بررسی مهم‌ترین خصوصیات فیزیکوشیمیایی موثر در طبقه‌بندی واحدهای مارنی استان زنجان با استفاده از تحلیل عاملی

پرویز عبدی نژاد*[۱]، سادات فیض نیا[۲]، حمیدرضا پیروان[۳]، فرج اله فیاضی[۴]، امیر علی طباخ شعبانی[۵]

۱-استادیار پژوهشی، بخش تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان
۲-استاد، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران
۳-دانشیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، زنجان
۴-دانشیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی
۵-استادیار، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور

پذیرش مقاله: ۱۳۹۶/۸/۲۴
تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۲/۱۲

چکیده

واحدهای مارنی در حدود ۴۴۳۸ کیلومترمربع از سطح استان زنجان معادل ۲۰ درصد را تشکیل می‌دهند. هدف از این مطالعه بررسی مهم‌ترین خصوصیات فیزیکوشیمیایی موثر در طبقه‌بندی واحدهای مارنی استان زنجان با استفاده از تحلیل عاملی است. برای این منظور با گروه‌بندی و تلفیق نقشه‌های شیب، اقلیم و واحدهای مارنی سازندهای زمین‌شناسی ۱۸ واحد کاری تعریف شد. ۱۲۰ نمونه از مواد مارنی از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری برداشت شد و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی اندازه‌گیری گردید. بر اساس روش تحلیل عاملی متغیرهای فیزیکوشیمیایی برای واحدهای مارنی در سه عامل خلاصه شد. به‌طوریکه عامل اول مربوط به خصوصیات فیزیکی و به‌ویژه بافت خاک واحدهای مارنی می‌باشد. متغیرهای پتاسیم و سدیم محلول می‌تواند به‌عنوان معرف و متغیر اصلی عامل دوم باشد و پتاسیم محلول متغیر اصلی این عامل است. درصد مواد آلی (OC) و حد خمیری می‌توانند به‌عنوان متغیر اصلی عامل سوم انتخاب شود. بنابراین متغیرهای بافت خاک، پتاسیم و سدیم محلول و درصد مواد آلی و حد خمیری مهم‌ترین متغیرهایی هستند که با توجه به بیشترین ضریب همبستگی با عامل‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شدند. بدیهی است که هر یک از عامل‌های فوق به نحوی در خصوصیات فیزیکوشیمیایی و تفکیک و متمایز کردن واحدهای مارنی استان زنجان موثر می‌باشند.

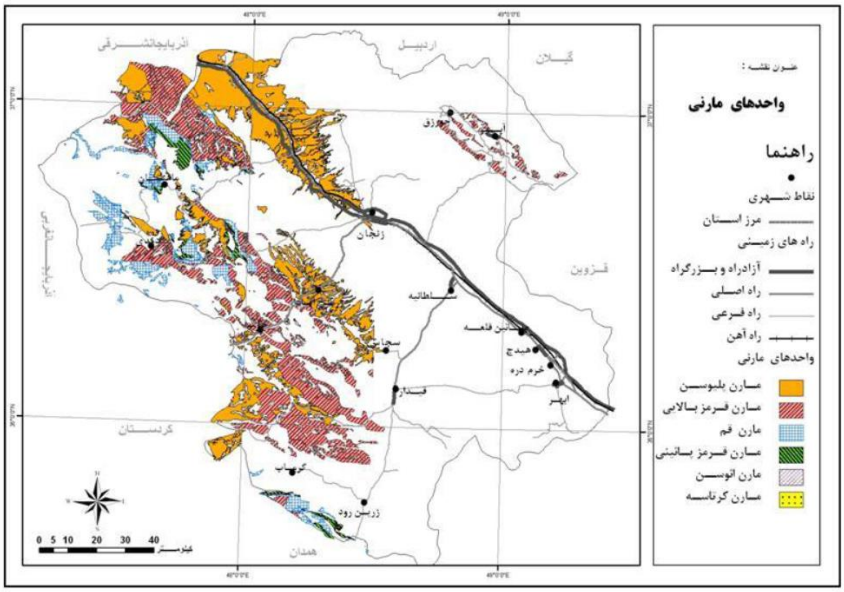
واژه‌های کلیدی: مارن، طبقه‌بندی، خصوصیات فیزیکوشیمیایی، تحلیل عاملی، استان زنجان.

*- نویسنده مسئول: ۰۹۱۲۳۴۱۶۴۶۲ Email: Prz_abdi@yahoo.com

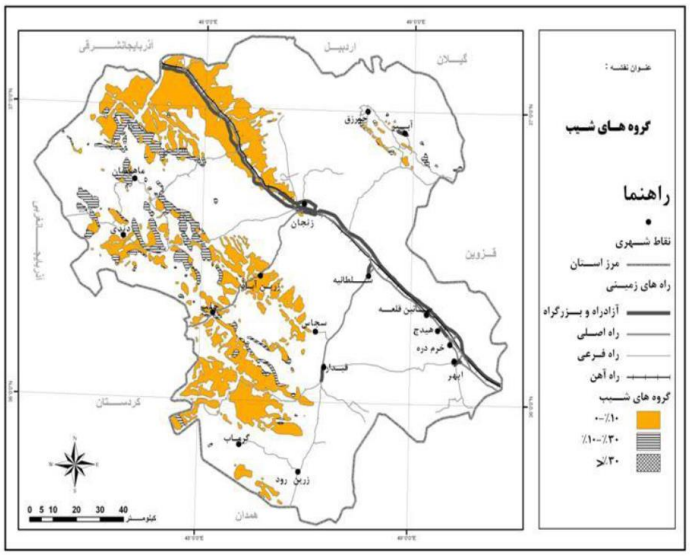
مقدمه

نهشته‌های مارنی به دلیل ماهیت ساختمانی نسبت به سایر نهشته‌ها از فرسایش‌پذیری بالاتری برخوردار هستند. در حوضه‌هائی که دارای اراضی مارنی هستند، قسمت عمده‌ای از رسوبات از این واحد تولید می‌شود، از این رو نقش مهمی در کاهش عمر مفید سدها دارند. با توجه به پتانسیل بالای ایجاد انواع رخساره‌های فرسایشی اعم از سطحی، شیاری، آبراهه‌ای، خندقی، تونلی و رسوبزائی بالا، شناخت جامع مارن‌ها از دیدگاه کانی‌شناسی و شیمیائی که در نهایت منجر به شناسائی عوامل موثر بر فرسایش‌پذیری مارن‌ها می‌شود، امری لازم و ضروری است. با شناخت شاخص‌های موثر بر فرسایش‌پذیری مارن‌ها و طبقه‌بندی آن‌ها می‌توان در الویت‌بندی اراضی مارنی جهت اصلاح و بهبود این اراضی به‌منظور کاهش فرسایش و تولید رسوب اقدام نمود. طبقه-بندی رسوبات مارنی می‌تواند براساس خصوصیات فیزیکوشیمیایی صورت گیرید. به‌طوریکه با استفاده از این خصوصیات نسبت به مشخص کردن گروه یا گروه‌های مختلف از واحدهای یک منطقه اقدام نمود. یکی از مزیت‌ها و کاربردهای مهم طبقه‌بندی مارن‌ها می‌تواند کمک به منشاء یابی درست آنها و همچنین انجام اقدامات حفاظتی و کنترلی برای کاهش میزان فرسایش و رسوبزایی آنها با در نظر گرفتن اولویت‌بندی برای برنامه‌ریزی و انجام این فعالیت‌ها باشد. محققین مختلف تلاش‌های زیاد در ایران و کشورهای دیگر برای انجام طبقه‌بندی رسوبات و واحدهای زمین‌شناسی مارنی انجام داده‌اند که به تعدادی از آنها در ادامه اشاره می‌گردد. بنیتو و همکاران (۱۹۹۳)، در اسپانیا با مقایسه میانگین مقادیر استاندارد متغیرهای فیزیکی و شیمیایی و مقادیر استاندارد متغیرها در توابع متمایز کننده، معلوم کردند که سدیم مهم‌ترین متغیری است که در طبقه‌بندی مارن‌ها نقش اصلی دارد. Cerda و همکاران (۱۹۹۷) به کمک یک دستگاه شبیه‌ساز باران میزان رسوبدهی هر یک از واحدهای مارنی را اندازه‌گیری کرده و براساس میزان رسوبدهی، واحدهای مارنی طبقه‌بندی شدند. اسماعیل‌پور (۱۳۷۵) پارامترهای درصد رس، درصد ماسه، وزن مخصوص ظاهری، حد روانی Ec، K، pH ، SO_4، Ca، درصد گچ و TNV را به‌عنوان پارامترهای موثر در تعیین حساسیت به فرسایش و شاخص طبقه‌بندی مارن‌ها در نظر گرفته است. قدوسی و همکاران (۱۳۷۶)، با توجه به خصوصیات فیزیکوشیمیایی، مارن‌ها را طبقه‌بندی کرده‌اند و چنین اظهار نموده که از میان متغیرهای فیزیکی و شیمیایی، فقط متغیرهای شیمیایی در طبقه‌بندی فرسایشی مارن‌ها از نظر رسوب‌زایی اهمیت دارند و با تحقیقات خود مشخص نموده‌اند که سدیم مهم-ترین متغیری است که در طبقه‌بندی مارن‌ها نقش اصلی را دارد. احمدی (۱۳۷۸) در طرح بررسی مارن‌های میوسن حوزه آبخیز طالقان به‌منظور مشخص نمودن اشکال مختلف فرسایش از نظر کمی و کیفی سعی نموده تا مارن‌ها را براساس ویژگی‌های آنها و عواملی نظیر توپوگرافی، اقلیم، شکل فرسایش طبقه‌بندی و اشکال فرسایش غالب را بررسی نماید. قدیمی عروس محله و همکاران (۱۳۷۸) بیان داشته‌اند که اکسیدهای اصلی مانند Al_2O_3و Na_2O و نیز عناصر رعی چون Zr، V، Co، Ni، Ba و Rb مهم‌ترین عناصر در تفکیک منشاءهای مختلف سازندهای منطقه می‌باشد. قدیمی‌عروس‌محله و همکاران (۱۳۷۸) با تهیه ۶۰ نمونه از مارن‌های منطقه تفرش و آنالیز آنها، ۱۶ متغییر فیزیکی و شیمیایی را تعیین نموده و با طبقه‌بندی خوشه‌ای، مارن‌های منطقه را به پنج گروه مارنی طبقه‌بندی نمودند و اظهار داشتند که فقط شش متغیر در طبقه‌بندی مارن‌های منطقه

نقش اساسی ایفا می‌نماید که مهم‌ترین آنها سدیم است. به‌طور کلی آن‌ها نتیجه گرفتند که از بین کلیه متغیرهای فیزیکی و شیمیایی فقط متغیرهای شیمیایی هستند که در طبقه‌بندی مارن‌ها از نظر تولید رسوب دارای کاربرد می‌باشد. از این رو می‌توان اقدامات اصلاحی را به منظور کاهش تولید رسوب و مهار آن متناسب با ویژگی‌های شیمیایی در مارن‌ها انجام داد. عباسی و همکاران (۱۳۸۴) سازندهای مارنی حوضه قزل اوزن را براساس لیتولوژی و سیمای فرسایش بررسی و طبقه‌بندی نمودند. سکوتی اسکوئی و همکاران (۱۳۸۸) با طبقه‌بندی و تعیین شاخص‌های فرسایش‌پذیری مارن‌های استان آذربایجان غربی اظهار نمودند که سدیم، کلر، درصد ماسه، آهک، ضریب خمیری، حجم رواناب، شکل فرسایش و نسبت رس از جمله عوامل موثر بر طبقه‌بندی مارن‌ها می‌باشد که از بین اینها حجم رواناب موثرترین آنها است. حسن‌زاده نفوتی و همکاران (۱۳۸۷) فرسایش‌پذیری مارن‌های منطقه ایوانکی را با کمک باران‌ساز بررسی نموده و به این نتیجه رسیدند که ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی سازندها مانند SAR، EC و Kعامل اصلی در فرسایش‌پذیری مارن‌ها به شمار می‌رود و با استفاده از این عناصر می‌توان نسبت به طبقه‌بندی و گروه‌بندی آنها اقدام نمود. توجه به مجموعه مطالب ارائه شده در این بخش می‌توان اینگونه جمع‌بندی نمود که موضوع طبقه‌بندی مارن‌ها که یکی از مسایل مهم و تعیین کننده برای ارائه راهکارهای موثر در مهار فرسایش و رسوب از عرصه‌های مارنی هستند، در طرح‌های آبخیزداری کمتر مورد توجه قرار گرفته‌اند. نتیجه حاصل، اعمال مدیریت‌ها و اجرای عملیاتی بوده است که به‌ویژه تا قبل از دهه ۱۳۶۰ منجر به شکست برنامه‌ها شده و اهداف مورد نظر حاصل نشده‌اند (قدوسی و همکاران، ۱۳۷۶). با توجه به این مطالب در این مقاله نیز تلاش گردیده که طبقه‌بندی واحدهای مارنی استان زنجان براساس خصوصیات فیزیکوشیمیایی با استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی مورد بررسی قرار گیرد تا از این طریق بتوان در برنامه‌ریزی‌های آینده برای کنترل فرسایش و رسوبزایی این نوع اراضی استفاده نمود (شکل ۱ و ۲).



شکل ۱: نقشه موقعیت و پراکنش واحدهای مارنی استان زنجان



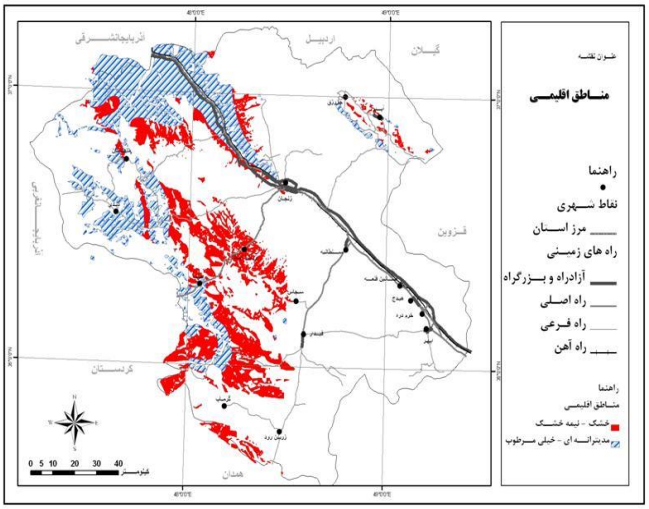
شکل ۲: نقشه گروه های شیب واحدهای مارنی استان

محدوده مورد مطالعه

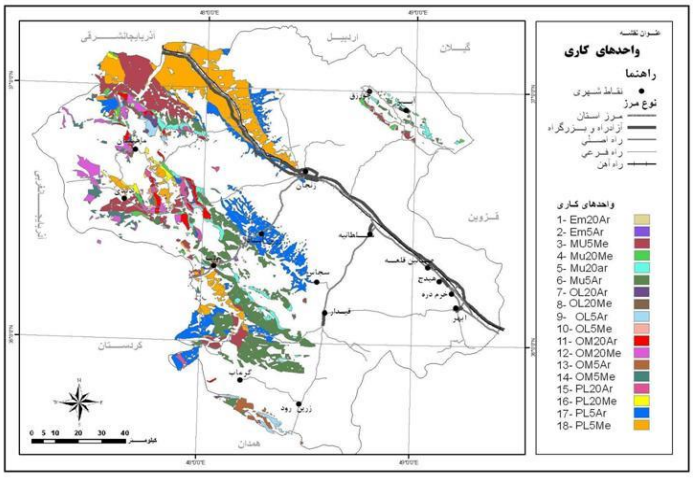
استان زنجان با وسعت ۲۲۱۶۴ کیلومتر مربع در قسمت مرکزی شمال غرب کشور بین طول جغرافیایی ‘۱۵و°۴۷ تا ‘۲۵ و°۴۹ شرقی و عرض شمالی ‘۳۵ و°۳۵ تا ‘۱۵و°۳۷ واقع شده است. این استان دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک با متوسط بارندگی سالانه ۳۴۰ میلی‌متر بوده و دارای پستی و بلندی‌های زیادی است، به‌طوری که بیشترین وسعت آن را مناطق کوهستانی و تپه ماهورها فراگرفته است. استان زنجان دارای دو حوزه آبخیز اصلی با محدوده‌ی کاملاً مجزا است، که شامل حوضه آبخیز قزل‌اوزن به مساحت ۱۹۰۶۴ کیلومتر مربع معادل ۸۶ درصد سطح استان و حوضه آبخیز رودخانه شور به وسعت ۳۱۰۰ کیلومترمربع معادل ۱۴ درصد سطح استان می‌باشد. استان زنجان به‌دلیل واقع شدن در موقعیت میانی حوزه آبخیز سد سفیدرود از گذشته‌های دور از نظر آبخیزداری مورد توجه بوده است به‌منظور کنترل فرسایش خاک و کاهش حجم رسوبات وارده به مخزن سد سفیدرود، فعالیت‌های مطالعاتی، اجرایی و تحقیقاتی گسترده‌ای انجام گرفته و یا در حال انجام است. از جمله عوامل ذاتی موجود در استان زنجان که بحث مطالعات و تحقیقات فرسایش و حفاظت خاک را جدی‌تر می‌سازد، وجود عوامل مهم محیطی موثر بر فرسایش و رسوب‌زایی همچون شرایط اقلیمی، زمین‌شناسی و پستی و بلندی است.

واحدهای مارنی ا ستان: براســاس نقشــه واحدهای مارنی ا ستان به‌طورکلی پنج واحد یا سازند مارنی در ســطح اســتان زنجان با مســاحت‌ها و مناطق پراکنش متفاوت وجود دارد (شــکل ۴) که شــامل وا حد های زیر اســـت (ع بدی نژاد و هم کاران، ۱۳۹۰). مارن پلیوســن (Plm) که به صــورت رخنمون‌هائی از مارن و کنگلومرا به صورت تپه‌های به هم چسبیده کم ارتفاع با سطوح فرسایشی صاف گســترش دارد که از دو بخش میانی شــامل مارن، ســیلت، کمی به رنگ‌های قرمز، زرد، صــورتی و قهوه‌ای (Plm) و حا شیه‌ای شامل کنگلومرا، ما سه سنگ و مارن (Plc) ت شکیل شده‌اند. واحد مارنی کرتاســه (K2m) به‌صــورت یک ســری مارن، ســنگ‌های آهکی مارنی و شــیل‌های خاکســتری پدید آمده اســت. ســنگ‌های آهکی دارای رنگ هوازده کرم رنگ و رنگ تازه خاکســتری‌اند. واحد

مارن ائو سن (EM) به صورت یک واحد کوچک و محدود با لیتولوژی مارن سبز و سفید در نقشه زمین شناسی حلب در حاشیه جاده زنجان- بیجار در شمال شرقی روستای ارکوئین قرار گرفته است. واحد مارنی سازند قم (OM) که به صورت ترکیبی از آهک توده‌ای و ضخیم، مارن سیلتی، آهک تخریبی و مارن، ژیپس سفید رنگ، مارن سبز زیتونی و آهک کرم رنگ در سطح استان زنجان رخنمون یافته است. واحدهای مارنی قرمز بالایی شامل سه واحد است. واحد M1 از مارن‌های الوان تشکیل شده است که در تناوب با لایه‌های کم گچ، شیل و ماسه سنگ می‌باشد و با رنگ‌های متنوعی (قرمز، سبز متمایل به کرم، سبز زیتونی) که دارد. از واحد M2 متمایز می‌شود. واحد M2 عمدتا ماسه سنگ حفره‌دار و لایه‌های نازک شیل به همراه مارن تشکیل شده است. ضخامت و توالی طبقات ماسه‌سنگ نسبت به واحد M3 و M1 بسیار بیشتر است و در بعضی مناطق ضخامت آن به ۱۰ متر می‌رسد. واحد M3 عمدتاً از مارن با لایه‌های کم ماسه سنگی و کنگلومرائی تشکیل شده است. رنگ آن کرم تا قهوه‌ای روشن است. واحد مارنی قرمز زیرین[1] در استان زنجان متشکل از کنگلومرا، مارن و مارن‌های ماسه‌ای قرمز رنگ با میان لایه‌هایی از ماسه‌سنگ‌های سبز تا خاکستری با ضخامت ۵۰ تا ۳۰۰ متر می‌باشد (شکل ۳ و ۴).



شکل ۳: نقشه مناطق اقلیمی واحدهای مارنی استان



شکل۴: نقشه واحدهای کاری

مواد و روش‌ها

این تحقیق بخشی از نتایج به‌دست آمده از اجرای یک طرح تحقیقاتی می‌باشد (عبدی‌نژاد و همکاران، ۱۳۹۰) که در سطح واحدهای مارنی استان زنجان (به مساحت حدود ۴۴۳۸ کیلومترمربع) انجام شده است. برای این منظور ابتدا اقدام به جمع‌آوری اطلاعات، آمار و سوابق مطالعاتی شده و سپس با استفاده از نقشه‌های زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ استان زنجان، تصاویر ماهواره‌ای (برای کنترل مرز سازندها و واحدهای مارنی) و بازدیدهای میدانی، اقدام به تهیه نقشه واحدهای مارنی استان گردید (شکل ۱). سپس برای تهیه واحدهای کاری اقدام به تهیه نقشه شیب و طبقه‌بندی آن در سه گره ۱۰-۰ ، ۳۰-۱۰ و ۳۰< درصد و نقشه اقلیم استان در دو گروه خشک تا نیمه خشک و مدیترانه‌ای تا خیلی مرطوب و نقشه نشان دهنده واحدهای مارنی گردید (شکل‌های ۲ و ۳). با تلفیق و روی‌هم قرار دادن این سه لایه (نقشه واحدهای مارنی، نقشه اقلیم و نقشه شیب) در محیط نرم افزار ArcGIS10نقشه واحدهای کاری در ۲۰ واحد تهیه شد (شکل ۴)، (حسن زاده نفوتی و همکاران، ۱۳۸۵ و ۱۳۸۷ و حسینی و همکاران، ۱۳۸۸). از این ۲۰ واحد ۲ واحد به دلیل موقعیت قرارگیری و وسعت کم امکان (حدود ۴۰۰ مترمربع و در بالای کوه که امکان استقرار دستگاه شبیه ساز باران وجود نداشت) بررسی وجود نداشت. لذا تعداد واحدکاری به ۱۸ واحد کاهش یافت. پس از تعیین واحدهای کاری، با انجام عملیات صحرایی اقدام به نمونه-برداری از واحدهای مارنی از عمق ۳۰-۰ سانتیمتری به تعداد ۱۲۰ نمونه گردید. نمونه‌ها تهیه شده جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی به آزمایشگاه منتقل شده و پارامترهای هدایت الکتریکی، اسیدیته (pH)، درصد مواد خنثی شونده، درصد کربن آلی، مقادیر کاتیون‌های کلسیم، منیزیم و سدیم، مقادیر آنیون‌های بی‌کربنات، کلرید و سولفات و مقدار نسبت جذب سدیم، فاکتور گچ، ظرفیت تبادل کاتیونی، مقادیر درصد رس، درصد لای، درصد ماسه، حد روانی (LL)، حد خمیری (PL) و بافت نمونه‌ها تعیین گردیدند. تجزیه و تحلیل آماری تحقیق با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفته است.

بحث و نتایج

نتایج تحلیل عاملی جهت تعیین خصوصیات متمایزکننده واحدهای مارنی

خصوصیات فیزیکوشیمیایی واحدهای مارنی استان زنجان که در این تحقیق مورد بررسی قرار گرفته در جدول ۱ ارائه شده‌اند. در طی تجزیه و تحلیل عاملی، تعداد زیادی از متغیرها را می‌توان به چند متغیر کاهش داد و به این طریق خلاصه‌ای از داده‌های اصلی را تهیه نمود. بدیهی است هرچه مقدار همبستگی داخلی بین متغیرها نزدیک تر باشد، تعداد عامل‌های پدید آمده کمتر خواهد بود. برای تجزیه و تحلیل عاملی اقدام به وارد کردن این داده‌ها در این مدل گردید. اولین خروجی این مدل بررسی ماتریس همبستگی متغیرها می‌باشد که در جدول ۲ ارائه شده است. در قسمت بالای این جدول مقادیر ماتریس همبستگی محاسبه شده برای هر یک از متغیرها محاسبه گردیده و در قسمت پائین جدول سطح معناداری ضرایب همبستگی نشان داده شده است. بررسی داده‌های این جدول نشان می‌دهد که مقادیر قابل ملاحظه‌ای از همبستگی‌ها بیشتر از ۰/۳ هستند.

جدول۱: مشخصات متغیرهای انتخابی تجزیه و تحلیل عاملی

متغیر	میانگین	انحراف معیار	تعداد نمونه
clay	۲۸/۵۳۳	۹/۴۴۲	۶۰
silt	۴۵/۸۰۰	۱۰/۸۷۷	۶۰
sand	۲۵/۸۳۳	۱۹/۱۵۳	۶۰
CEC	۱۵/۵۴۴	۴/۱۱۳	۶۰
OC	۰/۲۲۵	۰/۱۴۸	۶۰
p_av	۰/۷۶۹	۱/۰۰۳	۶۰
kav	۴۳۲/۱۸۹	۳۸۳/۷۲۹	۶۰
INV	۱۶/۵۵۴	۵/۸۷۴	۶۰
$CaSO_4$	۱۷/۲۵۶	۳۰/۶۸۸.	۶۰
pH	۷/۷۳۶	۰/۱۲۴	۶۰
$EC10_3$	۱۵/۱۴۶	۵۰/۶۶۹	۶۰
Sp	۴۹/۲۲۹	۱۱/۵۸۴	۶۰
ksol	۰/۵۸۷	۰/۳۸۹	۶۰
Nasol	۱۱/۷۳۹	۱۴/۲۳۳	۶۰
CamgSol	۶۰/۳۳۱	۱۰۴/۹۱۳	۶۰
SAR	۲/۱۸۴	۱/۹۷۰	۶۰
HCO_3	۱/۹۸۴	۰/۴۹۴	۶۰
Cl	۴۵/۷۶۴	۹۸/۶۲۸	۶۰
SO_4	۱۸/۰۱۶	۱۶/۹۶۲	۶۰
ll	۳۵/۱۰۶	۵/۸۵۹	۶۰
pl	۲۱/۹۴۴	۹/۴۲۲	۶۰

بنابراین داده‌های مورد بررسی برای تجزیه و تحلیل عاملی مناسب می‌باشد. در جدول ۳ نتیجه انجام آزمون کیزرمایر[۲] یا آزمون کرویت و بارتلت[۳] را نشان می‌دهد. این آزمون برای ارزشیابی وضعیت ماتریس همبستگی متغیرهاست که در صورت معناداری بیانگر حداقل شرایط لازم برای اجرای تجزیه و تحلیل عاملی است (غیاثوند، ۱۳۸۷). دامنه آماره KMO بین ۰ تا ۱ متغیر است و هر چقدر به ۱ نزدیکتر باشد نشاندهنده وجود همبستگی مناسب داده‌ها برای انجام تجزیه و تحلیل عاملی می‌باشد. اما در صورت کوچک بودن عدد این آزمون با مراجعه به جدول نشان دهنده داده‌های MSA می‌توان متغیرهای نامناسب را از انجام تحلیل عاملی خارج نمود. هم‌چنین معنادار بودن نتیجه این آزمون نشان دهنده اندازه کفایت نمونه‌گیری صورت گرفته می‌باشد. با توجه به این موضوع و نتایج این آزمون در این تحقیق جدول ۴ که مقدار KMO را برابر با ۰/۵۶ نشان می‌دهد. با استفاده از داده‌های MSA بدست آمده از تجزیه و تحلیل که در جدول ۴ ارائه شده اقدام به خارج کردن متغیرهای نامناسب از تحلیل عاملی گردید. با حذف متغیرهای نامناسب تعداد این متغیرها به ۱۲ مورد به‌شرح جدول ۵ تقلیل یافت. در ادامه دوباره تجزیه و تحلیل عاملی با استفاده از این متغیرها انجام گردید. جدول ۶ نشان دهنده ماتریس همبستگی متغیرهای جدید می‌باشد. بررسی داده‌های این جدول نیز نشان می‌دهد که مقادیر قابل ملاحظه‌ای از همبستگی‌ها بیشتر از ۰/۳ هستند. بنابراین داده-های مورد بررسی برای تجزیه و تحلیل عاملی مناسب می‌باشد. در جدول ۷ وضعیت اندازه کفایت نمونه‌گیری داده‌های دوازده‌گانه فیزیکوشیمیایی واحدهای مارنی استان بررسی شده است. با توجه به داده‌های این جدول که همه داده‌ها در قطر بخش پائین جدول بیشتر از ۰/۵ (حداقل سطح قابل قبول) می‌باشد. پس بنابراین داده‌های آزمون از نظر اندازه در حد کفایت می‌باشد. در جدول ۸ نتیجه انجام آزمون کیزرمایر یا آزمون کرویت بارتلت برای ۱۲ متغیر جدید انتخابی را نشان می‌دهد. نتیجه آزمون کیزرمایر متغیرهای جدید دوازده‌گانه که ۰/۶۵ شده نسبت به قبل از خارج کردن متغیرهای نامناسب وضعیت بسیار بهتری پیدا کرده است. در جدول ۹ وضعیت اشتراک هر متغیر، یعنی نسبتی از واریانس هر متغیر را که توسط عامل‌های مشترک به حساب می‌آیند را نشان می‌دهد. در ستون Initial برآوردهای اولیه میزان اشتراک هر متغیر حساب شده که تمامی آنها برابر با عدد یک بوده و

در ستون Extraction مقدار مشترک نسبت واریانس تبیین شده هر متغیر توسط ترکیبی از عامل‌های استخراج شده می‌باشد. هر چقدر عدد متغیری در این جدول کمتر باشد نشان‌دهنده همبستگی کمتر آن متغیر با عامل‌های تعیین شده در تجزیه و تحلیل عاملی و به تبع تاثیر کمتر آن در انتخاب عامل‌های اصلی است. در این تحقیق و براساس داده‌های جدول ۹ تفاوت چندانی از این نظر بین متغیرها مشاهده نمی‌شود و این نشان دهنده تاثیر بالای تمام متغیرهای انتخابی در تعیین عامل‌ها در تحلیل عاملی می‌باشد. برای تعیین تعداد عامل‌های مناسب در این آزمون محل یا نقطه‌ای از منحنی که در آن شیب کاهش می‌یابد و یا به عبارت دیگر مقادیر ویژه یک دفعه افت پیدا می‌نماید را یافته و به‌عنوان آخرین عامل موثر مشخص می‌گردد. بنابراین با توجه به شکل ۵ سه عامل در این بررسی می‌توان تعیین نمود که تاییدی بر درستی تعداد عامل مشخص شده در جدول ۱۰ می‌باشد. در اغلب بررسی‌ها برای نشان دادن اهمیت نسبی هر عامل از نسبت واریانس منظور شده برای هر عامل چرخش شده استفاده می‌شود. همان‌طوری که قبلا اشاره گردید با استفاده از نرم‌افزار SPSS این محاسبات انجام و نتایج آن در جدول ۱۰ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، از عامل های اول تا سوم به ترتیب ۴۸/۶۷٪، ۲۷/۸۳٪ و ۱۲/۹۳٪ واریانس ۱۲ متغیر انتخابی بدست آمده است. در کل، سه عامل برای ۸۹/۴۳ درصد واریانس متغییر منظور شده است. ماتریس عامل‌های چرخش شده در جدول ۱۰ مشاهده می‌شود. این ماتریس بارگذاری های عامل را که همبستگی‌های بین هر یک از متغیرها و عامل‌ها برای یک چرخش واریماکس[۴] هستند را نشان می‌دهد. طبق ماتریس محاسبه شده برای متغیرها در جدول ۱۱، ۹ متغیر از ۱۲ متغیر انتخابی به عامل‌های مربوطه اختصاص یافته‌اند و از بین سه متغیر درصد اشباع (Sp)، درصد مواد آلی (OC) وحد خمیری (Pl) بترتیب درصد اشباع روی هر سه عامل و درصد مواد آلی و حد خمیری روی عامل اول و سوم با ماتریس همبستگی متفاوت دارای اشتراک و بار متقاطع می‌باشد. جدول ۱۲ همبستگی میان عامل‌ها را نشان می‌دهد که طبق این جدول تمامی عامل‌ها با هم رابطه نسبتا بالایی دارند (جدول ۲، ۳ و ۴).

با توجه به جدول ۱۱ عامل اول به‌طور منفی با درصد ماسه (Sand) و به‌طور مثبت با ظرفیت تبادل کاتیونی(CEC)، درصد رس (Clay)، درصد سیلت (Silt) و درصد اشباع (Sp) ارتباط دارد. با توجه به این موارد و اینکه درصد ماسه، درصد رس و سیلت مربوط به خصوصیات فیزیکی و به‌طور خاص بافت خاک مربوط می‌شود و این متغیرها نیز دارای همبستگی بالایی می‌باشد (جدول ۱۱). پس می‌توان گفت عامل اول مربوط به خصوصیات فیزیکی و به‌ویژه بافت مواد مارنی واحدهای مارنی می‌باشد. عامل دوم با پتاسیم محلول (ksol)، کلر (Cl)، سدیم محلول (Nasol) و سولفات (SO_4) به‌طور مثبت ارتباط دارد. این متغیرها از خصوصیات شیمیایی مواد مارنی واحدهای مارنی بوده و نیز دارای همبستگی بالایی می‌باشد. با توجه به ماتریس همبستگی (جدول ۱۲) این متغیرها پتاسیم و سدیم محلول می‌تواند به‌عنوان معرف و متغیر اصلی عامل دوم باشد و در واقع پتاسیم محلول متغیر اصلی این عامل است.

جدول۲: ماتریس همبستگی متغیرهای فیزیکوشیمیایی واحدهای مارنی استان زنجان

	clay	silt	sand	c.e.c	o.c	p_av	kav	tnv	caso4	phofpa st	ec103	sp	ksol	nasol	camgs ol	sar	hco3	cl	so4	ll	pl
clay	1.000	.756	-.926	.870	-.489	-.414	.387	-.163	-.132	.277	-.139	.760	.175	.376	.162	.272	.284	.044	-.066	.255	.584
silt	.756	1.000	-.946	.803	-.544	-.375	-.009	-.225	.122	.512	-.196	.609	-.115	-.066	-.129	.145	.369	-.042	-.215	.320	.340
sand	-.926	-.946	1.000	-.894	.547	.414	-.187	.205	-.005	-.428	.177	-.729	-.023	-.153	-.010	-.221	-.345	-.002	.154	-.305	-.481
CEC	.870	.803	-.894	1.000	-.370	-.317	.343	-.215	.033	.286	-.165	.759	.235	.423	.231	.337	.129	.184	.027	.165	.463
OC	-.489	-.544	.547	-.370	1.000	.893	-.298	.630	.024	.041	-.131	-.574	-.046	-.060	.058	-.186	-.405	.093	-.127	-.822	-.796
p_av	-.414	-.375	.414	-.317	.893	1.000	-.369	.776	-.273	.292	-.189	-.623	-.374	-.326	-.223	-.222	-.189	-.188	-.476	-.686	-.810
kav	.387	-.009	-.187	.343	-.298	-.369	1.000	-.385	-.255	-.346	-.085	.219	.491	.468	.096	.683	.379	-.065	.253	.411	.767
TNV	-.163	-.225	.205	-.215	.630	.776	-.385	1.000	-.478	.160	.012	-.399	-.399	-.256	-.187	-.025	-.110	-.169	-.388	-.465	-.650
$Caso_4$	-.132	.122	-.005	.033	.024	-.273	-.255	-.478	1.000	-.073	-.030	.054	.394	.089	.254	-.115	-.203	.457	.476	-.272	-.146
pH	.277	.512	-.428	.286	.041	.292	-.346	.160	-.073	1.000	-.491	.028	-.549	-.425	-.388	-.411	.311	-.364	-.738	-.255	-.234
EC103	-.139	-.196	.177	-.165	-.131	-.189	-.085	.012	-.030	-.491	1.000	.084	.008	.101	.138	.005	-.292	.122	.261	.149	.018
sp	.760	.609	-.729	.759	-.574	-.623	.219	-.399	.054	.028	.084	1.000	.290	.614	.506	.047	-.211	.374	.254	.329	.594
ksol	.175	-.115	-.023	.235	-.046	-.374	.491	-.399	.394	-.549	.008	.290	1.000	.813	.782	.452	-.247	.753	.880	.100	.438
Nasol	.376	-.066	-.153	.423	-.060	-.326	.468	-.256	.089	-.425	.101	.614	.813	1.000	.902	.248	-.486	.718	.696	.019	.458
CaMgsol	.162	-.129	-.010	.231	.058	-.223	.096	-.187	.254	-.388	.138	.506	.782	.902	1.000	-.003	-.695	.889	.754	-.084	.201
SAR	.272	.145	-.221	.337	-.186	-.222	.683	-.025	-.115	-.411	.005	.047	.452	.248	-.003	1.000	.403	.061	.377	.429	.473
HCO_3	.284	.369	-.345	.129	-.405	-.189	.379	-.110	-.203	.311	-.292	-.211	-.247	-.486	-.695	.403	1.000	-.635	-.418	.390	.374
Cl	.044	-.042	-.002	.184	.093	-.188	-.065	-.169	.457	-.364	.122	.374	.753	.718	.889	.061	-.635	1.000	.785	-.095	.058
SO_4	-.066	-.215	.154	.027	-.127	-.476	.253	-.388	.476	-.738	.261	.254	.880	.696	.754	.377	-.418	.785	1.000	.188	.320
ll	.255	.320	-.305	.165	-.822	-.686	.411	-.465	-.272	-.255	.149	.329	.100	.019	-.084	.429	.390	-.095	.188	1.000	.767
pl	.584	.340	-.481	.463	-.796	-.810	.767	-.650	-.146	-.234	.018	.594	.438	.458	.201	.473	.374	.058	.320	.767	1.000
clay	.000	.000	.000	.000	.003	.012	.017	.195	.243	.069	.233	.000	.177	.020	.196	.073	.064	.409	.365	.087	.000
silt	.000	.000	.000	.000	.001	.021	.480	.116	.260	.002	.149	.000	.272	.364	.249	.222	.023	.413	.127	.043	.033
sand	.000	.000	.000	.000	.001	.011	.161	.139	.490	.009	.174	.000	.452	.209	.478	.120	.031	.496	.208	.051	.004
CEC	.000	.000	.000	.000	.022	.044	.032	.127	.431	.063	.192	.000	.106	.010	.110	.034	.249	.165	.443	.192	.005
OC	.003	.001	.001	.022	.000	.000	.055	.000	.449	.415	.246	.000	.405	.377	.381	.162	.013	.312	.253	.000	.000
p_av	.012	.021	.011	.044	.000	.022	.022	.000	.072	.058	.159	.000	.021	.039	.118	.119	.159	.160	.004	.000	.000
kav	.017	.480	.161	.032	.055	.022	.018	.018	.087	.030	.328	.123	.003	.005	.307	.000	.019	.367	.089	.012	.000
TNV	.195	.116	.139	.127	.000	.000	.018	.004	.087	.198	.474	.015	.015	.086	.162	.448	.281	.186	.017	.005	.000
$CaSo_4$	.243	.260	.490	.431	.449	.072	.087	.004	.198	.350	.437	.389	.016	.320	.088	.272	.141	.006	.004	.073	.220
pH	.069	.002	.009	.063	.415	.058	.030	.198	.350	.003	.003	.442	.001	.010	.017	.012	.047	.024	.000	.087	.107
EC	.233	.149	.174	.192	.246	.159	.328	.474	.437	.003	.329	.482	.297	.233	.490	.059	.261	.082	.215	.462
sp	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.123	.015	.389	.442	.329	.060	.000	.002	.403	.132	.021	.087	.038	.000
ksol	.177	.272	.452	.106	.405	.021	.003	.015	.016	.001	.482	.060	.000	.000	.006	.094	.000	.000	.300	.008
Nasol	.020	.364	.209	.010	.377	.039	.005	.086	.320	.010	.297	.000	.000	.000	.093	.003	.000	.000	.460	.005
CaMgsol	.196	.249	.478	.110	.381	.118	.307	.162	.088	.017	.233	.002	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.329	.144
SAR	.073	.222	.120	.034	.162	.119	.000	.448	.272	.012	.490	.403	.006	.093	.494	.014	.374	.020	.009	.017	.004
HCO_3	.064	.023	.031	.249	.013	.159	.019	.281	.141	.047	.059	.132	.094	.003	.000	.014	.000	.011	.017	.021	
Cl	.409	.413	.496	.165	.312	.160	.367	.186	.006	.024	.261	.021	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.308	.380	
SO_4	.365	.127	.208	.443	.253	.004	.089	.017	.004	.000	.082	.087	.000	.000	.000	.020	.011	.000	.159	.042	
ll	.087	.043	.051	.192	.000	.000	.012	.005	.073	.087	.215	.038	.300	.460	.329	.009	.017	.308	.159		.000
pl	.000	.033	.004	.005	.000	.000	.000	.000	.220	.107	.462	.000	.008	.005	.144	.004	.021	.380	.042	.000	

جدول۳: نتیجه انجام آزمون کیزرمایر

Adequacy. Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling		0.555
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	1402.483
	df	210
	Sig.	0

جدول ۴: بررسی اندازه کفایت نمونه‌گیری داده‌های فیزیکوشیمیایی واحدهای مارنی استان زنجان

	clay	silt	sand	c.e.c	o.c	p_av	kav	tnv	caso4	phofpast	ec103	sp	ksol	nasol	camgsol	sar	hco3	cl	so4	ll	pl
clay	.594(a)	.871	.950	-.110	-.227	.588	-.141	-.168	-.160	.035	.273	.445	-.081	-.074	-.132	-.153	.231	-.140	.474	-.233	.253
silt	.871	.586(a)	.845	-.240	-.083	.561	-.316	.002	-.061	-.097	.159	.073	.056	.201	-.365	-.320	-.014	-.121	.451	-.131	.360
sand	.950	.845	.633(a)	.062	-.344	.394	.042	-.003	-.058	-.008	.279	.507	.007	-.256	.081	.015	.157	-.226	.245	-.270	.179
CEC	-.110	-.240	.062	.695(a)	.110	-.422	.216	.310	.156	-.357	-.269	.042	.007	-.512	.491	.463	-.341	-.048	-.452	-.249	.115
OC	-.227	-.083	-.344	.110	.636(a)	.043	-.695	-.353	-.401	-.350	-.342	-.569	.040	.397	-.474	-.116	-.349	.241	.227	-.101	.455
p_av	.588	.561	.394	-.422	.043	.536(a)	-.617	-.447	-.396	.000	.088	.167	-.237	.310	-.612	-.489	.172	-.022	.953	-.264	.571
kav	-.141	-.316	.042	.216	-.695	-.617	.394(a)	.505	.544	.361	.296	.467	-.092	-.535	.783	.318	.380	-.151	-.664	.297	-.780
TNV	-.168	.002	-.003	.310	-.353	-.447	.505	.533(a)	.928	.053	-.032	-.294	.082	.071	.179	-.183	-.149	.010	-.548	.530	-.361
$CaSO_4$	-.160	-.061	-.058	.156	-.401	-.396	.544	.928	.312(a)	.119	.027	-.263	-.079	.164	.145	-.268	.061	.039	-.501	.678	-.496
pH	.035	-.097	-.008	-.357	-.350	.000	.361	.053	.119	.565(a)	.662	.343	.222	.148	-.057	-.340	.615	.033	.086	.486	-.600
$EC10_3$	.273	.159	.279	-.269	-.342	.088	.296	-.032	.027	.662	.250(a)	.464	.271	.031	.003	-.231	.611	-.060	.091	.301	-.459
Sp	.445	.073	.507	.042	-.569	.167	.467	-.294	-.263	.343	.464	.603(a)	-.100	-.653	.519	.318	.582	-.278	.107	-.304	-.242
ksol	-.081	.056	.007	.007	.040	-.237	-.092	.082	-.079	.222	.271	-.100	.903(a)	.211	-.196	-.072	-.101	.018	-.241	.207	-.186
Nasol	-.074	.201	-.256	-.512	.397	.310	-.535	.071	.164	.148	.031	-.653	.211	.539(a)	-.909	-.864	.100	.327	.394	.627	.004
CaMgsol	-.132	-.365	.081	.491	-.474	-.612	.783	.179	.145	-.057	.003	.519	-.196	-.909	.486(a)	.819	-.005	-.292	-.682	-.297	-.339
SAR	-.153	-.320	.015	.463	-.116	-.489	.318	-.183	-.268	-.340	-.231	.318	-.072	-.864	.819	.364(a)	-.380	-.259	-.548	-.659	.093
HCO_3	.231	-.014	.157	-.341	-.349	.172	.380	-.149	.061	.615	.611	.582	-.101	.100	-.005	-.380	.531(a)	.027	.233	.473	-.645
Cl	-.140	-.121	-.226	-.048	.241	-.022	-.151	.010	.039	.033	-.060	-.278	.018	.327	-.292	-.259	.027	.859(a)	.047	.244	-.046
SO_4	.474	.451	.245	-.452	.227	.953	-.664	-.548	-.501	.086	.091	.107	-.241	.394	-.682	-.548	.233	.047	.519(a)	-.203	.521
ll	-.233	-.131	-.270	-.249	-.101	-.264	.297	.530	.678	.486	.301	-.304	.207	.627	-.297	-.659	.473	.244	-.203	.479(a)	-.723
pl	.253	.360	.179	.115	.455	.571	-.780	-.361	-.496	-.600	-.459	-.242	-.186	.004	-.339	.093	-.645	-.046	.521	-.723	.577(a)

a Measures of Sampling Adequacy(MSA)

جدول۵: مشخصات متغیرهای دوازده گانه انتخابی برای تجزیه و تحلیل عاملی

متغیر	میانگین	انحراف معیار	تعداد نمونه
clay	۲۸/۵۳۳	۹/۴۴۲	۶۰
silt	۴۵/۸	۱۰/۸۷۷	۶۰
sand	۲۵/۸۳۳	۱۹/۱۵۳	۶۰
CEC	۱۵/۵۴۴	۴/۱۱۳	۶۰
OC	۰/۳۸۸	۰/۲۵۴	۶۰
p_av	۰/۷۶۹	۱/۰۰۳	۶۰
Sp	۴۹/۲۲۹	۱۱/۵۸۴	۶۰
ksol	۰/۵۸۷	۰/۳۸۹	۶۰
Nasol	۱۱/۷۳۹	۱۴/۲۳۳	۶۰
Cl	۴۵/۷۶۴	۹۸/۶۲۸	۶۰
SO_4	۱۸/۰۱۶	۱۶/۹۶۲	۶۰
pl	۲۱/۹۴۴	۹/۴۲۲	۶۰

جدول۶: ماتریس همبستگی متغیرها دوازده‌گانه فیزیکوشیمیایی واحدهای مارنی استان زنجان

		clay	silt	sand	c.e.c	o.c	p_av	sp	ksol	nasol	cl	so4	pl
Correlation	clay	1.000	.756	-.926	.870	-.489	-.414	.760	.175	.376	.044	-.066	.584
	silt	.756	1.000	-.946	.803	-.544	-.375	.609	-.115	-.066	-.042	-.215	.340
	sand	-.926	-.946	1.000	-.894	.547	.414	-.729	-.023	-.153	-.002	.154	-.481
	CEC	.870	.803	-.894	1.000	-.370	-.317	.759	.235	.423	.184	.027	.463
	OC	-.489	-.544	.547	-.370	1.000	.893	-.574	-.046	-.060	.093	-.127	-.796
	p_av	-.414	-.375	.414	-.317	.893	1.000	-.623	-.374	-.326	-.188	-.476	-.810
	sp	.760	.609	-.729	.759	-.574	-.623	1.000	.290	.614	.374	.254	.594
	ksol	.175	-.115	-.023	.235	-.046	-.374	.290	1.000	.813	.753	.880	.438
	Nasol	.376	-.066	-.153	.423	-.060	-.326	.614	.813	1.000	.718	.696	.458
	Cl	.044	-.042	-.002	.184	.093	-.188	.374	.753	.718	1.000	.785	.058
	SO_4	-.066	-.215	.154	.027	-.127	-.476	.254	.880	.696	.785	1.000	.320
	pl	.584	.340	-.481	.463	-.796	-.810	.594	.438	.458	.058	.320	1.000
Sig. (1-tailed)	clay		.000	.000	.000	.003	.012	.000	.177	.020	.409	.365	.000
	silt	.000		.000	.000	.001	.021	.000	.272	.364	.413	.127	.033
	sand	.000	.000		.000	.001	.011	.000	.452	.209	.496	.208	.004
	CEC	.000	.000	.000		.022	.044	.000	.106	.010	.165	.443	.005
	OC	.003	.001	.001	.022		.000	.000	.405	.377	.312	.253	.000
	p_av	.012	.021	.011	.044	.000		.000	.021	.039	.160	.004	.000
	sp	.000	.000	.000	.000	.000	.000		.060	.000	.021	.087	.000
	ksol	.177	.272	.452	.106	.405	.021	.060		.000	.000	.000	.008
	Nasol	.020	.364	.209	.010	.377	.039	.000	.000		.000	.000	.005
	Cl	.409	.413	.496	.165	.312	.160	.021	.000	.000		.000	.380
	SO_4	.365	.127	.208	.443	.253	.004	.087	.000	.000	.000		.042
	pl	.000	.033	.004	.005	.000	.000	.000	.008	.005	.380	.042	

a Determinant = 2.57E-012

جدول۷: بررسی اندازه کفایت نمونه‌گیری داده‌های دوازده‌گانه فیزیکوشیمیایی واحدهای مارنی

		clay	silt	sand	c.e.c	o.c	p_av	sp	ksol	nasol	cl	so4	pl
Anti-image Covariance	clay	.003	.002	.001	.001	.000	.002	.002	.001	-.001	-.001	.002	.002
	silt	.002	.002	.001	-.001	.001	.001	.000	.000	.001	-.003	.001	.001
	sand	.001	.001	.001	.001	.000	.001	.001	.001	.000	-.001	.000	.001
	CEC	.001	-.001	.001	.047	-.003	3.89E-005	.011	.008	-.015	.027	-.007	.000
	OC	.000	.001	.000	-.003	.034	-.021	-.007	-.015	.002	.018	.011	.030
	p_av	.002	.001	.001	3.89E-005	-.021	.032	.016	.013	-.009	-.018	.012	-.003
	Sp	.002	.000	.001	.011	-.007	.016	.019	.015	-.012	-.007	-.001	-.001
	ksol	.001	.000	.001	.008	-.015	.013	.015	.019	-.009	-.013	-.015	-.017
	NASOl	-.001	.001	.000	-.015	.002	-.009	-.012	-.009	.011	-.008	.000	-.003
	Cl	-.001	-.003	-.001	.027	.018	-.018	-.007	-.013	-.008	.090	-.009	.031
	SO_4	.002	.001	.000	-.007	.011	.012	-.001	-.015	.000	-.009	.052	.025
	pl	.002	.001	.001	.000	.030	-.003	-.001	-.017	-.003	.031	.025	.054
Anti-image Correlation	clay	.639(a)	.923	.987	.121	.047	.239	.294	.111	-.207	-.078	.144	.131
	silt	.923	.618(a)	.951	-.141	.108	.138	.077	-.031	.112	-.235	.123	.131
	sand	.987	.951	.643(a)	.116	.030	.239	.299	.144	-.169	-.132	.082	.113
	CEC	.121	-.141	.116	.802(a)	-.071	.001	.359	.270	-.641	.421	-.146	.002
	OC	.047	.108	.030	-.071	.641(a)	-.624	-.281	-.602	.119	.330	.260	.714
	p_av	.239	.138	.239	.001	-.624	.640(a)	.661	.524	-.462	-.340	.282	-.061
	sp	.294	.077	.299	.359	-.281	.661	.633(a)	.773	-.865	-.161	-.021	-.033
	ksol	.111	-.031	.144	.270	-.602	.524	.773	.522(a)	-.610	-.306	-.487	-.510
	Nasol	-.207	.112	-.169	-.641	.119	-.462	-.865	-.610	.585(a)	-.239	-.021	-.137
	Cl	-.078	-.235	-.132	.421	.330	-.340	-.161	-.306	-.239	.688(a)	-.137	.442
	SO_4	.144	.123	.082	-.146	.260	.282	-.021	-.487	-.021	-.137	.772(a)	.478
	pl	.131	.131	.113	.002	.714	-.061	-.033	-.510	-.137	.442	.478	.707(a)

a Measures of Sampling Adequacy(MSA)

جدول۸: نتیجه انجام آزمون کیزرمایر متغیرهای جدید دوازده‌گانه

Kaiser-Meyer-Olkin Measure of Sampling Adequacy.		.650
Bartlett's Test of Sphericity	Approx. Chi-Square	644.894
	df	66
	Sig.	.000

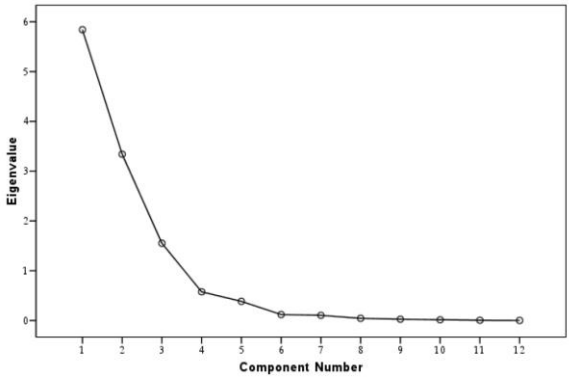
جدول۹: مشخصات متغیرهای دوازده گانه انتخابی برای تجزیه و تحلیل عاملی

Variable	Initial	Extraction
clay	1.000	.895
silt	1.000	.863
sand	1.000	.976
CEC	1.000	.930
OC	1.000	.960
p_av	1.000	.949
sp	1.000	.821
ksol	1.000	.884
Nasol	1.000	.871
Cl	1.000	.822
SO_4	1.000	.914
pl	1.000	.846

جدول۱۰: نتایج محاسبات استخراج عامل اولیه

عامل	مقادیر ویژه			Extraction Sums of Squared Loadings			Rotation Sums of Squared Loadings(a)
	مقدار کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	مقدار کل	درصد واریانس	درصد تجمعی	مقدار کل
۱	۵,۸۴۱	۴۸/۶۷۲	۴۸/۶۷۲	۵/۸۴۱	۴۸/۶۷۲	۴۸/۶۷۲	۴/۹۰۴
۲	۳,۳۳۹	۲۷/۸۲۷	۷۶/۴۹۹	۳/۳۳۹	۲۷/۸۲۷	۷۶/۴۹۹	۳/۷۹۲
۳	۱,۵۵۱	۱۲/۹۲۵	۸۹/۴۲۴	۱/۵۵۱	۱۲/۹۲۵	۸۹/۴۲۴	۳/۹۴۳
۴	۰,۵۷۵	۴/۷۹۲	۹۴/۲۱۶				
۵	۰,۳۸۴	۳/۲۰۱	۹۷/۴۱۷				
۶	۰/۱۱۹	۰/۹۸۹	۹۸/۴۰۶				
۷	۰/۱۰۳	۰/۸۶۰	۹۹/۲۶۶				
۸	۰/۰۴۳	۰/۳۶۰	۹۹/۶۲۶				
۹	۰/۰۲۶	۰/۲۱۵	۹۹/۸۴۱				
۱۰	۰/۰۱۴	۰/۱۱۶	۹۹/۹۵۷				
۱۱	۰/۰۰۵	۰/۰۴۰	۹۹/۹۹۶				
۱۲	۰/۰۰۰	۰/۰۰۴	۱۰۰/۰۰۰				

Extraction Method: Principal Component Analysis.
a When components are correlated, sums of squared loadings cannot be added to obtain a total variance



شکل۵: آزمون سنگریزه‌ای عامل‌های اولیه استخراجی و وضعیت آنها نسبت به مقادیر ویژه

جدول۱۱: ماتریس عامل چرخش شده از تحلیل عاملی

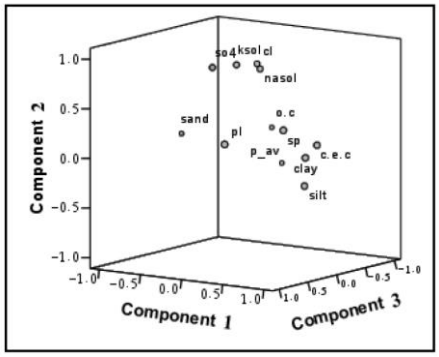
Component	1	2	3
1	.742	.383	.550
2	-.450	.893	-.014
3	.497	.237	-.835

Extraction Method: Principal Component Analysis.
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.

جدول۱۲: میزان همبستگی بین عامل‌ها

Rotated Component Matrix(a)			
	Component		
	1	2	3
sand	-0.953		
CEC	0.939		
clay	0.907		
ilt	0.877		
Sp	0.732	0.364	0.390
ksol		0.923	
Cl		0.898	
Nasol		0.894	
SO_4		0.889	
p_av			-0.920
OC	-0.324		-0.920
pl	0.324		0.825
Extraction Method: Principal Component Analysis.			
Rotation Method: Varimax with Kaiser Normalization.			
a Rotation converged in 5 iterations.			

عامل سوم به‌طور مثبت با حد خمیری (Pl) و به‌طور منفی با فسفر قابل جذب(P_av) و درصد مواد آلی (OC) ارتباط دارد. با توجه به ماتریس همبستگی و ارتباط فیزیکی و شیمیایی این عوامل با هم درصد مواد آلی (OC) و حد خمیری می‌توانند به‌عنوان متغیر اصلی عامل سوم و به‌طور خاص درصد مواد الی انتخاب شود. از این رو می‌توان با استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی انبوهی از داده‌ها را در گروه-هایی از متغیرها که با یکدیگر به‌طور بارزی همبستگی دارند خلاصه نمود. توزیع مکانی مؤلفه-های مورد بررسی در محورها (مولفه‌های اصلی) و ارتباط آنها در شکل ۶ نشان داده شده است. لازم به توضیح است که انتخاب ۳ عامل در عمل تجزیه و تحلیل عامل‌ها می‌تواند به تمام عامل‌هایی محدود شود که دارای مقادیر ویژه‌ای بزرگتر از یک باشد و انتخاب بهترین روش تجزیه و تحلیل آماری براساس اینکه باقی مانده مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده کمترین مقدار بوده، تعیین شده است. به این طریق تجزیه و تحلیل عاملی بر اهمیت نسبی متغیرها در تعیین رفتار تمام داده‌ها دلالت دارد. بنابراین متغیرهای بافت خاک، پتاسیم و سدیم محلول و درصد مواد آلی و حد خمیری مهم‌ترین متغیرهایی هستند که با توجه به بیشترین ضریب همبستگی با عامل‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شدند. بدیهی است که هر یک از عامل‌های فوق به نحوی در خصوصیات فیزیکوشیمیایی و تفکیک و متمایز کردن واحدهای مارنی استان زنجان موثر می‌باشد.



شکل۶: نمودار توزیع مکانی مؤلفه‌های مورد بررسی در مولفه‌های اصلی

بحث و نتیجه‌گیری

هریک از خصوصیات فیزیکوشیمیایی رسوبات واحدهای مارنی به یک اندازه در بروز رفتارهای فرسایشی و فیزیکوشیمیایی واحدهای مارنی موثر نمی‌باشد. به‌طوری که براساس شدت و ضعف این تاثیرات می‌توانند نسبت به تعیین عوامل یا متغیرهای اصلی و فرعی از بین آنها اقدام نمود. یکی از روش‌های مفید و مناسب برای انجام این تقسیم‌بندی استفاده از روش آماری تجزیه و تحلیل عاملی می‌باشد. در طی تجزیه و تحلیل عاملی، تعداد زیادی از متغیرها را می‌توان به چند متغیر کاهش داد و به این طریق خلاصه‌ای از داده‌های اصلی را تهیه نمود. بدیهی است هرچه مقدار همبستگی داخلی بین متغیرها نزدیک‌تر باشد، تعداد عامل‌های پدید آمده کمتر خواهد بود. بر این اساس در این تحقیق برای ۶ واحد مارنی موجود در سطح استان با توجه به تجزیه شیمیایی نمونه خاک از آنها ۲۱ متغیر یا خصوصیات فیزیکوشیمیایی تعیین گردید. واضح است که تقسیم بندی و تفکیک واحدهای مارنی براساس این ۲۱ متغیر بسیار مشکلی و حتی غیر عملی می‌باشد. لذا با توجه به قابلیت روش تجزیه و تحلیل عاملی اقدام به انجام این روش برای تفکیک متغیرهای مهم و موثر در تقسیم و گروه‌بندی واحدهای مارنی گردید. براساس این روش و با توجه به ضرایب همبستگی بدست آمده مجموع متغیرهای فیزیکوشیمیایی تعریف شده برای واحدها مارنی را می‌توان در سه عامل خلاصه نمود. به‌طوریکه عامل اول به طور منفی با درصد ماسه (Sand) و به‌طور مثبت با ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، درصد رس(Clay)، درصد سیلت (Silt) و درصد اشباع(Sp) ارتباط دارد. با توجه به این موارد و اینکه درصد ماسه، درصد رس و سیلت مربوط به خصوصیات فیزیکی و به‌طور خاص بافت خاک می‌شود و این متغیرها نیز دارای همبستگی بالایی می‌باشد (جدول ۱۲). پس می‌توان گفت عامل اول مربوط به خصوصیات فیزیکی و به‌ویژه بافت خاک واحدهای مارنی می‌باشد. عامل دوم با پتاسیم محلول (Ksol)، کلر (Cl)، سدیم محلول (Nasol) و سولفات (SO_4) به‌طور مثبت ارتباط دارد. این متغیرها از خصوصیات شیمیایی خاک واحدهای مارنی بوده و نیز دارای همبستگی بالایی می‌باشد. با توجه به ماتریس همبستگی (جدول ۶) این متغیرها پتاسیم و سدیم محلول می‌تواند به‌عنوان معرف و متغیر اصلی عامل دوم باشد و بر این اساس پتاسیم محلول متغیر اصلی این عامل است. عامل سوم به‌طور مثبت با حد خمیری (Pl) و به‌طور منفی با فسفر قابل جذب (P_av) و در صد مواد آلی(OC) ارتباط دارد. با توجه به ماتریس همبستگی و ارتباط فیزیکی و شیمیایی این عوامل باهم درصد مواد آلی (OC) و حد خمیری می‌توانند به‌عنوان متغیر اصلی عامل سوم و به‌طور خاص در صد مواد آلی انتخاب شود. از این رو می‌توان با استفاده از تجزیه و تحلیل عاملی انبوهی از داده‌ها را در گروه‌هایی از متغیرها که با یکدیگر به‌طور بارزی همبستگی دارند خلاصه نمود. بنابراین متغیرهای بافت خاک، پتاسیم و سدیم محلول و درصد مواد آلی و حد خمیری مهم‌ترین متغیرهایی هستند که با توجه به بیشترین ضریب همبستگی با عامل‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شدند. بدیهی است که هر یک از عامل‌های فوق به نحوی در خصوصیات فیزیکوشیمیایی و تفکیک و متمایز کردن واحدهای مارنی استان زنجان موثر می‌باشد. بررسی سابقه تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد که هنوز مطالعات کافی بر روی طبقه‌بندی مارن‌ها انجام نشده است و به نظر می‌آید تحقیقات تکمیلی در این مورد باید صورت پذیرد تا از این طریق بتوان برای احیاء و ساماندهی این نوع اراضی گام

مثبتی برداشـــت. با این وجود در ادامه به ســـوابق موجود از این موضوع که نتایج بدست آمده از آنها مشابه و تایید کننده نتایج بدست آمده از تحقیق حاضـــر می‌باشـــد ارائه می‌گردد. بنیتو و همکاران (۱۹۹۳)، در اســـپانیا با مقایســـه میانگین مقادیر استاندارد متغیرهای فیزیکی و شیمیائی و مقادیر اســـتاندارد متغیرها در توابع متمایز کننده، معلوم کردند که ســـدیم مهم‌ترین متغیری اســـت که در طبقه‌بندی مارن‌ها نقش اصلی دارد. اسماعیل پور (۱۳۷۵) از مجموع پارامترهای بررســـی شـــده در سه حوزه آبخیز، عوامل در صد رس، در صد ماسه، وزن مخصـــوص ظاهری، حد روانی Ca ، SO_4 ، pH، K و EC درصـــد گچ وTNV را بـــه‌عنوان پارامترهای موثر در طبقه‌بندی مارن‌ها معرفی کردند. قدوســـی و همکاران (۱۳۷۶) با تحقیقات خود مشخص نموده‌اند که سدیم مهم‌ترین متغیری است که در طبقه‌بندی مارن‌ها نقش اصلی را دارد. هم‌چنین از بین کلیـــه متغیرهـــای فیزیکی و شیمیایی فقط متغیرهای شیمیائی هستندکه در طبقه‌بندی مارن‌ها از نظر رسوب‌زایی اهمیت دارند. لذا اقدامات اصـــلاحی را به منظور کاهش تولید رســـوب را به بهســـازی وضـــعیت شـــیمیایی مارن‌ها معطوف داشـــته و مهار فرســـایش را متناســـب با ویژگی‌های شیمیایی در مارن‌ها دانسته‌اند. احمدی (۱۳۷۸) در طرح بررســـی مارن‌های میوســـن حوزه آبخیز طالقان به منظور مشـــخص نمودن اشـــکال مختلف فرسایش از نظر کمی و کیفی سعی نموده تا مارن‌ها را براســـاس ویژگی‌های آنها و عواملی نظیر توپوگرافی، اقلیم، شکل فرسایش طبقه‌بندی و اشکال فرسایش غالب را بررسی نماید. بررسی ایشـــان نشـــان داده اســـت که ۹۰ درصـــد رســـوبات انباشته شده در پشت سد سفیدرود از سازندهای مارنی میوســـن اســـت که از نظر کمی حدود ۵۰ میلیون تن در ســـال برآورد گردیده اســـت. قدیمی عروس محله و همکاران (۱۳۷۸) با تهیه ۶۰ نمونه از مارن‌های منطقه تفرش و آنالیز آنها، ۱۶ متغییر فیزیکی و شیمیایی را تعیین نموده و با طبقه‌بندی خوشـــه‌ای، مارن‌های منطقه را به پنج گروه مارنی طبقه‌بندی نمودند و اظهار داشتند که فقط شش متغیر در طبقه‌بندی مارن‌های منطقه نقش اساسی ایفا می‌نماید که مهم‌ترین آنها سدیم است. به‌طور کلی آن‌ها نتیجه گرفتند که از بین کلیه متغیرهای فیزیکی و شـــیمیایی فقط متغیرهای شـــیمیایی هســـتند که در طبقه‌بندی مارن‌ها از نظر تولید رسوب دارای کاربرد می‌باشد. سکوتی اسکویی و همکاران (۱۳۸۸) براساس تحقیق انجام شده تحت عنوان طبقه‌بندی و تعیین شـــاخص‌های فرســـایش پذیری مارن‌های اســـتان آذربایجان غربی اظهار نمودند که سدیم، کلر، درصد ماسه، آهک، ضریب خمیری، حجم رواناب، شـــکل فرســـایش و نســـبت رس از جمله عوامل موثر بر طبقه‌بندی مارن‌ها می‌باشـــد که از بین اینها حجم رواناب موثرترین آنها اســـت. براســـاس روش تجزیه و تحلیل عاملی مجموع متغیرهای فیزیکوشـــیمیایی تعریف شـــده برای واحدهای مارنی را می‌توان در ســـه عامل خلاصـــه نمود. به‌طوریکه عامل اول مربوط به خصوصیات فیزیکی و به‌ویژه بافت خاک واحدهای مارنی می‌باشد. متغیرهای پتاسیم و سدیم محلول می‌تواند به‌عنوان معرف و متغیر اصـــلی عامل دوم باشـــد و بنابراین پتاســـیم محلول متغیر اصـــلی این عامل اســـت. درصـــد مواد آلی (OC) و حد خمیری می‌توانند به‌عنوان متغیر اصلی عامل سوم و به‌طور خاص درصـــد مواد آلی انتخاب شـــود. از این رو می‌توان با اســـتفاده از تجزیه و تحلیل عاملی انبوهی از داده‌ها را در گروه‌هایی از متغیرها که با یکدیگر به‌طور بارزی همبســـتگی دارند خلاصـــه نمود. بنابراین متغیرهای بافت خاک، پتاســـیم و ســـدیم محلول و درصـــد مواد آلی و حد خمیری

مهم‌ترین متغیر هایی هستند که با توجه به بیشترین ضریب همبستگی با عامل‌ها در منطقه‌ی مورد مطالعه انتخاب شدند. بدیهی است که هر یک از عامل های فوق به نحوی در خصوصیات فیزیکوشیمیایی و تفکیک و متمایز کردن واحدهای مارنی استان زنجان موثر می‌باشد.

پانوشت

1-Lower Red formation
2-Kaiser-Meyer
3-kervite and Bartletts
4-Varimax

منابع

-احمدی، ح.، ۱۳۷۸. ژئومورفولوژی کاربردی ج۱ (فرسایش آبی)، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه تهران، ۶۸۸ ص.

-اسماعیل‌پور، ا.، ۱۳۷۵. بررسی مارن‌های اطراف دریاچه ارومیه و تعیین حساسیت آنها نسبت به فرسایش آبی، مرکز آموزش عالی امام خمینی، تهران، ۱۲۰ ص.

-حسن زاده نفوتی، م.، فیض‌نیا، س.، احمدی، ح.، پیروان، ح.ر. و غیومیان، ج.، ۱۳۸۷. بررسی تأثیر ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی مارن‌ها بر میزان رسوب‌دهی با استفاده از مدل فیزیکی باران‌ساز، نشریه انجمن زمین‌شناسی مهندسی ایران، بهار ۱۳۸۷، جلد اول، شماره ۱، ص ۳۵-۴۸.

-سکوتی اسکوئی، ر.، پیروان، ح.، بروشکه، ا.، خواجه‌ای، ا.، احمدی، ع. و مصطفایی، ا.، ۱۳۸۸. طبقه‌بندی و تعیین شاخص‌های فرسایش پذیری مارن‌های استان آذربایجان غربی، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان آذربایجان غربی.

-عباسی، ن. و عبدی، پ.، ۱۳۸۴. بررسی رابطه بین خصوصیات شیمیایی مارن‌ها با رفتارهای محیطی آنها (مطالعه موردی حوزه قزل‌اوزن سفلی در منطقه طارم علیای استان زنجان)، چهارمین همایش زمین‌شناسی و محیط زیست ایران، تهران دانشگاه تربیت مدرس.

-عبدی نژاد، پ.، فیض‌نیا، س.، پیروان، ح.ر.، ۱۳۹۰. بررسی خصوصیات فیزیکوشیمایی، مکانیکی و فرسایش پذیری سازندهای مارنی استان زنجان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان.

-غیاثوند، ا.، ۱۳۸۷. کاربرد آمار و نرم‌افزار SPSS در تحلیل داده‌ها، نشر لویه، تهران، ۲۶۱ ص.

-قدوسی، ج.، سپهریان، م.، قدیمی عروس محله، ف. و پورمتین، ا.، ۱۳۷۶. شناخت و طبقه‌بندی مارن‌ها و بدلندها در حوضه آبخیز، پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری تهران.

-قدیمی، ع.م. و قدوسی، ج.، ۱۳۷۸. بررسی امکان طبقه‌بندی مارن‌ها براساس خصوصیات فیزیکی و شیمیائی مارن‌ها، مجله پژوهش و سازندگی، شکاره ۴۰، ۴۱ و ۴۲، بهار، ص ۳۰-۳۴.

-Benito, G., Gutierrez, M. and Zaragoza, Cs., 1993. The influence of physicochemical properties on erosion process in badland areas, Ebro Basin NE-Spain Geomorph, NF, v. 37(2), p.199-214.

-Cerda, A., Ibanez, S. and calvo, A., 1997. Design and operation of a small ad portable rainfall simulator for rugged terrain, Soil Technol, v. 11, p. 163- 170.