# تکامل خاک‌ها در مقادیر مختلف شیب براساس شاخص‌های میکرومرفولوژیک (مطالعه موردی: جنگل‌های ارسباران)

محسن عباس‌زاده شکراب[1*]، علی‌اصغر جعفرزاده[2]، ، فرزین شهبازی[3]، عباس احمدی[4]، حسین رضائی[4]
به ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد[1*]، استاد[2]، دانشیار[3] و استادیار[4] گروه علوم و مهندسی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.
E-Mail*: Mohsen69_abbaszadeh@yahoo.com

**چکیده**

مطالعه حاضر برای بررسی روند تشکیل و تکامل خاک‌ها در دو شیب ۲۰ و ۶۵ درصد از جنگل‌های ارسباران با تکیه بر مطالعات میکرومرفولوژیک و شاخص‌های MISODI و MISECA انجام شد. نتایج بیانگر تشکیل خاک‌های آلفی‌سول در هر دو شیب با زیرگروه‌های متفاوت بود که با استناد به نتایج حاصله در اراضی با شیب ۲۰ درصد خاک‌ها اندکی از تکامل بیشتری برخوردار بودند. عدم وجود اختلاف بسیار بالای تکاملی خاک در دو شیب متفاوت یاد شده را می‌توان به نقش پوشش گیاهی در کاستن اثر منفی افزایش میزان شیب در تکامل خاک در نواحی جنگلی نسبت داد. همچنین نتایج بیانگر قابلیت بالای روش‌های نیمه کمّی با توجه به ماهیت عددی آنها در بیان تفاوت تکاملی خاک‌ها به‌صورت دقیق‌تر و کاربردی‌تر برای تصمیم-گیری‌های مدیریتی برپایه تکامل خاک می‌باشد، هر چند رده‌بندی خاک‌ها صرفاً توصیفی از تفاوت آنها را نشان می‌داد.

واژه‌های کلیدی: ارسباران، تکامل خاک، شیب، میکرومرفولوژی

**مقدمه**

خاک‌ها در اثر عمل فاکتورهای خاک‌سازی و طی فرآیندهای خاک‌سازی تشکیل شده و به تکامل می‌رسند (Jenny, 2011). ویژگی‌های خاک و کاربرد آن در تمامی عرصه‌ها از جمله کشاورزی، منابع طبیعی، مهندسی تحت تأثیر میزان تکامل آن است و لذا مطالعه تکامل خاک‌ها دارای اهمیت به‌سزایی است (Schaetzl and Anderson, 2005). پستی و بلندی به‌عنوان یکی از فاکتورهای خاک‌سازی به‌طور مستقیم و غیرمستقیم از طریق سه عامل ارتفاع، زهکشی طبیعی و شیب (درصد، جهت، طول) نقش مهمی در تشکیل، تغییر ویژگی‌ها و تکامل خاک دارد (Jiang and Thelen, 2004). در این راستا مطالعات نشان داده‌اند که پستی و بلندی تکامل خاک‌ها را به شدت تحت تأثیر قرار داده و آنها را در گروه‌های مختلف خاک رده‌بندی می‌کند، به-نحوی‌که عموماً با کاهش ارتفاع و متناسب با شرایط شیب تکامل خاک‌ها افزایش می‌یابد (Rezaei et al., 2015؛ Badia et al., 2013؛ Gracheva et al., 2011 ؛ لیاقت و خرمالی، ۱۳۹۰).

به‌منظور بررسی میزان تکامل خاک روش‌های مختلفی وجود دارد که با توجه به‌شمار زیاد خصوصیات خاک، تجزیه و تحلیل کیفی تمامی آنها برای ارزیابی میزان تکامل دشوار است. از این‌رو پژوهشگران علوم خاک، شاخص‌های ریاضی متنوعی را جهت بیان میزان تکامل خاک به‌صورت یک مقدار کمّی معرفی نموده‌اند (Goodman et al., 2001). تا کنون شاخص‌های کمّی مختلفی از جمله شاخص‌های اقلیمی، مرفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، مینرالوژیکی و میکرومرفولوژیکی در زمینه تکامل خاک توسعه یافته‌اند که در این بین مطالعات میکرومرفولوژیکی با توجه به قابلیت‌های خود می‌تواند جایگاه خاصی داشته باشد. شاخص‌های نیمه‌کمّی میکرومرفولوژیک MISODI[1] و MISECA[2] که طی مطالعات Ferrari and Magaldi (1983)، Retallack (1990) ، Magaldi and Tallini (2000) و Khormali et al (2003) طراحی، تکمیل و مورد استفاده قرار گرفته‌اند شناخته‌ترین شاخص‌ها در این زمینه هستند. مطالعه حاضر جهت بررسی میزان تکامل خاک‌های توسعه یافته در مقادیر متفاوت شیب انجام

1- Micromorphological Soil Development Index (MISODI).
2- Micromorphological Index of Soil Evolution Calcareous Arid to semiarid condition (MISECA).

شد تا ضمن بررسی ژنتیکی خاک‌ها تفاوت نیمه‌کمّی خاک‌های تشکیل شده در آنها با تکیه بر مطالعات میکروسکوپی خاک به‌صورت دقیق‌تر مشخص گردد.

## مواد و روش‌ها

مطالعه در زیرحوضه کلیبر چای سفلی از جنگل‌های ارسباران با سنگ بستر آذرین، اقلیم مدیترانه‌ای نیمه‌مرطوب معتدل و رژیم حرارتی و رطوبتی خاک زریک و مزیک در دو شیب ۶۵ و ۲۰ درصد انجام شد. خاکرخ‌های شاهد در موقعیت‌های مفروض حفر و مطابق با اصول استاندارد تشریح و پس از نمونه‌برداری خاک‌های مربوطه با استفاده از روش‌های استاندارد مورد آزمایش قرار گرفتند. با استناد به نتایج حاصله، رده‌بندی خاک‌های مطالعه شده توسط روش Soil Survey Staff (2014) صورت گرفت. همچنین در کنار مطالعات میکرومرفولوژیک که توسط راهنماهای ارائه شده توسط Stoops (2003) و Bullock et al (1985) صورت گرفت، شاخص‌های نیمه‌کمّی میکرومرفولوژیک تکامل خاک MISODI و MISECA نیز با استفاده از جداول ارائه شده توسط Magaldi and Tallini (2000) و Khormali et al (2003) تعیین شدند. در نهایت مقایسه میزان تکامل خاک‌های مطالعه شده واقع در دو شیب متفاوت با استناد به نتایج رده‌بندی خاک‌ها، مطالعات میکرومرفولوژیک و شاخص‌های نیمه‌کمّی تکامل خاک محاسبه شده انجام شد.

## نتایج و بحث

مطالعه ژنتیکی خاکرخ‌های شاهد حکایت از غالب بودن فرآیند خاک‌ساختی انتقال و تجمع رس و در نتیجه تشکیل خاک‌های آلفی‌سول با زیرگروه متفاوت در شیب‌های مختلف دارد که گزارش آنها در جدول ۱ ارائه شده است.

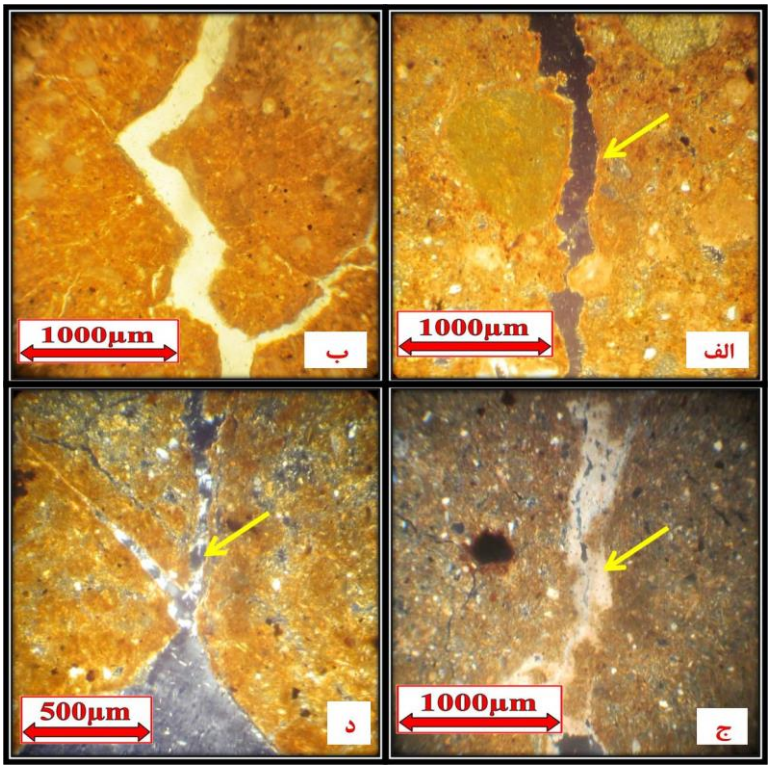
**جدول ۱ - رده‌بندی خاک‌های منطقه مورد مطالعه بر اساس سیستم آمریکایی (۲۰۱۴)**

| شماره خاکرخ | شیب (٪) | خانواده خاک |
|---|---|---|
| ۱ | ۶۵ | Fine, mixed, active, mesic Typic Haploxeralfs |
| ۲ | ۲۰ | Fine, mixed, active, mesic Calcic Haploxeralfs |

جدول ۲ خلاصه‌ای از ویژگی‌های میکرومرفولوژیک افق‌های B خاکرخ‌های مذکور را که عمده بحث در خصوص تکامل خاک‌ها بر مبنای آنها صورت می‌گیرد نشان می‌دهد. مشاهده نمودهای مرتبط با افق آرجیلیک همچون پوشش‌های رس و ریزساختارهای مکعبی (شکل ۱- الف و ب) در افق‌های B طی مطالعات دقیق‌تر ژنتیکی خاک با استفاده از روش میکرومرفولوژی نشان از تکامل خوب این خاک‌ها داشته و بیان‌گر پایداری این اراضی است (Stoops et al., 2010؛ Khormali et al., 2006؛ لیاقت و خرمالی، ۱۳۹۰). هر چند با توجه به درصد بالای شیب این اراضی، انتظار بر تشکیل خاک‌های نامتکامل در این نواحی بود لیکن تشکیل چنین خاک متکاملی بر خلاف شرایط معمول را می‌توان ناشی از حضور پوشش گیاهی و نقش آن در تثبیت و تکامل خاک در شیب‌های تند دانست (Nyambane and Mwea, 2011؛ Fanning and Fanning, 1989). همچنین ریشه‌ها ضمن ایفای نقش در تثبیت خاک در توسعه افق آرجیلیک به‌واسطه ایجاد کانال‌های انتقال رس نیز نقش دارند (Lyford and Wilson, 1964). در کنار فرآیند مشترک هر دو خاکرخ شاهد که منجر به تشکیل افق آرجیلیک شده، در خاکرخ ۲ فرآیند آهکی شدن و تشکیل افق کلسیک به‌واسطه مشاهده نمودهای خاک‌ساختی همچون پرشدگی‌ها، بلورها و پوشش‌های آهکی به اثبات رسید (شکل ۱- ج و د). روی دادن چنین فرآیندی ناشی از فرآیندهای انحلال، انتقال و رسوب مجدد (Rostad and Arnaud, 1968) آهک به شکل ثانویه است. در این بین نقش تنفس ریشه در تشکیل نمودهای ثانویه آهکی به‌دلیل تولید گاز دی‌اکسیدکربن را می‌توان یکی از مهمترین عوامل دانست (Seghal and Stoops, 1972؛ رضائی و همکاران، ۱۳۹۲).

**جدول۲- ویژگی‌های میکرومرفولوژیک افق‌های B از خاکرخ‌های مورد مطالعه**

| افق | ریزساختار | حفرات | c/f (20µm) | الگوی پراکنش ارتباطی | بی‌فابریک | کانی‌های معدنی درشت | نمودهای خاک‌ساختی |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| خاکرخ شاهد ۱ | | | | | | | |
| Bt1 | Ab | Cdp, Chn | 1/9 | Mo, Po | Ss, Pos, Gs | Rf | پوشش رس |
| Bt2 | Sb, Ab | Sp, Cdp, Chn | 1/9 | Mo, Po | Ss, Cr, Pos, Gs | Qu, Rf | پوشش رس، پوشش آهک، نودول آهن و منگنز |
| خاکرخ شاهد ۲ | | | | | | | |
| Btk1 | Ab | Cdp, Chn, Vu | 1/9 | Mo | Cr, Pos, Gs | Qu, Ca, Ot | پوشش رس، پوشش آهک |
| Btk2 | Ab | Cdp, Chn, Vu | 1/9 | Mo | Cr, Pos, Gs | Qu, Ca, Ot | پوشش رس، پوشش آهک، پرشدگی آهک، پوشش و نودول منگنز |




**شکل ۱- تصاویر میکروسکوپی خاک‌های مطالعه شده: الف- پوشش رس اطراف کانال، خاکرخ ۱، افق Bt1، (XPL). ب- کانال و ریزساختار مکعبی، خاکرخ ۲، افق Btk1، (PPL). ج- پرشدگی کامل آهک درون کانال، خاکرخ ۲، Btk2، (XPL). د- پرشدگی بلورهای آهکی درون کانال، خاکرخ ۲، افق Btk1، (XPL).**

در کنار نتایج رده‌بندی خاک‌های مطالعه شده که تفاوت دو نوع خاک تشکیلی در دو شیب متفاوت را بیان می‌کند، جدول-های ۳ و ۴ نیز با نشان دادن مقادیر شاخص‌های نیمه‌کمی MISODI و MISECA برای افق‌های B این دو خاکرخ، تفاوت تکامل یافتگی آنها را به‌صورت دقیق‌تر بیان می‌کنند. این نتایج که حاصل توجیهات تکاملی خاک‌های ارائه شده در فوق می-

باشد در تطابق کامل با مشاهدات کیفی از تکامل‌یافتگی خاک‌های مطالعه شده بوده و بیانگر تکامل یافته‌تر بودن خاکرخ ۲ (تکامل متوسط و خوب) نسبت به خاکرخ ۱ (تکامل متوسط) است. بر اساس شاخص MISODI تفاوت یک واحده کمّی بین خاکرخ ۱ و ۲ که حاصل ضخامت پوشش‌های رس تشکیل شده است حکایت از شدید بودن فرآیند تجمع رس در اراضی با شیب کمتر دارد (قرقره‌چی و همکاران، ۱۳۸۹). شاخص MISECA با دارا بودن معیارهای بیشتر و جزئی‌تر بودن زیرتقسیمات در امتیازدهی تکامل خاک تفاوت دو خاکرخ مطالعه شده را بیشتر واضح نمود. این شاخص تفاوت دو خاکرخ را به‌صورت ۲ واحد کمّی نشان داد که علّت آن در توجه آن به تمام نمودهای خاک‌ساختی موجود در خاک و فرآیند خاک‌سازی همراه (آهکی شدن) روی داده در خاکرخ ۲ در کنار فرآیند خاک‌سازی اصلی (تجمع رس) تشکیل این خاک‌ها است. مقایسه دو شاخص مذکور در تشابه با یافته‌های منتخبی کلجاهی و جعفرزاده (۱۳۹۲) ارجحیت و دقت شاخص MISECA در بیان فاصله نیمه کمّی تکامل خاک‌ها را به‌واسطه ماهیت اجزا نشان داد.

**جدول ۳- درجه توسعه یافتگی افق های B در خاکرخ‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص MISODI**

| خاکرخ | افق | ریزساختار | بی‌فابریک | پوشش | | نودول | | درجه هوازدگی | وزن کل | طبقه‌بندی تکامل افق |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | اندازه | سطح | اندازه | فراوانی | | | |
| ۱ | Bt1 | ۴ | ۱ | ۴ | ۴ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱۶ | متوسط |
| | Bt2 | ۴ | ۱ | ۳ | ۳ | ۱ | ۱ | ۳ | ۱۶ | متوسط |
| ۲ | Btk1 | ۴ | ۱ | ۴ | ۴ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱۶ | متوسط |
| | Btk2 | ۴ | ۱ | ۳ | ۴ | ۱ | ۱ | ۳ | ۱۷ | خوب |

**جدول ۴- درجه توسعه یافتگی افق های B در خاکرخ‌های مورد مطالعه بر اساس شاخص MISECA**

| خاکرخ | افق | ریزساختار | بی‌فابریک | پوشش | | نواحی تخلیه آهک | اکسید آهن و منگنز | درجه هوازدگی | وزن کل | طبقه‌بندی تکامل افق |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | اندازه | سطح | | | | | |
| ۱ | Bt1 | ۳ | ۳ | ۴ | ۳ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱۶ | متوسط |
| | Bt2 | ۳ | ۳ | ۳ | ۳ | ۰ | ۰ | ۳ | ۱۵ | متوسط |
| ۲ | Btk1 | ۳ | ۲ | ۴ | ۳ | ۲ | ۰ | ۳ | ۱۷ | خوب |
| | Btk2 | ۳ | ۲ | ۳ | ۳ | ۱ | ۰ | ۳ | ۱۵ | متوسط |

جمع‌بندی کلی نتایج حاصل از رده‌بندی خاک، مطالعات میکرومرفولوژیک و شاخص‌های نیمه کمّی تکامل به‌کار رفته، تکامل یافتگی بیشتر خاک‌ها با کاهش شیب را بیان می‌کند. هر چند افزایش تکامل خاک با کاهش شیب یک نتیجه مرسوم می‌باشد، اما وجود اختلاف تکاملی خاک کم بین دو شیب با تفاوت درصد بالا وجه تمایز آن است که علّت را در نقش پوشش گیاهی در نواحی جنگلی و تأثیر بالای آن در تکامل خاک‌های چنین نواحی می‌توان دانست. در کنار یافته‌های اصلی تحقیق می‌توان چنین استنباط نمود که توجه به بررسی نیمه‌کمّی تکامل خاک با شاخص‌های به‌کار رفته در این مطالعه و توسعه و دقیق‌تر شدن آنها گامی بسیار ارزنده در راستای به‌کارگیری وضعیت تکامل خاک در برنامه‌ریزی‌ها و تصمیم‌گیری‌های مدیران در عرصه علوم محیطی خواهد بود چرا که کمّی سازی قادر به تمییز ریز جزئیات تفاوت خاک‌ها است.

## منابع

رضائی، ح.، جعفرزاده، ع.ا. و شهبازی، ف. ۱۳۹۲. تأثیر پوشش گیاهی برخواص میکرومرفولوژیک خاک (مطالعه موردی: ایستگاه تحقیقاتی کرکج). نشریه دانش آب و خاک، جلد ۲۳، شماره ۱، صفحه‌های ۸۳ تا ۹۴.

قرقرچی، ش.، خرمالی، ف.، محمودی، ش. و ایوبی، ش. ۱۳۸۹. مطالعه میکرومورفولوژیک تکامل افق آرجیلیک در خاک‌های لسی نواحی مرطوب و نیمه‌مرطوب جنوب غرب استان گلستان، مجله تحقیقات آب و خاک ایران، جلد دوم، شماره ۴۱، صفحه۲۴۹-۲۳۷.

لیاقت، م. و خرمالی، ف. ۱۳۹۰. میکرومرفولوژی تکامل برخی خاک‌های لسی غرب استان گلستان در یک توالی اقلیم- توپوگرافی- پوشش گیاهی. مجله پژوهش‌های حفاظت آب و خاک، جلد ۱۸، شماره ۱، صفحه‌های ۱ تا ۳۲.

منتخبی کلجاهی، و. و جعفرزاده، ع‌ا. ۱۳۹۲. مطالعه تکامل خاک‌ها بر اساس خواص میکرومرفولوژیک با استفاده از دو شاخص MISECA and MISODI. سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، دانشگاه اهواز.

Badia D., Marti C., Aznar J.M. and Leon J .2013. Influence of slope and parent rock on soil genesis and classification in semiarid mountainous environments. Geoderma, 193: 13-21.

Bullock P., Fedoroff N., Jongerius A., Stoops G. and Tursina T. 1985. Handbook for Thin Section Description. Waine Research, England.

Fanning D.S. and Fanning M.C.B. 1989. Soil: Morphology, Genesis, and Classification. John Wiley and Sons, New York.

Ferrari G.A. and Magaldi D. 1983. Significato ed applicazioni della paleopedologia nella stratigrafia del Quaternario. Boll. Mus. Civ. St. Nat. Verona, 10: 315-340.

Goodman A.Y., Rodbell D.T. and Seltzer G.O. 2001. Subdivision of glacial deposits in southeastern Peru based on pedogenic development and radiometric ages. Quat. Res, 56:31-50.

Gracheva R. 2011. Formation of soil diversity in the mountainous tropics and subtropics: rocks, time and erosion. Geomorphology, 135(3-4): 224-231.

Jenny H. 2011. Factors of Soil Formation-A System of Quantitative Pedology. Dover, New York.

Jiang P. and Thelen K.D. 2004. Effect of soil and topographic properties on crop yield in a northcentral corn-Soybean cropping system. Agronomy Journal, 96(1): 252-258.

Khormali F., Abtahi A. and Stoops G. 2006. Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, Southern Iran. Geoderma,132: 31-46.

Khormali F., Abtahi A., Mahmoodi S. and Stoops G. 2003. Argillic horizon development in calcareous soils of arid and semiarid regions of southern Iran. Catena, 53: 273-301.

Lyford W.H. and Wilson B.F. 1964. Development of the root system of Acer Rubrum L. Harvard Forest Paper, 10: 1-17.

Magaldi D. and Tallini M. 2000. A micromorphological index of soil development for the Quaternary geology research.Catena, 41:261-276.

Nyambane O.S. and Mwea S.K. 2011. Root tensile strength of 3 typical plant species and their contribution to soil shear strength; a case study: Sasumua Backslope, Nyandarua District, Kenya. Journal of Civil Engineering Research and Practice, 8(1): 57-73.

Retallack G.J. 1990. Soils of the Past: An Introduction to Paleopedology. Springer, Netherlands.

Rezaei H., Jafarzadeh A.A., Alijanpour A., Shahbazi F. and Valizadeh Kamran k.h. 2015. Effect of slope position on soil properties and types along an elevation gradient of Arasbaran forest, Iran. International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology, 5(6): 449-456.

Rostad H.P.W., Arnaud R.J.S.t. 1968. The Nature of carbonates minerals in two Saskatchewan soils. Canadian Journal of Soil Science, 50: 65-70.

Schaetzl R. and Anderson S. 2005. Soils: Genesis and Geomorphology. Cambridge University, Cambridge, England.

Seghal J.L. and Stoops G. 1972. Pedogenic calcite accumulation in arid and semiarid regions of the Indo Genetic plain of Erstwhile Punjab, Their morphology and origin. Geoderma, 8: 59-72.

Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. 11nd Ed. NRCS. 338p.

Stoops G. 2003. Guidelines for analysis and description of soil and regolit thin section. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.

Stoops G., Marcelino V. and Mees F. 2010. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths. Elsevier's Science and Technology, Oxford, UK.

**Assessing of soil evolution on various levels of slope by micromorphological indices (A case study: Arasbaran forests)**

M. Abbaszadeh shakarab[1*], A. A. Jafarzadeh[1], F. Shahbazi[1], A. Ahmadi[1] and H. Rezaei[1]
[1]Department of Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.
(*Corresponding Authors E-Mail: Mohsen69_abbaszadeh@yahoo.com)

**Abstract**
The present study was completed to assessing soil forming and evolution at two slope levels, 20 and 60%, in Arasbaran forest, by soil micromorphology method, MISODI and MISECA indices. Results revealed genesis of Alfisols with different subgroups on various slope levels, which indicated a little more evolution of soils on 20% level rather than other one. The no significant evolutionary differences between two slopes can be related to role of vegetation in reducing negative effects of slope increase on soil evolution at forests. Also, Results revealed the high ability of semi-quantitative methods, due to their numerical nature, to precious and useful explanation of evolutionary differences between soils for managements decisions based on soil evolution, although soil classification only showed the descriptive of their differences.

**Keywords**: Arasbaran, Micromorphology, Soil evolution, Slope