نشریه علمی-پژوهشی مهندسی و مدیریت آبخیز
جلد ۱۳، شماره ۱، ۱۴۰۰، صفحات ۱۷۴-۱۸۵

Journal of Watershed Engineering and Management
Volume 13, Issue 1, 2021, Pages 174-185
DOI: 10.22092/ijwmse.2018.116818.1408

بررسی و مقایسه خصوصیات فیزیکی خاک‌های مارنی حوضه دریاچه قم با دو سازند مادری مختلف

علیرضا مجیدی*[۱]، غلامرضا لشکری‌پور[۲] و ضیاءالدین شعاعی[۳]

[۱] استادیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران، [۲] استاد، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد و [۳] دانشیار پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۱/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۲۵

چکیده

فرسایش‌پذیری، مقاومت و رفتار مهندسی خاک‌ها، متاثر از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن‌ها می‌باشد. لیتولوژی و خصوصیات سنگ مادر می‌تواند از عوامل تاثیرگذار و کنترل‌کننده خصوصیات و رفتار خاک‌ها باشند. این مطالعه با هدف بررسی و مقایسه برخی خصوصیات فیزیکی خاک‌های ریزدانه مارنی با دو سازند مادری مختلف در حوضه دریاچه نمک قم با شرایط مشابه انجام گرفت. مطالعه بر روی ۶۱ نمونه که از عمق ۰/۵ تا یک متری و از سه منطقه حوضه با پراکنش مناسب در اطراف تهران، قم و ساوه برداشت شده، انجام پذیرفت. نمونه‌ها از خاک‌های نزدیک به رخنمون دو سازند مارنی دوره نئوژن، قرمز بالایی و قم، برداشت شده‌اند. پارامترهای فیزیکی مورد بررسی عبارتند از چگالی دانه‌های خاک، دانه‌بندی، حدود اتربرگ و عدد فعالیت خاک که مطابق استانداردهای ASTM بر روی نمونه‌ها، اندازه‌گیری و محاسبه شد. بررسی خصوصیات فوق مشخص کرد که خاک‌های حاصل از این دو سازند مارنی بیشتر سیلتی و تماماً در رده خاک‌های ریزدانه با خمیرایی کم تا متوسط قرار می‌گیرند. مقادیر مربوط به عدد فعالیت خاک و حدود اتربرگ به‌خصوص حد خمیری و شاخص خمیری، دلالت بر این دارند که کانی‌های رسی در این خاک‌ها به احتمال زیاد بیشتر از نوع کائولینیت و ایلیت و کمتر از نوع مونت‌موریلونیت هستند. مقایسه میانگین و تجزیه واریانس خصوصیات فیزیکی دو گروه خاک مارنی مورد مطالعه با استفاده از آزمون t، مشخص کرد که در بیشتر خصوصیات فیزیکی، دارای اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد هستند. دانه‌بندی، حد روانی، شاخص خمیری و عدد فعالیت خاک، خصوصیات فیزیکی دارای اختلاف در این دو گروه خاک هستند. این اختلاف با خوشه‌بندی نمونه‌ها براساس پارامترهای دارای اختلاف به روش سلسله‌مراتبی، مورد اعتبارسنجی و تایید قرار گرفت. با توجه به حوضه واحد و شرایط مشابه توپوگرافی و محیطی در تشکیل و تکامل این دو گروه خاک مارنی، نتایج این تحقیق دلالت بر تاثیر شرایط و خصوصیات محیط رسوبی سنگ مادر بر خصوصیات خاک‌ها به خصوص در مراحل اولیه تکاملی آن‌ها دارد.

واژه‌های کلیدی: آزمون جفتی t، حدود اتربرگ، دانه‌بندی، دوره نئوژن، عدد فعالیت خاک، محیط رسوبی سنگ مادر

مقدمه

خاک‌های ریزدانه و مارنی از جمله خاک‌های مشکل‌دار و مسئله‌ساز در پروژه‌های عمرانی و همچنین در زمینه فرسایش و رسوب و موثر بر مسائل زیست محیطی از جمله کیفیت آب و خاک محسوب می‌شوند. این خاک‌ها در خاورمیانه و ایران از گسترش

* مسئول مکاتبات: majidi@scwmri.ac.ir

قابل ملاحظه‌ای برخوردار هستند. مطالعه دربارهٔ مارن‌ها نشان می‌دهد که مشکل‌ساز بودن آن‌ها به لحاظ رفتار مهندسی و فرسایش‌پذیری آن‌ها می‌باشد که تابعی از خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و ترکیب کانی‌شناختی آن‌ها است (Yong و Ouhadi، ۲۰۰۷؛ Majidi و همکاران، ۲۰۰۷؛ Lamas و همکاران، ۲۰۱۱). خاک یک ماده ثانویه و عموماً رسوب تخریبی است که با هوازدگی سنگ مادر تشکیل و در طی زمان با تاثیرگذاری عوامل مختلف، تکامل می‌یابد. اما آنچه که از روند تشکیل خاک‌ها می‌توان استنباط کرد، نقش عوامل ذاتی و وراثتی و شرایط و خصوصیات سنگ مادر در کنترل خصوصیات و رفتار خاک‌ها است. در حقیقت، خاک‌ها با رده یا طبقه‌بندی مشابه در یک منطقه یا ناحیه، به لحاظ تفاوت در سنگ مادری می‌توانند در برخی خصوصیات و رفتارها دارای اختلاف باشند.

در بسیاری از منابع علوم خاک نظیر Brady و Weil در سال ۱۹۷۳ و Buol و همکاران در سال ۱۹۹۹، شکل‌گیری و پیدایش خصوصیات مختلف خاک را در ارتباط با پنج عامل مواد مادری، اقلیمی، موجودات زنده، توپوگرافی و زمان دانسته‌اند. پژوهشگران نظیر Karlen و همکاران (۱۹۹۷)، کیفیت ذاتی خاک را که از عوامل مهم در کنترل کیفیت خاک‌ها است، به خاکسازی و عوامل موثر بر آن و مواد مادری وابسته می‌دانند. Burger و Kelting (۱۹۹۹)، عقیده دارند وضعیت فیزیکی خاک و خصوصیات فیزیکی آن در ارزیابی کیفیت خاک‌ها از اهمیت بالایی برخوردار هستند. برخی از شاخص‌های فیزیکی خاک با زمان تقریباً ثابت بوده، ولی بسیاری از این شاخص‌ها دینامیک و پویا هستند. Chaplot و همکاران (۲۰۰۱)، در تحقیقی بیان کردند که خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک بر روی فرسایش‌پذیری و مقاومت خاک مؤثراند و باعث تغییر مقاومت خاک در برابر فرسایش می‌شوند. خصوصیات خاک به‌طور معنی‌داری با اثرگذاری برخی عوامل محیطی از جمله آب و هوا، توپوگرافی، پوشش گیاهی و برخی دخالت‌های انسانی و همچنین مواد مادری، تغییر می‌کند.

Azizi و همکاران (۲۰۱۱)، Furquim و همکاران (۲۰۱۰) و Farifte و همکاران (۲۰۰۶)، با تحقیقاتی در زمینه شوری و املاح خاک‌ها بیان داشتند که منشأ نمک و املاح در خاک‌ها، ممکن است از هوازدگی کانی‌های موجود در مواد مادری و آزاد شدن یون‌های موجود در آن‌ها و ورود آن‌ها به محلول خاک باشد.

Manafi (۲۰۱۰) و Kadhum (۲۰۰۹) نیز منشأ توارثی برای بیشتر کانی‌های رسی نظیر اسمکتایت را در خاک‌های مورد مطالعه خود، گزارش کرده‌اند. بسیاری از رفتارها و خصوصیات خاک‌های ریزدانه، متاثر از مقدار و نوع کانی‌های رسی آن‌ها است. Azizi و همکاران (۲۰۱۱) نیز با مطالعه خاک‌های گچی جنوب تهران،کانی‌های ایلایت، کلرایت و اسمکتایت را به‌عنوان کانی‌های رسی غالب در خاک‌های منطقه گزارش کرده، حضور این کانی‌ها را سبب بروز برخی رفتارها و خصوصیات آن‌ها از جمله عوامل ظرفیت تبادل کاتیونی کم خاک‌های مزبور بیان کرده‌اند. Owliaie و همکاران (۲۰۰۶) نیز با مطالعه خاک‌های گچی جنوب ایران، منشأ اسمکتایت را در این خاک‌ها موروثی و عامل بروز برخی رفتارها و خصوصیات در این خاک‌ها بیان کردند.

پژوهشگران وجود کائولینایت در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران را مانند بسیاری از خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان ناشی از توارث از مواد مادری می‌دانند (Owliaie و همکاران، ۲۰۰۶؛ Azizi و همکاران، ۲۰۱۱؛ Hashemi و همکاران، ۲۰۱۳).

در این پژوهش، خصوصیات دو گروه خاک مارنی با منشاء سازندهای فرسایش‌پذیر مارنی دوره نئوژن (سازندهای قم و قرمز بالایی) در سطح حوضه دریاچه نمک قم، مورد اندازه‌گیری و بررسی و مقایسه قرار گرفته است. تحقیقات مشخص کرده که محیط رسوبی دو سازند قم و قرمز بالایی در دوره نئوژن متفاوت و سازند قم در محیط دریایی کم‌عمق و بسته و بیشتر احیایی و قرمز بالایی در محیط رودخانه‌ای و سیلابی و اکسیداسیونی قاره‌ای نهشته شده‌اند (Amini، ۲۰۰۱؛ Moienpour و همکاران، ۲۰۰۳؛ Aghanabati، ۲۰۰۴). بنابراین، برخی خصوصیات و رفتارهای این دو سازند تحت کنترل و ناشی از محیط رسوبی آن‌ها بوده، که می‌تواند با مواد مادری و موروثی در خاک‌های حاصل از آن‌ها نیز بروز کنند.

هدف از این تحقیق، بررسی تاثیر سنگ مادر بر خصوصیات خاک‌های ریزدانه مارنی با مقایسه و بررسی اختلاف در خصوصیات فیزیکی خاک‌های مارنی با دو سازند مادری متفاوت در یک حوزه واحد با شرایط مشابه می‌باشد. به همین منظور، مبادرت به برداشت نمونه خاک مارنی از سطح حوضه و اندازه‌گیری خصوصیات فیزیکی شد. در این تحقیق، به‌منظور بررسی و ارائه خلاصه‌ای از خصوصیات و پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده، از آمار توصیفی و ویژگی‌های آماری مربوط به شاخص‌های مرکزی و شاخص‌های پراکندگی و شکل توزیع داده‌ها، استفاده شد. مقایسه خصوصیات و اعتبارسنجی نتایج به‌دست آمده، با استفاده از روش‌های آمار استنباطی پارامتریک انجام پذیرفت. داده‌ها با استفاده از برنامهٔ آماری SPSS نسخه ۲۲ مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. محل این تحقیق در حوضه‌ای با اقلیم گرم و خشک تا نیمه‌خشک انتخاب شده که خاک‌ها در این نوع اقلیم عموماً کمتر از اقلیم‌های مرطوب و سرد در مواجه با بارش و رطوبت و مواد آلی هستند.

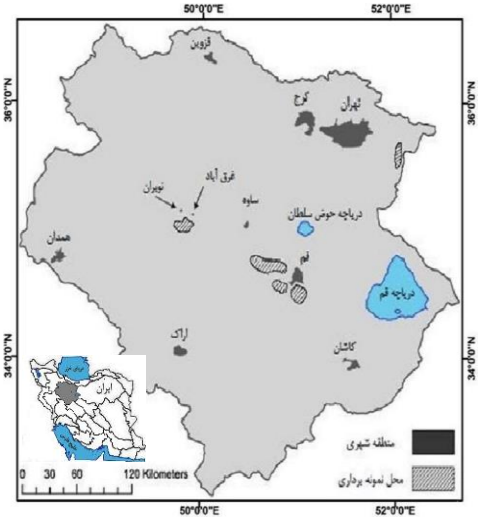
مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه: منطقه مورد مطالعه، حوضه دریاچه نمک قم و از حوضه‌های مرکزی ایران است. این حوضه در نواحی با اقلیم خشک و نیمه‌خشک قرار گرفته، از جمله حوضه‌های بسته‌ای است که در دامنه‌های جنوبی البرز واقع شده است (Ensafi Moghadam، ۱۳۸۴). مساحت این حوضه بالغ بر ۹۲ هزارکیلومتر مربع و در محدوده ۳۲ درجه و ۵۶ دقیقه تا ۳۶ درجه و ۳۵ دقیقه عرض جغرافیایی شمالی و ۴۸ درجه تا ۵۲ درجه و ۳۱ دقیقه طول جغرافیایی شرقی قرار می‌گیرد. نتایج حاصل از محاسبات نشان می‌دهد، در یک دورهٔ آماری ۴۰ ساله، میانگین بارش در سطح حوضه ۲۵۶ میلی‌متر است. موقعیت حوضه مورد مطالعه در کشور ایران و موقعیت محدوده‌های نمونه‌برداری در سطح حوضه، در شکل ۱ مشاهده می‌شود.

سطح رخنمون دو سازند مارنی قم و قرمز بالایی در سطح این حوضه از مساحت قابل ملاحظه‌ای برخوردار هستند. همچنین، بیشتر ممبرها و واحدهای این دو سازند مارنی در سطح این حوضه رخنمون دارند. حدود نیمی از سطح حوضه به‌وسیله رسوبات آبرفتی کواترنری پوشیده شده است. مابقی سطح حوضه دریاچه نمک به‌وسیله رخنمون توده سنگ‌های رسوبی، آذرین و آذرآواری دوران سنوزوئیک پوشیده شده، توده سنگ‌های پالئوزوئیک و مزوزوئیک به‌صورت بسیار محدود و محلی در برخی نواحی حوضه رخنمون دارند.

سن سازند قم اولیگوسن میانی-پایانی تا میوسن پیشین است که پس از یک دوره رسوب‌گذاری کولابی و قاره‌ای با ضخامت زیاد، نهشته شده است (Aghanabati، ۲۰۰۴). تغییرات رخساره و ضخامت این سازند درگستره ایران مرکزی زیاد است و عموماً تناوبی از لایه‌های مارنی، سیلت‌سنگ و ماسه‌سنگ همراه با املاح و لایه‌های آهکی مرجانی و وجود لایه‌های گچی به‌صورت محلی می‌باشد. سازند قرمز بالایی شامل لایه‌های مارنی، سیلت‌سنگ و ماسه‌سنگ همراه با املاح است که در ایران مرکزی و شمال غرب ایران گسترش وسیع داشته، رسوبات سازند قم را می‌پوشانند. در زمان تشکیل سازند قرمز بالایی، سازند قم در محیط رسوبی آن حضور داشته، به‌عنوان یکی از منشاءهای تشکیل این سازند است.

نمونه‌برداری و بررسی‌های آزمایشگاهی: اطلاعات پایه مورد نیاز این تحقیق، شامل برخی خصوصیات فیزیکی خاک‌های مارنی با دو سازند مادری متفاوت در سطح حوضه مورد مطالعه می‌باشد. به‌منظور مهیا کردن این اطلاعات، مبادرت به برداشت ۶۱ نمونه خاک از عمق ۰/۵ تا یک متری و از سه منطقه حوضه با تکرار و پراکنش مناسب، در اطراف تهران، قم و ساوه شد. در شکل ۲، رخنمون‌های سازندهای قم و قرمز بالایی در سطح حوضه مورد مطالعه مشاهده می‌شود. کلیه نمونه‌ها از خاک‌های ایجاد شده در نزدیک‌ترین محل به رخنمون سازندهای مورد نظر و در شرایط توپوگرافی نسبتاً هموار با شیبی کمتر از ۱۰ درصد و در خارج بستر آبراهه‌ای و نواحی عاری از پوشش گیاهی، برداشت شده‌اند.

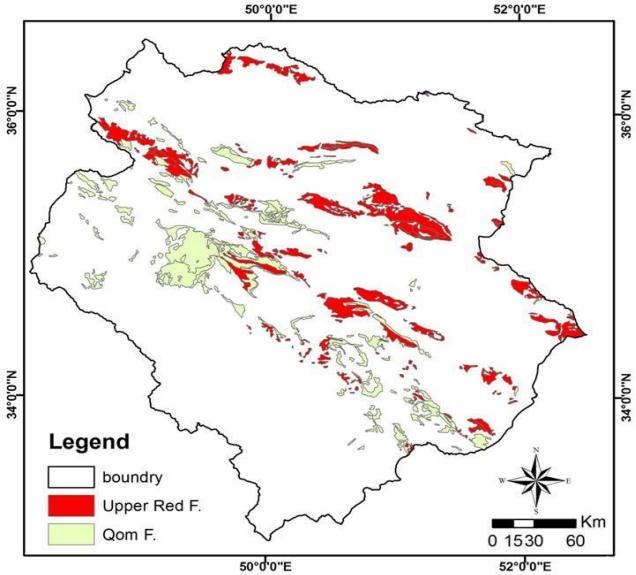


شکل ۱- موقعیت حوضه دریاچه نمک در ایران و محدوده‌های نمونه‌برداری در سطح حوضه

خصوصیات و پارامترهای فیزیکی مورد بررسی عبارتند از چگالی دانه‌های خاک Gs، عدد فعالیت خاک A، دانه‌بندی (C, M, S) و حدود اتربرگ (PL, LL, PI)، که مطابق استانداردهای ASTM بر روی نمونه‌ها پس از آماده‌سازی آن‌ها، اندازه‌گیری شد. برای تمام نمونه‌ها، شاخص خمیری (PI) و عدد فعالیت خاک (A) مطابق روابط (۱) و (۲) محاسبه شده است. در این روابط، C درصد رس، LL حد روانی و PL حد خمیریی هستند.

$$PI = LL - PL \qquad (۱)$$

$$A = PI / C \qquad (۲)$$



شکل ۲- نقشه رخنمون دو سازند مارنی قم و قرمز بالایی در سطح حوضه دریاچه نمک (اقتباس از نقشه‌های سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور)

در این تحقیق، از آمار توصیفی و ویژگی‌های آماری داده‌ها برای بررسی خصوصیات خاک‌ها استفاده شد. ویژگی‌های آماری خصوصیات و پارامترهای فیزیکی مورد نظر مربوط به کلیه نمونه‌ها و همچنین به تفکیک هر یک از دو گروه خاک مارنی مورد مطالعه، در جدول ۱ مشاهده می‌شود.

جدول ۱- مقادیر ویژگی‌های آماری خصوصیات فیزیکی خاک‌های مارنی مورد مطالعه (به‌صورت کلی و به تفکیک هر یک از دو گروه خاک مارنی)

نمونه	پارامتر*	تعداد	دامنه	حداقل	حداکثر	میانگین	مد	انحراف معیار	واریانس	چولگی	کشیدگی
کل نمونه‌ها	S (%)	۶۱	۲۴/۱۴	۰/۳۶	۲۴/۵۰	۵/۹۱	۲/۹	۵/۰۹	۲۵/۹۵	۱/۱۸	۱/۷۸
	M (%)	۶۱	۴۸/۱۴	۳۸/۸۰	۸۶/۹۴	۶۱/۱۳	۶۷/۵۲	۹/۶۸	۹۳/۷۳	-۰/۰۹	-۰/۱۲
	C (%)	۶۱	۴۴/۰۲	۱۱/۴۶	۵۴/۴۹	۳۲/۸۷	۲۲/۳۳	۱۰/۵۴	۱۱۱/۱۵	۰/۱۳	-۰/۸۸
	(S+M)/C	۶۱	۶/۹۲	۰/۸۰	۷/۷۲	۲/۴۲	۱/۳ ، ۲/۱	۱/۳۰	۱/۶۸	۱/۳۸	۲/۷۰
	Gs	۶۱	۰/۱۸	۲/۵۹	۲/۷۷	۲/۷۱	۲/۷۳	۰/۰۴	۰/۰۰	-۱/۱۰	۰/۹۳
	PL (%)	۶۱	۹/۴۰	۱۵/۰۰	۲۴/۴۰	۱۹/۲۷	۱۸	۲/۱۲	۴/۴۹	۰/۴۳	-۰/۰۵
	LL (%)	۶۱	۲۵/۵۰	۲۱/۵۰	۴۷/۰۰	۳۱/۷۱	۲۹/۳۳	۵/۵۱	۳۰/۳۸	۰/۴۶	-۰/۲۲
	PI (%)	۶۱	۱۷/۹۴	۵/۳۰	۲۳/۲۴	۱۲/۴۴	۹/۱۵	۴/۱۰	۱۶/۸۲	۰/۴۲	-۰/۶۷
	A	۶۱	۱/۳۴	۰/۱۶	۱/۵۰	۰/۴۰	۰/۳۳ ، ۰/۳۸	۰/۱۸	۰/۰۳	۳/۷۵	۲۱/۲۳
نمونه‌ها با سازند مادری قم	S (%)	۳۰	۱۱/۰۴	۰/۳۶	۱۱/۴۰	۲/۴۱	۱/۵۰	۲/۴۷	۶/۰۹	۲/۴۹	۶/۸۰
	M (%)		۴۴/۴۴	۴۲/۵۰	۸۶/۹۴	۵۸/۳۱	۴۷/۵۳	۹/۸۳	۶۹/۵۹	۰/۹۲	۰/۹۴
	C (%)	۳۰	۴۴/۰۲	۱۱/۴۶	۵۵/۴۹	۳۹/۱۳	۴۵/۵۰	۹/۳۸	۸۷/۹۹	-۰/۸۹	۱/۲۳
	(S+M)/C	۳۰	۶/۹۲	۰/۸۰	۷/۷۲	۱/۸۰	۱/۲ ، ۰/۸	۱/۲۳	۱/۵۲	۳/۵۲	۱۴/۵۲
	Gs	۳۰	۰/۱۸	۲/۵۹	۲/۷۷	۲/۷۱	۲/۷۴	۰/۰۵	۰/۰۰	-۱/۲۴	۰/۷۳
	PL (%)	۳۰	۹/۴۰	۱۵/۰۰	۲۴/۴۰	۱۹/۴	۲۰/۲۲	۲/۱۴	۴/۵۶	۰/۷۵	۰/۵۸
	LL (%)	۳۰	۲۴/۳	۲۲/۷۰	۴۷/۰۰	۳۲/۹	۲۸/۳۶	۵/۹۵	۳۵/۴۴	۰/۴۳	-۰/۵۸
	PI (%)	۳۰	۱۶/۹۸	۶/۲۶	۲۳/۲۴	۱۳/۴۸	۱۶/۹	۴/۳۲	۱۸/۷۰	۰/۲۵	-۰/۸۹
	A	۳۰	۱/۳۴	۰/۱۶	۱/۵۰	۰/۳۷	۰/۳۸ ، ۰/۳	۰/۲۲	۰/۰۵	۳/۸۴	۱۷/۴۹
نمونه‌ها با سازند مادری قرمزبالایی	S (%)	۳۱	۱۸/۵	۶	/۰۰	۲۴/۵	۸/۰	۴/۱۳	۱۷/۰۳	۲/۰۱	۴/۵۴
	M (%)	۳۱	۳۵/۴	۳۸/۸	۷۴/۲	۶۴/۵	۶۵/۷۳	۸/۴۳	۷۱/۱۴	-۱/۶۶	۳/۲۰
	C (%)	۳۱	۲۴/۱	۱۶/۰۰	۴۰/۱	۲۵/۲	۲۲/۰۰	۵/۸۷	۳۴/۴۴	۰/۵۳	-۰/۲
	(S+M)/C	۳۱	۳/۷۶	۱/۴۹	۵/۲۵	۳/۱۶	۲/۲ ، ۳/۲	۰/۹۵	۰/۹۰	۰/۳۳	-۰/۶۴
	Gs	۳۱	۰/۱۳	۲/۶۳	۲/۷۶	۲/۷۱	۲/۷۲	۰/۰۳	۰/۰۰	-۰/۶۹	۰/۵۹
	PL (%)	۳۱	۷/۵۳	۱۵/۵۰	۲۳/۰۳	۱۹/۱۰	۱۹/۱۷	۲/۱۲	۴/۴۹	۰/۰۴	-۰/۹۴
	LL (%)	۳۱	۱۸/۵۰	۲۱/۵۰	۴۰/۰۰	۳۰/۲۷	۲۴/۳۳	۴/۶۱	۲۱/۲۷	۰/۰۳	-۰/۷۸
	PI (%)	۳۱	۱۳/۲۳	۵/۳۰	۱۸/۵۳	۱۱/۱۷	۹/۷	۳/۴۷	۱۲/۰۲	۰/۳۶	-۰/۹۲
	A	۳۱	۰/۲۹	۰/۲۹	۰/۵۸	۰/۴۴	۰/۵ ، ۰/۳۶	۰/۰۸	۰/۰۱	-۰/۱۵	-۰/۹۷

* ماسه (S)، سیلت (M)، رس (C)، چگالی ویژه دانه‌های خاک (Gs)، حد خمیری (PL)، حد روانی (LL)، شاخص خمیری (PI)، عدد فعالیت (A)

نتایج و بحث

بررسی خصوصیات و پارامترهای فیزیکی

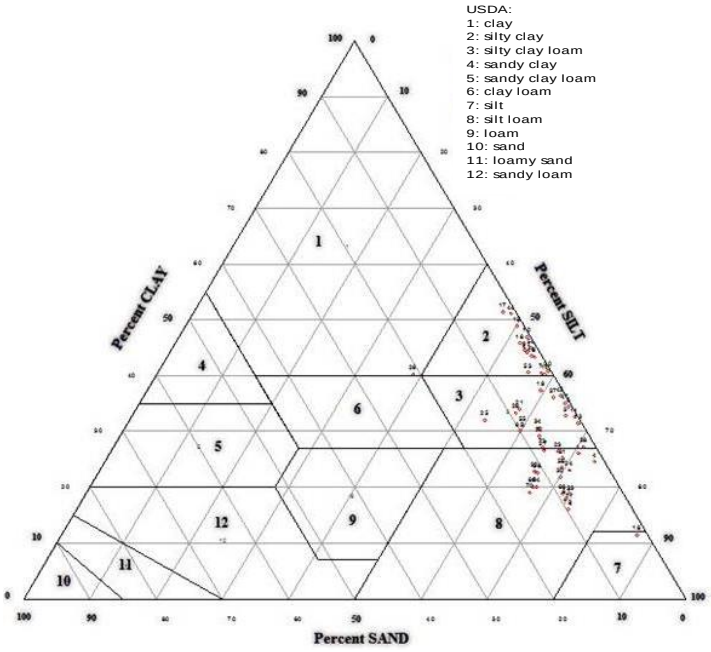
خاک‌ها: چگالی ویژه یک سنگ یا سنگدانه (Gs) بستگی به ترکیب کانی‌شناسی آن و چگالی یک کانی به ترکیب و ساختمان شیمیایی و سامانه تبلور آن وابسته است (Vafaiean، ۱۹۹۷). ویژگی‌های آماری این پارامتر برای کل نمونه‌ها و به تفکیک دو گروه خاک مارنی، در جدول ۱ قابل مشاهده می‌باشد. بر اساس اطلاعات مندرج در جدول فوق، چگالی ویژه دانه‌های خاک‌های مارنی مورد مطالعه در محدوده ۲/۶۰ تا ۲/۷۷ گرم بر سانتی‌متر مکعب، تغییر می‌کند. البته بیشترین فراوانی در بازه ۲/۶۹ تا ۲/۷۵ است. کانی‌ها را بر اساس مقدار چگالی ویژه مطابق جدول ۲، به سه دسته کانی‌های سنگین، متوسط و سبک، تقسیم‌بندی می‌کنند (Vafaiean، ۱۹۹۷). بر مبنای این تقسیم‌بندی و با توجه به چگالی ویژه به‌دست آمده برای خاک‌های مارنی مورد مطالعه مندرج در جدول ۱، کانی‌های خاک‌های مورد مطالعه از نوع کانی‌هایی با چگالی متوسط محسوب می‌شوند.

دانه‌بندی: ویژگی‌های آماری پارامترهای دانه‌بندی (مطابق با طبقه‌بندی متحد) در جدول ۱ برای کل نمونه‌ها و به تفکیک دو گروه خاک مارنی، قابل مشاهده می‌باشد. شکل ۳، محل نمونه‌ها را در نمودار مثلثی تعیین بافت خاک به روش USDA نشان

می‌دهد. بر اساس اطلاعات مندرج در جدول ۲ و نمودار شکل ۳، کلیه خاک‌های مورد مطالعه در رده خاک‌های ریزدانه و عموماً سیلتی قرار می‌گیرند. با توجه به ویژگی‌های آماری پارامترهای دانه‌بندی و نمودار شکل ۳، مشخص می‌شود که خاک‌های مورد مطالعه بین ۸۴ تا ۱۰۰ درصد، از سنگدانه‌های سایز سیلت و رس (ریزدانه) و بین صفر تا ۱۶ درصد در سایز ماسه (درشت‌دانه) تشکیل شده‌اند. همچنین، اطلاعات این جدول، مشخص می‌سازد که درصد ماسه و مجموع درصد ماسه و سیلت در خاک‌های مارنی با سازند مادری قرمز بالایی بیشتر از خاک‌های مارنی با سازند مادری قم است. همچنین، درصد رس به‌طور متوسط در خاک‌های مارنی با سازند مادری قم بیشتر از خاک‌های مارنی با سازند مادری قرمزبالایی است. بنابراین، در صورتی‌که بیشتر دانه‌های تخریبی سایز رس، کانی رسی باشند، بر اساس خصوصیات فیزیکی، پیش‌بینی می‌شود که تغییرات رفتاری خاک‌های مارنی با سازند مادری قم در ارتباط با رطوبت (نظیر تورم، تحکیم و حدود اتربرگ و...) نسبت به خاک‌های مارنی با سازند مادری قرمز بالایی بیشتر و این خاک‌ها نسبت به رطوبت حساس‌تر باشند. همچنین، پیش‌بینی می‌شود که پتانسیل رمبندگی و واگرایی مکانیکی در خاک‌های مارنی با سازند مادری قرمز بالایی (به‌دلیل افزایش بخش سیلتی و ذرات غیر چسبنده) بیشتر باشد. البته در خاک‌های ریزدانه، تاثیر پارامترهای شیمیایی نظیر املاح محلول و آنیون و کاتیون‌های موجود، می‌تواند تغییرات شدیدی را در خواص و رفتار آن‌ها ایجاد کنند. خاک‌های مارنی مورد مطالعه از خاک‌های املاح‌دار در نواحی خشک و نیمه‌خشک بوده، در چنین مصالح سنگدانه‌ای، املاح می‌توانند به‌صورت دانه‌های تخریبی در بدنه خاک حضور داشته باشند. لذا، بخشی از درصد رس تعیین شده در آزمایش دانه‌بندی، کانی‌های غیر رسی و در حقیقت سنگدانه‌های رس‌سایز و غیر رسی هستند.

جدول ۲- طبقه‌بندی کانی‌ها بر اساس مقدار چگالی ویژه (Vafaiean، ۱۹۹۷)

نوع کانی	کانی سنگین	کانی متوسط	کانی سبک
چگالی ویژه Gs	> ۴	۲/۵ – ۴	< ۵/۲



شکل ۳- محل نمونه‌ها در نمودار مثلثی تعیین بافت خاک به روش USDA

حدود اتربرگ و خمیرایی: ویژگی‌های آماری مقادیر حدود اتربرگ (PI, LL, PL) مربوط به کلیه نمونه‌ها و

به تفکیک هر یک از دو گروه خاک مارنی، در جدول ۱ مشاهده می‌شود. همان‌طورکه مقادیر چولگی و کشیدگی مربوط به توزیع داده‌های حدود اتربرگ در جدول ۱ نشان می‌دهند، توزیع داده‌های این پارامترها در هریک از دو گروه خاک مارنی و همچنین، در کل نمونه‌ها نرمال یا به نرمال شبیه است. طبقه‌بندی خاک‌ها از لحاظ مقدار شکل‌پذیری و خمیرایی و بر مبنای مقدار شاخص خمیری، در جدول ۳ مشاهده می‌شود (Burmister، ۱۹۴۹ به نقل از Asgari و Fakher، ۱۹۹۴). بر اساس این جدول و مقادیر مربوط به حدود اتربرگ نمونه‌های مورد آزمایش، مشخص می‌شود که بیشتر خاک‌های مورد مطالعه، در رده خاک‌ها با شکل‌پذیری یا خاصیت خمیری متوسط قرار دارند. با توجه به دامنه حدود اتربرگ و عدم همخوانی آن با دامنه درصد رس در نمونه‌ها، می‌توان استنتاج کرد که بخشی از رس تعیین شده در آزمایش دانه‌بندی، سنگدانه‌های رس سایز و کانی‌های غیر رسی هستند.

جدول ۳- طبقه‌بندی خاک‌ها از لحاظ مقدار شکل‌پذیری و خمیرایی (Burmister، ۱۹۴۹، به نقل از Asgari و Fakher، ۱۹۹۴)

توصیف رفتار خمیری	غیر خمیری	نسبتا خمیری	خمیری کم	خمیری متوسط	خمیری زیاد	خمیری بسیار زیاد
شاخص خمیری (PI)	۰	۱-۵	۵-۱۰	۱۰-۲۰	۲۰-۴۰	> ۴۰

بر اساس تحقیقات انجام شده، بسیاری از رفتارها و خصوصیات تحت رطوبت خاک‌های ریزدانه به‌خصوص رس‌ها، می‌توانند متاثر از پارامترها و عوامل شیمیایی به‌ویژه املاح محلول خاک باشند (Yong و Ouhadi، ۲۰۰۷؛ Majidi و همکاران، ۲۰۰۷؛ Lamas و همکاران، ۲۰۱۱). لذا، بر اساس نتایجی که از دانه‌بندی و حدود اتربرگ نمونه‌ها به‌دست آمده، به‌نظر می‌رسد که پارامترهای شیمیایی خاک می‌توانند به‌عنوان عوامل کنترل کننده در خصوصیات یا رفتار تحت رطوبت این خاک‌ها موثر باشند.

پیش‌بینی نوع کانی‌های رسی: بسیاری از خصوصیات و رفتارهای خاک متاثر از درصد و نوع رس موجود در خاک است. پارامتر عدد فعالیت خاک از جمله این موارد می‌باشد. در حقیقت، دلیل اصلی فعالیت کانی‌های رسی که پارامتر عدد فعالیت خاک را کنترل می‌کند، ظرفیت تبادل کاتیونی آن‌ها است. بنابراین، در پارامترهای خاک، عدد فعالیت خاک (A) و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) از پارامترهای مناسب به‌منظور پیش‌بینی و شناسایی اولیه نوع رس می‌باشند. در جدول ۴، پیش‌بینی نوع رس بر اساس مقادیر عدد فعالیت خاک مشاهده می‌شود (Asgari و Fakher، ۱۹۹۴). مقادیر عدد فعالیت خاک مطابق جدول ۱، در خاک‌های مورد مطالعه در بازه ۰/۶ تا ۰/۲ متغیر است. بر اساس مقادیر عدد فعالیت خاک در نمونه‌های مورد بررسی و با در نظر گرفتن مقادیر حدود اتربرگ آن‌ها، می‌توان پیش‌بینی کرد که نوع کانی رس در نمونه‌های فوق، بیشتر از نوع کائولینیت و ایلیت هستند. به نظر می‌رسد که بر اساس مقادیر عدد فعالیت خاک، نوع رس در خاک‌های مارنی با سازند مادری قم بیشتر از نوع ایلیت و در خاک‌های مارنی با سازند مادری قرمز بالایی بیشتر از نوع کائولینیت باشند.

جدول ۴- فعالیت خاک در انواع کانی‌های رسی (Asgari و Fakher، ۱۹۹۴)

نوع رس	Na مونت موریلونیت	Ca مونت موریلونیت	ایلیت	K کائولینت	هالوسیت	کوارتز
فعالیت خاک	۷ - ۴	۱/۵	۱/۳ – ۰/۵	۱/۵ – ۰/۳	۰/۱	۰

مقایسه و بررسی اختلاف در پارامترهای فیزیکی دو گروه خاک مورد مطالعه: هدف اصلی این پژوهش، مشخص کردن خصوصیات و پارامترهای فیزیکی است که در دو گروه خاک مارنی دارای اختلاف معنی‌داری هستند. به همین منظور، میانگین و واریانس خصوصیات و پارامترهای اندازه‌گیری شده،

در این دو گروه خاک با توجه به نوع و تعداد داده‌ها، با استفاده از آزمون (t) در دو نمونه مستقل، مورد مقایسه و تحلیل قرار گرفته است. در منابع مختلف آماری، توزیع داده‌هایی که مقادیر چولگی وکشیدگی آن‌ها در بازه (۲- تا ۲+) قرار گیرد، دلالت بر این دارد که شکل توزیع آن‌ها یا نرمال است یا به نرمال نزدیک است (Behbodian، ۲۰۰۵). در این پژوهش، به‌منظور برقراری پیش فرض‌های مربوط به این روش آماری پارامتریک، بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از مقادیر پارامترهای مربوط به شکل توزیع داده‌ها (مقادیر چولگی و کشیدگی آن‌ها)، انجام شد. بنابراین، در مواردی که توزیع آن‌ها از حالت نرمال دور است (خارج از بازه ۲- تا ۲+)، برای نرمال‌سازی داده‌ها از روش لگاریتم طبیعی استفاده شده است.

در این تحلیل آماری، بر اساس معیارهای محاسباتی که عبارتند از مقادیر مربوط به شاخص یا آماره t و شاخص یا آماره فیشر F و مقدار معنی‌داری (Sig) یا همان P-Value، پارامترها و خصوصیاتی که میانگین آن‌ها از نظر علم آمار در دو گروه خاک مارنی مورد نظر در سطح اطمینان یا سطح معنی‌داری بیش از ۹۵ درصد (Sig. < ۰/۰۵) دارای اختلاف معنی‌داری بوده‌اند، مشخص شد. در این بررسی، فرض صفر (در آزمون لون و آزمون t)، برابری میانگین یا واریانس دو نمونه یا دو گروه است. در این آزمون، مقدار معنی‌داری کوچکتر از ۰/۰۵ (Sig. < ۰/۰۵) که بر مبنای محاسبه آماره‌های F و t به‌دست می‌آید، مشخص می‌کند که دلیلی بر اثبات فرض صفر وجود نداشته، بنابراین، اختلاف در سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد در میانگین‌ها تایید می‌شود. در این آزمون، هرچه مقدار عددی آماره محاسباتی F و t بزرگتر و هرچه مقدار عددی آماره معنی‌داری (Sig) کوچکتر و به صفر نزدیکتر باشد، نشان‌دهنده شدت اختلاف و فاصله واریانس‌ها و میانگین‌ها است (Behbodian، ۲۰۰۵). لذا، بر همین مبنا، خصوصیات و پارامترهایی که بیشترین اختلاف و فاصله را در دو گروه خاک مارنی نشان می‌دهند نیز مشخص می‌شود.

نتایج آزمون (t) در دو نمونه مستقل، مربوط به مقایسه پارامترهای فیزیکی اندازه‌گیری شده (دانه‌بندی، حدود اتربرگ و عدد فعالیت خاک) در دو گروه خاک مورد مطالعه، در جدول ۵، مشاهده می‌شود. نتایج آزمون لون (leven) مندرج در بخش اول جدول فوق، برابری واریانس تمام پارامترهای حدود اتربرگ و همچنین، درصد رس مربوط به دوگروه خاک مارنی را تایید می‌کند. بر اساس مقدار عددی آماره t و مقدار معنی‌داری (Sig) مندرج در بخش دوم جدول ۵ که مربوط به نتایج آزمون t و مقایسه میانگین‌ها هستند، مشخص می‌شود که میانگین تمام پارامترهای فیزیکی مربوط به دانه‌بندی و حدود اتربرگ که در دو گروه خاک مارنی اندازه‌گیری شده، به غیر از حد خمیری (PL)، در سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری هستند. پارامترهای فیزیکی که در دو گروه خاک مارنی در این بررسی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد هستند، در جدول ۶ مشاهده می‌شوند. این پارامترها عبارت از، درصد ماسه، در صد سیلت، درصد رس، حد روانی، شاخص خمیری، چگالی ویژه دانه‌ها و عدد فعالیت خاک است. بر مبنای بزرگی آماره محاسباتی t و کوچکی مقدار آماره معنی‌داری (Sig) از جدول ۵، مشخص می‌شود که اختلاف در پارامترهای دانه‌بندی (درصد ماسه، سیلت و رس) و همچنین، در پارامترهای حد روانی و شاخص خمیری و عدد فعالیت خاک نسبت به دیگر پارامترها در این دو گروه خاک، شدیدتر و فاصله میانگین‌ها بیشتر است. با مقایسه بصری نمودارهای جعبه‌ای در شکل ۳، این اختلاف در دامنه و مقدار میانگین‌های مربوط به پارامترهای فیزیکی این دو گروه خاک به وضوع قابل مشاهده می‌باشد.

جدول ۵- خلاصه نتایج مقایسه پارامترهای فیزیکی دو گروه خاک مارنی به‌وسیله آزمون لون و آزمون (t)

Parameter	Levene's test for equality of variances		t-test for Equality of Means					
	F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean difference	95% confidence interval of the difference	
							Lower	Upper

PL	Equ. var. assu.	۲/۵۶۹	۰/۱۱۴	۰/۲۹	۵۹/۰	۰/۷۷۴	۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۰۶
	not assu.			۰/۲۹	۵۷/۹	۰/۷۷۴	۰/۰۱	-۰/۰۴	۰/۰۶
LL	Equ. var. assu.	۰/۰۰۰	۰/۹۹۸	۲/۵۷	۵۹/۰	۰/۰۱۳	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۱۸
	not assu.			۲/۵۷	۵۸/۹	۰/۰۱۳	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۱۸
PI	Equ. var. assu.	۰/۲۳۳	۰/۶۳۱	۳/۳۴	۵۹/۰	۰/۰۰۱	۰/۲۵	۰/۱۰	۰/۴۰
	not assu.			۳/۳۴	۵۸/۶۰	۰/۰۰۱	۰/۲۵	۰/۱۰	۰/۴۰
S	Equ. var. assu.	۲۲/۷۳۰	۰/۰۰۰	-۱۱/۵۹	۵۹/۰	۰/۰۰۰	-۱/۸۸	-۲/۲۱	-۱/۵۶
	not assu.			-۱۱/۴۳	۳۴/۰	۰/۰۰۰	-۱/۸۸	-۲/۲۲	-۱/۵۵
M	Equ. var. assu.	۱۰/۵۴	۰/۰۰۲	-۵/۳۲	۵۹/۰	۰/۰۰۰	-۰/۱۶	-۰/۲۲	-۰/۱۰
	not assu.			-۵/۲۷	۴۷/۰	۰/۰۰۰	-۰/۱۶	-۰/۲۲	-۰/۱۰
C	Equ. var. assu.	۰/۵۶۳	۰/۴۵۶	۱۰/۱۱	۵۹/۰	۰/۰۰۰	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۶۳
	not assu.			۱۰/۱۲	۵۹/۰	۰/۰۰۰	۰/۵۲	۰/۴۲	۰/۶۳
SM	Equ. var. assu.	۱۱/۵۵	۰/۰۰۱	-۹/۷۳	۵۹/۰	۰/۰۰۰	-۰/۲۶	-۰/۳۱	-۰/۲۰
	not assu.			-۹/۶۴	۴۳/۱	۰/۰۰۰	-۰/۲۶	-۰/۳۱	-۰/۲۰
SM/C	Equ. var. assu.	۰/۳۸۳	۰/۵۳۸	-۱۰/۱۴	۵۹/۰	۰/۰۰۰	-۰/۷۸	-۰/۹۳	۰/۶۳
	not assu.			-۱۰/۱۲	۵۶/۸	۰/۰۰۰	-۰/۷۸	-۰/۹۳	۰/۶۳
A	Equ. var. assu.	۰/۶۱۳	۰/۴۳۷	-۵/۰۴	۵۹/۰	۰/۰۰۰	-۰/۲۷	-۰/۳۸	۰/۱۶
	not assu.			-۵/۰۳	۵۷/۰	۰/۰۰۰	-۰/۲۷	-۰/۳۸	۰/۱۶
Gs	Equ. var. assu.	۰/۱۱۲	۰/۷۳۹	۲/۰۵	۵۹/۰	۰/۰۴۵	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱
	not assu.			۲/۰۴	۵۷/۸	۰/۰۴۶	۰/۰۱	۰/۰۰۰۱	۰/۰۱

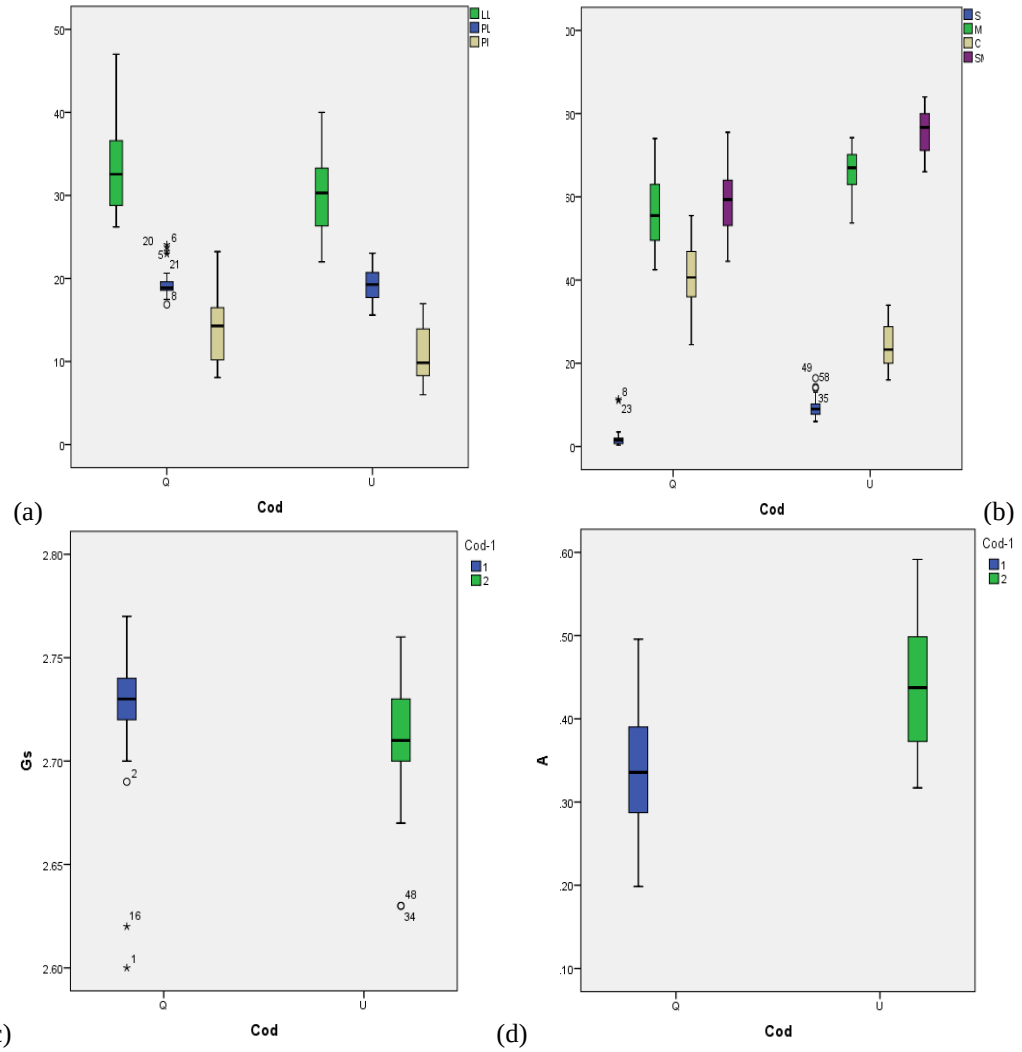
جدول ۶- پارامترها و خصوصیات دارای اختلاف معنی‌دار در سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد در دو گروه خاک مارنی (براساس آزمون t)

پارامترهای فیزیکی	Levene's test for equality of variances		t-test for equality of means		
	F	Sig.	t	Sig. (2-tailed)	Mean difference
S	۲۲/۷۳	۰/۰۰۰	-۱۱/۵۹	۰/۰۰۰	-۱/۸۸
M	۱۰/۵۴	۰/۰۰۲	-۵/۳۲	۰/۰۰۰	-۰/۱۶
C	۰/۵۶	۰/۴۵۶	۱۰/۱۱	۰/۰۰۰	۰/۵۲
S+M	۱۱/۵۵	۰۰۱	-۹/۷۳	۰/۰۰۰	-۰/۲۶
(S+M)/C	۰/۳۸	۰/۵۳۸	-۱۰/۱۴	۰/۰۰۰	-۰/۷۸
LL	۰/۰۰	۰/۹۹۸	۲/۵۷	۰/۰۱۳	۰/۱۰
PL	۰/۲۳	۰/۶۳۱	۳/۳۴	۰/۰۰۱	۰/۲۵
A	۰/۶۱	۰/۴۳۷	-۵/۰۴	۰/۰۰۰	-۰/۲۷
Gs	۰/۱۱	۰/۷۳۹	۲/۰۵	۰/۰۴۵	۰/۰۱

نمودارهای جعبه‌ای مربوط به خصوصیات فیزیکی، به تفکیک دو گروه خاک مورد نظر به‌منظور ارائه مقایسه بصری از دامنه و میانگین خصوصیات فوق و همچنین درک بصری از وجود اختلافات در برخی پارامترهای مذکور در این دو گروه خاک، ترسیم و در نمودارهای شکل ۴ مشاهده می‌شوند.

اعتبارسنجی اختلاف خصوصیات در دو گروه خاک مورد مطالعه: به‌منظور بررسی اعتبارسنجی پارامترها و خصوصیات فیزیکی خاک که در تحلیل آزمون جفتی t دارای اختلاف معنی‌داری در دو گروه خاک مارنی با سازند مادری مختلف در حوضه دریاچه نمک معرفی شده‌اند، از تحلیل خوشه‌بندی استفاده شده است. با توجه به این‌که سازندهای قم و قرمز بالایی به‌عنوان دو سازند مادری خاک‌های مورد مطالعه، خود از چند ممبر یا زیر واحد تشکیل شده‌اند، بنابراین، خاک‌های مارنی خود می‌توانند در چند زیر شاخه قرار گیرند. به همین منظور، کلیه نمونه‌های خاک مارنی برداشته شده از سطح حوضه دریاچه نمک (۶۱ نمونه)، با استفاده از روش خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی (Hierarchical clustering) و روش

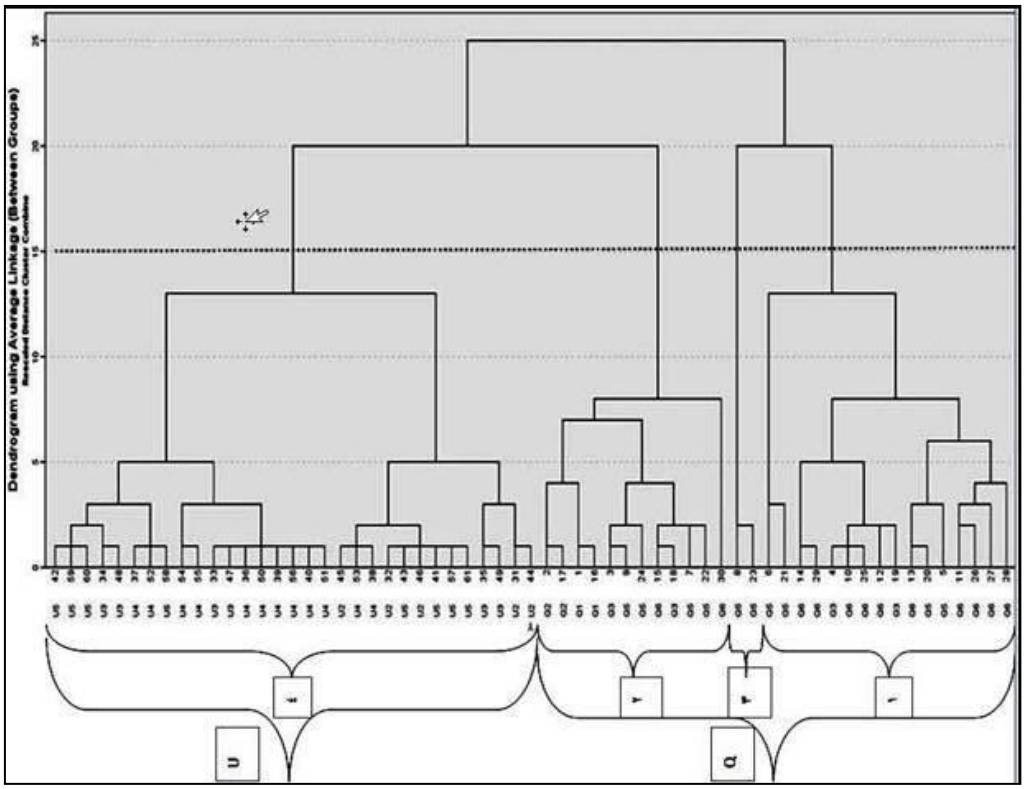
ارتباط بین گروهی (Between groups linkage) و مجذور فاصله اقلیدوسی (Squared Euclidean distance) و بر اساس خصوصیات و پارامترهای دارای اختلاف در دو گروه خاک مطابق جدول ۶، مورد دسته‌بندی قرار گرفتند. خوشه‌بندی بر اساس پارامترهای درصد ماسه، درصد سیلت و حد روانی خاک که بیشترین اختلاف را نشان داده‌اند، انجام شده است. به‌منظور پرهیز از تاثیر واحدهای اندازه‌گیری و دامنه داده‌ها و عدم وابستگی به آن‌ها، داده‌های مورد استفاده در این مطالعه، به روش z-score استانداردسازی شده‌اند.



شکل ۴- نمودارهای جعبه‌ای در نمایش و مقایسه مقادیر دامنه و میانگین پارامترهای فیزیکی در دو گروه خاک مارنی (با سازند مادری قم Q و قرمز بالایی (U)، LL, PL, PI (a) و S, M, C (b) و Gs (c) و A (d)

نتایج این خوشه‌بندی به‌صورت نمودار دندوگرام (داربستی) با استفاده از روش سلسله‌مراتبی در شکل ۵ مشاهده می‌شود. همان‌طور که در نمودار شکل ۵ قابل مشاهده است، کلیه نمونه‌های خاک مارنی بر اساس خصوصیات فیزیکی مورد نظر برای سطح تشابه زیر خط ۲۰، در چهار خوشه یا گروه همگن با فاصله اقلیدوسی قابل قبول و در سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد، خوشه‌بندی شده‌اند. در این گروه‌بندی‌ها، کلیه نمونه‌های خاک‌های مارنی با سازند مادری قرمز بالایی (۳۱ نمونه) در یک گروه (گروه چهار) و خاک‌های مارنی با سازند مادری قم جدا از خاک‌های قرمز بالایی و در سه گروه (گروه‌های یک، دو و سه) دسته‌بندی شده‌اند. نتایج فوق، علاوه بر این‌که وجود اختلاف معنی‌دار را در خصوصیات و پارامترهای فیزیکی

معرفی شده به‌وسیله تحلیل آزمون جفتی t در حوضه مورد نظر مطابق جدول ۶، تائید می‌کند، همچنین، مشخص می‌کنند که تغییرات این خصوصیات و پارامترهای فیزیکی در نمونه خاک‌های مارنی مربوط به سازند قم بیشتر از خاک‌های مارنی مربوط به سازند قرمز بالایی است. به همین دلیل، خاک‌های مارنی قم بر اساس این پارامترها در چند گروه یا دسته (دو یا سه گروه) می‌توانند دسته‌بندی شوند. دلیل این مسئله، می‌تواند تعداد ممبر یا واحد و اشکوب بیشتر در سازند قم و تنوع و تغییرات لیتولوژیکی آن نسبت به سازند قرمز بالایی باشد.



شکل ۵- نمودار داربستی (دندوگرام) خوشه‌بندی سلسله‌مراتبی نمونه‌ها بر اساس پارامترهای فیزیکی دارای اختلاف

نتیجه‌گیری

به‌لحاظ محیط رسوبی دو سازند قم و قرمز بالایی، درصد ذرات تخریبی درشت تر و درصد کوارتز و فلدسپات و همچنین، اکسیدهای آهن دو ظرفیتی در خاک‌های مارنی با سازند مادری قرمز بالایی (محیط رسوبی سنگ مادر این خاک‌ها قاره‌ای، پر انرژی و اکسیدان) بیشتر از خاک‌های مارنی با سازند مادری قم (محیط رسوبی سنگ مادر این خاک‌ها دریایی کم عمق و بسته و احیایی) است.

با توجه به حوضه واحد و شرایط مشابه توپوگرافی و محیطی در تشکیل و تکامل دو گروه خاک مارنی با سازندهای مادری قم و قرمز بالایی در سطح حوضه دریاچه نمک، نتایج تحلیل‌های آماری نشان داد که دو گروه خاک‌های مارنی مورد مطالعه، در برخی خصوصیات و پارامترهای فیزیکی دارای اختلاف معنی‌داری در سطح اطمینان بیش از ۹۵ درصد هستند. این اختلاف معنی‌دار، برای دانه‌بندی (درصد ماسه، در صد سیلت، درصد رس)، شاخص خمیری و عدد فعالیت خاک، بین دو گروه خاک مورد نظر به‌وسیله آزمون t جفتی، در سطح اطمینان بیش از ۹۹ درصد تایید می‌شود.

بنابراین، نتایج این تحقیق می‌تواند دلالت بر تاثیر مواد مادری و وراثتی که خود خصوصیات و شرایط محیط رسوبی سنگ مادر را همراه دارند، داشته باشد. به عبارت دیگر، دلالت بر تاثیر شرایط و خصوصیات محیط رسوبی سنگ مادر بر خصوصیات و رفتار

خاک‌ها به خصوص در مراحل اولیه تکاملی آن‌ها است.

سپاسگزاری

نویسندگان از پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری به لحاظ حمایت مالی و مساعدت در انجام آزمایشات و نمونه‌برداری صحرایی، تشکر و قدردانی می‌نمایند.

منابع مورد استفاده

1. Aghanbati S.A. 2004. Geology of Iran. Publication of Geological and Mineral Exploration Survey of Iran, 586 pages (in Persian).
2. Amini A. 2001. Red coloring of the upper red formation central part of its basin-central zone-Iran. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, 12(2): 145-156.
3. Askari, F. and A. Fakhar. 1994. Swelling and dispersion of soils from the viewpoint of geotechnical engineering. Institute of Tehran Jiad Daneshgahi Publication (Majed), 245 pages (in Persian).
4. Azizi, P., Sh. Mahmoodi, H. Torabi, M.H. Masihebadi and M. Homaee. 2011. Morphological, physico-chemical and clay mineralogy investigation on gypsiferous soils in southern of Tehran, Iran. Middle-East Journal of Scientific Research, 7(2): 153-161.
5. Behbodian, J. 2005. Preliminary statistics and probability. Astan Quds Razavi Publication, Third Edition, 114 pages (in Persian).
6. Brady, N.C. and R.R. Weil. 1999. The nature and properties of soils, 12th Edition. Prentice-Hall, 881 pages.
7. Buol, S.W., F.D. Hole and R.J. Mc Cracken. 1973. Soil genesis and classification. The Iowa State University Press, Ames, IA, 360 pages.
8. Burger, I.A. and D.L. Kelting. 1999. Using soil quality indicators to assess forest stand management. Forest Ecology and Management, 122: 155-156.
9. Chaplot, V., M. Bernoux, C. Watler, P. Curmi and U. Herpin. 2001. Soil carbon storage prediction in temperate hydromorphic soils using a morphologic index and digital elevation model. Soil Science, 166: 48–60.
10. Ensafi Moghaddam T. 2005. Determination of drought index in the basin of Qom Salt Lake by Demarton Method. Nivar Journal, 30: 55-33 (in Persian).
11. Farifte, J., A. Farshad and R.J. George. 2006. Assessing salt-affected soils using remote sensing, solute modeling, and geophysics. Geoderma, 130: 191-206.
12. Furquim, S.A.C., R.C. Graham, L. Barbiero and P. Vaddal-Torrado. 2010. Soil mineral genesis and distribution in a saline landscape of the Patanal Wetland, Brazil. Geoderma, 154: 518-528.
13. Hashemi, S.S., M. Baghernejad and M. Najafi Ghiri. 2013. Clay mineralogy of gypsiferous soils under different soil moisture regimes in Fars Province. Journal of Agricultural Science and Technology, 15: 1053-1068.
14. Kadhum, M.A.A. 2009. Geochemistry and mineralogy of palygorskite rich clays in grecus formation in Dohuk governorate, north of Iraq. Iraqi Bulletin of Geology, 5: 271-274.
15. Karlen, D.L., M.J. Maushback and J.W. Doran. 1997. Methods for assessing soil quality. Soil Science Society of American Journal, 86: 342-359.
16. Lamas, F., C. Oteo and J. Chacón. 2011. Influence of carbonate content on the stress–strength behavior of neogene marls from the betic cordillera (Spain) in cu triaxial tests using a quasilinear elastic (hyperbolic) model. Engineering Geology, 122: 160–168.
17. Majidi, A., G. Lashkaripour and Z. Shoaie. 2017. Prediction of swelling potential of marl soils of Salt Lake Watershed. Journal of Watershed Engineering and Management, 9(3): 292-307 (in Persian).
18. Manafi, Sh. 2010. Mineralogical evidence of climate change in some semi-arid soils of southern Urmia, Iran. Soil Science Agrochemistry and Ecology, 4: 17-24.
19. Moinpour, M., P. Pourzahed and N. Eftekhari. 2003. Investigation of clay minerals in Qom Formation, wells 3 and 4 of Sarajeh (central Iran region). Investigation and Research Journal of Oil Industry Research Institute, 28: 125-137 (in Persian).
20. Owliaie, H.R., A. Abtahi and R.J. Heck. 2006. Pedogenesis and clay mineralogical investigation of soils formed on gypsiferous and calcareous materials, on a transect, southwestern Iran. Geoderma, 134: 62-81.
21. Vafaeian, M. 1997. Rock engineering properties: theories and applications. Arkan Publishing, 424 pages (in Persian).
22. Yong, R.N. and V.R. Ouhadi. 2007. Experimental study on instability of bases on natural and lime/cement-stabilized clayey soils. Applied Clay Science Journal, 35: 238–249.