

## بررسی میکرومورفولوژیک منافذ و تخلخل برخی از خاک‌های شور-سدیمی غرب دریاچه ارومیه با استفاده از تکنیک تحلیل تصویر

ساغر چاخرلو<sup>1\*</sup>، شهرام منافی<sup>2</sup>

تاریخ پذیرش: 94/07/06

تاریخ دریافت: 92/11/16

<sup>1</sup>- دانشجوی دکتری علوم خاک دانشگاه تبریز

<sup>2</sup>- استادیار گروه علوم خاک دانشگاه ارومیه

\* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: [saghar.chakherloo@yahoo.com](mailto:saghar.chakherloo@yahoo.com)

### چکیده

میکرومورفولوژی خاک به‌عنوان شاخه‌ای از علم خاک‌شناسی، مطالعه نمونه‌های دست‌نخورده خاک با روش‌های میکروسکوپی هست و استفاده از تحلیل تصاویر می‌تواند به‌سرعت، دقت و قابلیت مطالعات میکرومورفولوژی خاک بیافزاید. منافذ خاک به واسطه تاثیرشان در بسیاری از خواص و فرآیندهای خاک و همچنین تعامل خاک، آب و گیاه دارای اهمیت ویژه‌ای هستند. در این تحقیق منافذ و خلل و فرج خاک در اراضی شور-سدیمی غرب دریاچه ارومیه در یک مقطع طولی متشکل از هشت خاک‌رخ با روش‌های میکرومورفیک و تحلیل تصویر مورد بررسی قرار گرفتند. بر اساس مشاهدات میکروسکوپی، منافذ این خاک‌ها عمدتاً از نوع وگ، کانال و صفحه‌ای بوده، ولی اندازه و فراوانی نسبی آن‌ها در افق‌های مختلف هر خاک‌رخ و همه هشت خاک‌رخ متفاوت می‌باشند. به‌طور میانگین، حفرات وگی 50%-45% کانال‌ها 45%-35% و حفرات صفحه‌ای 25%-5% مقاطع نازک را به‌خود اختصاص داده‌اند. مقایسه نتایج تشریح مقاطع نازک و تحلیل تصاویر نشان داد که فراوانی و دامنه تغییرات اندازه منافذ با استفاده از تحلیل تصاویر بیشتر از مقادیر مربوطه در روش تشریح مقاطع نازک هست. خلل و فرج کل اندازه‌گیری شده در این خاک‌ها بر اساس مطالعات تشریح مقاطع نازک و تحلیل تصاویر در خاک‌رخ‌های یک الی چهار به‌ترتیب 10/7%، 7/83%، 6/7% و 9% اختلاف دارند. در روش تشریح میکروسکوپی مقاطع نازک، احتمالاً تعدادی از منافذ به‌دلیل اندازه ریز قابل‌مشاهده و اندازه‌گیری نیستند. درحالی‌که در تکنیک تحلیل تصاویر اندازه‌گیری فراوانی و اندازه منافذ بر اساس تعداد پیکسل‌های مربوطه انجام می‌گیرد و همین امر منجر به افزایش فراوانی و دامنه اندازه منافذ در تکنیک تحلیل تصاویر می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: اراضی شور-سدیمی، تحلیل تصویر، دریاچه ارومیه، منافذ، میکرومورفولوژی

## Micromorphologic Study of Pores and Porosity of Some Saline-Sodic Soils in the West of Urmia Lake using Image Analysis

S Chakherloo<sup>\*1</sup>, SH Manafi<sup>2</sup>

Received: 05 February 2014

Accepted: 28 September 2015

<sup>1</sup>- Ph.D. Student, Dept. of Soil Science., Univ. of Tabriz, Iran

<sup>2</sup>- Assistant Prof., Dept. of Soil Science, Univ. of Urmia, Iran

\*Corresponding Author, Email: [saghar.chakherloo@yahoo.com](mailto:saghar.chakherloo@yahoo.com)

### Abstract

Soil micromorphology is a branch of soil science which studies undisturbed soil samples using microscopic methods and the image analysis technique can promote speed, accuracy and ability of micromorphic studies. Soil pores due to their effect on the most of processes and properties of soils and also on interaction between soil, water and plant, have spacial importance. In this study, soil pores type and total porosity of saline-sodic soils were studied using micromorphic and Image Analysis techniques in a transect composed of eight soil profiles in the west of Urmia Lake. According to microscopic observations, pore types in these soils were vughs, channels and planar voids but Voids size and frequency in different horizons of each profile and all eight profiles were different. Average values of vughs, channels and planar voids in each thin section were about 45-50%, 35-45% and 5-25%, respectively. Comparison between thin section description and Image Analysis showed that frequency and the range of size of pores in Image Analysis technique was greater than that of thin section description. The differences of measured total porosity between Image Analysis and thin section description in profiles 1 to 4 were 10.7, 7.83, 6.7 and 9 percent respectively. The reason of this difference is that, in thin section description technique, some of voids are too small, so they cannot be seen and are not measurable, whereas, in Image Analysis technique the measurement of size and frequency of voids were based on the number of pixels and this leads to greater values in Image analysis technique.

**Keywords:** ImageAnalysis, Saline-Sodic Soils, Urmia Lake, Voids, Micromorphology

روش‌ها، میانگینی برای کل خاک ارائه می‌دهند. درحالی‌که در میکرومورفولوژی خاک، اجزا از نظر اندازه، شکل، نحوه توجیه و تمرکز موردبررسی قرار می‌گیرند و به‌نوعی مطالعه یک ساختمان در شکل واقعی آن است که به بیانی صرفاً مقادیر کمی اجزای تشکیل‌دهنده را موردتوجه قرار نمی‌دهد، بلکه نحوه توزیع و توجیه آن‌ها را به‌عنوان معیار معتبری در ارزیابی بسیاری از فرایندها و یا عکس‌العمل خاک در برابر کاربری‌ها به حساب می‌آورد (حیدری و محمودی 1384، کوبینا 1938، استوپس 2003).

### مقدمه

میکرومورفولوژی خاک به‌منظور مطالعه اجزای تشکیل‌دهنده خاک و روابط مکانی و زمانی آن‌ها با یکدیگر به مطالعه نمونه‌های دست‌نخورده خاک با استفاده از روش‌های میکروسکوپی و اولترامیکروسکوپی می‌پردازد. اهمیت میکرومورفولوژی خاک در مقایسه با سایر تکنیک‌های مطالعه خاک در این است که در تجزیه‌های شیمیایی، فیزیکی و مینرالوژیکی نمونه‌های خاک نیاز به مخلوط نمودن، خرد کردن، انحلال و جداسازی دارند. لذا نتایج به‌دست‌آمده از این

لایه‌های مختلف افق Bt (بواید و همکاران 1992)، ارزیابی حفرات تحت سیستم‌های مدیریتی مختلف در کاربری‌های مختلف (مرموت و همکاران 1992)، اندازه-گیری تغییرات حفرات و خصوصیات مدفوعی جانوران موجود در چمنزار (برونا و همکاران 2004)، مطالعه مقدار و تغییرات هوموس جنگلی از طریق ارزیابی تغییرات در حفرات و ذرات معدنی (دلپورت و همکاران 1989)، بررسی تأثیر کرم خاکی بر خصوصیات ساختمانی خاک (وندن بیگارت و همکاران 2000)، مطالعه خصوصیات ماکروپورها، تعیین میزان خلل و فرج ناشی از ماکروپورها و طبقه‌بندی آن‌ها (حیدری و محمودی 1384)، مقایسه درصد حفرات در خاک‌های جنگلی (محمدی و همکاران 1390) اشاره کرد. در اغلب موارد امکان دارد میزان خلل و فرج اندازه-گیری شده با استفاده از تکنیک مقدار رطوبت ارزیابی صحیحی از میزان خلل و فرج خاک ارائه ندهند و میزان خلل و فرج اندازه‌گیری شده با مقدار واقعی آن اختلاف زیادی داشته باشد. از طرف دیگر در این روش اندازه و توزیع حفرات نیز همچنان مجهول می‌مانند، درحالی‌که استفاده از تکنیک تحلیل تصاویر این مشکلات را برطرف می‌سازد. بولاک و تامسون (1979) گزارش کردند که ماکروپورهایی (حفرات بزرگ‌تر از 60 میکرومتر) که به وسیله تحلیل ارزیابی شده‌اند، بزرگ‌تر از خلل و فرج اندازه‌گیری شده توسط تکنیک مقدار رطوبت است. خرمالی (2006) نیز از تحلیل تصویر و روش‌های میکروسکوپی در تخمین مقدار گچ و خلل و فرج خاک‌های گچی مورد استفاده قرار داد و مقایسه نتایج تحلیل تصویر و سایر روش‌ها نشان داد که رابطه معنی‌داری بین مقدار گچ اندازه‌گیری شده به روش رسوب با استون و درصد حجمی محاسبه شده توسط نرم‌افزار وجود دارد. این امر در مورد خلل و فرج خاک نیز صادق بود. پیشرفت در فناوری امکان تحلیل ماکروپورهایی خاک را فراهم ساخته است. از جمله اندازه‌گیری‌های انجام شده، حرکت آب در حفرات با

عوارض خاکی موجود در مقاطع نازک به‌طورکلی به چهار بخش توده ریز، ذرات اسکلتی، عوارض پدولوژیکی و منافذ تقسیم می‌شوند. منافذ موجود در خاک به دلیل نقش و اثراتشان در بسیاری از خواص و فرآیندهای خاک و همچنین تعامل خاک و آب و گیاه دارای اهمیت ویژه‌ای هستند. از طریق مطالعه میکرومورفولوژی خاک می‌توان منافذ را در حالت دست‌نخورده و طبیعی خود به‌طور کاملاً واضح مطالعه و مشاهده نمود. تمامی منافذ موجود در خاک پیوسته نبوده و اندازه و شکل آن‌ها در فواصل مختلف بسیار متغیر است (بروئر 1964). با توجه به موارد ذکرشده مطالعه منافذ در خاک‌ها و بررسی اندازه، شکل و پیوستگی آن‌ها با استفاده از میکرومورفولوژی با صحت و دقت بیشتری امکان‌پذیر است.

امروزه استفاده از کامپیوتر برای تحلیل تصاویر تهیه‌شده در مطالعات میکرومورفیک خاک‌ها جهت تعیین الگوی پراکنش عوارض، طبقه‌بندی و کمی نمودن آن‌ها مورد استفاده قرار گرفته و روند تکاملی خود را طی می‌کند. استفاده از تحلیل تصاویر می‌تواند به سرعت، دقت و قابلیت‌های مطالعات میکرومورفولوژی خاک بیافزاید. از به‌کارگیری تحلیل تصاویر جهت مطالعه و کمی کردن خصوصیات خاک نزدیک به 4 دهه می‌گذرد. تحلیل تصویر مقاطع نازک در مدت این چهار دهه عمدتاً برای مطالعه و بررسی اندازه، شکل و توزیع حفرات و ساختمان خاک استفاده شده است (سووینی و همکاران 1992؛ برانو و همکاران 2004؛ گلب 2007). تحلیل تصویر در مطالعات میکرومورفیک منافذ به طرق مختلفی بکار رفته است که از آن جمله می‌توان به کمی کردن توزیع حفرات در برخی افق‌های خاک (لیما و همکاران 2006)، تعیین برخی خصوصیات منافذ از قبیل جهت یافتگی، شکل و اندازه حفرات (مورفی و همکاران 1977)، کمی کردن حفرات جهت محاسبه هدایت هیدرولیکی خاک‌ها (بوما و همکاران 1979)، اندازه‌گیری توزیع اندازه خلل و فرج در

میکرومورفولوژی، مقاطع نازک به روش بنی آرکو و استوپس (2005) تهیه شده و با استفاده از میکروسکوپ پولاریزان Olympus در دو حالت نور پولاریزه ساده (PPL) و نور پولاریزه متقاطع (XPL) مورد مطالعه قرار گرفته و تشریح و تفسیر گردیدند و نهایتاً از عوارض مورد نظر عکس برداری شد. برای بررسی خصوصیات میکرومورفولوژی بر اساس تکنیک‌های تحلیل تصویر، تصاویر میکروسکوپی تهیه شده از مقاطع نازک با استفاده از نرم افزار Analysis مربوط به دوربین Olympus مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفتند. به منظور نیل به اهداف مورد نظر و تعیین درصد کل خلل و فرج خاک در خاک‌رخ‌های مورد مطالعه، تعداد 12 مقطع از 4 خاک‌رخ انتخاب و به طور منظم و یکسان از تمام سطوح نمونه‌های مقطع نازک، عکس تهیه گردید (از هر مقطع به طور متوسط 20-15 عکس). در نهایت تعداد نزدیک به 200 عکس برای تحلیل تصویر حفرات تهیه و عملیات نرم افزاری رنگ آمیزی عوارض در مورد آنها صورت پذیرفت. در پایان متوسط درصد کل حفرات با استفاده از نرم‌افزار تحلیل تصویر برای هر نمونه سطح مقطع به دست آمد. در رابطه با رنگ آمیزی عوارض در مطالعات میکروسکوپی مقاطع نازک خاک به طور کلی به دو روش عمل می‌شود. در روش اول در زمان تلقیح مقاطع نازک با رزین یک سری مواد رنگی یا موادی با خاصیت فلورسنس به رزین اضافه می‌شود و تلقیح نمونه‌های خاک انجام می‌گیرد. بدین ترتیب در اثر تلقیح رزین حاوی رنگ یا ماده فلورسنس وارد منافذ خاک می‌گردد و در نتیجه در حین مطالعه مقاطع نازک خاک، منافذ رنگی دیده می‌شوند یا خاصیت فلورسنس از خود نشان می‌دهند. در روش دوم که جدیدتر است، از نرم-افزارهایی که برای تحلیل تصویر بکار می‌روند جهت رنگ‌آمیزی یا به عبارت بهتر جهت تغییر رنگ عوارض مورد نظر اشاره می‌شود. از جمله نرم‌افزارهای مورد استفاده در این زمینه، نرم‌افزارهای Image J و Analysis(Olympus) هستند که در این تحقیق از نرم

استفاده از رنگ‌آمیزی است، درک بهتر از نحوه توسعه ریشه در خاک و امکان برآورد پارامترهای سه بعدی و مطالعه عوارض صورت درجا از امتیازات مهم این مطالعات است که در زمینه‌های مختلف کاربرد دارد (حیدری و محمودی 1384).

با توجه به مطالب فوق، هدف از این مطالعه بررسی کاربرد روش تحلیل تصویر در میکرومورفولوژی خاک و مطالعه خصوصیات منافذ و طبقه‌بندی آنها بر اساس ویژگی‌های حاصله از تحلیل تصاویر آنها با استفاده از نرم افزار Analysis و تعیین میزان خلل و فرج می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

### معرفی منطقه مطالعاتی

این مطالعه در اراضی غرب دریاچه ارومیه، در 17 کیلومتری شرق ارومیه و دو کیلومتری غرب دریاچه ارومیه با ارتفاع متوسط 1277 متر از سطح دریای آزاد انجام گرفت (شکل 1). از نظر فیزیوگرافی و زمین-شناسی، این منطقه بر روی دشت رسوبی حاصل از رسوبات کواترنر واقع شده است. میانگین بارندگی و درجه حرارت سالیانه این منطقه به ترتیب 345/37 میلی-متر و 10/83 درجه سلسیوس می‌باشد. براساس داده‌های هواشناسی 30 ساله (1975-2005) ایستگاه هواشناسی ارومیه، و محاسبات برنامه کامپیوتری نیوهال، رژیم‌های رطوبتی و حرارتی این منطقه به ترتیب زیر خشک و مزیک محاسبه شدند که با نقشه رژیم‌های رطوبتی و حرارتی ایران (بنائی 1998) نیز همخوانی دارد. بر اساس نقشه‌های توپوگرافی و مشاهدات صحرایی اولیه، مقطع طولی متشکل از هشت خاک‌رخ مورد بررسی قرار گرفت.

### روش تحقیق

این خاک‌رخ‌ها طبق روش‌های استاندارد (موسسه خاکشناسی امریکا 2003) تشریح و نمونه برداری شدند و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آنها بر اساس روش‌های استاندارد تعیین گردید. جهت انجام مطالعات

موجود در تصویر مورد نظر می‌باشند. در ادامه نسبت سطح اشغال شده توسط رنگ آبی به سطح کل تصویر به عنوان خلل و فرج خاک مورد نظر گرفته شد. نمونه-هایی از عکس‌های تحلیل شده با استفاده از هر دو تکنیک و نتایج حاصله (جدول 1 و 2) همانند منافذ، ریزساختار، الگوی پراکنش و نمونه‌های خاکساختی در این مقاله مورد بررسی قرار گرفت.

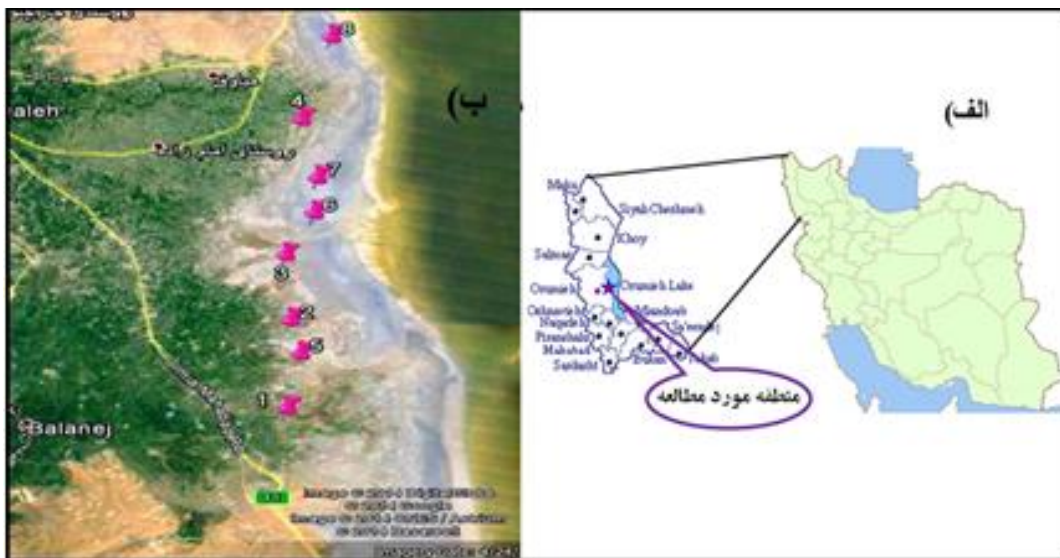
### نتایج و بحث

در جدول 1 خصوصیات میکرومورفیک خاک-رخ‌های مورد مطالعه و در جدول 2 اندازه و فراوانی هر کدام از انواع منافذ موجود در خاک‌های مورد مطالعه و همچنین میزان تخلخل کل خاک‌ها بر اساس نتایج حاصل از مشاهدات مقاطع نازک و همچنین تحلیل تصویر ارائه شده‌اند.

افزار Analysis(Olympus) استفاده شده و نتایج حاصله به شرح زیر ارائه گردیدند:

جهت رنگ‌آمیزی منافذ با استفاده از این نرم‌افزار، ابتدا از مقاطع نازک در حالت نور پلاریزه متقاطع (XPL) عکس‌برداری شد.

در نور XPL کلیه منافذ تاریک دیده می‌شوند. با توجه به اینکه تصاویر تهیه شده دیجیتال هستند و در واقع هر تصویر از تعداد زیادی پیکسل تشکیل شده است می‌توان رنگ هر کدام از پیکسل‌های موجود در تصویر را به رنگ مورد نظر تغییر داد. بنابراین در این تحقیق رنگ پیکسل‌های مربوط به منافذ را که در تصاویر اصلی تاریک و تیره رنگ می‌باشند، با استفاده از نرم افزار مورد استفاده به رنگ‌های مورد نظر تغییر دادیم و به عبارت بهتر یک جابجایی رنگ انجام گرفت. به عبارت دقیقتر از نرم‌افزار خواسته شد که پیکسل‌های تیره رنگ را به پیکسل‌هایی با رنگ مثلاً آبی تبدیل کند. در این حالت تمامی پیکسل‌های آبی رنگ بیانگر منافذ



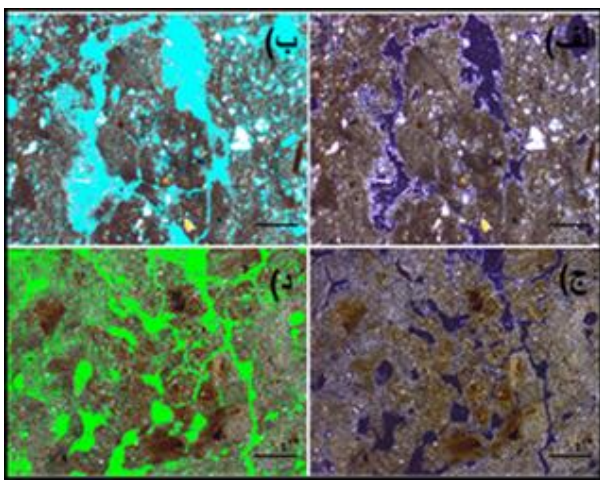
شکل ۱- الف) موقعیت منطقه مورد مطالعه در ایران و استان آنزلیجان غربی، و ب) محل خلک‌رخی‌های مورد مطالعه در اراضی متأثر از املاح غرب دریاچه ی اورمیه.

جدول 1- خصوصیات میکرومورفیک خاکهای مورد مطالعه. جدول 2- اندازه، فراوانی و تخلخل کل نمونه‌های مورد مطالعه

خاکرخ	افق	عمق (cm)	Voids types	Microstructure types	C/F Related distribution	b-fabric	Pedofeature			
							textural	Amorphous	Crystalline	Excrement
1	Btn1	۲-۲۰	Vu, Ch, Pn	Ch, Vu, Ma	Po(Open, single space)	Cr, Ss, Msp	Clay coating	—	Coating of Salts	—
	Btn2	۲۰-۵۰	Vu, Ch, Pn	Vu, Ch	Po(Double space)	Cr, Ss	Clay coating	—	Coating of Salts	—
	Btn3	۵۰-۸۰	Vu, Ch, Pn	Vu, Ch	Po(open)	Cr, Ss	Clay coatings	N(Ty, No) of Fe	—	—
2	A	۰-۲۰	Ch, Vu, Pn	Sb, Gr, Ab	Po(open)	Cr	—	—	—	—
	Btn	۲۰-۳۵	Vu, Ch, Pn	Ma, Ch	Po(open, close, Double space.)	Cr, Ss	Clay coating	—	—	Sp, Mi
	Btkn2	۵۶-۸۳	Vu, Ch, Pn	Vu, Ch	Po(open)	Cr, Msp	Clay coating	N(Ty) of Fe, Mn	N(Ty, Cac) N(Ge, Cac)	Sp, Mi
3	Az	۰-۲۸	Vu, Ch,	Vu, Ch	Po(close)	Cr	—	Coating(Fe Mn) On voids	N( Cac )	—
	Btknz1	۲۸-۴۳	Vu, Ch, Pn	Sb, Ab	Po(open, close)	Cr	Clay coating	N(Fe Mn) Organic coatings	Coating(Salts)	—
	Btgn1	۸۰-۱۳۷	Vu, Ch, Pn	Ch, Ma, Vu	Po(open)	Cr	Clay coating	N(Fe, Mn)	N(Cac) N(No, Cac ) Salts coatings	—
4	Az2	۲۰-۴۱	Vu, Ch, Pn	Sb	Po(open, close and single space)	Cr, Msp	—	N(Fe) Coating (Fe Mn, Organic)	N(Cac, pe) Inf (salt) Coating(salt)	—
	Btgn1	۴۱-۹۳	Vu, Ch,	Vu, Ch	Po(open)	Cr, Msp	Clay coating	N(Fe Mn)	N(Cac) Inf (Salt) Coating(Salt)	Sp, Mi
	Btgn2	۹۳-۱۲۷	Vu, Ch,	Vu, Ch	Po(open, double space)	Cr, Ss	Clay coating	N(Fe Mn)	N(Cac) Inf (Salt) Coating(Salt) Coating(Cac)	—

خاکرخ	افق	منافذ												تخلخل کل (%)	
		وگ				کانال				صفحه‌ای				میکرومورفولوژی	آنالیز تصویر
		میکرومورفولوژی		آنالیز تصویر		میکرومورفولوژی		آنالیز تصویر		میکرومورفولوژی		آنالیز تصویر			
اندازه (mm)	فراوانی (%)	اندازه (mm)	فراوانی (%)	اندازه (mm)	فراوانی (%)	اندازه (mm)	فراوانی (%)	اندازه (mm)	فراوانی (%)	اندازه (mm)	فراوانی (%)	اندازه (mm)	فراوانی (%)		
P1	Btn1	0/1-0/25	50	0/08-0/3	59	0/7-1/2	20	0/6-1/4	24	0/05-0/1	15	0/05-0/15	17	15	24/16
	Btn2	0/1-0/2	45	0/1-0/24	54	0/2-0/5	25	0/2-0/63	27	0/05-0/15	15	0/03-0/2	19	20	30/7
	Btn3	0/1-0/2	50	0/09-0/27	54/3	0/1-0/5	35	0/09-0/58	38/1	0/05-0/15	5	0/03-0/28	7/6	15	23/24
P2	A	0/2-0/5	45	0/18-0/58	51/4	0/2-4/5	30	0/1-4/72	34/6	0/05-0/1	10	0/02-0/18	14	30	37/57
	Btn	0/2-0/5	55	0/2-0/6	56/8	0/1-4/5	30	0/1-4/8	34/7	0/05-0/1	5	0/05-0/2	8/5	20	29/38
	Btkn2	0/05	50	0/03-0/1	58/4	0/2-0/5	25	0/15-0/55	28/1	0/05	10	0/01-0/08	13/5	15	21/64
P3	Az	0/15-0/3	60	0/1-0/33	63/1	0/15-1	30	0/1-1	36/9	-	-	-	-	10	17/51
	Btknz1	0/1-0/25	50	0/07-0/3	55/7	0/1-0/25	30	0/09-0/3	35/6	0/05-0/1	5	0/02-0/15	8/7	10	16/44
	Btgn1	0/1-0/2	50	0/1-0/24	56/5	0/1-3	30	0/5-3/5	36/7	0/05	5	0/01-0/1	6/8	10	16/15
P4	Az2	0/15-0/2	50	0/13-0/28	53/6	0/25	35	0/15-0/3	37/2	0/05-0/15	5	0/01-0/32	9/2	15	27/17
	Btgn1	0/15-0/25	60	0/1-0/34	64/9	0/15-0/25	25	0/1-0/28	28/3	0/05-0/15	5	0/01-0/2	6/8	10	18/74
	Btgn2	0/15-0/25	60	0/1-0/36	65/7	0/1-2	20	0/5-2/5	23/4	0/05-0/15	10	0/04-0/37	10/9	10	16/22

بیش هم بعد و نامنظم، با دیواره‌های صاف یا زبر) دندان‌دار) مشاهده شدند که توسط منافذ دیگر به هم وصل نشده‌اند (شکل 2). حضور منافذ وگی در این خاک‌ها بیانگر تفاوت در هوادیدگی کانی‌ها و آبشویی آنها می‌باشد و به نظر می‌رسد انحلال و خروج برخی از اجزای خاک سبب تشکیل این منافذ گردیده است. به اعتقاد بولاک و همکاران (1985) و استوپس (2003) این منافذ در اثر اتصال خاکدانه‌ها یا متلاشی شدن ساختمان خاک و یا در اثر انحلال اجزای خاک به وجود می‌آیند که احتمالاً منافذ وگی در اثر تجمع و اتصال ذرات رس و آهک تشکیل شده‌اند. بروئر (1964) نیز چنین مکانسیمی برای تشکیل این منافذ بیان کرده است. عاکف و همکاران (2004) و شریفی گرم دره (2011) نیز در مطالعات خود گزارشات مشابهی داشته‌اند. در شکل‌های 2- الف و 2- ج تصاویر منافذ وگی در نور فراوانی منافذ حدود 15% و میانگین اندازه آنها نیز در حدود 0/2-0/35 میلی‌متر بدست آمده است، در حالیکه فراوانی منافذ همین تصاویر با استفاده از تکنیک تحلیل تصاویر 25/11% و اندازه منافذ نیز حدود 0/06-0/47 میلی‌متر به دست آمده است (جدول 2).

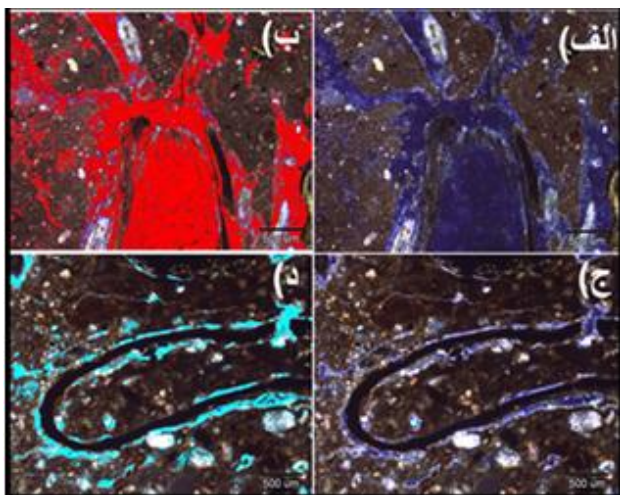


شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی منافذ وگی و همچنین تصاویر رنگ‌آمیزی شده آنها جهت مطالعات آنالیز تصویر، الف و ب: طبق Btn1 خاکرخ ۱ و ج و د: طبق Btn3 خاکرخ ۱

براساس مشاهدات میکروسکوپی جدول 1، اغلب خاک‌های مورد مطالعه فاقد خاکدانه (apedal) هستند. بی-فابریک این خاک‌ها به دلیل حضور مقدار زیاد کلسیت میکریتی در زمینه (ground mass) این خاک‌ها، عمدتاً از نوع ریز بلور (crystallitic) است (جدول 1). عوارض خاکساز مطالعه شده در این خاک‌ها پوشش‌های رس تجمع یافته در سطوح منافذ و در مواردی در توده ریز خاک‌ها، تجمع‌های نمکی به صورت پوسته‌های ناپیوسته و متشکل از بلورهای مکعبی و نیمه گوشه‌دار نمکی در سطوح منافذ، تجمع‌های آهکی شامل انواع گرهک‌های تیپیک، پرشدگی‌ها، و پوشش‌های آهکی، پوشش‌های آلی (چربه، Slike Spots) در سطوح منافذ و در مواردی در سطوح خاکدانه‌ها، و تجمع‌های اکسیدهای آهن و منگنز به صورت گرهک‌هایی در توده ریز خاک‌ها و همچنین به صورت پوشش‌هایی در سطح منافذ می‌باشند. در این خاک‌ها منافذ عمدتاً از نوع وگ، کانال و صفحه‌ای می‌باشند و با توجه به نوع منافذ و عدم وجود خاکدانه‌های میکروسکوپی، ریزساختمان آنها شامل انواع وگی، کانالی و توده‌ای می‌باشد. بر اساس جدول 2 نوع حفرات تقریباً در تمام خاکرخ‌ها یکسان می‌باشد ولی اندازه و فراوانی نسبی هر کدام از حفرات در افق‌های مختلف هر خاکرخ و همچنین در خاکرخ‌های مختلف متفاوت می‌باشند. بدین ترتیب که فراوانی حفرات وگی در حدود 50%-45% حفرات کانال در حدود 45%-35% و حفرات صفحه‌ای در حدود 25%-5% مقاطع نازک را به خود اختصاص داده‌اند. ولی این مقدار روند خاصی را در خاکرخ‌ها نشان نمی‌دهد. تخلخل کل خاک‌ها نیز همانند نوع منافذ در افق‌های مختلف هر خاکرخ و خاکرخ‌های مختلف بسیار متغیر است (جدول 2). نتایج نشان دادند که در این خاک‌ها حفرات از نوع وگ بیشترین فراوانی را دارند و حدوداً 60%-35% خلل و فرج کل خاک را به خود اختصاص داده‌اند و اندازه آنها بین 0/1-0/5 میلی‌متر متغیر است (جدول 2). از نظر شکل نیز وگ‌ها به صورت منافذ کم و



مطالعات خود گزارشات مشابهی داشته‌اند. به اعتقاد بروئر (1964) منافذ کانالی در اثر تجزیه ریشه گیاهان و همچنین فعالیت‌های جانوران خاکزی از قبیل کرم‌های خاکی ایجاد می‌شوند. عاکف و همکاران (2004) در خاک‌های ماندابی فومناات گیلان، شریفی‌گرم‌دره (2011) در چلگرد چهارمحال و بختیاری، چاخرلو و منافی (1392) و منافی (2012) در منطقه ی غرب اورمیه، بولاک و همکاران (1985) و استوپس (2003) نیز در ارتباط با منشا تشکیل منافذ کانالی گزارشات مشابهی داشته‌اند. در شکل‌های 3- الف و ج تصاویر منافذ کانالی در نور پلاریزه متقاطع نشان داده شده‌اند. بر اساس مطالعات میکرومورفیک در این تصاویر میانگین فراوانی منافذ کانالی حدود 10% و میانگین اندازه آنها در حدود 0/3-0/15 میلی‌متر تعیین گردیده است. در تصاویر 3- ب و د نیز همان تصاویر با استفاده از تکنیک تحلیل تصویر مورد بررسی قرار گرفته و میانگین فراوانی منافذ کانالی در آنها 12/46% و اندازه این منافذ نیز 0/13-0/38 میلی‌متر بدست آمده است.

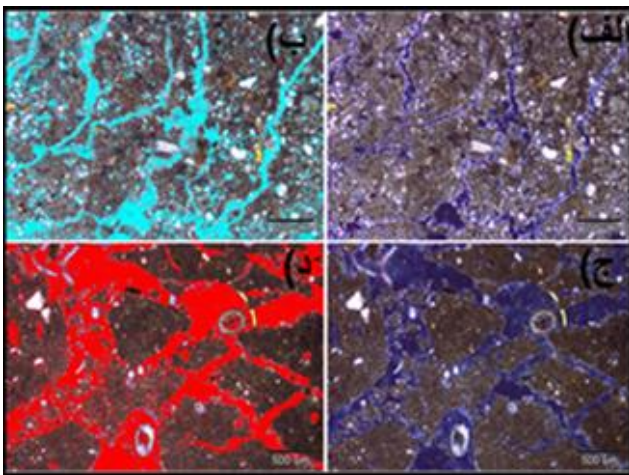


شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی منافذ کانالی و همچنین تصاویر رنگ‌آمیزی شده آنها جهت مطالعات آنالیز تصویر، الف و ب: آفوق A خاکرخ Y و ج و د: آفوق AZ2 خاکرخ Z.

گروه دیگر منافذ در این خاک‌ها، حفرات کانالی می‌باشند که به صورت منافذ لوله‌ای صاف و طویل با مقطع عرضی استوانه‌ای یا قوسی شکل و نسبتاً صاف مشاهده شدند و در بیشتر طولشان دارای ابعاد یکنواختی هستند (شکل 3). بولاک و همکاران (1985) و استوپس (2003) نیز مورفولوژی ظاهری منافذ کانالی را به همین ترتیب توصیف کرده‌اند. منافذ کانالی در این خاک‌ها حدود 25%-40% خلل و فرج کل خاک را به خود اختصاص داده‌اند و اندازه آنها در محدوده 4/5-0/15 میلی‌متر می‌باشد (جدول 2). در شکل 3 تصاویر میکروسکوپی منافذ کانالی و تصاویر رنگ‌آمیزی شده این منافذ جهت تحلیل تصویر ارائه شده است. مشاهدات مقاطع نازک نشان داد که این منافذ اساساً محل عبور کانال‌های ریشه یا مجاری جانوران حفر می‌باشند و حضور بقایای ریشه در شکل‌های 3- الف و ب و بقایای جانوران حفر در شکل‌های 3- ج و د در منافذ کانالی مورد مطالعه نیز موید این موضوع می‌باشد. تشکیل حفرات کانالی حاکی از فعالیت‌های بیولوژیکی در این خاک‌ها می‌باشد. با توجه به حضور اندام‌های گیاهی و کرم‌خاکی در برخی از منافذ کانالی و همچنین فضولات جانوری در این منافذ می‌توان اظهار داشت که منافذ کانالی در این خاک‌ها دارای منشا زیستی بوده و تجزیه بقایای ریشه ی گیاهان و جانوران خاک عامل ایجاد این منافذ هستند. بررسی مقاطع نازک نشان داد که در برخی از خاک‌های شور- سدیمی بقایای تخریب نشده و نسبتاً سالم کرم خاکی مشاهده می‌شود که توسط املاح احاطه شده‌اند. این امر نشان می‌دهد که این خاک‌ها قبلاً شور- سدیمی نبوده‌اند و فعالیت‌های زیستی در آنها جریان داشته است و بعداً فرایند شور- سدیمی شدن رخ داده و منجر به توقف فعالیت‌های زیستی ماکرو و میکرو ارگانیسم‌ها و مرگ این جانوران و باقی ماندن بقایای نسبتاً سالم آنها شده است. چاخرلو و منافی (1392)، شریفی‌گرم‌دره (2011)، بروئر و اسلیمین (1963) و عاکف و همکاران (2004) نیز در

این منافذ 18/32% و اندازه آنها نیز 0/04-0/37 میلی‌متر بدست آمده است.

مقایسه نتایج حاصل از تشریح میکروسکوپی مقاطع نازک و تحلیل تصاویر با توجه به جدول 2 حاکی از این است که فراوانی منافذ و دامنه تغییرات اندازه آنها با استفاده از تکنیک تحلیل تصاویر بیشتر از مقادیر مربوطه در روش تشریح میکروسکوپی مقاطع نازک هست. در شکل 5 میانگین مقادیر تخلخل کل خاک، فراوانی منافذ وگی، کانالی، و صفحه‌ای بر اساس تشریح مقاطع نازک خاک و تحلیل تصاویر در خاکرخ-های مختلف نشان داده شده است.



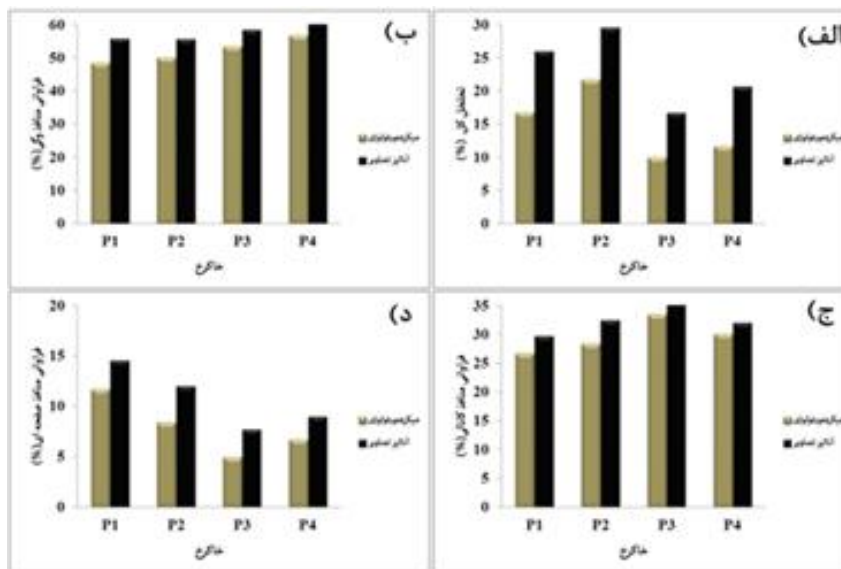
شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی منافذ صفحه‌ای و همچنین تصاویر رنگ‌آمیزی شده آنها جهت مطالعات آنالیز تصویر، الف و ب- آفک A خاکرخ ۲ و ج و د- آفک AZ2 خاکرخ ۲

بر اساس شکل 5 الف، خلل و فرج کل اندازه‌گیری شده در این خاکها بر اساس مطالعات تشریح مقاطع نازک و تحلیل تصاویر در خاکرخ‌های یک الی چهار به ترتیب 10/7%، 7/83%، 6/7% و 9% اختلاف دارند. میانگین مقادیر منافذ وگی شکل 5-ب، منافذ کانالی شکل 5-ج، و منافذ صفحه‌ای شکل 5-د نیز در تمامی خاکرخ‌های مورد مطالعه با استفاده از تکنیک تحلیل تصویر بیشتر از مقادیر مربوطه در روش تشریح مقاطع نازک به دست آمده است. احتمالاً دلیل این تفاوت به حساسیت

سومین نوع منافذ در این خاکها حفرات صفحه‌ای هستند که از نظر فراوانی بعد از منافذ وگی و کانالی قرار می‌گیرند. حفرات صفحه‌ای حدود 15%-10% خلل و فرج کل خاک را به خود اختصاص داده‌اند و اندازه آنها در افق‌های مختلف و خاکرخ‌های مختلف بین 0/15-0/05 میلی‌متر متغیر است (جدول 2). در شکل 4 حفرات صفحه‌ای در تعدادی از خاک‌های مورد مطالعه نشان داده شده است و همان طور که ملاحظه می‌شود این حفرات، منافذ صفحه‌ای شکل و همواری هستند که ممکن است بر همدیگر منطبق باشند یا نباشند، و همچنین ممکن است صاف یا زبر باشند (شکل 4). حفرات صفحه‌ای عمدتاً در اثر انبساط و انقباض در طی فرآیندهای خشک و مرطوب شدن در خاک ایجاد شده‌اند که با بیشتر شدن رطوبت اندازه حفرات کوچکتر شده و با کاهش رطوبت و افزایش خشکی نیز این حفرات بزرگتر می‌گردند. این منافذ در اثر انقباض یا لغزش و یا سایر تنش‌های مکانیکی به وجود می‌آیند (استوپس، 2003)، آرفین (2003) و بروئر (1964) عوامل متعددی را عامل ایجاد منافذ صفحه‌ای در خاک معرفی کرده‌اند که از این بین می‌توان به عدم یکنواختی مواد یا انبساط و انقباض حاصل از مرطوب و خشک شدن نامنظم خاک، یا اثر گسترش در طولی بقایای ریشه در عمق و یا شکستگی‌های مواد گراندمس، یا سایر تنش‌های مکانیکی در خاکها اشاره کرد. عاکف و همکاران (2004)، چاخرو و منافی (1392)، آرفین (2003) و بروئر (1964 و 1976) نیز در رابطه با تشکیل منافذ صفحه‌ای در خاکها اظهارات مشابهی داشته‌اند. تصاویر منافذ صفحه‌ای در نور پلاریزه متقاطع در شکل‌های 3- الف و ج نشان داده شده‌اند. در این تصاویر میانگین فراوانی منافذ صفحه‌ای 15% و اندازه ی آنها 0/1-0/25 میلی‌متر محاسبه شده است. در شکل-های 3- ب و د نیز این تصاویر با استفاده از تکنیک تحلیل تصویر بررسی قرار گرفتند و میانگین فراوانی

به عبارت دیگر تکنیک تحلیل تصاویر یک روش کمی هست و امکان بررسی تمامی عوارض موردنظر را فراهم می‌کند. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که نتایج حاصل از اندازه‌گیری فراوانی و اندازه منافذ با استفاده از تکنیک تحلیل تصویر از دقت و در نتیجه صحت بیشتری برخوردار است. لذا کاربرد این روش در کنار مطالعات معمول میکرومورفولوژی می‌تواند با کمی کردن و اندازه‌گیری دقیق عوارض موجود در خاک‌ها، به بهبود نتایج و تفسیر آن‌ها کمک شایانی نماید. این امر به‌ویژه در مواردی که مقادیر کمی یک عارضه خاکساز مدنظر است، اهمیت بیشتری می‌یابد.

این دو روش مطالعه مربوط است. به این صورت که تشریح میکروسکوپی مقاطع نازک عمدتاً به صورت کیفی بوده و در این روش تعدادی از منافذ احتمالاً به دلیل اندازه ریز قابل مشاهده و اندازه‌گیری نیستند. در حالی که در تکنیک تحلیل تصاویر اندازه‌گیری فراوانی و اندازه منافذ بر اساس تعداد پیکسل‌های مربوطه انجام می‌گیرد و در این حالت تک تک پیکسل‌ها و حتی پیکسل‌های منفرد که مشاهده و اندازه‌گیری آن‌ها در تشریح مقطع نازک میسر نیست، نیز در محاسبات وارد می‌شوند و همین امر منجر به افزایش فراوانی و همچنین اندازه این نوع منافذ در تکنیک تحلیل تصاویر می‌گردد.



شکل ۵- مقایسه مقادیر میلگین تخلخل کل خاکه منافذ وگی، کنالی و صفحه‌ای بر اساس تشریح مقطع نازک خاک و آنالیز تصاویر در خاکرخهای مختلف (الف) تخلخل کل، (ب) منافذ وگی، (ج) منافذ کنالی، و (د) منافذ صفحه‌ای.

شد. در این خاک‌ها منافذ عمدتاً از نوع وگ، کانال و صفحه‌ای می‌باشند و اندازه و فراوانی نسبی هر کدام از حفرات و همچنین خلل و فرج کل خاک‌ها در افق‌های مختلف هر خاکرخ و همچنین در خاکرخ‌های مختلف متفاوت می‌باشند. حفرات وگی در حدود 50%-45%

#### نتیجه‌گیری کلی

در این تحقیق حفرات و منافذ و خلل و فرج تعدادی از خاک‌های شور-سدیمی غرب دریاچه ارومیه با استفاده از تشریح میکروسکوپی مقاطع نازک و تکنیک تحلیل تصویر مورد بررسی قرار گرفتند و نتایج زیر حاصل

دامنه تغییرات اندازه آن‌ها با استفاده از تکنیک تحلیل تصاویر بیشتر از مقادیر مربوطه در روش تشریح میکروسکوپی مقاطع نازک هست.

حفرات کانال در حدود 45%-35% و حفرات صفحه‌ای در حدود 25%-5% مقاطع نازک را به خود اختصاص داده‌اند.

مقایسه نتایج حاصل از تشریح میکروسکوپی مقاطع نازک و تحلیل تصاویر نشان داد که فراوانی منافذ و

#### منابع مورد استفاده

- چاخرلو س و منافی ش، 1392. مطالعه میکرومورفیک منافذ و حفرات در برخی اراضی شور-سدیمی غرب دریاچه اورمیه. دومین همایش ملی تغییر اقلیم و تاثیر آن بر کشاورزی و محیط زیست اورمیه، تابستان 1392.
- حیدری ح و محمودی ش، 1384. کاربرد آنالیز تصویر در میکرومورفولوژی خاک. نهمین کنگره علوم خاک ایران، کرج، 1384.
- محمدی ز، عاکف م، نقدی ر، باقری ا و صیادی ع، 1390. مقایسه درصد حفرات در خاکهای تراکم یافته و فاد تراکم جنگل با استفاده از آنالیز تصویر، دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران، تبریز، 1390.
- Akef M, Mahmoudi Sh, KarimianEghbal M and Sarmadian F, 2004. Phisico-chemical and micro-morphological changes in paddy soils converted from in forest in Foomanat region, Gilan. Iranian journal Naturalrest 56(4) p: 407-423.
- Arfin M, 2003. Micromorphological characteristics of Andisols in West Java Indonesia. SSSA proceedings 56:1-10.
- Banaei, M.H. (Ed.), 1998. Soil Moisture and Temperature Regime Map of Iran. Soil and Water Research Institute. Ministry of Agriculture, Iran.
- Benyarku C. A and Stoops G, 2005. Guidelines for preparation of rock and soil thin sections and polished sections. Departament de Medi Ambient i CiènciesdelSòl. Universitat de Lleida, Spain.
- Bouabid R, Nater EA, and Barak P, 1992. Measurement of pore size distribution in a lamellar Bt horizon using epifluorescence microscopy and image analysis, Geoderma 309-328.
- Bouma J, Jongerius A, Schoonderbeek D, 1979. Calculation of saturated hydraulic conductivity of some pedal clay soils using micromorphometric data. Soil Science Society of America Journal 43, 261-264.
- Brewer R, 1964. Fabric and Mineral analysis for soils. Kyieyer Publishing Co, Huntingdom, NY (1976): 482p.
- Brewer R and Sleeman J.R, 1963. Pedotubules: their definition, classification, and interpretation. Jour. Soil Sci 14:156-166. Brewer R, 1976. Fabric and mineral analysis of soils. Reprint of 1964 ed., With suppl. material, Robert E. Cringer Publ.Co., Huntington. NY.
- Bruneau PMC, Davidson DA and Grieve IC, 2004. An evaluation of image analysis for measuring changrs in void space and excremental features on soil thin sections in an upland grassland soil, Geoderma 120(165-17).
- Bullock P and Thomasson A.J, 1979. Rothamsted studies of soil structure. II. Measurement and characterization of macroporosity by image analysis and comparison with data from water retention measurements. Journal of SoilScience 30: 391-413.
- Bullock P, Fedoroff N, Jongerius A, Stoops G, Tursina T and Babel U, 1985. Handbook For Soil ThinSection Description. Waine Research Publications, Albrighton, Wolverhampton, England.
- Delporte S, Hallaire V and Tillier P, 1989. Application of image analysis to a quantitative micromorphological study of forest humus. European J. Soil Sci.Soc. of Am. 2 ed. Madison, Wisconsin. USA 1244 p.
- Glab T, 2007. Application of image analysis for soil macropore characterization according to pore diameter, Int. agrophysics. 21: 61-66.
- Khormali F, Abtahi A, Stoops G, 2006. Micromorphology of calcitic features in highly calcareous soils of Fars Province, Southern Iran. Geoderma 132: 31-46.
- Kubiena W.L, 1938. Micromorphology. Collegat press. Inc. Ames. Iowa.
- Lima H.V, Silva A.P, Santos M.C, Cooper M and Romeros R.E, 2006. Micromorphology and image analysis of a hardsettingultisol (Argissolo) in the state of ceara (Brazil). Geoderma. Volume 132(3-4): 416-426.
- Manafi Sh, 2012. Micromorphic evidences of climate change in some arid and semiarid soils in the west of Urmia Lake, Western Azerbaijan, Iran. Proceedings of the 14th International Working Meeting on Soil Micromorphology. Lleida 8-14 July 2012.
- Mermut AR, Grevers MCJ, and deJong E, 1992. Evaluation of pores under different management systems by image analysis of clay soils in Saskatchewan, Canada, Geoderma 53: 357-372.

- Murphy C.P, Bullock P and Turner R.H, 1977. The measurement and characterization of voids in soil thin sections by image analysis: Part I. Principles and techniques. *Journal of Soil Science* 28: 498–508.
- SharifiGarmdare J, Akef M, Salehi M. H and Mehnatkesh A, 2011. Study of some of physicochemical, micromorphological and mineralogical soil properties on three slope position in Chelgerd region in Chaharmahal and Bakhtiari province. MS Thesis Soil Science, Faculty of Agriculture, University of Guilan. 98p.
- Soil Survey staff, 2003. Soil Survey Manual. Soil Conservation Service. U.S. Dept of Agriculture. Handbook 18.
- Stoops G ,2003. Guidelines for the Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections (SSSA, Madison, WL), p. 184.
- Sweeney SJ, Protz R Fox CA, 1992. An application of spectral image analysis to soil micromorphology, 2. Comparison of two soil profiles, *Geoderma* 53: 341-355.
- VandenBygaart AJ, Fox CA, Fallow DJ, and Protz R, 2000. Estimating earthworminfluenced soil structure by morphometric image analysis. *Soil Sci. Soc. Of Am* 64, 982-988. mountain areas.