



دانشگاه گوارز و منابع طبیعی

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک  
جلد بیست و یکم، شماره سوم، ۱۳۹۳  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## استفاده از آنالیز تصویر در مطالعه میکرومورفولوژی برخی از خاک‌های دارای شرایط اکویک

\*علیرضا راهب<sup>۱</sup> و احمد حیدری<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup>دانشجوی دکتری گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران، دانشیار گروه مهندسی علوم خاک، دانشگاه تهران  
تاریخ دریافت: ۹۱/۱۰/۲؛ تاریخ پذیرش: ۹۳/۲/۱۸

### چکیده

آنالیز تصویر روشی پیشرفته برای کمی کردن خصوصیات خاک و افزایش دقت و درستی نتایج مطالعات مورفولوژیکی و میکرومورفولوژیکی است. مطالعه ساختار دست‌نخورده و طبیعی خاک با استفاده از تکنیک‌های میکروسکوپی و اولترامیکروسکوپی اطلاعات ارزشمندی را در مورد خصوصیات فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی و مورفولوژیکی خاک و نحوه تشکیل خاک در اختیار می‌گذارد. در این مطالعه ۸ خاک‌رخ در ایستگاه تحقیقات برنج چپر سر تنکابن حفیر و تشریح و نمونه‌های دست‌خورده و دست‌نخورده از آن‌ها تهیه و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن‌ها اندازه‌گیری شد. خصوصیات ویژه میکرومورفولوژیکی آن‌ها از جمله بررسی حفرات و خصوصیات اکسایش و کاهش با استفاده از نرم‌افزارهای آنالیز تصویر Image J و AnalySIS در نمونه‌های دست‌نخورده مطالعه گردید. نتایج میکرومورفولوژیکی نشان داد که تغییر کاربری از شالیزار به باغ کیوی موجب افزایش تخلخل شده و در نتیجه رفع شرایط اشباع سطحی خاک که موجب فعالیت بیش‌تر میکروارگانیسم‌ها می‌گردد موجب تشکیل اشکال با تبلور بیش‌تر آهن می‌شود. نتایج آنالیز تصویر بیانگر وجود لایه گل‌خراب در خاک‌های شالیزاری و وجود تخلخل بالاتر در اراضی زیر کشت کیوی می‌باشد. نتایج آنالیز تصویر اشکال مختلف آهن نیز گویای بیش‌تر بودن مقادیر آهن در اراضی غیرشالیزاری زیر کشت کیوی نسبت به اراضی شالیزاری می‌باشد که از مهم‌ترین دلایل آن می‌توان به تغییر نادرست کاربری اشاره نمود. تفاوت در ماهیت و ساختار اشکال مختلف آهن احتمالاً از دلایل اختلاف نتایج آنالیز تصویر و نتایج شیمیایی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: اشکال مختلف آهن، تغییر کاربری، غیرشالیزاری، میکروسکوپی

\*مسئول مکاتبه: [araheb@ut.ac.ir](mailto:araheb@ut.ac.ir)

## مقدمه

شرایط اکوتیک به اشباع و احیا پیوسته یا دوره‌ای خاک اطلاق می‌شود که در فصل رشد گیاه، و تأثیر فعالیت میکروبی موجب ایجاد محیط بی‌هوایی و تخلیه اکسیژن در قسمت‌های بالایی خاک می‌گردد (سویل سوروی استف، ۲۰۱۰). خاک‌های دارای شرایط اکوتیک (زیرکشت برنج) از جنبه‌های مختلفی دارای اهمیت هستند که از آن جمله می‌توان به قابلیت ذخیره بالای آب در خاک و جلوگیری از هدررفت آن، حاصل‌خیزی ذاتی به نسبت خوب و کنترل خطرات ناشی از فرسایش در آن‌ها اشاره نمود (ترابی گل سفیدی، ۲۰۰۱).

نتایج به دست آمده از مطالعات ساختار طبیعی و دست‌نخورده خاک دانش ما را در مورد تولید محصول و بهبود کیفیت خاک در کشاورزی پایدار افزایش می‌دهد (مرموت و همکاران، ۱۹۹۱). میکرومورفولوژی یا شناخت میکروسکوپی خاک، استفاده از تکنیک‌های میکروسکوپی و اولترامیکروسکوپی برای تشخیص اجزای سازنده آن و تعیین رابطه‌های زمانی و مکانی آن‌ها می‌باشد (حیدری و صاحب‌جلال، ۲۰۱۱). این دانش در کنار مطالعات صحرائی و آزمایشگاهی بسیاری از مشکلات پیچیده تشکیل و طبقه‌بندی خاک را پاسخگو بوده و روشی مطمئن برای شناسایی فرآیندهای خاکساز می‌باشد (سویل سوروی استف، ۲۰۱۰).

از طرفی آنالیزهای کمی فابریک خاک بخش اساسی بسیاری از پژوهش‌های پدولوژیکی است و کلیدی را برای تفسیر موفق تکامل خاک برای استفاده و مدیریت آن فراهم می‌کند (آیدمیر و همکاران، ۲۰۰۴). استفاده از تصاویر و تکنیک‌های پردازش تصاویر فرصت‌های جدیدی را برای آنالیزهای کمی در میکرومورفولوژی خاک فراهم می‌کند (جیانگ و همکاران، ۲۰۰۴). تکنیک آنالیز تصویر در میکرومورفولوژی خاک برای مطالعه و کمی‌کردن خصوصیات بسیار جدید بوده و به دهه‌های اخیر بر می‌گردد. آنالیز تصاویر به دست آمده از مقاطع نازک با استفاده از روش‌های جدید سبب ارتقای دانش بشری و در ارتباط با خصوصیات فیزیکی و فرآیندهای موجود در خاک شده است (راسا و همکاران، ۲۰۱۲). استفاده از نرم‌افزارهای مختلف آنالیز تصویر سبب افزایش تکرارپذیری، دقت در تشخیص و کمی‌کردن عوارض میکروسکوپی موجود در خاک می‌شود (مورفی و همکاران، ۱۹۷۷؛ پروتز و همکاران، ۱۹۹۲؛ فیتزپاتریک، ۱۹۹۳؛ آیدمیر و همکاران، ۲۰۰۴؛ راسا و همکاران، ۲۰۱۲). حالت غرقاب و ایجاد شرایط اکوتیک از طریق تغییر در مقدار مشخصه‌های فیزیکوشیمیایی می‌تواند بر مشخصه‌های میکرومورفولوژیک همچون نوع حفرات، ساختمان میکروسکوپی، بی‌فابریک و فرم‌های پوشش رسی و آهن اثر بگذارند (یورونگ و همکاران، ۲۰۰۸). وجود سخت‌دانه‌های دارای مرزهای

مشخص و پوشش‌ها<sup>۱</sup> یا پوشش‌های زیرسطحی<sup>۲</sup> با مرزهای پخشیده آهن و منگنز به‌عنوان مهم‌ترین عارضه میکروسکوپی مشاهده شده در اراضی شالیزاری گزارش شده است (یورونگ و همکاران، ۲۰۰۸؛ عاکف و همکاران، ۲۰۰۳؛ راهب، ۲۰۱۲).

بیش‌تر مطالعات انجام شده با استفاده از آنالیز تصویر در علوم خاک به تجزیه و تحلیل شکل، اندازه، جهت‌یافتگی و نحوه توزیع حفرات پرداخته‌اند (پروتز و همکاران، ۱۹۸۷؛ تامپسون و همکاران، ۱۹۹۲؛ گلب، ۲۰۰۷). آیدمیر و همکاران (۲۰۰۴) برخی خصوصیات میکرومورفولوژیکی خاک از جمله حفرات، آهک و سزکویی اکسیدها را با به‌کارگیری تکنیک آنالیز تصویر و با استفاده از نرم‌افزار ERDAS V.8.4 مورد بررسی قرار دادند. راسا و همکاران (۲۰۱۲) نیز توزیع حفرات خاک‌های رسی را در کاربری‌های متفاوت با استفاده از نرم‌افزار AnalySIS<sup>۳</sup> مورد تجزیه و تحلیل قرار دادند. از محدود مطالعات انجام شده در ایران می‌توان به مطالعه خصوصیات ماکروپورها، تعیین میزان تخلخل ناشی از ماکروپورها و طبقه‌بندی آن‌ها براساس ویژگی‌های به‌دست آمده از آنالیز تصاویر با استفاده از نرم‌افزار Image Tool اشاره نمود (حیدری و محمودی، ۲۰۰۵). محمدی و همکاران (۲۰۱۱) نیز با استفاده از آنالیز تصویر به مقایسه درصد حفرات در خاک‌های تراکم‌یافته و بدون تراکم جنگل در استان گیلان پرداختند. خرمالی (۲۰۰۵) نیز آنالیز تصویر و روش‌های میکروسکوپی را در تخمین مقدار گچ و تخلخل خاک‌های گچی مورد استفاده قرار داد. اما در ارتباط با آنالیز تصویر خصوصیات ویژه خاک‌های دارای شرایط اکوتیک از جمله خصوصیات ردوکسی‌مورفیک (انواع پوشش اکسیدهای آهن) در سراسر جهان مطالعات بسیار کمی در سال‌های اخیر انجام شده است. در اندک مطالعات انجام شده، اودونل و همکاران (۲۰۱۰) و اودونل و همکاران (۲۰۱۱) خصوصیات ردوکسی‌مورفیک خاک از جمله مرز، شکل، تعداد و میانگین سطح را با استفاده از تکنیک آنالیز تصاویر دیجیتالی مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار دادند. به اعتقاد آن‌ها این روش امکان مطالعه و بررسی ارتباط بین خصوصیات پدولوژی و سایر علوم زمین را با دقت و صحت بیش‌تری فراهم آورده و خطاهای انسانی در کمی‌کردن خصوصیات ردوکسی‌مورفیک را کاهش می‌دهد. نتایج اولیایی (۲۰۱۱) که برای مطالعه خصوصیات میکرومورفولوژیکی اکسیدهای آهن و منگنز در برخی خاک‌های استان کهگیلویه و بویراحمد از آنالیز تصویر نمونه‌های دست‌نخورده خاک با میکروسکوپ دیجیتال Dino Lite با بزرگ‌نمایی ۲۳۰-۶۰

- 1- Coating
- 2- Hypo-Coating
- 3- Soft Imaging System

برابر و قدرت تفکیک ۱/۳ مگاپیکسل استفاده نمود، گویای غالبیت اکسیدهای آهن به صورت پوشش‌های سطحی، زیر سطحی و در امتداد سطح به صورت تصادفی می‌باشد. وجود سطح آب زیرزمینی بالا و غرقاب خاک سطحی شرایط ویژه‌ای را از نظر تشکیل خاک فراهم آورده است که استفاده از میکرومورفولوژی خاک در شناسایی و تعیین خصوصیات ناشی از آن شرایط ضروری می‌باشد. با توجه به اهمیت آنالیز تصویر در تجزیه و تحلیل خصوصیات پیدایش خاک‌های تحت شرایط اکوتیک، اهداف این پژوهش عبارتند از: ۱- بررسی میزان تخلخل و مورفولوژی حفرات در دو کاربری زراعی (شالیزار و کیوی) با استفاده از روش‌های میکرومورفولوژیکی؛ ۲- بررسی نتایج به دست آمده از روش‌های شیمیایی اندازه‌گیری فرم‌های مختلف آهن و قابلیت استفاده از آنالیز تصویر در اندازه‌گیری آن‌ها و ۳- مقایسه قابلیت دو نرم‌افزار آنالیز تصویر Image J و AnalySIS در بررسی تخلخل خاک، مورفولوژی حفرات و بررسی عوارض خاک‌ساخت ناشی از شرایط اکوتیک در نمونه‌های مورد مطالعه.

## مواد و روش‌ها

این مطالعه در وسعتی بیش از ۱۰ هکتار از اراضی ایستگاه تحقیقات برنج کشور واقع در استان مازندران انجام گردید (شکل ۱). متوسط بارندگی سالانه منطقه حدود ۱۰۰۰ میلی‌متر و متوسط سالیانه دمای هوا ۱۵/۸ درجه سلسیوس می‌باشد. بر این اساس رژیم حرارتی خاک در منطقه مورد مطالعه ترمیک و رژیم رطوبتی یودیک تعیین گردید (نیوهال و بردانیر، ۱۹۹۶) هر چند در بخش عمده منطقه مورد مطالعه به واسطه بالا بودن سطح آب زیرزمینی، رژیم رطوبتی خاک اکوتیک می‌باشد. پس از بررسی تغییرات زمین‌شناسی و توپوگرافی منطقه، تعداد ۸ خاکرخ (۶ خاکرخ در اراضی شالیزاری زیر کشت برنج و ۲ خاکرخ در اراضی غیرشالیزاری زیرکشت کیوی) انتخاب، حفر، تشریح و نمونه‌برداری شدند. پس از هوا خشک کردن و عبور دادن نمونه‌ها از الک ۲ میلی‌متری، خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن‌ها از جمله بافت به روش هیدرومتر، pH گل اشباع (ریتوو و همکاران، ۲۰۰۳)، هدایت الکتریکی (EC) عصاره اشباع (کارتر و گرگوریچ، ۲۰۰۸)، کربن آلی با استفاده از روش تیتراسیون (نلسون و سامر، ۱۹۸۲) و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) با استفاده از روش باور (باور و هاچر، ۱۹۶۶) تعیین گردید. اکسیدهای آهن آزاد با استفاده از سیترات دی‌تیونات (اسپارکس، ۱۹۹۶)، اکسیدهای آهن بی‌شکل با استفاده از اگزالات آمونیوم در تاریکی (مک‌کیچ و دی، ۱۹۶۶) و آهن کل توسط اسید

نیتریک ۴ نرمال استخراج (ریچارد و همکاران، ۱۹۹۸) و اندازه‌گیری شدند. رده‌بندی خاک‌ها براساس کلید رده‌بندی آمریکایی (۲۰۱۰) صورت گرفت.

به‌منظور مطالعه عوارض اکسید احیایی و تخلخل در خاک‌های مورد مطالعه با استفاده از جعبه کوبینا نمونه‌های دست‌نخورده از دیواره پروفیل‌ها تهیه گردید. نمونه‌ها هوا خشک و با مخلوط مناسبی از رزین پلی‌استر، استون و سخت‌کننده و کاتالیست، تحت شرایط خلا نسبی تلقیح شدند. پس از سخت شدن و برش بر روی اسلایدهای شیشه‌ای چسبانیده شده و با کمک دستگاه برش و سنباده با درجه‌های مختلف تا حد ۳۰ میکرون نازک گردیدند. مقاطع نازک تهیه توسط میکروسکوپ پلاریزان Olympus (BX51) در دو حالت نور پلاریزان صفحه‌ای (PPL)<sup>۱</sup> و متقاطع (XPL)<sup>۲</sup> مورد بررسی قرار گرفتند و براساس واژگان (حیدری و صاحب‌جلال، ۲۰۱۱) تشریح و برای تفسیر نتایج از استوپس و همکاران (۲۰۱۰) استفاده شد.

برای آنالیز تصاویر تخلخل حفرات، ۱۵ تصویر رقومی از هر مقطع تهیه شده و با نرم‌افزارهای Image J و AnalySIS مورد مطالعه قرار گرفتند. پردازش<sup>۳</sup> تصاویر تهیه شده با تعیین حد آستانه<sup>۴</sup> و تعیین درصد تخلخل موجود در هر عکس و سپس میانگین‌گیری از نتایج تصاویر انجام و تخلخل کل مقاطع نازک تعیین شد. برای آنالیز تصاویر مربوط به تجمعات آهن (پوشش‌ها، پوشش‌های زیر سطح و پوشش‌های در امتداد سطح) تعداد ۵ مقطع نازک انتخاب و چهار تصویر از عوارض اکسید احیایی هر مقطع تهیه شده و مراحل زیر برای آنالیز نهایی بر روی آن‌ها صورت پذیرفت:

۱- تهیه تصاویر رقومی، فزیندی و مساحت‌یابی عوارض اکسید احیایی از مقاطع دست‌نخورده قبل از اعمال تیمارهای مربوط به حذف ترکیبات آهن با استفاده از نرم‌افزار AnalySIS مربوط به میکروسکوپ Olympus (شاهد)، ۲- حذف ترکیبات آهن بی‌شکل با تکان دادن مقاطع نازک در اگزالات آمونیوم در تاریکی به مدت ۴ ساعت (مرحله اول اگزالات) و تصویربرداری و مطالعه دوباره عوارض نام‌برده در مرحله اول، ۳- ادامه حذف ترکیبات آهن بی‌شکل با تکان دادن مقاطع نازک در اگزالات آمونیوم در تاریکی به مدت ۴ ساعت (مرحله دوم اگزالات)، تصویربرداری و مطالعه دوباره عوارض نام‌برده در مرحله اول و ۴- حذف ترکیبات آهن آزاد از مقاطع با تیمار در محلول سیترات

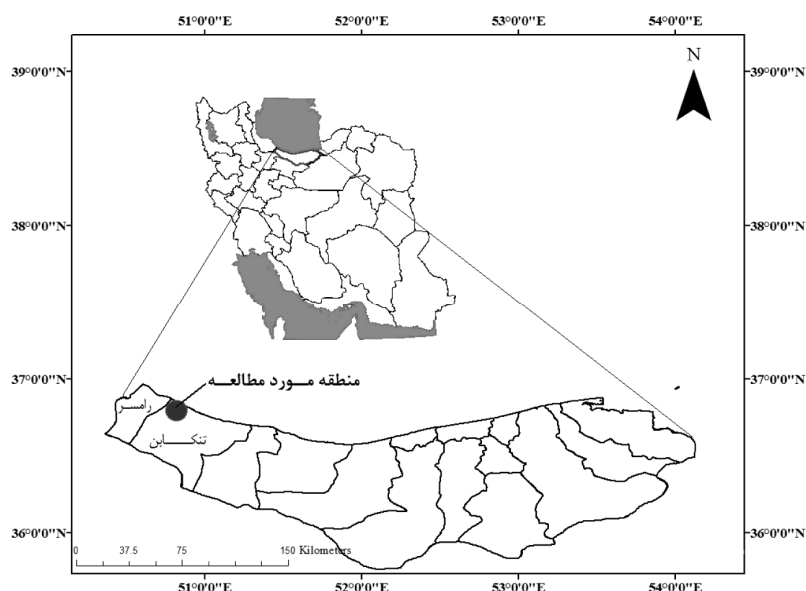
- 1- Plane Polarized Light
- 2- Cross Polarized Light
- 3- Processing
- 4- Threshold

دی‌تیونات به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۷۵ درجه سلسیوس و تصویربرداری و مطالعه دوباره عوارض نام‌برده در مرحله اول. پس از انجام مراحل چهارگانه بالا و با توجه به نتایج آنالیز تصویر، مقادیر اشکال مختلف آهن با استفاده از رابطه‌های زیر تخمین زده شد و در پایان مقایسه‌ای بین نتایج به‌دست آمده صورت پذیرفت و با نتایج شیمیایی اشکال مختلف آهن تطبیق داده شد.

رابطه ۱: درصد آهن تخمین زده شده در مرحله اول =  $Fe_t$

رابطه ۲: درصد  $Fe$  تخمین زده شده از مرحله سوم - درصد  $Fe$  به‌دست آمده از مرحله اول =  $Fe_o$

رابطه ۳: درصد  $Fe$  در مرحله چهارم - درصد  $Fe$  در مرحله سوم =  $Fe_d$



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی نقشه ایران و استان مازندران.

## نتایج و بحث

خاک‌رخ‌های ارایه شده در این مطالعه در رده اینسپتی‌سولز طبقه‌بندی شدند (جدول ۱). جدول ۱ برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه‌های مورد مطالعه را نشان می‌دهد. دامنه تغییرات pH در محدوده خنثی تا کمی قلیایی بوده و بین ۷/۳-۸/۳ می‌باشد. مقادیر هدایت الکتریکی (EC)

اندازه‌گیری شده نیز از حداقل  $0/399-2/13$  دسی‌زیمنس بر متر متغیر است. دامنه تغییرات کربن آلی در نمونه‌های مورد مطالعه بین حداقل  $6/7-0/2$  درصد متغیر است و حداکثر مقدار آن در افق سطحی (Ap) خاکرخ ۷ زیر کشت کیوی و حداقل آن در افق‌های تحت‌الارضی خاک‌های شالیزار مشاهده گردید. متوسط میزان کربن آلی در باغ‌های کیوی به‌علت نبود زهکشی مناسب و پوسیدگی ریشه بیش‌تر از شالیزار است. ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) بسته به نوع و میزان رس و مواد آلی از  $9/6-36/2$  سانتی‌مول بار بر کیلوگرم متغیر می‌باشد به‌گونه‌ای که بیش‌ترین مقدار CEC نیز در اراضی زیر کشت کیوی به‌علت تجمع مقادیر زیاد مواد آلی در نتیجه نبود زهکشی مناسب و درصد به‌نسبت بالای رس مشاهده گردید. اکسیدهای آهن عصاره‌گیری شده با سیترات دی‌تیونات ( $Fe_d$ ) از حداقل  $0/5$  درصد در افق  $2Bg_2$  خاکرخ ۳ تا حداکثر  $5/78$  درصد در افق  $1Btg_1$  خاکرخ ۸ اندازه‌گیری شد. همچنین دامنه تغییرات اکسیدهای آهن عصاره‌گیری شده با اگزالات آمونیوم ( $Fe_o$ ) از حداقل  $0/24$  درصد در افق  $2Btg_2$  خاکرخ ۴ تا حداکثر  $1/35$  درصد در افق  $1Apg$  خاکرخ ۴ به‌دست آمد. دامنه تغییرات آهن استخراج شده با اسید نیتریک نیز به‌ترتیب از حداقل  $3/06-8/19$  درصد می‌باشد.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک‌های مورد مطالعه.

افق	عمق سانتی‌متر	بافت (درصد)			pH <sub>sp</sub>	EC دسی‌زیمنس بر متر	OC درصد	CEC سانتی‌مول بار بر کیلوگرم	Fe <sub>o</sub> میلی‌گرم بر کیلوگرم	Fe <sub>d</sub> میلی‌گرم بر کیلوگرم	Fe <sub>t</sub> درصد
		شن	سیلت	رس							
خاکرخ ۱- شالیزار (Fine-loamy, mixed, active, thermic, Typic Endoaquepts)											
1Apg	۰-۲۰	۱۷/۸	۳۰	۵۲/۲	۷/۸	۱/۳۶۱	۴/۷	۲۸/۹	۱/۵	۲/۹	۷/۲
Bg	۲۰-۳۸	۱۲/۴	۳۰	۵۷/۶	۷/۹	۰/۸۴۲	۲/۲	۳۰/۲	-	-	-
1Btg <sub>1</sub>	۳۸-۴۵	۱۴/۴	۳۲	۵۳/۶	۸/۱	۰/۵۵۹	۲/۲	۲۲/۳	-	-	-
2Btg <sub>2</sub>	۴۵-۷۰	۳۶/۴	۳۶	۲۷/۶	۸/۳	۰/۴۲۱	۰/۶	۱۴/۹	-	-	-
Bg	۷۰-۱۰۵	۲۴/۴	۴۸	۳۱/۶	۸/۳	۰/۳۹۹	۰/۶	۱۷/۲	-	-	-
خاکرخ ۲- شالیزار (Fine, smectitic, thermic, Typic Endoaquepts)											
1Apg	۰-۱۲	۲۲/۷	۲۷/۴	۴۹/۹	۷/۸	۱/۰۳۰	۳/۷	۲۱/۶	۱/۲۱	۲/۲	۵
Bg	۱۲-۲۵	۲۲/۴	۳۴	۴۳/۶	۷/۹	۱/۰۲۲	۳/۷	۲۵/۱	۱/۰۵	۳/۳۳	۵/۳۲
1Btg <sub>1</sub>	۲۵-۶۰	۱۲/۴	۴۲	۴۵/۶	۸/۲	۰/۵۶۳	۱/۹	۲۱/۳	۰/۴۵	۱/۸۶	۳/۶۹
2Btg <sub>2</sub>	۶۰-۱۰۰	۱۰/۴	۴۶	۴۳/۶	۸/۱	۰/۵۲۴	۰/۶	۱۸/۱	۰/۹۷	۵/۳۸	۸/۱۹
خاکرخ ۳- شالیزار (Fine-loamy, smectitic, thermic, Mollic Endoaquepts)											
1Apg	۰-۲۰	۲۹/۴	۲۷	۴۳/۶	۷/۸	۱/۰۹۵	۰/۸	۲۱/۱	۱/۱۹	۲/۶۵	۴/۶
2Bg <sub>1</sub>	۲۰-۴۰	۵۸/۴	۲۶	۱۵/۶	۷/۹	۱/۱۱۹	۰/۲	۹/۶	۰/۹۷	۱/۱۷	۳/۴۵
2Bg <sub>2</sub>	۴۰-۷۵	۲۶/۴	۴۶	۲۷/۶	۷/۹	۰/۸۶۶	۰/۶	۱۲/۳	۰/۴۵	۰/۵	۳/۰۸

نشریه پژوهش‌های حفاظت آب و خاک جلد (۲۱)، شماره (۳) ۱۳۹۳

ادامه جدول ۱-

Fe <sub>t</sub> درصد	Fe <sub>d</sub> میلی‌گرم بر کیلوگرم	Fe <sub>o</sub> میلی‌گرم بر کیلوگرم	CEC سانتی‌مول بار بر کیلوگرم	OC درصد	EC دسی‌زیمنس بر متر	pH <sub>sp</sub>	بافت (درصد)			عمق سانتی‌متر	افق
							رس	سیلت	شن		
خاکرغ ۴- شالیزار (Fine, mixed, active, thermic, Mollic Endoaquepts)											
۶/۲۸	۳/۹۳	۱/۳۵	۲۴/۸	۲/۶	۱/۰۵۵	۷/۸	۵۲/۲	۳۰	۱۷/۸	۰-۱۴	Apg
۷/۱۷	۴/۷	۰/۴۵	۲۴/۱	۱/۴	۰/۷۱۶	۸/۱	۵۳/۶	۳۶	۱۰/۴	۱۴-۳۵	Btg <sub>۱</sub>
۶/۹۱	۴/۱۳	۰/۲۴	۱۸/۸	۰/۹	۰/۵۰۱	۸/۲	۴۳/۶	۴۰	۱۶/۴	۳۵-۵۰	Btg <sub>۲</sub>
۳/۴۵	۱/۳۷	۰/۸۵	۹/۶	۰/۳	۰/۹۱۷	۸	۱۷/۶	۲۶	۵۶/۴	۵۰-۷۵	۲Bg <sub>۱</sub>
۳/۵۲	۰/۶۴	۰/۵۷	۱۲/۱	۰/۹	۰/۸۴۱	۸	۲۶/۴	۴۶	۲۷/۶	۷۵-۱۱۰	۳Bg <sub>۲</sub>
خاکرغ ۵- شالیزار (Fine, mixed, active, thermic, Mollic Endoaquepts)											
-	-	-	۲۵/۳	۴/۵	۱/۱	۷/۸	۲۱/۸	۳۴	۲۱/۸	۰-۲۰	Apg
-	-	-	۱۸/۳	۲/۲	۱/۲	۷/۷	۳۷/۶	۳۴	۲۸/۴	۲۰-۴۸	Bg
خاکرغ ۶- شالیزار (Fine, mixed, superactive, thermic, Fluvaqueptic Endoaquepts)											
۴/۴۶	۱/۰۹	۱/۰۳	۲۴/۸	۴/۵	۱/۲۶۳	۷/۷	۵۳/۵	۳۶/۴	۱۰/۱	۰-۱۶	Apg
-	-	-	۲۴/۸	۲/۸	۱/۱۶۳	۷/۷	۳۴	۳۳/۶	۳۲/۴	۱۶-۴۰	Bg <sub>۱</sub>
-	-	-	۲۳/۴	۳/۲	۱/۱۱۳	۷/۷	۳۴	۳۵/۶	۳۰/۴	۴۰-۱۰۰	Bg <sub>۲</sub>
خاکرغ ۷- کیوی (Fine-loamy, mixed, superactive, thermic, Typic Endoaquepts)											
۳/۹۲	۱/۵۴	۰/۹۴	۳۰/۴	۶/۷	۱/۰۵۵	۷/۷	۴۲/۲	۲۶	۳۱/۸	۰-۱۲	Ap
۳/۴۳	۱/۸۸	۱/۳	۳۲/۶	۵/۳	۰/۸۸۲	۷/۶	۳۵/۶	۳۲	۳۲/۴	۱۲-۲۷	Bg <sub>۱</sub>
۵/۰۳	۱/۳۲	۱/۱۷	۳۶/۲	۵/۹	۱/۴۵۹	۷/۳	۲۹/۶	۳۲	۳۸/۴	۲۷-۴۵	Bg <sub>۲</sub>
۳/۰۶	۱/۱۲	۱/۰۵	۱۷/۲	۲/۸	۲/۱۳۰	۷/۳	۱۹/۶	۲۸	۵۲/۴	۴۵-۱۰۰	۲Cg
خاکرغ ۸- کیوی (Fine-loamy, vermiculitic, thermic, Oxiaque Eutrudepts)											
۶/۳۷	۳/۶	۰/۹۳	۳۴/۱	۵/۳	۱/۰۶۶	۷/۶	۶۲/۵	۲۹	۸/۵	۰-۲۰	Apg
۵/۵۷	۴/۳۵	۱/۱۴	۲۴/۲	۰/۹	۰/۵۸۷	۸/۱	۴۳/۶	۳۲	۲۴/۴	۲۰-۳۵	Bg
۷/۴۷	۵/۷۸	۱/۱۹	۲۳/۲	۰/۹	۰/۴۹۴	۸/۳	۴۳/۶	۴۴	۱۲/۴	۳۵-۴۵	Btg <sub>۱</sub>
۴/۰۹	۱/۳۶	۰/۴۷	۱۸/۲	۰/۶	۰/۵۷۸	۸/۳	۳۱/۶	۴۶	۲۲/۴	۴۵-۷۰	Btg <sub>۲</sub>

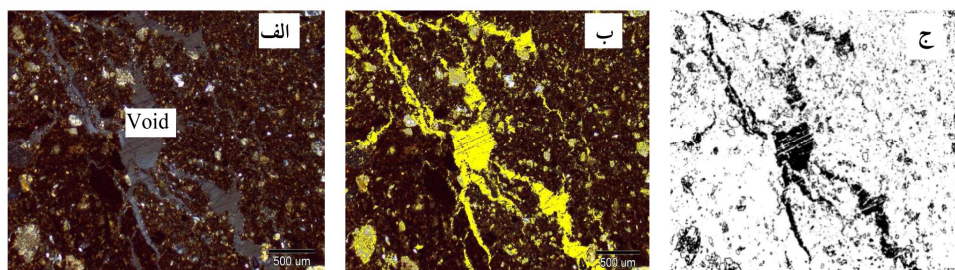
با افزایش عمق و ایجاد شرایط غرقاب کامل (آب زیرزمینی بالا) در نمونه‌های شالیزاری مقدار حفرات کانالی و انشعابات آن‌ها به دلیل عمق کم ریشه‌های شالی و نبود فعالیت بیولوژیکی شدید در اثر غرقاب سطحی و سطح آب بالا کاهش می‌یابد، در حالی‌که فراوانی این نوع حفرات در کاربری کیوی با افزایش عمق تغییری نکرده و گویای نفوذ بیش‌تر ریشه کیوی در خاک و فعالیت بیولوژیکی و



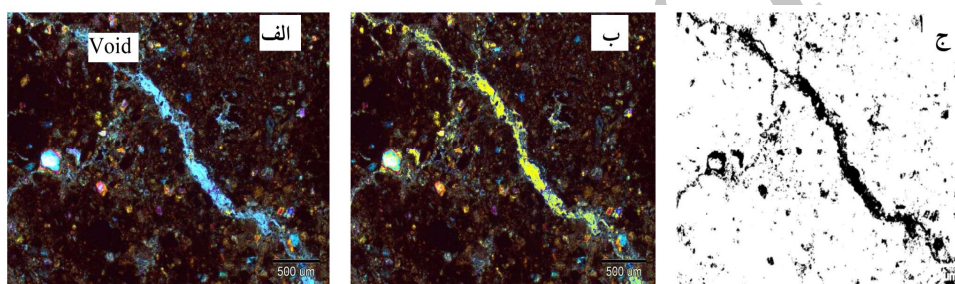
شرایط زهکشی مناسب‌تر می‌باشد. حفرات صفحه‌ای<sup>۱</sup> در خاک‌رخ‌های شالیزاری قابل رویت هستند که ناشی از انقباض خاک و کاهش رطوبت پس از دوره خیزی طولانی است.

نتایج آنالیز تصویر حفرات گویای کاهش میزان حفرات و وجود کفه شخم در خاک‌رخ‌های شالیزاری است به‌گونه‌ای که درصد کل حفرات در زیر منطقه رشد ریشه به شدت کاهش می‌یابد. نتایج آنالیز تصویر حفرات در افق‌های اول و دوم خاک‌رخ‌های مورد مطالعه در اراضی شالیزاری به وضوح نمایانگر کاهش درصد حفرات با افزایش عمق می‌باشد (شکل‌های ۲ و ۳ و جدول ۲). این نتایج وجود سخت‌لایه شخم (لایه گلخراب) موجود در خاک‌های شالیزاری را اثبات می‌کند. در سایر نمونه‌ها نیز که کاهش در میانگین درصد حفرات مشاهده نشد، به احتمال زیاد سخت لایه شخم در این خاک‌رخ‌ها در اعماق پایین‌تر از ۲۵ سانتی‌متری قرار دارد. پاینولی و پاچلیایی (۱۹۹۲) در مطالعه شکل و اندازه توزیع حفرات طی ۲ سال در دو خاک برنج‌زار غرقابی با روش‌های میکروموفومتربیک و میکرومورفولوژیک نتیجه گرفتند که تخلخل کل در افق Ap بیش‌تر از افق Aps یعنی محل لایه متراکم خاک یا کفه شخم است. از طرف دیگر در اراضی شالیزاری تبدیل شده به کیوی‌کاری، نبود شخم سطحی در مدت زمان ۱۵ سال و همچنین وجود شرایط زهکشی مناسب‌تر خاک‌های زیر کشت کیوی نسبت به خاک‌های شالیزاری سبب از بین رفتن لایه گلخراب شده که در نتیجه آن تغییر محسوس در برآورد حفرات در لایه‌های سطحی با استفاده از آنالیز تصویر مشاهده نگردید (شکل‌های ۴ و ۵ و جدول ۲). نتایج راهب و حیدری (۲۰۱۱) در ارتباط با آنالیز تصویر حفرات نیز در منطقه مورد مطالعه نشان داد که در نمونه‌های شالیزاری با افزایش عمق و ایجاد شرایط غرقاب کامل میزان تخلخل کل کاهش پیدا کرده در حالی‌که در کاربری کیوی با افزایش عمق تغییری نکرده است که گویای فعالیت بیولوژیکی و شرایط زهکشی مناسب‌تر در این کاربری می‌باشد. محمدی و همکاران (۲۰۱۱) در مطالعه حفرات در خاک‌های تراکم‌یافته و بدون تراکم جنگل با استفاده از آنالیز تصویر گزارش دادند که اندازه حفرات، شکل حفرات و متوسط حفرات در دو خاک بسیار متفاوت بوده به‌گونه‌ای که تراکم باعث تخریب ساختمان اسفنجی خاک در مقاطع شاهد و تبدیل آن به ساختمان توده‌ای در مقاطع متراکم شده و درصد تخلخل کل و درصد حفرات درشت خاک کاسته شده و در مقابل درصد حفرات ریز افزایش یافته است.

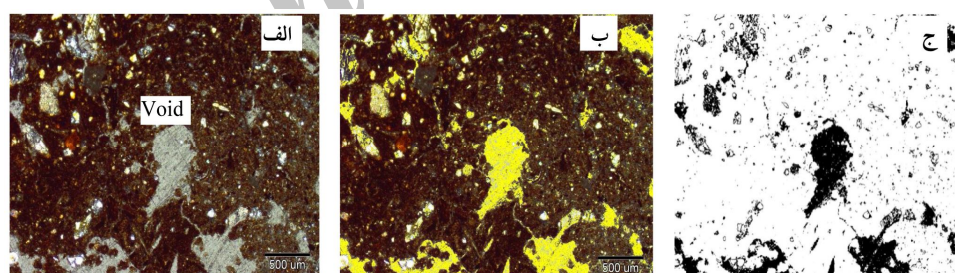
#### 1- Planar Voids



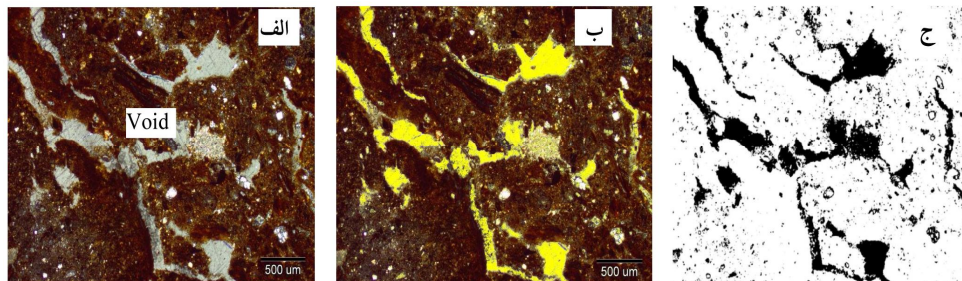
شکل ۲- آنالیز تصویر حفرات افق اول خاکرخ شالیزاری ۶- الف: تصویر اولیه،  
ب: تصویر آنالیز شده با AnalySIS و ج: تصویر آنالیز شده با Image J



شکل ۳- آنالیز تصویر حفرات افق دوم خاکرخ شالیزاری ۶- الف: تصویر اولیه،  
ب: تصویر آنالیز شده با AnalySIS و ج: تصویر آنالیز شده با Image J



شکل ۴- آنالیز تصویر حفرات افق اول خاکرخ غیرشالیزاری ۷- الف: تصویر اولیه،  
ب: تصویر آنالیز شده با AnalySIS و ج: تصویر آنالیز شده با Image J



شکل ۵- آنالیز تصویر حفرات افق دوم خاکرخ غیرشالیزاری ۷- الف: تصویر اولیه، ب: تصویر آنالیز شده با AnalySIS و ج: تصویر آنالیز شده با Image J.

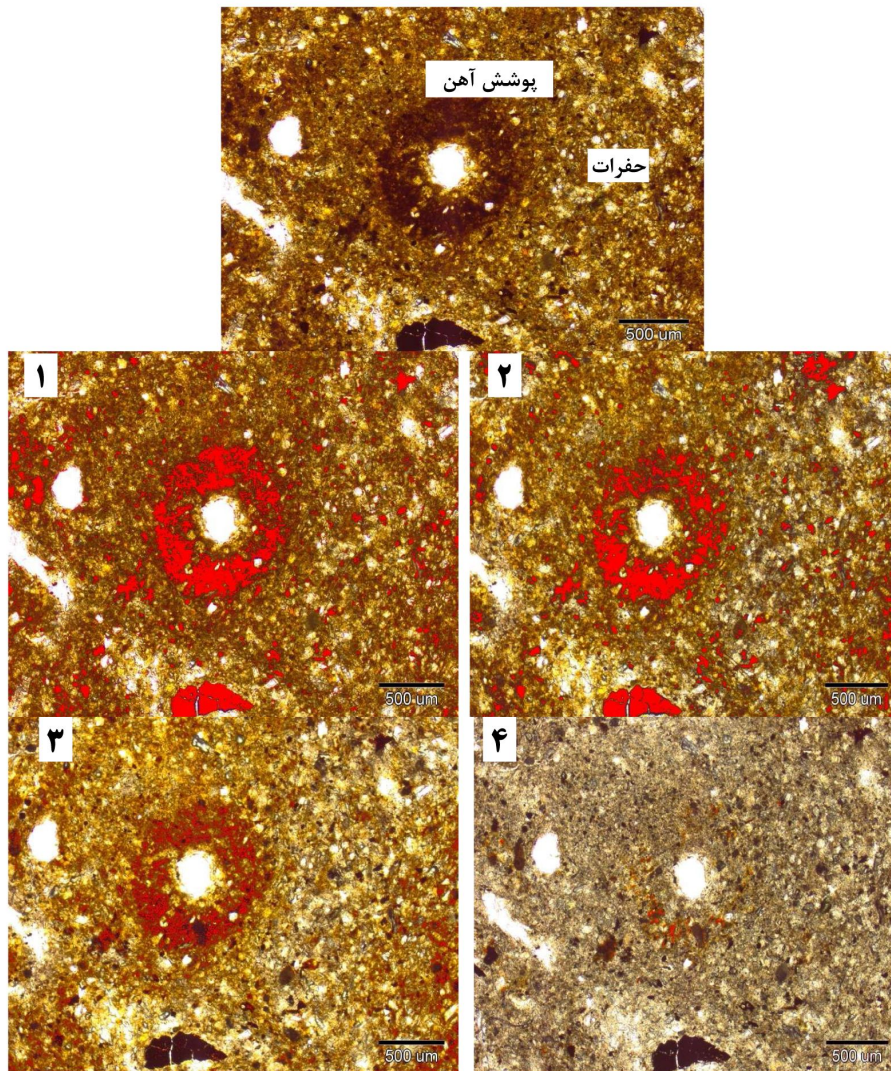
جدول ۲- برآورد درصد حفرات با استفاده از نرم افزارهای آنالیز تصویر.

درصد حفرات برآورد شده		خاکرخ	افق (شکل)
Image J	AnalySIS		
۱۵/۸۱	۱۳/۸۰	خاکرخ ۶	Apg (شکل ۲)
۸/۸۹	۲/۳۶	خاکرخ ۶	Bg <sub>1</sub> (شکل ۳)
۱۳/۹۴	۹/۸۰	خاکرخ ۷	Ap (شکل ۴)
۱۶/۸۳	۸/۱۲	خاکرخ ۷	Bg <sub>1</sub> (شکل ۵)

راهب (۲۰۱۲) در مطالعه میکرومورفولوژیک مقاطع نازک برخی خاک‌های شالیزاری و غیرشالیزاری شهرستان تنکابن، وجود فرم‌های مختلف اکسیدهای آهن مانند پوشش، پوشش زیرسطحی و در امتداد سطح، پوشش کفه نازک، گرهک‌های مجتمع و هسته‌دار در اطراف حفرات، ذرات، در امتداد ریشه و در متن خاک را گزارش نمودند. ترابی گلسفیدی (۲۰۰۱) علت وجود پوشش‌های اکسید آهن به صورت لکه‌های رنگین روی سطوح خاکدانه‌ها و دیواره منافذ را احتمالاً ناشی از نفوذ هوا به داخل خاک بعد از خروج از حالت غرقابی و یا حبس هوا در این مناطق بعد از غرقاب شدن بیان نمود.

در مطالعه میکرومورفولوژیک مقاطع مورد مطالعه مناطق خاکستری به دست آمده از تخلیه آهن در کنار تجمعات مختلف ترکیبات آهن نیز از ویژگی‌های بارز کاربری شالیزاری در مقایسه با کاربری غیرشالیزاری است که اشاره به وضعیت زهکشی نامناسب در شالیزارها در نتیجه گل‌خراپی، اشباع از سطح و سطح آب زیرزمینی بالا دارد. با استفاده از رابطه‌ها (رابطه‌های ۱، ۲ و ۳) اشاره شده در بخش مواد و روش‌ها مقادیر اشکال مختلف آهن در مقاطع نازک آنالیز شده برآورد گردید. لازم به ذکر است که تشخیص عوارض مورفولوژیکی منگنز از آهن در مقاطع به طرق مختلف میسر است که از جمله آن‌ها می‌توان به استفاده از نور انعکاسی و همچنین خصوصیات ظاهری خاص عوارض منگنز (اشکال دندریتی) و تست با آب اکسیژنه اشاره نمود (استوپس، ۲۰۰۳). در این مطالعه پس از اطمینان از این‌که قسمت‌های مورد مطالعه شامل منگنز قابل توجهی نیستند، اندازه‌گیری‌ها صورت گرفته است. مقایسه نتایج آنالیز تصویر در دو نمونه شالیزاری (شکل ۶ و جدول ۳) و غیرشالیزاری (شکل ۷ و جدول ۴) گویای بیش‌تر بودن مقادیر اشکال مختلف آهن در اراضی غیرشالیزاری زیر کشت کیوی می‌باشد، که از دلایل آن می‌توان از یک طرف تغییر نادرست کاربری از شالیزاری به کیوی در خاکرخ ۷ اشاره نمود که با ایجاد شرایط نامناسب زهکشی سبب افزایش تجمع اشکال مختلف آهن در این خاکرخ‌ها در اطراف ریشه‌های پوسیده، در اطراف حفرات و در متن خاک می‌گردد (راهب، ۲۰۱۲). از طرف دیگر در خاکرخ ۸ زیر کشت کیوی در نتیجه رفع شرایط اشباع سطحی خاک (در نتیجه اعمال زهکش در منطقه) که موجب فعالیت بیش‌تر میکروارگانیسم‌ها می‌گردد، اشکال با تبلور بیش‌تر آهن تشکیل شده است. مطالعات صحرائی نیز تأییدی بر بیش‌تر بودن عوارض اکسایش و کاهش در خاک‌های غیرشالیزاری زیر کشت کیوی می‌باشد. هوانگ و همکاران (۲۰۰۸) بیان نمودند که تغییرات اکسیدهای آهن و منگنز در خاک متأثر از شرایط اقلیمی، شکل اراضی و نوع کاربری می‌باشد.

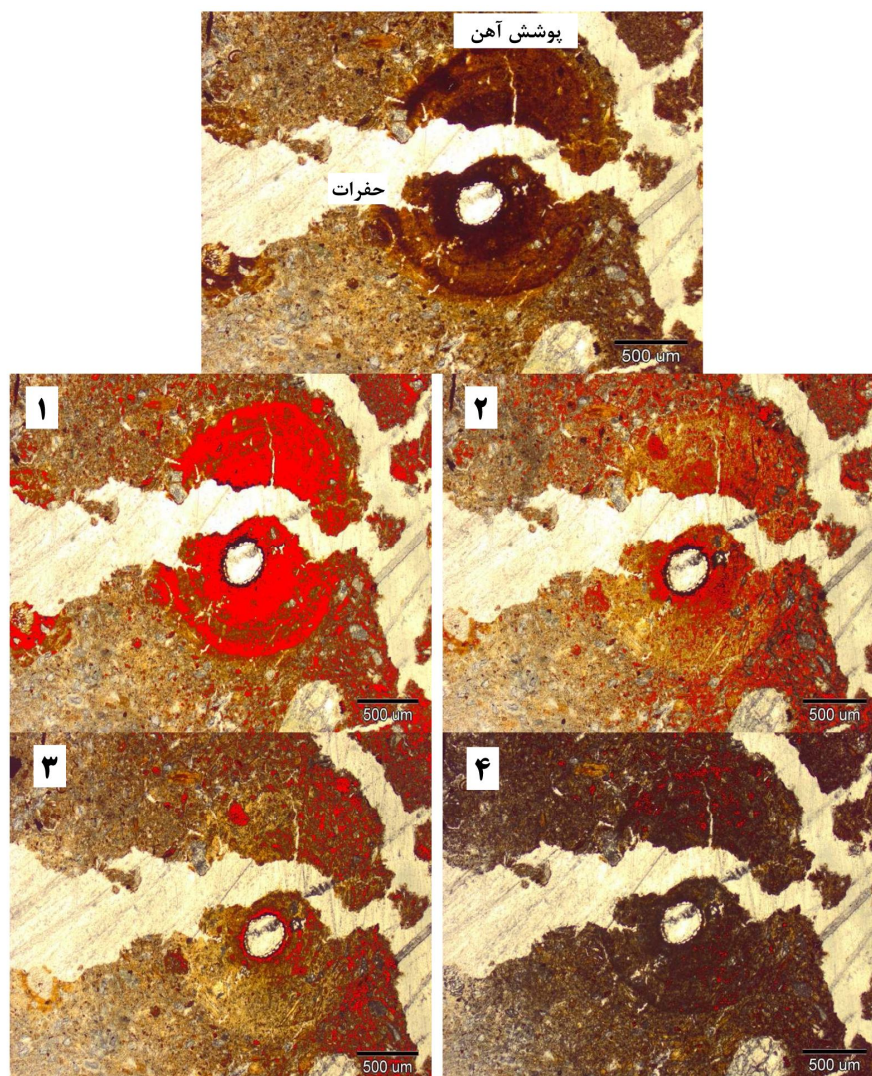




شکل ۶- آنالیز تصویر خصوصیات ردوکسی مورفیک افق چهارم  
خاکرخ ۲ شالیزاری- مراحل چهارگانه اعمال تیمارهای حذف ترکیبات آهن.

جدول ۳- تغییرات درصد آهن با اعمال تیمارهای مختلف حذف با استفاده از آنالیز تصویر شکل ۶.

مراحل حذف	۱	۲	۳	۴
درصد آهن برآورد شده	۱۰/۰۷	۷/۳۵	۳/۶۱	۰/۲



شکل ۷- آنالیز تصویر خصوصیات ردوکسی مورفیک افق دوم خاکرخ ۷ زیر کشت کیوی- مراحل چهارگانه اعمال تیمارهای حذف ترکیبات آهن.

جدول ۴- تغییرات درصد آهن با اعمال تیمارهای مختلف حذف با استفاده از آنالیز تصویر شکل ۷.

مراحل حذف	۱	۲	۳	۴
درصد آهن برآورد شده	۱۸/۵۹	۱۰/۵۴	۴/۰۱	۰/۸۴

یکی دیگر از نتایج آنالیز تصویر خصوصیات ردوکسی مورفیک می‌توان به وجود مرزهای تفکیک شده ترکیبات در نمونه‌های مطالعه شده غیرشالیزاری (شکل ۷) در مقابل مرزهای پخشیده ترکیبات در نمونه‌های شالیزاری (شکل ۶) اشاره نمود که بیانگر پایدار بودن شرایط اکسید و احیا در اراضی زیر کشت کیوی و متناوب بودن آن در اراضی زیر کشت برنج می‌باشد. تصویر ۷ اکسیداسیون ترکیبات نارنجی تا قرمز آهن را در مجاورت مسیر ریشه نشان می‌دهد. رنگ ترکیبات آهن با کروم‌ای بالا در مطالعات میکرومورفولوژیکی بستگی به نوع کانی‌شناسی ترکیبات اکسیدهای آهن و مقادیر آن‌ها دارد (روتون و همکاران، ۱۹۹۳). به گونه‌ای که پوشش‌های نوری ایزوتروپیک قهوه‌ای- نارنجی در اطراف حفرات و ریشه‌ها در شرایط خاک‌های هیدرومورفیک و به ویژه در خاک‌های شالیزاری اشاره به وجود اکسیدهای آهن گئوتایت یا لپیدوکروسایت دارد (استوپس و همکاران، ۲۰۱۰).

جدول ۵- نتایج کمی آنالیز تصاویر میکرومورفولوژی اشکال مختلف آهن در تیمارهای مختلف.

شماره خاکرخ	افق (عمق سانتی‌متر)	شماره عکس	درصد آهن برآورد شده در مقاطع نازک		
			مقطع اولیه	Fe <sub>o</sub> مرحله اول	Fe <sub>o</sub> مرحله دوم
۲	Btg <sub>2</sub> (۷۵-۸۵)	۱	۱۰/۰۷	۷/۳۵	۳/۶۱
		۲	۲۶/۲۹	۲۳/۴۵	۲۱/۵۹
		۳	۲۸/۹۷	۲۴/۷۸	۱۸/۷۲
		۴	۱۰/۰۹	۷/۳۷	۶/۷۹
		۵	۵/۴	۲/۹۵	۲/۸۵
۳	۲Bg <sub>2</sub> (۵۵-۶۵)	۶	۱۳/۵۸	۱۰/۲۲	۴/۵۶
		۷	۱۴/۲۲	۱۰/۴۸	۳/۳۷
		۸	۲۲/۵۶	۱۶/۴۵	۷/۵۵
۴	۳Bg <sub>2</sub> (۸۵-۹۵)	۹	۲۲/۵۱	۱۸/۰۹	۱۱/۲۴
		۱۰	۱۶/۵۵	۱۲/۴۸	۶/۶۸
		۱۱	۱۳/۲۶	۴/۸۹	۱/۵۸
		۱۲	۱۴/۷۸	۶/۸۹	۱/۰۱
		۱۳	۱۰/۴۲	۲/۵۸	۰/۳۸
۷	Bg <sub>1</sub> (۱۵-۲۲)	۱۴	۴۱/۴۱	۱۰/۱۹	۶/۸۲
		۱۵	۱۳/۳۳	۴/۶	۱/۲۷
		۱۶	۲۴/۵۵	۱۰/۳۳	۴/۰۳
		۱۷	۳۱/۳	۲۲/۶۵	۹/۵۶
		۱۸	۱۸/۵۹	۱۰/۵۴	۴/۰۱
		۱۹	۴۰/۱۹	۲۱/۷۴	۱۹/۳
		۲۰	۲۵/۴۵	۱۴/۳۶	۷/۱۶
۸	Btg <sub>1</sub> (۳۸-۴۵)	۲۱	۱۵/۳۴	۸/۸۶	۶/۹۷
		۲۲	۲۸/۵۵	۲۰/۱۹	۱۲/۸
		۲۳	۹/۷۷	۷/۳	۲/۸۸
		۲۴	۲۵/۹	۱۷/۹۲	۱۰

جدول ۶- مقایسه نتایج به دست آمده از آنالیز شیمیایی و آنالیز تصویر اشکال مختلف آهن در مقاطع انتخاب شده.

خاکرخ	افق	نتایج آنالیز شیمیایی (درصد)			نتایج آنالیز تصویر (درصد)		
		Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>	Fe <sub>o</sub>	Fe <sub>d</sub>	Fe <sub>t</sub>
۲	Btg <sub>1</sub>	۰/۹۷	۵/۳۸	۸/۱۹	۴/۴۵	۶/۶۹	۱۶/۱۶
۳	۲Bg <sub>۲</sub>	۰/۵	۰/۵۵	۳/۰۸	۱۱/۶۳	۵/۱۳	۱۶/۷۹
۴	۳Bg <sub>۲</sub>	۰/۵۷	۰/۶۴	۳/۵۲	۱۱/۳۲	۲/۳۲	۱۵/۵
۷	Bg <sub>1</sub>	۱/۳	۱/۸۸	۳/۴۳	۲۰/۳۵	۴/۰۶	۲۷/۸
۸	Btg <sub>1</sub>	۱/۱۹	۵/۷۸	۷/۴۷	۱۱/۸۳	۷/۳۷	۱۹/۸۹

نتایج آنالیز تصویر اشکال مختلف آهن برآورد شده با استفاده از آنالیز تصویر (جدول ۶) با برآورد به دست آمده از نتایج شیمیایی متفاوت می‌باشد. به طوری که مقدار آهن آمورف در آنالیز شیمیایی کم‌تر از آهن بلورین است، در حالی که در آنالیز تصویر بیش‌تر از آهن قابل استخراج با سیترات دی‌تیونات است (جدول ۶). ساختاری بودن آهن کل را می‌توان دلیل این تناقض موجود در کمیت این شکل در دو روش شیمیایی و آنالیز تصویر دانست. از طرف دیگر به علت نبود تبلور آهن آمورف، نرم‌افزار مربوطه در تشخیص رنگ نارنجی تا قرمز کم‌رنگ این فرم (که نشان از ثبات کم در زمان تشکیل دارد)، دچار اشتباه می‌گردد که نتیجه آن تفاوت مقداری این شکل از آهن بین روش‌های مختلف شیمیایی و آنالیز تصویر است. از طرف دیگر پوشش آهن در متن خاک که به نوعی بیانگر آهن بی‌شکل قابل استخراج با اگزالات می‌باشد، دارای تراکم کم‌تری بوده و دارای مرز پخشیده می‌باشد، در حالی که پوشش‌های زیر سطحی و در امتداد سطح آهن که اشاره به ترکیبات بلورین آهن دارد، دارای مرز تفکیک شده و واضحی بوده و فازبندی و مساحت‌یابی عوارض اکسید احیایی از مقاطع دست‌نخورده با دقت بیش‌تری توسط نرم‌افزار صورت می‌گیرد. از مهم‌ترین دلایل در تناقض میان نتایج شیمیایی و آنالیز تصویر را احتمالاً می‌توان در این دانست که در مطالعات میکرومورفولوژی، اکسیدهای آهن جزو عوارض پدولوژیکی بی‌شکل می‌باشند که در نور پلاریزه صفحه‌ای بی‌شکل و در نور پلاریزه متقاطع ایزوتروپ می‌باشند و از مواد آلی یا معدنی بی‌شکل یا ریز بلورین تشکیل شده‌اند (استوپس و همکاران، ۲۰۱۰). از طرفی این پوشش‌ها و سخت‌دانه‌های آهن از زهکشی ضعیف و فراهمی آب در برخی اوقات سال و در نتیجه شرایط بی‌هوای ناشی می‌شوند. این عوارض پدولوژیکی در دامنه وسیعی از خاک‌ها یافت شده و از ترکیبات بسیار فعال در خاک به شمار می‌روند و نسبت به تغییر شرایط محیطی بسیار حساس بوده و بیش‌تر در طول شکاف‌ها یا حفرات حرکت



نموده و بر روی خاکدانه‌ها رسوب می‌نمایند (مک‌کنزی، ۱۹۸۹). به این ترتیب تغییرات محیطی و شرایط کشت سبب تغییر اشکال مختلف آهن شده و با توجه به شرایط ناپایدار محیطی در مناطق دارای شرایط اکوتیک به‌ویژه در اراضی شالیزاری مورد مطالعه روند مشخصی در برآورد اشکال آهن در آنالیز تصویر و نتایج شیمیایی مشاهده نگردید.

### نتیجه‌گیری کلی

مطالعات متعددی در مورد زراعت در شرایط غرقاب و خاک‌های شالیزاری در جهان صورت گرفته است ولی این مطالعات به‌طور عمده خاص منطقه موردنظر بوده و بسته به شرایط منطقه مورد مطالعه از نظر اقلیمی، مواد مادری و سایر خصوصیات متفاوت می‌باشد. سطح آب زیرزمینی بالا و غرقاب نمودن خاک سطحی شرایط ویژه‌ای را برای تشکیل این خاک‌ها فراهم آورده است به‌طوری‌که شناسایی و تعیین خصوصیات ویژه این اراضی برای بهره‌برداری پایدار ضروری می‌باشد. از طرفی دانش میکرومورفولوژی یا شناخت میکروسکوپی خاک در کنار مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی قادر است بسیاری از مشکلات پیچیده تشکیل و طبقه‌بندی خاک را پاسخ‌گو باشد. علاوه بر این استفاده از تصویر و تکنیک‌های پردازش تصویر برای مطالعه و کمی کردن خصوصیات خاک سبب افزایش درک و فهم در ارتباط با خصوصیات فیزیکی و فرآیندهای موجود در خاک می‌گردد.

نتایج آنالیز تصویر حفرات در بیش‌تر خاک‌های شالیزاری به وضوح نمایانگر کاهش درصد حفرات با افزایش عمق می‌باشد و از طرف دیگر وزن مخصوص ظاهری بر خلاف حفرات در این نمونه‌ها با افزایش عمق افزایش یافته است که می‌تواند بیانگر وجود سخت‌لایه شخم (لایه گلخراب) موجود در خاک‌های شالیزاری باشد. نتایج آنالیز تصویر اشکال مختلف آهن از یک طرف گویای بالابودن مقادیر آهن کل و آهن اگزالات نسبت به آهن سیترات دی‌تیونات است و از طرف دیگر گویای بیش‌تر بودن مقادیر اشکال مختلف آهن در اراضی غیرشالیزاری زیر کشت کیوی نسبت به اراضی شالیزاری می‌باشد که از دلایل آن می‌توان به تغییر نادرست کاربری اشاره نمود که با توجه به شرایط ویژه کشت برنج در این مناطق، تبدیل شالیزارها به باغ‌های کیوی موجب تغییراتی در ویژگی‌های میکرومورفولوژی این خاک‌ها می‌گردد. از مهم‌ترین دلایل تفاوت میان نتایج آنالیز تصاویر اشکال آهن با نتایج شیمیایی آن می‌توان به ماهیت و ساختار اشکال آهن و همچنین به تغییرات محیطی و شرایط کشت در شرایط اکوتیک مورد مطالعه اشاره نمود.

## منابع

1. Akef, M., Mamoudi, Sh., Karimian Eghbal, M., and Sarmadian, F. 2003. Physico-Chemical and Micro-Morphological Changes in Paddy Soils Converted from Forest in Foomanat Region, Gilan. Iran J. Nature. Resource. 56: 4. 407-426. (In Persian)
2. Aydemir, S., Keskin, S., and Drees, L.R. 2004. Quantification of soil features using digital image processing (DIP) techniques. Geoderma. 119: 1-8.
3. Bower, C.A., and Hatcher, J.T. 1966. Simultaneous determination of surface area and cation exchange capacity. Soil Sci. Soc. Am. Proc. 30: 525-527.
4. Carter, M.R., and Gregorich, E.G. 2008. Soil Sampling and Methods of Analysis. 2<sup>nd</sup> ed. Canadian Society of Soil Science, 1224p.
5. Fitzpatrick, E.A. 1993. Soil Microscopy and Micromorphology. New York, John Wiley and Sons Press. 304p.
6. Glab, T. 2007. Application of image analysis for soil macropore characterization according to pore diameter. Int. Agrophysics. 21: 61-66.
7. Heidari, A., and Mahmoudi, Sh. 2005. Image analysis using in soil micromorphology, 9<sup>th</sup> Iranian Soil Science congress, Karaj. (In Persian)
8. Heidari, A., and Sahebjalal, E. 2011. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith thin Section. Tehran University Press. 278p. (Translated In Persian)
9. Huang, L., Hong, J., Tan, W.F., Hu, H.Q., Liu, F., and Wang, M.K. 2008. Characteristics of micromorphology and element distribution of iron-manganese cutans in typical soils of subtropical China. Geoderma. 146: 40-47.
10. Jiang, S., Kang, Y., and Sun, Z. 2004. A digital image method for analysis of soil pores. P 1029-1038, In: Chunjiang, Z. (ed.). Computer and Computing Technologies in Agriculture II, Volume 2, Springer.
11. Khormali, F. 2005. Application of image analysis and microscopic methods for estimation of porosity and gypsum in Gypsiferous soils. 9<sup>th</sup> Iranian Soil Science congress, Karaj. (In Persian)
12. McKeague, J.A., and Day, J.H. 1966. Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils. Can. Soc. Soil Sci. 46: 13-22.
13. McKenzie, R.M. 1989. Manganese oxides and hydroxides, P 439-465, In: Dixon, J.B., and Weed, S.B. (eds.), Minerals in soil environments. Soil Sci. Soc. Am. J. Madison. WI.
14. Mohammadi, Z., Akef, M., Naghdi, R., Bagheri, I., and Sayyadi, A.R. 2011. Comparison of voids in forest soils with compaction and no compaction using image analysis. 12<sup>th</sup> Iranian Soil Science congress, Tabriz. (In Persian)
15. 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. J. Soil Sci. 28: 921-928.

16. Nelson, D.W., and Sommers, L.E. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter, P 539-579, In: Buxton, D.R. (ed.). *Methods of Soil Analysis. Part II*, 2<sup>nd</sup> Edition, ASA, Monograph, No.9, Madison, WI.
17. Newhall, F., and Berdanier, C.R. 1996. Calculation of soil moisture regimes from the climatic record. Natural Resources Conservation Service, Soil Survey Investigation Report, No.46. 13p.
18. O'Donnell, T., Goyne, K.W., Miles, R.J., Baffaut, C., Anderson, S.H., and Sudduth, K.A. 2010. Identification and quantification of soil redoximorphic features by digital image processing. *Geoderma*. 157: 86-96.
19. O'Donnell, T., Goyne, K.W., Miles, R.J., Baffaut, C., Anderson, S.H., and Sudduth, K.A. 2011. Determination of representative elementary areas for soil redoximorphic features identified by digital image processing. *Geoderma*. 161: 138-146.
20. Owliaie, H.R. 2011. Investigation of Fe and Mn oxides in some soils of Kohgilouye Province, 12<sup>th</sup> Iranian Soil Science congress, Tabriz. (In Persian)
21. Painuli, D.K., and Pagliai, M. 1992. Micromorphometric and micromorphological investigation of two soils in temperate rice field. *J. Ind. Soc. Soil Sci.* 40: 246-250.
22. Protz, R., Hipitalo M.J., Mermut A.R., and Fox C.A. 1987. Image Analysis of Soils-Present and Future. *Geoderma*. 40: 115-125.
23. Protz, R., Sweeney, S.J., and Fox, C.A. 1992. An application of spectral image analysis to soil micromorphology, 1. Methods of analysis. *Geoderma*. 53: 275-287.
24. Raheb, A.R., and Heidari, A. 2011. Evaluation of porosity in some paddy and non paddy soils by image analysis technique. *Inter. J. Sci. Adv. Technol.* 1: 10. 47-50.
25. Raheb, A.R. 2012. Image Analysis and investigation of micromorphological and mineralogical properties of paddy and non paddy soils. M.Sc. Thesis, College of Agriculture, University of Tehran, Iran. 184p. (In Persian)
26. Rasa, K., Eickhorst, T., Tippkötter, R., and Yli-Halla, M. 2012. Structure and pore system in differently managed clayey surface soil as described by micromorphology and image analysis. *Geoderma*. 173-174: 10-18.
27. Richards, B.K., Steenhuisa, T.S., Peverlyb, J.H., and McBride, M.B. 1998. Metal mobility at an old, heavily loaded sludge application site. *Environment Pollution*. 99: 365-377.
28. Ritvo, G., Avnimelich, Y., and Kochba, M. 2003. Empirical relationship between conventionally determined pH and in situ values in waterlogged soils. *Aquacalt. Eng.* 27: 1-8.
29. Rhoton, F.E., Bigham, J.M., and Schulze, D.G. 1993. Properties of iron-manganese nodules from a sequence of eroded Fragipan soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57: 1386-1392.

30. Soil Survey Staff. 2010. Keys to Soil Taxonomy. United States Department of Agriculture. 11<sup>th</sup> Ed. NRCS. 338p.
31. Sparks, D.L. 1996. Method of soil Analysis, Part 3. Chemical Methods. American Society of Agronomy, 1390p.
32. Stoops, G. 2003. Guideline for analysis and description of soil and regolith thin sections, SSSA. Madison, WI, 184p.
33. Stoops, G., Marcelino, V., and Mees, F. 2010. Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths, SSSA. Madison, WI, 752p.
34. Thompson, M.L., Singh, P., Corak, S., and Straszheim, W.E. 1992. Cautionary notes for the automated analysis of soil pore-space images, Geoderma. 53: 399-415.
35. Torabi Golesefidi, H. 2001. Genesis, classification and land suitability evaluation of wetland soils for irrigated rice in Eastern Guilan province. Ph.D. Thesis, College of Agriculture, Isfahan University of Technology. 460p. (In Persian)
36. Yurong, H., Chengmin, H., Xiangming, X., Yanqiang, W., and Xiubin, H. 2008. Micromorphological Features of Paleo-Stagnic-Anthrosols at Archaeological Site of Sanxingdui. China, J. Mt. Sci. 5: 358-366.



Gorgan University of Agricultural  
Sciences and Natural Resources

*J. of Water and Soil Conservation, Vol. 21(3), 2014*  
<http://jwsc.gau.ac.ir>

## **Micromorphological studies of soils with aquic conditions by image analysis**

**\*A.R. Raheb<sup>1</sup> and A. Heidari<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Ph.D. Student, Dept. of Soil Science Engineering, University of Tehran,

<sup>2</sup>Associate Prof., Dept. of Soil Science Engineering, University of Tehran

Received: 12/22/2012; Accepted: 05/08/2014

### **Abstract**

Image analysis is an advanced method of quantifying soil properties and increasing the accuracy of morphological and micromorphological studies. Microscopic and ultramicroscopic techniques provide invaluable information about the soil genesis and physicochemical, mineralogical and morphological properties of undisturbed natural soil structure. In this study, the physicochemical characteristics of some disturbed and undisturbed samples of eight pedons located at the Rice Research Station of Chaparsar were analyzed. By using image analysis softwares Image J and AnalySIS, the micromorphological characteristics of pores and redox properties in the intact samples were studied. The results showed that changing the land use from paddy to Kiwi orchard increased soil porosity and caused the formation of more crystallized forms of iron due to higher microorganism growth because of saturated conditions. The results of image analysis confirmed the presence of a puddled layer in the paddy soils and higher porosity in Kiwi cultivation. Image analysis of different iron forms also indicated the higher contents of iron in the non-paddy land under Kiwi cultivation than the paddy soils that are due to the improper land use. The differences in the nature and structure of different forms of iron are probably the reasons for the differences in image analysis and chemical results.

**Keywords:** Different iron forms, Land use change, Non-paddy soil, Microscopy

---

\* Corresponding Author; Email: [araheb@ut.ac.ir](mailto:araheb@ut.ac.ir)