نشریه دانش آب و خاک / جلد ۲۸ شماره ۳ صفحه‌های ۱۸۳ تا ۱۹۴ / سال ۱۳۹۷

کاربرد فاصله تاکسنومیک و خوشه‌بندی برای تعیین میزان نزدیکی و شباهت خاک‌های آهکی، گچی و شور آذربایجان شرقی در دو سیستم طبقه‌بندی خاک

ویدا منتخبی کلجاهی[۱*]، علی اصغر جعفرزاده[۲]، شاهین اوستان[۲]، فرزین شهبازی[۳]، رضا عربی بلاغی[۴]

تاریخ دریافت: ۹۵/۰۷/۰۱ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۹/۲۵

۱-دانشجوی دکتری، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲-استاد، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۳-دانشیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۴-استادیار، گروه آمار، دانشکده علوم ریاضی، دانشگاه تبریز
*مسئول مکاتبات، پست الکترنیکی: v.montakhabi@gmail.com

چکیده

در این تحقیق کارایی فاصله تاکسنومیک و خوشه‌بندی برای پی بردن به میزان همبستگی و ارتباط خاک‌های آهکی، گچی و شور مناطق نیمه خشک و خشک آذر بایجان شرقی بر اساس سیستم های رده‌بندی خاک آمریکایی (Soil Taxonomy) و مرجع جهانی (World Reference Base) مطالعه شده است. فاصله تاکسنومیکی با استفاده از نرم‌افزار R و Numerical Taxonomy با کاربرد نرم‌افزار Excel و خوشه‌بندی بوسیله نرم‌افزارهای R و SPSS محاسبه و ارتباط آنها در دو سیستم بررسی گردید. سپس، ضمن استفاده از میانگین داده‌های کمی فیزیکوشیمیایی، نتایج حاصل از محاسبات و خوشه‌بندی با همدیگر و نیز با نظر متخصصین مقایسه شد، که همبستگی کمی خوبی بین سالیدها با سالونچاک‌ها و سالونتزها، جیپسیدها با جیپسی‌سول‌ها، آرجیدها با لووی‌سول‌ها، زرپت‌ها با کلسی و جیپسی‌سول‌ها وجود داشت. نتایج حاصل از چهار روش تقریبا با همدیگر هماهنگ و شبیه بوده، اما استفاده از هر یک محدودیت‌ها و مهارت‌های خاص خود را دارا می‌باشد. روش مفهومی بر اساس خصوصیات کیفی بارز خاک‌ها (فاکتورها یا فرآیندهای تشکیل خاک، افق‌های مشخصه و در کل خصوصیات مورفولوژیکی بارز خاک‌های آهکی، گچی و شور) و کددهی آنها بوده که برای دقیق بودن این روش اطلاعات و مهارت کافی و تخصصی ضروری است. در روش‌های سنتروئیدی تاکسنومی عددی و خوشه‌بندی، داده‌های کمی حاصل از آزمایشات فیزیکوشیمیایی استفاده شده و نتایج این روش‌ها بیشتر قابل اعتماد می‌باشد. آسان‌ترین روش استفاده از نرم‌افزار تاکسنومی عددی بوده که با گزینه های ساده و بدون هیچگونه برنامه‌نویسی، ماتریس تشکیل داده و ضمن نرمال کردن داده‌ها، بر مبنای معادله ماهالانوبیس فاصله تاکسنومیکی را به سادگی در دسترس قرار می‌دهد. در کل این ابزارها و محاسبات برای یافتن ارتباط بین خاک ها در سیستم‌های مختلف رده‌بندی مفید بوده و از نظر کمی یافته‌های عددی برای ارتباط دادن و همبستگی کل آن ها در سیستم‌های رده‌بندی مخصوصا ST وWRB که در ایران پرکاربرد هستند توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: تاکسنومی عددی، خوشه‌بندی، رده بندی، فاصله تاکسنومیک، نرم‌افزار R

Application of Taxonomic Distance and Clustering to Determine the Proximity and Similarity of Calcareous, Gypsiferous and Saline Soils of Eastern Azerbaijan in two soil classification systems

V Montakhabi Kalajahi[1*], AA Jafarzadeh[2], Sh Oustan[2], F. Shahbazi[3] and R Arabi[4]

Received: 15 September 2015 Accepted: 21 May 2016
[1-]Ph.D Student, Dept. of Soil Sci., Univ. of Tabriz. Iran
[2-]Prof., Dept. of Soil Sci., Univ. of Tabriz. Iran
[3-]Assoc. Dept. of Soil Sci., Univ. of Tabriz. Iran
[4-]Assist. Dept. of Statistics, Univ. of Tabriz. Iran
[*]Coresponding Author, Email: v.montakhabi@gmail.com

Abstract

In this research work taxonomic distance and clustering performance for understanding of relation and correlation between calcareous, gypsiferous and saline soils of East Azerbaijan semi-arid and arid regions were studied based on soil taxonomy (ST) and world reference base (WRB) systems. The taxonomic distance by R software and Numerical Taxonomy in Excel and clustering using R and SPSS softwares were calculated and their relationship in two systems was investigated. Then using the average amount of physicochemical quantitative data, the results of calculation and clustering compared with each other and so with opinion of the experts, that there was a good quantitative correlation between salids and salonchaks, salonetz, gypsids and gypsisols, argids and luvisols, xerepts and calcisols and gypsisols. The obtained results of four methods were almost similar and identical with each other, but use of each one had its own limits and skills. The conceptual method was based on the dominant qualitative identifiers (soil-forming factors or processes, diagnostic horizons and in general dominant morphological properties of calcareous, gypsiferous and saline soils) and coding of them, that sufficient information or knowledge and skills are necessary to achieve a good accuracy in this method. The quantitative physicochemical data were used in the centroid-based approaches numerical taxonomy and clustering and results of these methods are more reliable. The easiest method was Numerical Taxonomy, which with simple options and without any programing, forms matrix and by normalizing data, the Mahalanubis equation makes the taxonomic distance easily available. In general, these tools and calculations are useful for finding the relationship between soils in different classification systems, and quantitatively numerical findings for their correlation and association in classification systems, especially ST and WRB, which are widely used in Iran are recommended.

Keywords: Classification, Clustering, Numerical Taxonomy, R studio software, Taxonomic distance

مقدمه

قسمت اعظم کشور ما دارای آب و هوای خشک و نیمه خشک بوده و محدوده زیادی از آن را خاک‌های آهکی، گچی و شور پوشانده است. محمودی (۱۹۹۸) و جعفرزاده و زینک (۲۰۰۰) وسعت خاکهای گچی همراه با خاک‌های آهکی و شور را حدود ۲۸ ملیون هکتار گزارش نموده‌اند (۱۶-۱۷ درصد کشور ایران). بنابراین آگاهی از ویژگی‌ها و رده‌بندی این خاک‌ها می‌تواند در مدیریت مناسب آن‌ها مؤثر واقع شده و برای استفاده‌های کشاورزی پایدار وضعیت آنها را مشخص نماید. در علوم طبیعی، نظام دانش موجود و عملکرد زبان از اهمیت عمده‌ای برخوردار بوده و طبقه‌بندی بعنوان یکی از ابزارهای مهم انسان برای درک جهان (کمپ و تننبائوم، ۲۰۰۸) و یک روش برای گروه‌بندی اشیاء در آمار می‌باشد (گود، ۱۹۶۵). هرچند پایه و اساس آن ساده بنظر می‌رسد با این وجود مراحل اجرایی آن مورد مطالعه قرار گرفته و توسعه یافته است. این طبقه‌بندی می‌تواند هم بر پایه خصوصیات کیفی و هم کمی خاک باشد. رده‌بندی قاعده‌مدار خاک ابزاری برای تبادل نتایج تحقیقاتی و توسعه دانش و اطلاعات مفید جدید به سایر مناطق جهان می‌باشد (بلوم و لاکر ۲۰۰۳ و شی و همکاران ۲۰۱۰) و همچنین سامانه‌های رده‌بندی WRB و ST همچنان در حال تکامل و توسعه بوده و بیشتر فعالیتهای تحقیقاتی خاک را در بر می‌گیرند (آرنز و همکاران ۲۰۰۳) و در حال حاضر متداول‌ترین سامانه‌های رده‌بندی خاک در اکثر کشورها، ST و WRB بوده و با افزایش تعداد سامانه‌های رده‌بندی و محلی بودن بیشتر آنها یافتن همبستگی بین سیستم‌ها امری ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه همبستگی در خاکشناسی اغلب به‌دلیل ترجمه ساده نام خاک‌ها از یک سیستم به سیستم دیگر به نادرستی درک و تفسیر شده، محققان متعددی (کراسیلنیکف، ۲۰۰۲؛ شوبا، ۲۰۰۲؛ میچلی و همکاران، ۲۰۰۶؛ جانگریوس و وان دن،۲۰۰۸؛ شاد، ۲۰۰۸؛ لنگ و همکاران، ۲۰۱۰) در مطالعات خود به این نتیجه رسیدند که ارتباط یک به یکی واحدهای خاک در سیستم‌های مختلف به ندرت امکان پذیر می‌باشد و یک فرهنگ لغت واضح و مستقیم برای واحدهای خاک‌ها وجود ندارد. لذا ممکن است با خطور سوال چگونگی ضرورت بررسی همبستگی میان دو سامانه به ذهن انسان بایستی در نظر گرفت که هدف اصلی از بیان همبستگی خاک، ارائه یک ایده کلی در مورد خاک در طبقه‌بندی‌های ناآشنا و متفاوت می‌باشد. به عنوان مثال اگر ما بعد از همبستگی اعلام کنیم که از لحاظ مفهومی کلاس Lou در سیستم رده‌بندی چینی معادل Terric Anthrosols در سیستم WRB می‌باشد (به جای توضیح دادن مشخصات این خاک در سیستم چینی) می‌توانیم در زمان و تلاش صرفه جویی کرده و یک ایده مناسبی از خاک‌ها داشته باشیم. بنابراین هدف اصلی از بررسی سیستم‌ها یافتن همبستگی بین آنها می‌باشد. همبستگی زمانی که شباهت‌ها و تفاوت‌های بین سیستم‌ها ارزیابی می‌شود؛ اغلب بر پایه یافته‌های کیفی-کمی و نظر متخصصین صورت می‌گیرد.

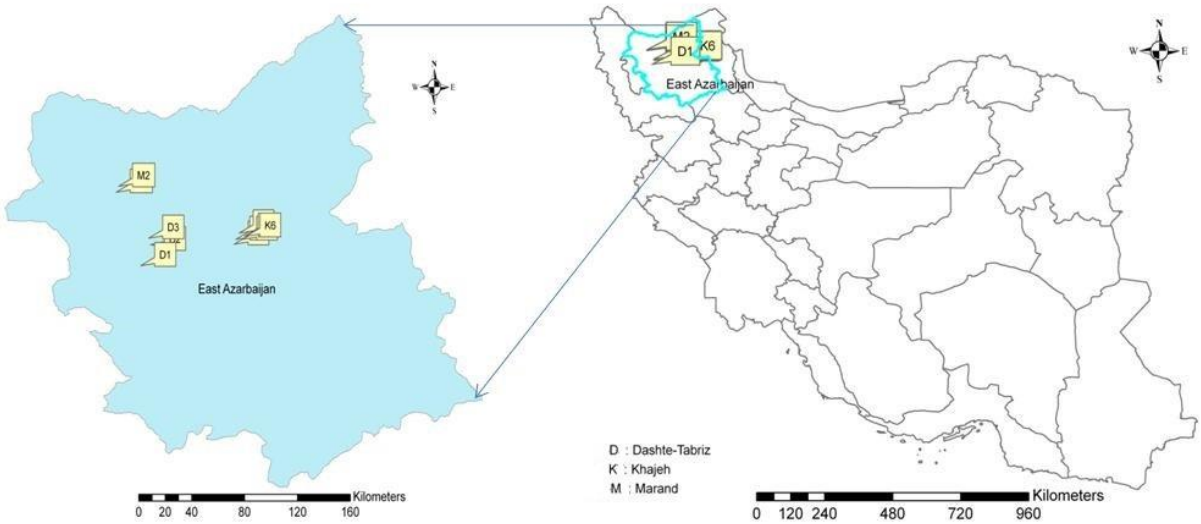
با مرور تحقیقات اندک صورت گرفته، برای بدست آوردن شباهت‌ها و تفاوت‌ها و یا به‌طورکلی همبستگی بین واحدهای خاک در سامانه‌های مختلف، از محاسبه فاصله تاکسنومیک و خوشه‌بندی استفاده می‌شود که این فاصله اندازه‌ای است که نشان می‌دهد دو مشاهده تا چه حد جدا از یکدیگرند. در حالی که تشابه شاخص نزدیکی آنها با یکدیگر است. محاسبه فاصله تاکسنومیک از دهه ۱۹۵۰ شروع شده ولی کاربرد گسترده‌ی آن در عصر حاضر مدیون پیشرفت سریع تکنولوژی کامپیوتری می‌باشد. محاسبه فاصله تاکسنومیک در علم خاکشناسی اولین بار توسط هول و هیروناکا در سال ۱۹۶۰ بکار برده شد و کاربرد ملی و بین‌المللی از این رهیافت چند سال بعد آغاز شد. میناسنی و مک‌براتنی (۲۰۰۷) فاصله تاکسنومیک را به عنوان ضابطه‌ای برای کلاس‌بندی گروه‌های خاک معرفی و میناسنی و همکاران (۲۰۰۹) فاصله تاکسنومیک را بر اساس حضور یا فقدان خصوصیات کلیدی خاک در سطح بین المللی برای گروه‌های مرجع سامانه WRB اجرا کردند. فاصله تاکسنومیک یک روش اصلاح شده‌ای از ایده میناسنی و مک‌براتنی بوده و یک ابزار جدید برای همبستگی بر پایه ارتباط تاکسنومیک مابین واحدهای رده‌بندی شده است که با دو روش مفهومی و سنتروئیدی انجام می‌گیرد.

احتمالاً ساده‌ترین و رایج‌ترین روش محاسبه ارتباط تاکسنومیک؛ فاصله اقلیدسی یا ماهالانوبیس می‌باشد (دون و اوریت ۱۹۸۲، وبستر ۱۹۷۷) که این فاصله بر اساس جدول ماتریس مابین دسته‌های مختلف، با استفاده از بسته نرم افزاری R و Excel محاسبه می‌شود (بایبر و نیوورس، ۲۰۰۷). اصطلاح تحلیل خوشه‌ای اولین بار توسط تریون در سال ۱۹۳۹ برای روش‌های گروه‌بندی اشیائی که شبیه بودند مورد استفاده قرار گرفته شده است. تحلیل خوشه‌ای به روشی گفته می‌شود که با استفاده از آن می‌توان داده‌های نمونه را به چند خوشه یا طبقه، رده‌بندی کرد به طوری که داده‌های قرار گرفته شده در هر خوشه، همگون و یکسان باشند و بین خوشه ها بیشترین تفاوت و ناهمگونی وجود داشته باشد. مفاهیم فاصله و تشابه از مفاهیم اساسی تحلیل خوشه‌ای است.

بنابراین هدف این مقاله معرفی روش‌های مختلف برای تعیین فاصله تاکسنومیک و بررسی توانایی فاصله تاکسنومیکی و روش خوشه‌بندی در طبقه‌بندی مجموعه مختلفی از داده‌های خاک‌های منطقه مورد مطالعه و یافتن ارتباط بین کلاس‌های مختلف خاک در دو سیستم می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور دستیابی به اهداف این پژوهش، سه منطقه از استان آذربایجان شرقی انتخاب گردید (شکل ۱). منطقه اول بخشی از دشت تبریز بوده که در غرب شهر تبریز بین ´۹ °۳۸ تا ´۱۲ °۳۸ عرض شمالی و °۴۶ تا ´۶ °۴۶ طول شرقی قرار گرفته و منطقه دوم در شمال-شرق تبریز واقع شده و از شرق خواجه شروع و تا ساخسلو ادامه دارد. این منطقه در محدوده ″۳۰ ´۷ °۳۸ تا ″۳۰ ´۱۱ °۳۸ عرض شمالی و ″۳۰ ´۳۷ °۴۶ تا ″۳۰ ´۴۴ °۴۶ طول شرقی واقع شده و منطقه سوم در شرق شهرستان مرند در محدوده جغرافیایی "۵۵ '۲۳ °۳۸ تا "۵۹ '۲۸ °۳۸ عرض شمالی و "۱۶ '۴۹ °۴۵ تا "۱۲ '۵۷ °۴۵ طول شرقی قرار دارد. بر اساس تقسیمات اقلیمی به روش گوسن، مناطق مورد مطالعه جزو نواحی استپی سرد با زمستان-های سرد و تابستان‌های نسبتاً گرم می‌باشند (IRIMO). خاک‌های مناطق مورد مطالعه دارای رژیم رطوبتی Xeric border to Aridic (Weak Aridic) و رژیم حرارتی Mesic می‌باشد (فروغی‌فر ۲۰۱۱، ثروتی ۲۰۱۴ و عباسی ۲۰۱۴).



شکل ۱- نقشه منطقه مورد مطالعه و محل پروفیل‌ها.

جهت نیل به اهداف مطالعه، خاک‌های سه منطقه که طبق تحقیقات پیشین شوری، حضور آهک و گچ در آنها گزارش شده؛ برای مطالعه انتخاب گردیدند. پس از بررسی داده‌های پیشین و با توجه به ویژگی‌های مورفولوژیکی و فیزیکوشیمیایی موجود، برای بررسی-های تکمیلی به مناطق مورد نظر مراجعه و نمونه‌هایی از افقهای شناسایی خاکرخ‌های مورد نظر برای آزمایشات کانی‌شناسی برداشته شد. بعد از جداسازی بخش رس (مهرا و جکسون ۱۹۵۸)، اشباع نمونه‌های رس با منیزیم (هواخشک)، گلیسرول و پتاسیم (هوا خشک و دما ۵۵۰ درجه سانتیگراد) و تهیه اسلایدهای رس جهت مطالعه با XRD (کیتریک، ۱۹۷۱ و کانز و دیکسون، ۱۹۹۶) انجام و برای نیمه کمی کردن پیک‌های حاصل از XRD مساحت زیر منحنی و درصدهای نسبی توسط نرم‌افزار OriginPro 2017 محاسبه شدند. نتایج مطالعات کانی شناسی در تعیین کلاس مینرالوژیکی در سطح فامیل سامانه ST و در محاسبه فاصله تاکسنومیکی با روش سنتروئیدی، خوشه‌بندی و Excel مورد استفاده قرار گرفت.

فاصله تاکسنومیک به دو روش رهیافت مفهوم پایه با استفاده از مشخصه‌های غالب و تشکیل جدول ماتریسی کدهای صفر، ۰/۵ و ۱ (جدول ۱) بر اساس تحقیقات قبلی از جمله میناسنی و همکاران در سال ۲۰۰۹، لنگ و همکاران در سال ۲۰۱۰ و رهیافت مرکز پایه یا سنتروئیدی با استفاده از میانگین داده‌های کمی فیزیکوشیمیایی (جدول ۲) به دست می‌آید که در تشکیل ماتریس روش مفهومی این کدها بیان کننده احتمال حضور یا فقدان مشخصه‌های معین خاک می‌باشد (کد ۱ برای مشخصه‌ای که حتما در گروه مورد نظر خاک حضور دارد، کد صفر برای مشخصه‌ای که نمی‌تواند حضور داشته باشد، کد ۰/۵ احتمال حضور آن مشخصه در گروه مورد نظر خاک وجود دارد). پایه و اساس این روش‌ها تشکیل ماتریس نوع خاک و خصوصیات مرتبط با آنها و معادله ماهالانوبیس یا فاصله اقلیدسی (معادله ۱) بوده که با استفاده از نرم‌افزارهای آماری همچون R (میناسنی و همکاران ۲۰۰۹، لنگ و همکاران ۲۰۱۰) و Excel (نرم افزار تاکسنومی عددی) محاسبه شده و زیر رده‌ها و گروه‌های مرجعی که بیشترین ارتباط را از نظر کمی دارند مشخص می‌گردد.

[۱] معادله ماهالانوبیس

$$d_{jk} = \sqrt{(x_j - x_k)^{\mathrm{T}} \mathbf{V}^{-1} (x_j - x_k)}$$

d_{ij}: عنصری از ماتریس D به اندازه C×C

C: تعداد گروه‌های خاک

V: ماترس کوواریانس

ارزش d_{ij} بیان کننده فاصله تاکسنومیکی مابین گروه خاک i و گروه j

X: برداری از شاخص‌های خصوصیات خاک می‌باشد.

در نرم‌افزار R برای محاسبه این فاصله تاکسنومیکی؛ در ابتدا بسته‌های HDMD و aqp را فعال کرده و سپس با توجه به معادله ماهالانوبیس، برنامه نویسی صورت گرفته و و بر روی داده‌ها اجرا می‌شود. علاوه بر زبان R، با استفاده از جدول ۲ (داده‌های کمی فیزیکو شیمیایی) و با استفاده از برنامه Numerical Taxonomy در اکسل نیز می‌توان فاصله تاکسنومیک را محاسبه کرد (جدول ۶). به طور کلی آنالیز تاکسونومی عددی یک روش عالی درجه بندی و طبقه بندی می باشد و از توانایی های عمده این روش انجام دو عمل در کنار هم می‌باشد و مجموعه مورد بررسی را بر اساس شاخص های ارائه شده به زیر مجموعه های همگن تقسیم و عناصر و اعضاء هر زیر مجموعه همگن را نیز درجه بندی می‌کند. برای یافتن ارتباط و تشابه گروه‌های خاک می‌توان از خوشه‌بندی نیز استفاده کرد. مفاهیم فاصله و تشابه از مفاهیم اساسی تحلیل خوشه‌ای است. در این مقاله با استفاده از دو نرم افزار R و SPSS این کار انجام و با هم مقایسه می‌شوند. خوشه‌بندی با زبان R نیاز به برنامه نویسی و نصب بسته‌های cluster و fpc داشته و برای خوشه‌بندی با SPSS بعد از وارد کردن داده‌های کمی خاک با مسیر Analyze> Classify> Cluster analysis و انتخاب گزینه خوشه‌بندی سلسله مراتبی این کار انجام می‌گیرد و با توجه به مشخص نبودن تعداد خوشه‌ها از روش Hierarchical Cluster استفاده می-شود.

نتایج و بحث

با توجه به خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و کانی‌شناسی، رده‌بندی خاکهای مورد مطالعه بر اساس دو سیستم رده‌بندی آمریکایی و مبنای مرجع جهانی تعیین گردید که در جدول ۳ گزارش شده است.

جدول ۱ - ماتریس گروه های مرجع و زیررده ها در ارتباط با افق‌ها و خواص مشخصه غالب خاک‌ها.

مشخصه‌های غالب	سالیدز	کلسیدز	آرجیدز	جیپسیدها	سالونچاکها	سالونتزها	کلسی‌سولها	جیپسی‌سولها	لووی‌سولها
اسلیکن ساید ۱۲۵-۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
رژیم رطوبتی اریدیک	۱	۱	۱	۱	۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵
افق کلسیک	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۵
افق جیپسیک	۰/۵	۰	۰/۵	۱	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۱	۰
افق سالیک	۱	۰	۰	۰	۱	۰/۵	۰	۰	۰
افق مالیک	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰	۰	۰
افق دیوریک	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰	۰	۰
افق نلتریک	۰	۰	۱	۰/۵	۰	۱	۰	۰	۰
افق آرجیلیک	۰	۰	۱	۰/۵	۰	۰	۰/۵	۰/۵	۱
افق کمبیک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰	۰
افق آلبیک	۰	۰/۵	۰/۵	۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
اپی‌پدون اکریک	۰	۰	۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
اپی‌پدون امبریک	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Litic cantact	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵
abrupt textural difference <100	۰	۰/۵	۰/۵	۰	۰	۰/۵	۰	۰	۰/۵
شرایط آکوئیک	۰/۵	۰	۰/۵	۰	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰/۵
شرایط آنتراکوئیک	۰/۵	۰/۵	۰/۵	۰	۰	۰	۰	۰	۰/۵

جدول ۲- میانگین خصوصیات فیزیکوشیمیایی پروفیل‌ها برای روش سنتروئیدی و خوشه‌بندی.

زیر رده‌ها (ST) و گروه مرجع (WRB) انتخاب شده	% رس ۰-۲۵cm	% رس ۲۵-۱۰۰cm	% شن ۰-۱۰۰cm	CEC Cmol^{+} kg^{-1} در بیشترین رس	% کربن آلی ۰-۲۵cm	% کربنات کلسیم ۲۵-۱۰۰	% سولفات کلسیم ۲۵-۱۰۰	EC (dSm^{-1}) ۰-۲۵cm	EC ۲۵-۱۰۰cm	pH ۲۵-۱۰۰cm	ESP ۰-۲۵cm	ESP ۲۵-۱۰۰cm	% اسمکتایت	% ایلایت	% (کائولینایت +کلرایت)
سالیدها	۴۵/۸۶	۴۳/۷۸	۱۸/۰۵	۱۸/۰۸	۰/۵۲	۱۷/۷۹	۵/۳۵	۴۸/۰۶	۴۴/۶۴	۷/۷۴	۳۸/۵۲	۴۰/۳۶	۸/۶۷	۷۰/۲۴	۲۱/۰۸
کلسیدها	۳۶	۳۹/۲۵	۳۹/۰۰	۱۷/۵۶	۰/۷۵	۳۰/۷۷	۰/۰۰	۲/۲۵	۳/۶۰	۷/۴۰	۲/۱۱	۴/۵۲	۲/۱۱	۷۷/۲۷	۲۰/۶۱
جیپسیدها	۴۰/۱۰	۳۴/۰۹	۳۹/۴۸	۱۷/۸۱	۰/۴۴	۱۴/۰۹	۲۱/۶۸	۳/۸۵	۷/۳۰	۷/۷۵	۸/۸۰	۸/۵۸	۱۲/۴۱	۶۵/۷۱	۲۱/۸۸
آرجیدها	۱۸	۲۵/۲۰	۵۱/۶۰	۲۱	۰/۴۶	۲۶/۵۰	۰/۰۰	۰/۶۰	۰/۴۰	۸/۰۰	۳/۱۵	۱/۱۲	۱۰/۹۲	۷۶/۴۸	۱۲/۶۰
زرپت‌ها	۲۶/۰۵	۲۶/۵۰	۴۳/۲۰	۱۸/۸۰	۰/۹۸	۲۱/۶۳	۰/۰۰	۰/۷۹	۰/۶۴	۷/۷۲	۲/۸۸	۱/۷۹	۱۵/۵۰	۶۱/۷۸	۲۲/۷۱
سالونچاک‌ها	۴۴/۵۸	۴۲/۷۹	۱۶/۷۰	۱۸/۲۹	۰/۵۸	۱۸/۸۱	۱/۰۰	۴۸/۸۷	۴۷/۱۷	۷/۶۲	۳۹/۸۷	۴۱/۹۸	۱۰/۹۷	۷۰/۸۰	۱۸/۲۲
سالونتزها	۴۸/۱۰	۴۵/۵۰	۲۵/۶۰	۱۹/۳۵	۰/۳۰	۱۴/۹۳	۸/۰۷	۳۰/۶۹	۲۵/۰۳	۸/۱۲	۳۴/۶۱	۳۶/۳۷	۳/۹۷	۷۳/۷۷	۲۲/۲۶
کلسی‌سولها	۲۸/۱۳	۲۹/۱۶	۴۰/۰۶	۱۸/۸۳	۱/۰۳	۲۱/۷۱	۰/۰۰	۱/۳۰	۱/۵۹	۷/۶۵	۲/۷۷	۲/۸۱	۹/۹۰	۶۴/۵۸	۲۵/۵۱
جیپسی‌سولها	۳۹/۹۷	۳۳/۲۴	۴۱/۰۳	۱۶/۹۶	۰/۴۴	۱۳/۴۸	۲۱/۵۷	۳/۹۳	۷/۱۱	۷/۷۴	۸/۸۰	۸/۵۸	۱۳/۸۱	۶۴/۳۸	۲۱/۸۱
لووی‌سولها	۱۸/۰۰	۲۵/۲۰	۵۱/۶۰	۲۱/۰۰	۰/۴۶	۲۶/۵۰	۰/۰۰	۰/۶۰	۰/۴۰	۸/۰۰	۳/۱۵	۱/۱۲	۱۰/۹۲	۷۶/۴۸	۱۲/۶۰

جدول ۳- رده‌بندی خاکرخ‌های انتخابی بر اساس سامانه رده‌بندی ST و WRB.

شماره پروفیل	WRB (2015)	ST (2014)
۱	Haplic Calcisols	Fine- loamy, illitic, mesic Typic Calcixerepts
۲	Calcic Luvisols (Cutanic)	Fine, illitic, mesic Typic Calciargids
۳	Calcic Solonchak (Hypersalic, Chloridic, Sodic)	Very fine, illitic, mesic calcic Haplosalids
۴	Hypersalic Solonchak(Sodic, Chloridic)	Fine, illitic, mesic gypsic Haplosalids
۵	Salic Solonetz (Aridic, Clayic)	Fine, illitic, mesic calcic Haplosalids (proposed:Natrisalids)
۶	Calcisols (Hypocalcic, Sodic)	Course loamy, illitic, mesic, Sodic Xeric Haplocalcids
۷	Calcisols (Hypocalcic, Sodic)	Fine, illitic, mesic, Sodic Xeric Haplocalcids
۸	Calcic Solonchak (Sodic, Aridic)	Fine silty over fine silty, illitic, mesic, Sodic Xeric Haplocalcids
۹	Calcic Gypsisols (Hypogypsic)	Fine loamy, mixed, active, mesic Petronodic Calcigypsids
۱۰	Gypsic Solonetz (Clayic)	Fine, mixed, active, mesic Xeric Natrigypsids
۱۱	Calcic Gypsisols (Clayic, Endosalic, Hypogypsic)	Fine, mixed, active, mesic Xeric Calcigypsids
۱۲	Calcic Gypsisols (Hypogypsic)	Fine, mixed, active, mesic Petronodic Xeric Calcigypsids

۱۲ پروفیل شاهد از بین ۳۰ پروفیل مورد بررسی انتخاب شدند که حاوی املاح زیاد در این مناطق خشک و نیمه خشک بوده و در ۵ زیررده سیستم ST، و ۶ گروه مرجع سیستم WRB رده‌بندی شدند. همچنین خصوصیات فیزیکوشیمیایی مهم این خاک‌ها مشخص و بصورت میانگین وزنی با توجه به جدول داده‌های کمی (جدول ۲) و با استفاده از نرم‌افزارهای زبان R و Excel فاصله تاکسنومیک بین گروه‌های خاک محاسبه شدند و نتایج نهایی محاسبات فاصله تاکسنومیکی که نشان دهنده نزدیکی و ارتباط گروه‌های خاک به همدیگر از نظر کمی می‌باشد در جداول ۴، ۵ و۶ ارایه داده شده است.

جدول ۴- ماتریس فاصله تاکسنومیک محاسبه شده با روش مفهومی نرم‌افزار R.

	سالیدها	کلسیدها	جیپسیدها	آرجیدها	زرپت‌ها	سالونچاک‌ها	سالونتزها	کلسی‌سولها	جیپسی‌سولها	لووی‌سولها
سالیدها	۰/۰۰۰	۰/۰۸۸	۰/۰۲۹	۰/۱۷۶	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۸۸	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹
کلسیدها	۰/۰۸۸	۰/۰۰۰	۰/۰۵۹	۰/۰۸۸	۰/۰۵۹	۰/۰۸۸	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹
جیپسیدها	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۰۰	۰/۱۴۷	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹
آرجیدها	۰/۱۷۶	۰/۰۸۸	۰/۱۴۷	۰/۰۰۰	۰/۱۴۷	۰/۱۷۶	۰/۰۸۸	۰/۱۱۸	۰/۱۴۷	۰/۱۱۸
زرپت‌ها	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۰۰	۰/۱۴۷	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹
سالونچاک‌ها	۰/۰۰۰	۰/۰۸۸	۰/۰۲۹	۰/۱۷۶	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۸۸	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹
سالونتزها	۰/۰۸۸	۰/۰۰۰	۰/۰۵۹	۰/۰۸۸	۰/۰۵۹	۰/۰۸۸	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹
کلسی‌سولها	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۱۱۸	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰
جیپسی‌سولها	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۰۰	۰/۱۴۷	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹
لووی‌سولها	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۰/۰۲۹	۰/۱۱۸	۰/۰۲۹	۰/۰۵۹	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰	۰/۰۲۹	۰/۰۰۰

لنگ و همکاران (۲۰۱۳) نیز از این روش فاصله تاکسنومیکی برای تعیین همبستگی و ارتباط دو نوع سیستم مجارستان و WRB استفاده کردند. محاسبه فاصله تاکسنومیک و دقت آن بر پایه داده‌هایی است که انتخاب و در محاسبه فاصله دخالت داده می‌شود که باید داده‌های انتخابی نمایانگر خصوصیات اصلی خاک‌های مورد نظر و جداکننده کلاس‌ها باشد. با توجه به جداول بالا چنین نتیجه‌ای استنباط می‌شود که با توجه به اعداد متفاوت سه روش، آنها از لحاظ مفهومی تقریبا به هم شبیه بوده و در همه روش‌ها هر چقدر اعداد کوچک‌تر می‌شوند نشان‌دهنده‌ی نزدیکی و شباهت زیاد آن دو گروه هست. با استفاده از این اعداد (جداول ۴، ۵ و ۶) گروه‌های خاکی در دو سیستم رده‌بندی که فاصله تاکسنومیکی کمتری دارند در یک گروه و معادل هم قرار

داده می‌شوند. در جدول ۷ نزدیک‌ترین گروه‌های خاکی با همدیگر بر اساس فاصله تاکسنومیک و همچنین نظر متخصصین و تعاریف ارائه شده در دو کلید رده بندی (کلید رده‌بندی خاک، ۲۰۱۴ و مبنای مرجع جهانی، ۲۰۱۵) نشان داده شده است. بر اساس نتایج جدول۴، ارتباط و همبستگی بین زیر رده‌ها و گروه‌های مرجع خاک بررسی گردید که از دید ریاضی فاصله صفر نشان از نزدیکی زیاد و معادل بودن دو گروه را بیان نموده و اعداد کمتر از یک دلالت بر شباهت زیاد و اعداد بزرگتر از دو دلالت بر تفاوت زیاد بین گروه‌های خاکی در دو سیستم می-باشد (ون هاستین و همکاران ۲۰۱۴).

ون هاستین و همکاران (۲۰۱۴) با استفاده از روش مفهومی و کددهی خصوصیات بارز، توانستند با محاسبه فاصله تاکسنومیکی ارتباط بین مشخصه‌ها و افق‌های اصلی دو سیستم WRB و SAT (سیستم رده-بندی خاک آفریقای جنوبی) را بررسی کرده و به نتایج خوبی دست یابند.

جدول ۵- ماتریس فاصله تاکسنومیک محاسبه شده با روش سنتروئیدی نرم‌افزار R.

	سالیدها	کلسیدها	جیپسیدها	آرجیدها	زرپت‌ها	سالونچاک‌ها	سالونتزها	کلسی‌سولها	جیپسی‌سولها	لووی‌سولها
سالیدها	۰/۰۰	۹/۷۰	۸/۳۲	۱۱/۵۱	۱۱/۹۲	۰/۰۳	۲/۱۴	۱۱/۵۸	۸/۳۹	۱۱/۵۱
کلسیدها	۹/۷۰	۰/۰۰	۱/۳۸	۱/۸۱	۲/۲۲	۹/۶۷	۷/۵۶	۱/۸۸	۱/۳۱	۱/۸۱
جیپسیدها	۸/۳۲	۱/۳۸	۰/۰۰	۳/۱۹	۳/۶۰	۸/۲۸	۶/۱۸	۳/۲۶	۰/۰۸	۳/۱۹
آرجیدها	۱۱/۵۱	۱/۸۱	۳/۱۹	۰/۰۰	۰/۴۱	۱۱/۴۸	۹/۳۷	۰/۰۷	۳/۱۲	۰/۰۰
زرپت‌ها	۱۱/۹۲	۲/۲۲	۳/۶۰	۰/۴۱	۰/۰۰	۱۱/۸۸	۹/۷۸	۰/۳۴	۳/۵۲	۰/۴۱
سالونچاک‌ها	۰/۰۳	۹/۶۷	۸/۲۸	۱۱/۴۸	۱/۸۸	۰/۰۰	۲/۱۰	۱۱/۵۸	۸/۳۶	۱۱/۴۸
سالونتزها	۲/۱۴	۷/۵۶	۶/۱۸	۹/۳۷	۹/۷۸	۲/۱۰	۰/۰۰	۹/۴۴	۶/۲۶	۹/۳۷
کلسی‌سولها	۱۱/۵۸	۱/۸۸	۳/۲۶	۰/۰۷	۰/۳۴	۱۱/۵۴	۹/۴۴	۰/۰۰	۳/۱۹	۰/۰۷
جیپسی‌سولها	۸/۳۹	۱/۳۱	۰/۰۸	۳/۱۲	۳/۵۲	۸/۳۶	۶/۲۶	۳/۱۹	۰/۰۰	۳/۱۲
لووی‌سولها	۱۱/۵۱	۱/۸۱	۳/۱۹	۰/۰۰	۰/۴۱	۱۱/۴۸	۹/۳۷	۰/۰۷	۳/۱۲	۰/۰۰

جدول ۶- ماتریس فاصله تاکسنومیک محاسبه شده با روش Excel (Numerical Taxonomy).

ماتریس مرکب	سالیدها	کلسیدها	جیپسیدها	آرجیدها	زرپت‌ها	سالونچاک‌ها	سالونتزها	کلسی‌سولها	جیپسی‌سولها	لووی‌سولها	کوتاهترین فاصله
سالیدها	۰/۰۰	۵/۸۵	۵/۱۵	۷/۲۹	۶/۶۱	۱/۱۵	۲/۸۵	۶/۲۲	۵/۳۵	۷/۲۹	۱/۱۵
کلسیدها	۵/۸۵	۰/۰۰	۵/۰۰	۵/۱۲	۴/۹۰	۵/۹۲	۵/۸۷	۳/۹۸	۵/۲۶	۵/۱۲	۳/۹۸
جیپسیدها	۵/۱۵	۵/۰۰	۰/۰۰	۵/۴۰	۴/۱۶	۵/۵۹	۴/۸۴	۴/۱۶	۰/۶۵	۵/۴۰	۰/۶۵
آرجیدها	۷/۲۹	۵/۱۲	۵/۴۰	۰/۰۰	۴/۷۲	۷/۲۳	۶/۶۱	۴/۹۹	۵/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۰
زرپت‌ها	۶/۶۱	۴/۹۰	۴/۱۶	۴/۷۲	۰/۰۰	۶/۶۰	۶/۹۱	۱/۵۱	۴/۱۶	۴/۷۲	۱/۵۱
سالونچاک‌ها	۱/۱۵	۵/۹۲	۵/۵۹	۷/۲۳	۶/۶۰	۰/۰۰	۳/۶۸	۶/۳۳	۵/۷۶	۷/۲۳	۱/۱۵
سالونتزها	۲/۸۵	۵/۸۷	۴/۸۴	۶/۶۱	۶/۹۱	۳/۶۸	۰/۰۰	۶/۴۲	۵/۲۱	۶/۶۱	۲/۸۵
کلسی‌سولها	۶/۲۲	۳/۹۸	۴/۱۶	۴/۹۹	۱/۵۱	۶/۳۳	۶/۴۲	۰/۰۰	۴/۲۸	۴/۹۹	۱/۵۱
جیپسی‌سولها	۵/۳۵	۵/۲۶	۰/۶۵	۵/۶۷	۴/۱۶	۵/۷۶	۵/۲۱	۴/۲۸	۰/۰۰	۵/۶۷	۰/۶۵
لووی‌سولها	۷/۲۹	۵/۱۲	۵/۴۰	۰/۰۰	۴/۷۲	۷/۲۳	۶/۶۱	۴/۹۹	۵/۶۷	۰/۰۰	۰/۰۰

سالیدها: در مورد این زیررده، نظر متخصصان و نتایج روش سنتروئیدی یکسان بوده و نزدیک‌ترین گروه مرجع به این زیررده، سالونچاک‌ها و سالونتزها می‌باشند که این نتایج با توجه به خصوصیات هر دو گروه منطقی و درست به‌نظر می‌رسد. نزدیکی سالونتزها به سالیدها از نظر کمی، تایید کننده نتایج فروغی‌فر (۱۳۸۹) می‌باشد که ایشان با پیشنهاد گروه بزرگ Natrisalids توانستند خاک‌های شور و سدیمی را بهتر توصیف کنند.

جدول ۷- زیر رده‌های ST و گروه‌های مرجع WRB مرتبط با همدیگر.

زیر رده‌های ST	نزدیک‌ترین گروه مرجع بر اساس نظر متخصصین	نزدیک‌ترین گروه مرجع بر اساس فاصله تاکسنومیک محاسبه شده با R (روش مفهومی)	نزدیک‌ترین گروه مرجع بر اساس فاصله تاکسنومیک محاسبه شده با R (روش سنتروئیدی)	نزدیک‌ترین گروه مرجع بر اساس فاصله تاکسنومیک محاسبه شده با Excel
Salids	Solonchaks	Solonchaks	Solonchaks, Solonetz	Solonchaks, Solonetz
Calcids	Calcisols	Solonetz, calcisols	Gypsisols	Calcisols
Gypsids	Gypsisols	Gypsisols, Xerepts	Gypsisols,	Gypsisols
Xerepts	Gypsisols, Calcisols	Gypsisols	Calcisols, Luvisols	Calcisols
Argids	Luvisols	Solonetz	Luvisols, Calcisols	Luvisols

نتایج حاصل از خوشه بندی نیز با استفاده از نرم افزارهای زبان R و SPSS و بر اساس داده‌های فیزیکو شیمیایی در شکل ۲ نشان داده شده است.

کلسیدها: علی‌رغم اینکه انتظار می‌رفت کلسی‌سول‌ها نزدیک‌ترین گروه به کلسیدها باشند ولی نتایج فاصله تاکسنومیکی نشان می‌دهد که علاوه بر آن، سالونتزها و جیپسی‌سول‌ها نیز در مرتبه نزدیکی با این زیررده هستند که این احتمالا به خصوصیات مشترک زیادی بین آنها برمی‌گردد که در کشورمان نیز بر اساس تحقیقات جعفرزاده و همکاران (۲۰۰۰) حضور باهم این خاک‌ها گزارش شده است.

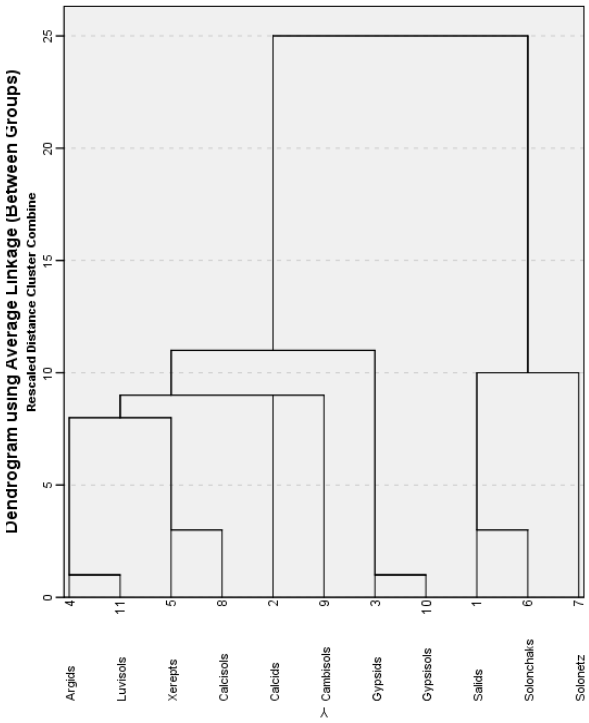
جیپسیدها: در تمامی روش‌ها نتایج فاصله تاکسنومیکی با نظر متخصصین یکی بوده و جیپسی‌سول‌ها نزدیک-ترین گروه به جیپسیدها می‌باشند و بیانگر حضور خاک-های گچی خالص در کشور می‌باشد که در گزارش جعفرزاده و همکاران (۲۰۰۰) آمده است.

زرپت‌ها: این زیررده با توسعه یافتگی ضعیف تا متوسط بیشتر خصوصیات اولیه سایر زیررده‌های خاکی را دارا می‌باشد و نتایج نیز گویای این مطلب بوده و نزدیک‌ترین گروه‌ها طبق فاصله تاکسنومیکی، جیپسی‌سول‌ها، کلسی-سول‌ها و لووی‌سول‌ها می‌باشد که قابل توصیف با توجه به سطوح پایین رده‌بندی همانند Calcixerepts, Gypsic ,Haploxerepts و Lamellic Haploxerepts هستند.

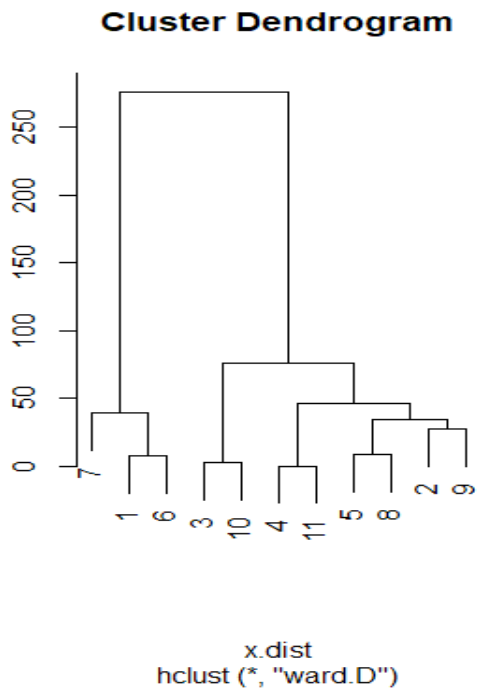
آرجیدها: بر اساس نتایج رهیافت مفهومی فاصله تاکسنومیک، سالونتزها نزدیک‌ترین گروه به این زیررده می‌باشند که این شباهت و ارتباط‌ها احتمالا مربوط به گروه بزرگ Natriargids بوده که نتایج روش سنتروئیدی با نظر متخصصان یکی بوده و لووی‌سول‌ها نزدیک‌ترین گروه به آرجیدها برآورد شده و بیانگر شباهت زیاد افق‌های ناتریک و آرجلیک در ST می‌باشد.

با توجه به نتایج خوشه‌بندی (شکل ۲) و فاصله تاکسنومیکی (جدول ۷)، در مرتبه اول خاکهایی که در یک خوشه قرار گرفتند بیشترین شباهت را نسبت به هم دارا بوده، که در اینجا آرجیدها با لووی‌سول‌ها، زرپت‌ها با کلسی‌سول‌ها، جیپسیدها با جیپسی‌سول‌ها، سالیدها با سالونچاک‌ها و در مرتبه دوم با سالونتزها در ارتباط می‌باشند.

همان‌طور که ملاحظه می‌شود نتایج حاصل از چهار روش نام برده تقریبا مشابه هم بوده و با نظر متخصصین نیز هم‌خوانی دارد. فقط گروه مرتبط با زیررده کلسیدز با روش فاصله تاکسنومیک R مقداری متفاوت بوده و دور از انتظار می‌باشد و آن هم شاید از شباهت زیاد خصوصیات خاک‌های متاثر از املاح ریشه می‌گیرد (کلید رده‌بندی خاک، ۲۰۱۴ و مبنای مرجع جهانی، ۲۰۱۵). همچنین گروه مرتبط با آرجیدها با روش فاصله تاکسنومیک مفهومی سالونتز برآورد شده است که احتمالا این نوع خاک‌ها علاوه بر افق آرجلیک دارای افق ناتریک نیز می‌باشد و در سطوح پایین رده‌بندی با پیشنهاد گروه بزرگ Natriargids قابل توجیه هستند. در بین چهار روش کارایی فاصله تاکسنومیکی مفهومی با R به دلیل استفاده از خصوصیات مورفولوژیکی کیفی نسبت به سایر روش‌ها ضعیف‌تر بوده، اما سایر نتایج کاملا باهم هم‌خوانی دارند و می‌توان نتیجه گرفت که با اینکه نرم‌افزارها متفاوت بوده ولی برنامه‌نویسی‌ها و اساس کار بر پایه معادله ماهالانوبیس بنا شده و نتایج مشابهی حاصل گردیده است.



(الف)- با استفاده از SPSS



(ب)- با استفاده از R

1: Salids, 2: Calcids, 3: Gypsids, 4: Xerepts, 5: Solonchaks, 6: Solonetzs, 7: Calcisols, 8: Gypsisols, 9: Luvisols, 10: Argids

شکل ۲-خوشه‌بندی زیرردهها و گروه‌های مرجع خاک بر اساس شباهت و ارتباط آنها .

نتیجه گیری کلی

امروزه دو سیستم WRB و ST پیشرفته‌ترین سیستم‌های رده‌بندی خاک در جهان می‌باشند. در صورت وجود بیش از یک سیستم جهت رده‌بندی خاک، ایجاد همبستگی و ارتباط بین این سیستم‌ها باید روش مناسبی انتخاب شود. در این تحقیق فاصله تاکسنومیکی و خوشه‌بندی بین گروه‌های خاکی مورد نظر در دو سیستم تعیین و اساس کار هر چهار روش بغیر از روش مفهومی، بر پایه خصوصیات کمی خاک بوده که انتخاب این خصوصیات چه کمی و چه مورفولوژیکی نیازمند مطالعات قبلی و نظر متخصصین می‌باشد. بنابراین دقت نتایج وابسته به داده‌هایی است که در محاسبات بکار برده شده و در اتمام کار با همدیگر و با نظر متخصصین مقایسه و با توجه به یکسان بودن اساس کار (معادله ماهالانوبیس) نتایج تقریبا یکسان مشاهده گردید، اما روش سنتروئیدی و تاکسنومی عددی نتایج قابل قبول‌تری را ارائه دادند. نتایج حاصل در این مطالعه نشان دادند که همبستگی خوبی بین سالیدها با سالونچاک‌ها و سالونتزها، جیپسیدها با جیپسی‌سول‌ها، آرجیدها با لووی‌سول‌ها، زرپت‌ها با کلسی و جیپسی‌سول‌ها وجود دارد. البته برخی همبستگی‌ها و ارتباط‌هایی نیز از نتایج فاصله تاکسنومیکی استخراج شده است که با در نظر گرفتن سطوح پایین رده‌بندی و یا خصوصیات مورفولوژیکی شبیه به هم بیشتر قابل درک می‌باشد.

در کل بر اساس مطالعات قبلی و یافته‌های این تحقیق، نتیجه می‌گیریم که این مقاله تنها شروعی برای کار و معرفی روش‌هایی برای مقایسه و ارتباط سیستم‌های رده‌بندی است و برای نتایج جامع‌تر و مقایسه کلی‌تر

کارایی این نرم‌افزارها در ارتباط دادن سیستم‌های رده-بندی، پیشنهاد می‌شود برای سایر خاک‌ها در مناطق دیگر و در سایر سطوح رده‌بندی این کار انجام و این فعالیت‌ها ادامه یابد.

منابع مورد استفاده

Abasi G. 2014. Soil development at various geomorphologic units and surfaces based on some indices in Marand Region. Ph.D. Dissertation. Tabriz University, Iran (in Farsi).

Ahrens RJ, Rice TJ and Eswaran H, 2003, Soil classification: past and present. [in:] Eswaran H. et al. (eds), Soil Classification: A Global Desk Reference. CRC PRESS, Boca Raton, London, New York, Washington, D.C.: 19–25.

Anonymous, 2014. Keys to Soil Taxonomy (12th ed.). United States Department of Agriculture, Naturaral Resources Conservation Service, Soil Survey Staff, Washington, DC.

Baier T and Neuwirth E, 2007. Excel:: COM :: R. Comput. Stat. 22, 91–108.

Blum WEH and Laker MC, 2003. Soil classification and soil research. Pp. 43–49. In: Eswaran H, Rice T, Ahrens R, Stewart BA (eds.), Soil classification: a Global Desk Reference. CRC PRESS, Boca Raton, London, New York, Washington, DC.

Dunn G and Everitt BS, 1982. An Introduction to Mathematical Taxonomy. University Press, Cambridge, Londan.

Foroughifar H. 2011. Evaluation of soil quality factors and their relationship with soil evolution by geostatistical in Dasht-e-Tabriz. Ph.D. Dissertation. Tabriz University, Iran (in Farsi).

Hole FD and Hironaka M, 1960. An experiment in ordination of some soil profiles. Soil Science Society of America Proceedings 24, 309–312.

I.R. of Iran Meterological Organization (IRIMO), Available online at http://www.irimo.ir/.

IUSS Working Group WRB. 2014, update 2015. World Reference Base for Soil Resources, International Soil Classification System for Naming soils and Creating Legends for Soil Maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.

Jafarzadeh AA and Zink JA, 2000. Worldwide distribution and sustainable management of soils with gypsum. Proceedings of international symposium on desertification, 13-17 June, Konya, Turkey.

Good IJ, 1965. ‘Categorization of classification’, in Mathematics and Computer Science in Medicine and Biology, HMSO, London, Pp115–128.

Jungerius PD, van den Ancker JAM. 2008. The conversion of a national soil classification to the World Reference Base. Problems met in Svete, Latvia. Pp. 120–121. In: Blum WH, Gerzabek MH, Vodrazka M. (eds.), EUROSOIL 2008, Book of Abstracts. BOKU, Vienna, Austria.

Kemp C and Tenenbaum B, (2008) ‘Discovery of structural form’, Proceedings of the National Academy of Sciences, vol 105, no 31, Pp10687–10692.

Kittrick JA and Hope EW. 1971. A procedure for particle size separations of soil for x-ray diffraction. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 35: 621-626.

Krasilnikov PV. 2002. An Experience in Correlating World Reference Base for Soil Resources with National Soil Classifications. Transactions of the 17th World Congress of Soil Science. 14-21 August 2002, Bangkok, Thailand, CD-ROM, Pp. 2031-1–2031-10.

Kunze GW and Dixon JB. 1996. Pretreatment for mineralogical analysis. In: A, Klute, (ed.), Methods of soil analysis, part 1. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin, USA.

Láng V, Fuchs M, Waltner I, Michéli E. 2010. Taxonomic distance measurements applied for soil correlation. Agrokémiaés Talajtan. 59 (1): 57–64.

Láng V, Fuchs M, Waltner I and Michéli E. 2013. Soil taxonomic distance, a tool for correlation: As exemplified by the Hungarian Brown Forest Soils and related WRB Reference Soil Groups. Geoderma 192: 269–276.

Mahmoodi S. 1998. Gypsiferous soils: characteristics, management and land suitability evaluation. Soils and water, Special Issue, Vol. 12(3).

Mehra OP and Jackson ML. 1958. Iron oxide removal from soils and clay by a dithionate citrate system with sodium bicarbonate. *Clays and Clays Minerals*. **7**: 317-327.

Michéli E, Fuchs M, Hegymegi P and Stefanovits P. 2006. Classification of the major soils of Hungary and their correlation with the World Reference Base for Soil Resources (WRB). Agrokémia és Talajtan 55 (1): 19–28.

Minasny B, McBratney AB, 2007. Incorporating taxonomic distance into spatial prediction and digital mapping of soil classes. Geoderma 142: 285–293.

Minasny B, McBratney AB and Hartemink AE, 2009. Global pedodiversity, taxonomic distance, and the World Reference Base. Geoderma 155: 132–139.

Schad P. 2008. New wine in old wineskins: Why soil maps cannot simply be "translated" from WRB 1998 into WRB 2006. In: Blum WH, Gerzabek MH, Vodrazka M.(eds.), EUROSOIL 2008, Book of Abstracts. BOKU, Vienna, Austria.120pp.

Schlichting E. 1986. Introduction to soil science. Paul Parey, Hamburg and Berlin, Germany (in German).

Servati M. 2014. Comparasion Parametric, MicroLEIS, Fuzzy Set Theory and Analytical Hierarchy Process for land suitability evaluation of some crops in Khajeh region. Ph.D. Dissertation. Tabriz University, Iran (in Farsi).

Shi XZ, Yu DS, Xu SX, Warner ED, Wang HJ, Sun WX, Zhao YC and Gong ZT, 2010. Cross-reference for relating genetic soil classification of China with WRB at different scales. Geoderma 155, 344–350.

Shoba SA. (Ed.), 2002. Soil Terminology and Correlation, 2nd edition. Centre of the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk. 320 pp.

Tryon R. 1939. Cluster analysis. New York: McGraw Hill.

Van Huyssteen CW, Michéli E, Fuchs M and Waltner I. 2014. Taxonomic distance between South African diagnostic horizons and the World Reference Base diagnostics. Catena. 113: 276–280.

Webster R, 1977. Quantitative and numerical methods in soil classification and survey. Monographs on Soil Survey.Clarendon Press, New York. Pp. 130–144.