. and Dorronsoro. F. Marti. N. and Garcia. I. (2002). Soil evolution over the quaternary period in a mediterranean climate (SE Spain). Catena. 48: 131-148
27- Ostwari. Y. Mousavi. A. and Mozafari. H. (2019). Calculation of the tolerable limit of soil loss using linear and tree regression methods. Water and Soil Journal (Agricultural Sciences and Industries). 34 (1): 173-179. https://doi.org/10.22067/JSW.V34I1.82129 . [In Persian]
28- Phillips. J.D. (2001). Divergent evolution and the spatial structure of soil landscape variability. Catena. 43: 101-113.
29- Rhoades. J.D. (1996). Salinity: electrical conductivity and total dissolved soils, P 417-435. In: D.L. Sparks (Ed.), Methods of Soils Analysis. Part 3: Chemical Methods. SSSA Book series Number 5. Soil Science Society of America. Madison. WI
30- Shekastehband, F., Shahab Arkhazlou, H., Ghorbani, A. and Mohammadi Moghadam, S. (2017). The effect of altitude on physical and chemical properties of soil. The first international conference on organic agriculture. Moghadas Ardabili University. [In Persian]
31- Salehi, A. (2013). An investigation of the changing physical and chemical properties of soil in Khash Namkhaneh of Khairudkanar forest based on the composition of tree cover and topographical factors. PhD Thesis. Faculty of Natural Resources. University of Tehran. p 187. [In Persian]

32- Su Kim. K. Kim. M. Se L. and Hwang. E. (2020). Regression Equations for Estimating Landslide-Triggering Factors Using Soil Characteristics. Appl. Sci. 10. 3560.
33- Thanachit. S. Suddhiprakarn. A. Kheoruenromne. I. and Gilkes. R. J. (2006). The geochemistry of soils on a catena on basalt at Khon Buri. northeast Thailand. Geoderma. 135: 81-96.
34- Thomas. A.L. Dambrinc. E. King. D. party. J.P. and Probst. A. (1999). A spatial study of the relationships between streamwater acidity and geology. soils and relief. Journal of HYDROLOGY 217:35_45
35- Vingiani. S. Terribile. F. Meunier. A. and Petit. S. (2010). Weathering of basaltic pebbles in a red soil from Sardinia: A microsite approach for the identification of secondary mineral phases. Catena. 83: 96-106.
36- Walkley. A. and Black. I.A. (1934). An examination of the Degetiareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Science. 37: 29-38.
37- Zhang. Y.-Y. Wu. W. and Liu. H. (2019). Factors affecting variations of soil pH in different horizons in hilly regions. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0218563

Evaluation of the relationship between some soil characteristics and soil formation factors(Case study: four watersheds in Qazvin province)

Alireza Pajohandeh[1], Ali Mohammadi Torkashvand[2*], Abolfazl Moeini[3] and Ebrahim Pazira [4]

Abstract

The effective factors in soil formation include parent material, climate, topography, time and living organisms. The changes of these soil formation factors cause different physical and chemical properties in the soil. The purpose of this research was to investigate the relationship between soil-forming factors and soil physic-chemical properties. For this purpose, in four watersheds of Qazvin province, a map of working units was first prepared with field visits with the help of geographic information system at a scale of 1:25000. Then, 101 soil samples were collected and EC, pH, organic matter percentage, sand fraction, silt proportion, and clay percentages were measured. The relationship between soil formation factors and properties was investigated using linear multivariate regression in three methods of Enter, Forward, and Stepwise. To investigate parent materials from the sensitivity factor to the erosion of rocks, for living organisms, the percentage of organic matter through laboratory analysis, for topography from the two factors of slope and height and from the geological era to investigate time and for the climate factor from two Rain and temperature factors were used. The accuracy of these models was validated using two statistics of explanation coefficient and mean squared error. The results demonstrated that the highest R2 value of 0.78 with an RMSE of 0.56 was associated with the relationship between pH and soil-forming factors (regression by the Enter method). There was less than a 50% correlation between silt, clay, and electrical conductivity with soil-forming factors. According to the models obtained in this research, it was found that it is possible to prepare maps of soil physic-chemical properties with the help of soil formation factor maps in different regions by using more extensive modeling.

Keywords: soil formation factors, regression, soil characteristics, mean squared error.

[1] Ph.D. student, Soil Science Department, Science and Research Branch; Islamic Azad University, Tehran, Iran
[2] Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch; Islamic Azad University, Tehran, Iran.
Corresponding Author .m.torkashvand54@yahoo.com
[3] Assistant Professor, Nature Engineering Department; Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
[4] Professor, Soil Science Department, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.