Archive of SID

نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال هشتم، شماره سوم، بهار ۱۳۹۸

ISSN 2251-7480

تأثیر رطوبت خاک بر دقت روش طیف‌سنجی در برآورد مقدار ماده آلی خاک

علی‌اکبر نوروزی[۱*]، زهرا رزقی[۲] و مهدی همایی[۳]

۱*) دانشیار پژوهشی پژوهشکده حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، ایران

* نویسنده مسئول مکاتبات: noroozi.aa@gmail.com

۲) دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۳) استاد گروه آبیاری و زهکشی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۰۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۰۵

چکیده

ماده آلی خاک به دلیل تأثیر بر روی خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک به‌عنوان شاخصی از کیفیت خاک و حاصلخیزی آن محسوب می‌گردد. هدف از این پژوهش بررسی اثر رطوبت بر رفتار طیفی خاک به‌منظور برآورد مقدار ماده آلی با استفاده از روش طیفی‌سنجی مرئی- مادون‌قرمز نزدیک بود. همچنین عملکرد روش‌های مختلف پیش‌پردازش در مدل‌سازی مقایسه شد. به همین منظور تعداد ۵۰ نمونه خاک از لایه سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متر) به‌صورت تصادفی از برخی از شهرستان‌های استان تهران جمع‌آوری شد. نمونه‌ها هوا خشک شده و از الک ۲ میلی‌متری عبور داده شدند. مقدار ماده آلی و بافت خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری بازتاب طیفی، نمونه‌های خاک در آون خشک (۱۰۵ درجه، به مدت ۲۴ ساعت) و با سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی (گرم آب/ گرم خاک) رطوبت‌دهی شدند. سپس بازتاب طیفی نمونه خاک‌های موردمطالعه با استفاده از دستگاه اسپکترورادیومتر زمینی در دامنه طول‌موج مرئی- مادون‌قرمز نزدیک (۲۵۰۰-۳۵۰ نانومتر) در تاریکخانه اندازه‌گیری شد. نتایج حاصل از ارزیابی متقابل نشان داد که روش پیش‌پردازش SNV عملکردی بهتر در پیش‌بینی کربن آلی خاک دارد. بهترین نتیجه در رطوبت آون خشک برای گروه اعتبارسنجی با مقدار R^2 و RMSE به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۴۲۲ حاصل شد. همچنین R^2 و RMSE به ترتیب ۰/۷۵ و ۰/۵۴۳ در رطوبت ۵ درصد؛ ۰/۷۰، ۰/۵۵۳ در رطوبت ۱۰ درصد؛ ۰/۶۰، ۰/۵۵۸ در رطوبت ۱۵ درصد به دست آمد.

کلید واژه: بازتاب طیفی؛ پیش‌پردازش؛ رگرسیون حداقل مربعات جزئی؛ مرئی- مادون‌قرمز نزدیک

مقدمه

یکی از مشکلات امروزه کشاورزی کاهش میزان هوموس و کیفیت خاک می‌باشد که با کاهش ماده آلی (کربن آلی) و مقدار نیتروژن کل خاک در ارتباط است (Dabkowska-Naskret *et al.*, 1997). کربن آلی خاک از مهم‌ترین مؤلفه‌های اکوسیستم‌های خاکی است و تغییر در فراوانی و ترکیب آن اثرات اساسی روی ویژگی‌های خاک مانند pH، حاصلخیزی، مقدار آب قابل‌استفاده گیاه و ...

www.SID.ir

Archive of SID

دارد. به عبارتی ماده آلی یکی از شاخص‌های مهم کیفیت خاک می‌باشد (Anon, 1982؛ Stevenson, 1994)؛ بنابراین مدیریت آن به‌ویژه در خاک‌های تحت کشت کشور که ماده آلی زیر یک درصد است، از اهمیت خاصی برخوردار است. برای حفظ کیفیت و قابلیت تولید خاک-ها، آگاهی در مورد مقدار کربن آلی و کیفیت آن ضروری است.

هزینه‌های زیاد جمع‌آوری نمونه‌های خاک، غیرقابل‌دسترس بودن برخی نقاط منطقه موردمطالعه و هزینه‌های سنگین تجزیه نمونه‌های خاک به‌طور مستقیم وقت‌گیر، پرهزینه و دشوار است. امروزه با پیشرفت فنّاوری می‌توان از روش‌های غیرمستقیم که سرعت و دقت مناسبی در برآورد ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک دارند، مانند تکنیک سنجش‌ازدور استفاده کرد. استفاده از روش‌های سنجش‌ازدور در تعیین ویژگی‌های خاک روشی است سریع، دقیق و کم‌هزینه که در سال‌های اخیر توجه محققین را به خود جلب نموده است. اساس روش‌های سنجش‌ازدور بر بازتاب سطحی نور توسط پدیده‌هاست. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک با بازتاب خاک در طول‌موج‌های مرئی و مادون‌قرمز رابطه دارد و محققان توانسته‌اند که با استفاده از این رابطه بسیاری از ویژگی‌های مبنایی خاک شامل توزیع اندازه ذرات، مقدار آهک، مقدار ماده آلی، ظرفیت تبادل کاتیونی خاک را تخمین بزنند (Janik *et al.*, 2009؛ Ramirez-Knadel *et al.*, 2013 ؛Lopez *et al.*, 2013).

کربن آلی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌هایی است که با دقت بالایی توسط سنجش‌ازدور برآورد می‌شود؛ زیرا این ویژگی غالباً در لایه سطحی خاک تجمع یافته است (Ben-Dor *et al.*, 2009). کربن آلی خاک به دلیل داشتن ترکیبات متنوع از بخش‌های مختلف طیف مرئی- مادون قرمز نزدیک و میانی قابل پیش‌بینی است. پژوهشگرانی همچون Islam و همکاران (۲۰۰۳)، Fideˆncio و همکاران (۲۰۰۲)، McCarty و همکاران (۲۰۰۲) از بخش مادون‌قرمز نزدیک؛ Janik و همکاران (۱۹۹۸) و McCarty و همکاران (۲۰۰۲) از بخش مادون‌قرمز میانی؛ Viscarra Rossel و همکاران (۲۰۰۳)، Brown و همکاران (۲۰۰۶) و جلالی و بابائیان (۱۳۹۵) از بخش مرئی و مادون‌قرمز نزدیک طیف بازتابی برای پیش‌بینی مقدار کربن آلی خاک استفاده کردند. در پژوهش‌های مختلف، گستره گوناگونی از دقت برای برآورد مقدار ماده آلی خاک ارائه شده‌است. Debaene و همکاران (۲۰۱۰) از روش طیف‌سنجی مرئی- مادون‌قرمز نزدیک برای تخمین برخی از ویژگی-های فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بهترین ضریب تبیین برای درصد کربن آلی به مقدار ۰/۶۵ به‌دست آمد. Summers و همکاران (۲۰۱۱) مقدار ضریب تبیین (R^2) و خطای جذر میانگین مربعات (RMSE) به ترتیب ۰/۵۷ و ۰/۳۵ برای تخمین مقدار کربن آلی گزارش کردند. Nawar و همکاران (۲۰۱۶) از روش‌های مختلف واسنجی در محدوده طول‌موج مرئی- مادون‌قرمز نزدیک برای تخمین مقدار رس و ماده آلی خاک استفاده کردند. نتایج آن‌ها نشان داد که بهترین پیش-بینی‌ها با استفاده از روش MARS با مقدار R^2 ۰/۸۵ و ۰/۹۰ به ترتیب برای ماده آلی و رس به دست آمد.

ازآنجایی‌که تاکنون پژوهش‌های اندکی راجع‌به تأثیر رطوبت خاک بر میزان دقت برآورد ویژگی‌های مبنایی خاک‌های ایران با استفاده از دستگاه اسپکتروردیومتر انجام شده‌است؛ بنابراین در این پژوهش تلاش شد تأثیر رطوبت بر دقت برآورد کربن آلی با استفاده از طیف‌سنجی مرئی- مادون‌قرمز نزدیک ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. تعداد ۵۰ نمونه خاک از لایه سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متر) به‌صورت تصادفی از منطقه‌ای به وسعت ۱۳۶۸۸ کیلومترمربع از

www.SID.ir

Archive of SID

برخی از شهرستان‌های استان تهران جمع‌آوری شد. نمونه‌ها هوا خشک شده و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شدند. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها، توزیع اندازه ذرات خاک و مقدار کربن آلی به ترتیب به‌وسیله روش‌های هیدرومتری و والکلی- بلاک اندازه‌گیری شد (Walkley and Black, 1934). برای اندازه‌گیری بازتاب طیفی، نمونه‌های خاک در آون خشک (۱۰۵ درجه، به مدت ۲۴ ساعت) و ۵۰ گرم از هر نمونه وزن شده و با سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی (گرم آب/ گرم خاک) رطوبت-دهی شدند. ظروف با استفاده از یک پوشش پلاستیکی برای جلوگیری از تبخیر و پخش آب به‌صورت یکنواخت در کل نمونه به مدت ۲۴ ساعت پوشانده شدند. سپس بازتاب طیفی نمونه خاک‌های موردمطالعه با استفاده از دستگاه اسپکترورادیومتر زمینی (FieldSpec®3, ASD, FR, USA) در دامنه طول‌موج مرئی- مادون‌قرمز نزدیک (۲۵۰۰-۳۵۰ نانومتر) در تاریکخانه اندازه‌گیری شد. به‌منظور واسنجی دستگاه، افزایش دقت اندازه‌گیری و حذف آشفتگی طیفی به ازای هر سه نمونه خاک، یک قرائت نیز از صفحه سفید استاندارد که دارای بازتاب ۱۰۰ درصد می‌باشد انجام گردید. برای هر نمونه خاک ۱۵ اسکن (تکرار) تهیه و با کمک نرم‌افزار ViewSpec یک میانگین از منحنی‌های طیفی برای هر نمونه خاک محاسبه شد. هر منحنی طیفی ثبت شده دارای تفکیک طیفی یک نانومتر بود؛ به‌گونه‌ای که در گستره ۲۴۵۰-۴۰۰ نانومتر هر منحنی طیفی شامل ۲۰۵۰ بازتاب طیفی (۲۰۵۰ طول‌موج) می‌باشد.

یکی از مهم‌ترین مراحل آنالیز طیف‌سنجی، پیش‌پردازش داده‌های طیفی است. هدف اصلی از پیش‌پردازش، حذف آشفتگی طیفی (نویز)، ارتقاء کیفی داده‌ها و استفاده بهینه از داده‌های طیفی طی مرحله تخمین است. به دلیل وجود آشفتگی‌های زیاد طیفی در طول‌موج‌های ۳۵۰-۳۹۹ و ۲۴۵۱-۲۵۰۰ نانومتر، این محدوده از تمامی طیف‌ها حذف و در مدل‌سازی مورداستفاده قرار نگرفت (Gomez *et al*., 2008). همچنین روش‌های مختلف پیش‌پردازش شامل SNV، هموار سازی ساویتزکی-گولای (SG)، مشتق اول به همراه فیلتر ساویتزکی- گولای (1D- SG) و نرمال سازی به همراه فیلتر ساویتزکی- گولای (N- SG) با استفاده از نرم‌افزار Unscrambler X 10.4 (Trial) بر روی داده‌های طیفی انجام شد.

هموارسازی ساویتزکی-گولای یک شیوه مفید هموارسازی است که می‌تواند به‌طور مؤثر نویزهای تیز طیف را بدون از بین بردن اطلاعات طیفی برطرف کند. در این روش، الگوریتم ساویتزکی-گولای بر هر بخش متوالی طیف (همسایگی)، یک چندجمله‌ای برازش و مقدارهای اصلی طیف را با مقدارهای برازش شده (تغییرات منظم‌تر) جایگزین می‌کند. ازاین‌رو انتخاب تعداد نقطه‌های همسایگی و درجه‌ی چندجمله‌ای (که بیشتر یک انتخاب تجربی است) دارای اهمیت است به‌گونه‌ای که ضمن افزایش نسبت سیگنال به نویز، اطلاعات پیک‌ها هم حفظ شود برای این منظور ما از درجه ۲ و نقاط همسایگی ۱۱ استفاده کردیم (Savitzky and Golay,. 1964).

تبدیلات اشتقاقی (1st&2ndD) سبب تقویت و بارزسازی پدیده‌های جذبی بسیار ضعیف می‌شود (Shi *et al*., 2014). نکته اینجاست که غالباً 2ndD نسبت به نویز بسیار حساس بوده و در صورت وجود نویز سبب کاهش کیفیت داده‌ها می‌شود (Kemper and sommer, 2002). لذا از تبدیلات اشتقاقی باید همگام با الگوریتم هموارسازی استفاده کرد (Shi *et al*., 2014)، چون مشتقات به‌تنهایی سبب تقویت نویز می‌شوند. در این پژوهش نیز روش مشتق اول به همراه فیلتر ساویتزکی-گولای استفاده شد.

SNV[1] یکی دیگر از روش‌های پیش‌پردازش طیفی می‌باشد که با بکار بردن تبدیلات خطی بر روی هر طیف،

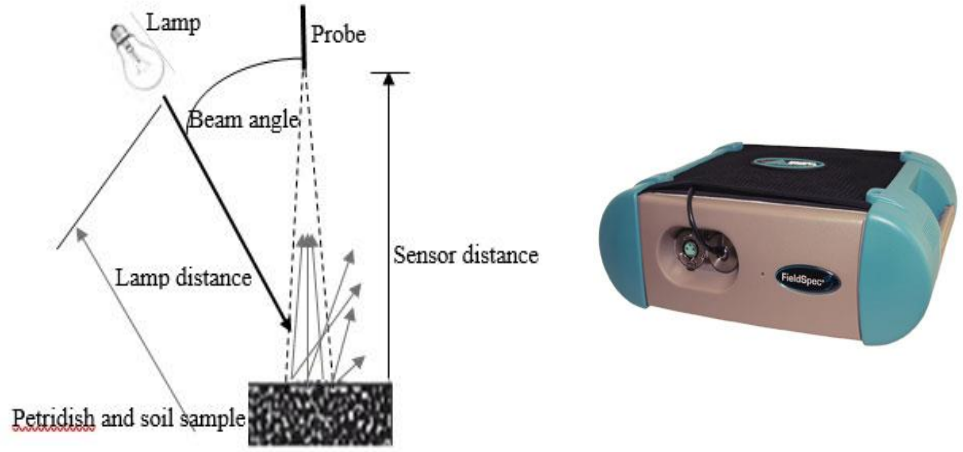
[1] Standard normal variate pretreatment

www.SID.ir

Archive of SID

سبب حذف خطاهای چندگونه ناشی از پراکنش و نیز اندازه ذرات خاک و ناهمواری‌های سطحی می‌شود.

پس از انجام پیش‌پردازش‌ها، ۸۰ درصد از نمونه‌ها برای واسنجی و ۲۰ درصد برای اعتبارسنجی در نظر گرفته شد؛ که از مدل رگرسیون حداقل مربعات جزئی (PLSR) با اعتبارسنجی متقابل برای پیش‌بینی مقدار کربن آلی استفاده شد. درنهایت بهترین مدل برازش داده‌شده بر اساس حداقل ریشه میانگین مربعات خطای پیش‌بینی (RMSE) و RPD، معرفی شد. مراحل توصیف‌های آماری متغیرها، با استفاده از نرم‌افزار SPSS و پیش‌پردازش طیف‌ها و مدل‌سازی با استفاده از نرم‌افزار Unscrambler X 10.4 (Trial) انجام شد.



شکل ۱. نمایی از دستگاه اسپکتورادیومتر (FieldSpec) و چیدمان آزمایشگاه طیف‌سنجی

نتایج و بحث

ویژگی‌های خاک و رفتار طیفی آن

نتایج آمار توصیفی اجزای بافت خاک و ماده آلی در جدول ۱ ارائه شده‌است. مقدار شن، سیلت و رس به ترتیب در گستره ۲۸/۵ تا ۶۰، ۱۴ تا ۴۰ و ۲۲ تا ۳۹/۵ درصد اندازه‌گیری شد. میانگین مقدار کربن آلی نیز ۱/۳۹ درصد به‌دست آمد. ازنظر کلاس بافتی نمونه‌های خاک دارای دو بافت لوم رسی و لوم رس شنی بودند.

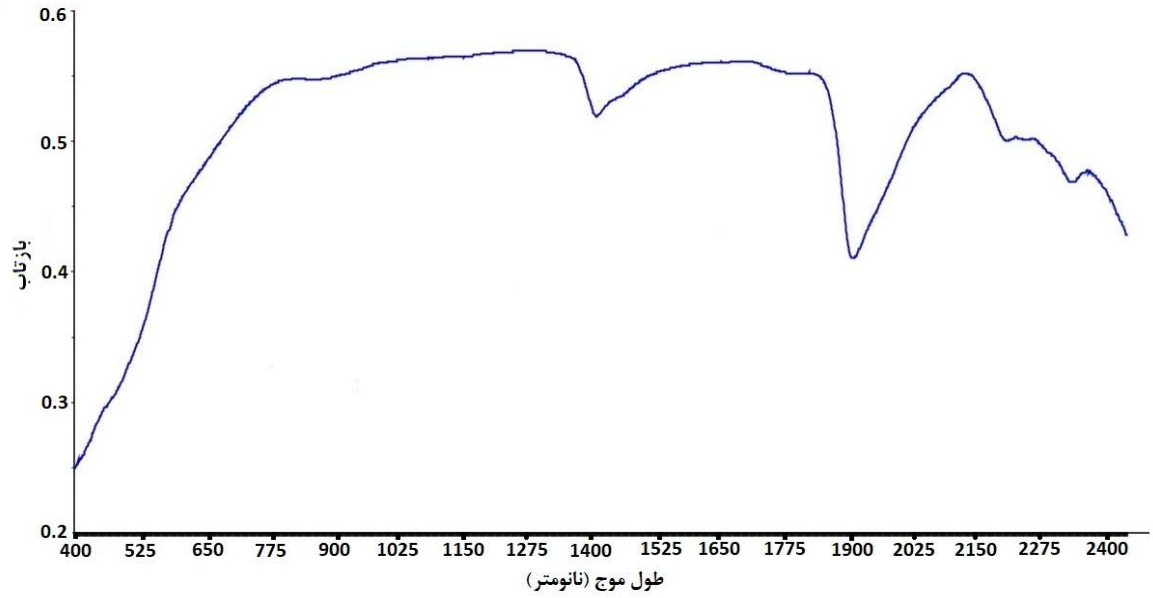
جدول ۱. ویژگی‌های آماری نمونه‌های خاک

ویژگی‌های آماری	ویژگی‌های خاک			
	شن	سیلت	رس	کربن آلی
حداقل	۲۸/۵	۱۴	۲۲	۰/۲۴
حداکثر	۶۰	۴۰	۳۹/۵	۳/۴۷
میانگین	۴۴/۴۸	۲۵/۹۱	۲۹/۶۱	۱/۳۹
انحراف معیار	۱۰/۹۰	۷/۹۸	۵/۲۲	۰/۹۸

www.SID.ir

Archive of SID

در شکل ۲، تغییرات منحنی‌های بازتاب طیفی در دامنه مرئی- مادون‌قرمز نزدیک ارائه شده‌است. به‌طورکلی رفتار طیفی خاک تابعی از اجزای تشکیل‌دهنده آن است. اجزای شیمیایی عمده کانی‌های خاک شامل اکسیژن، سیلسیم و آلومینیوم فاقد مشخصه‌های جذبی قوی در گستره مرئی و مادون‌قرمز هستند. درحالی‌که اجزای مهم خاک شامل اکسیدهای آهن، رس و کربن آلی تأثیر زیادی بر منحنی طیفی و مشخصه‌های جذبی دارند. بیش‌ترین تأثیر کربن آلی بر مقدار بازتاب در ناحیه مادون‌قرمز طول‌موج ۲۳۳۰ نانومتر (به دلیل وجود گروه‌های O-H) قابل مشاهده است. مشخصه‌های ضعیف‌تر غالباً در مجاور ۱۱۵۰، ۱۶۷۰، ۱۷۶۵، ۲۰۷۰، ۲۱۱۰، ۲۱۴۰، ۲۱۹۰، ۲۲۸۰، ۲۳۱۰ و ۲۳۹۰ نانومتر توسط Ben- Dor و همکاران (۱۹۹۷) گزارش شده است. مشخصه‌های جذبی ماده آلی در گستره مادون‌قرمز نزدیک و میانی مربوط به وجود گروه‌های CH، NH و CO در ترکیبات آلی است (Workman, 2000). همچنین باندهای جذبی مجاور ۱۴۰۰ و ۱۹۰۰ نانومتر می‌تواند به دلیل وجود آب در ترکیبات آلی باشد. علاوه بر این، افزایش در مقدار کربن آلی خاک باعث اثرگذاری بر شکل منحنی طیفی خاک شده و مقدار بازتاب را به‌ویژه در ناحیه مرئی و مادون‌قرمز نزدیک به دلیل وجود اسید هومیک تیره کاهش داده است.



شکل ۲. منحنی خام طیفی خاک

همان‌طور که در شکل ۳ مشاهده می‌شود مقدار تغییرات منحنی‌های بازتاب به ازای افزایش مقدار کربن آلی، با افزایش رطوبت خاک کاهش‌یافته و باعث ایجاد هم‌پوشانی در طول‌موج‌های ۱۴۰۰ و ۱۹۰۰ نانومتر شده است که این عامل می‌تواند سبب کاهش دقت پیش‌بینی مدل شود. با افزایش مقدار رطوبت خاک از حالت آون خشک به مقدار ۲۰ درصد عمق فرورفتگی‌ها در طول‌موج‌های ۱۴۰۰، ۱۹۰۰ و ۲۲۰۰ نانومتر به‌شدت

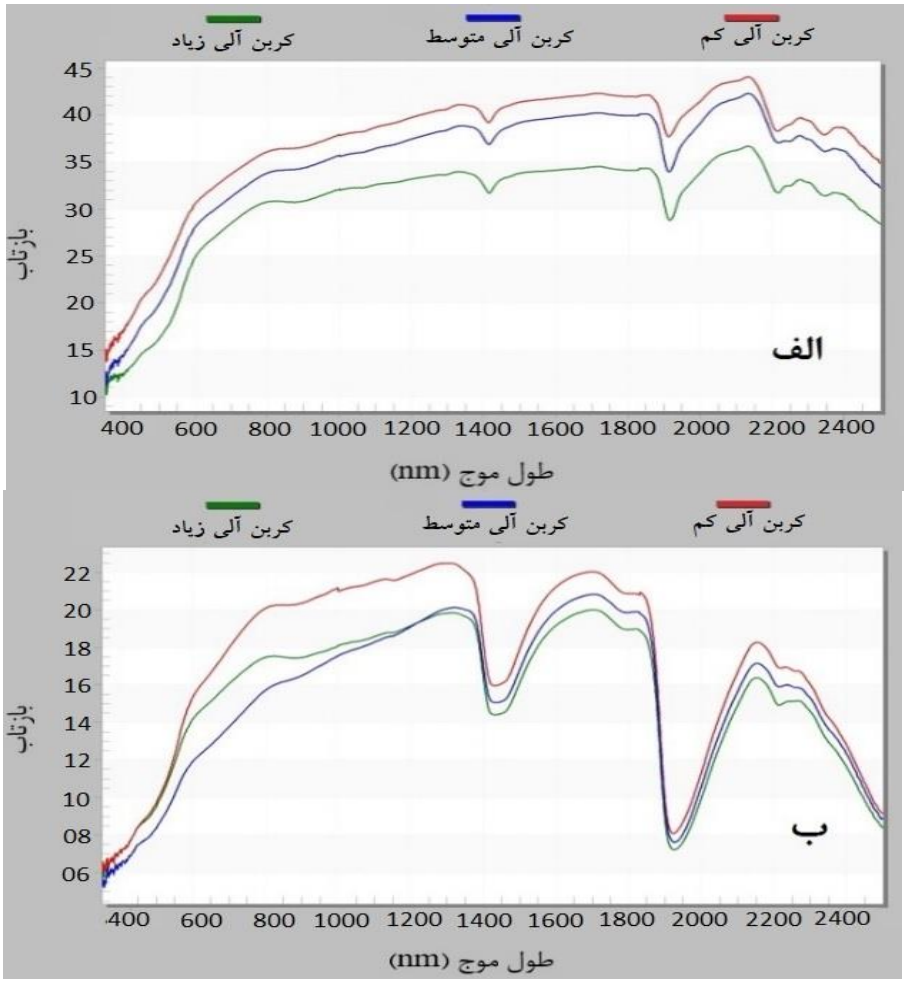
www.SID.ir

Archive of SID

افزایش‌یافته است که به این طول‌موج‌ها، باندهای جذبی می‌گویند. این باندهای جذبی به بسیاری از ویژگی‌های خاک ازجمله مقدار رطوبت و کربن آلی حساس است؛

بنابراین طول‌موج‌های ذکرشده نقش مهمی را در فرایند تخمین مقدار کربن آلی خاک ایفا می‌کنند

.



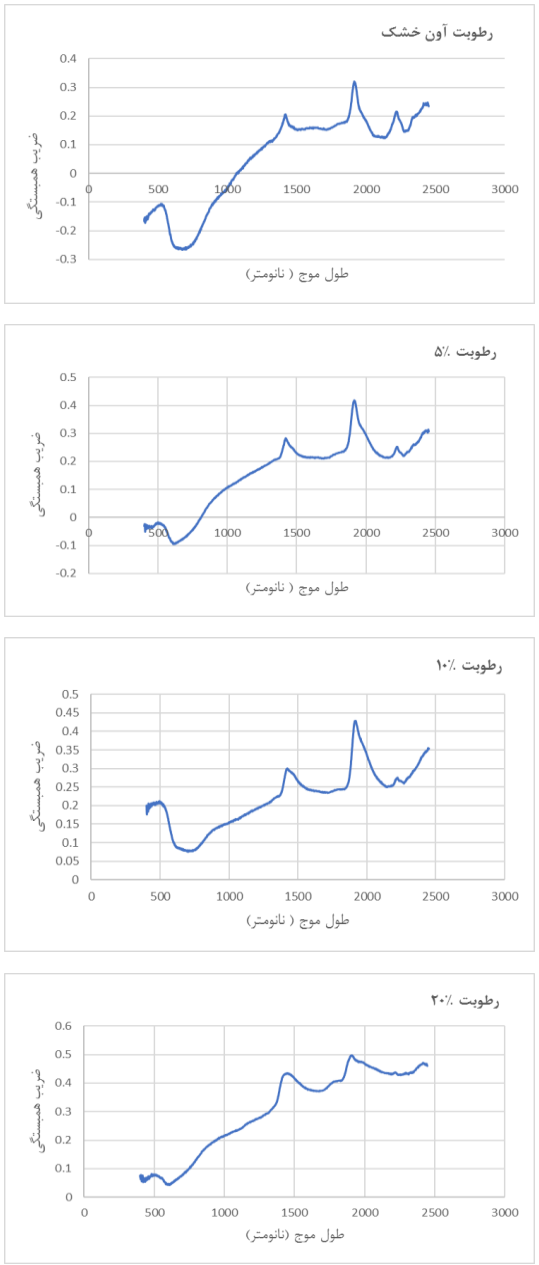
شکل ۳. منحنی بازتاب خاک در سطوح مختلف کربن آلی در رطوبت الف) آون خشک، ب) ۲۰ درصد

تجزیه و تحلیل همبستگی بین متغییرها

در شکل ۴ ضریب همبستگی پیرسون بین مقدار ماده آلی با مقادیر بازتاب طیفی در گستره ۴۰۰–۲۴۵۰ نانومتر ارائه شده است. نتایج نشان داد که ماده آلی به ازای طول موج‌های مختلف در رطوبت‌های آون خشک و ۵ درصد دارای همبستگی‌های مثبت و منفی ولی در رطوبت ۱۰ و ۱۵ درصد فقط دارای همبستگی مثبت می‌باشد. بیشینه ضریب همبستگی در رطوبت‌های آون خشک، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد به ترتیب در طول موج‌های ۱۹۱۹، ۱۹۱۴، ۱۹۱۰ و ۱۹۰۴ معادل ۰/۳۱، ۰/۴۲، ۰/۴۲ و ۰/۴۹ بدست آمد. وجود چنین همبستگی‌هایی توسط دیگر پژوهشگران نیز گزارش شده است (Bilgili *et al.*, 2010؛ Summers *et al.*, 2011).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. نمودار همبستگی بین ماده آلی خاک و طول موج

اثر روش‌های مختلف پیش‌پردازش و رطوبت خاک بر دقت مدل

پیش از واسنجی مدل اثر روش‌های مختلف پیش-پردازش و تلفیق آن‌ها بر روی نتایج آزمون مدل موردبررسی قرار گرفت. جدول ۲ پارامترهای مدل ساخته شده برای پیش‌بینی کربن آلی بر اساس روش‌های مختلف پیش‌پردازش را نشان می‌دهد. نتایج نشان می‌دهد که روش‌های مختلف پیش‌پردازش تأثیر قابل‌توجهی بر روی مدل رگرسیونی دارند. پژوهشگران دیگری همچون Kuśnierek (۲۰۱۱)، Gras و همکاران (۲۰۱۴)، Nawar و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش کرده‌اند که نتایج بهتری با

www.SID.ir

Archive of SID

استفاده از پیش‌پردازش طیف‌ها در مقایسه با شرایط بدون پیش‌پردازش به‌دست آوردند. بهترین نتایج مدل‌سازی در همه رطوبت‌ها با استفاده از روش SNV به‌دست آمد. ضعیف‌ترین مدل نیز در همه رطوبت‌ها روش 1D-SG بود. پژوهش‌های Munson و همکاران (۲۰۰۴) نشان داده که استفاده از روش SNV همراه با فیلتر میانه نتایج دقیق‌تری در مقایسه با سایر روش‌های پیش‌پردازش ارائه می‌دهد

جدول ۲. ضریب تعیین و خطای جذر میانگین مربعات انواع روش‌های پیش‌پردازش در مدل PLSR

رطوبت	واسنجی		اعتبارسنجی	
	R^2	RMSE	R^2	RMSE
	SNV			
آون خشک	۰/۹۸	۰/۱۰۴	۰/۸۳	۰/۴۲۲
۵	۰/۹۰	۰/۲۹۵	۰/۷۵	۰/۲۴۹
۱۰	۰/۸۵	۰/۳۶۰	۰/۷۰	۰/۵۵۳
۱۵	۰/۸۱	۰/۳۸۵	۰/۶۰	۰/۵۸۸
	SG			
آون خشک	۰/۹۷	۰/۱۶۹	۰/۷۰	۰/۵۶۷
۵	۰/۹۴	۰/۲۳۳	۰/۶۱	۰/۶۲۱
۱۰	۰/۹۲	۰/۲۶۴	۰/۵۹	۰/۴۵۵
۱۵	۰/۸۸	۰/۳۰۴	۰/۴۷	۰/۶۷۵
	Normal- SG			
آون خشک	۰/۹۶	۰/۱۳۲	۰/۸۳	۰/۴۳۱
۵	۰/۹۴	۰/۱۹۹	۰/۷۳	۰/۵۱۸
۱۰	۰/۹۰	۰/۲۹۵	۰/۶۸	۰/۴۶۵
۱۵	۰/۵۴	۰/۵۹۵	۰/۴۴	۰/۶۹۶
	1D-SG			
آون خشک	۰/۹۸	۰/۱۱۳	۰/۵۱	۰/۷۳۳
۵	۰/۹۴	۰/۲۲۵	۰/۴۹	۰/۷۱۸
۱۰	۰/۹۳	۰/۲۳۷	۰/۶۱	۰/۶۲۷
۱۵	۰/۸۶	۰/۳۲۴	۰/۵۹	۰/۵۹۶

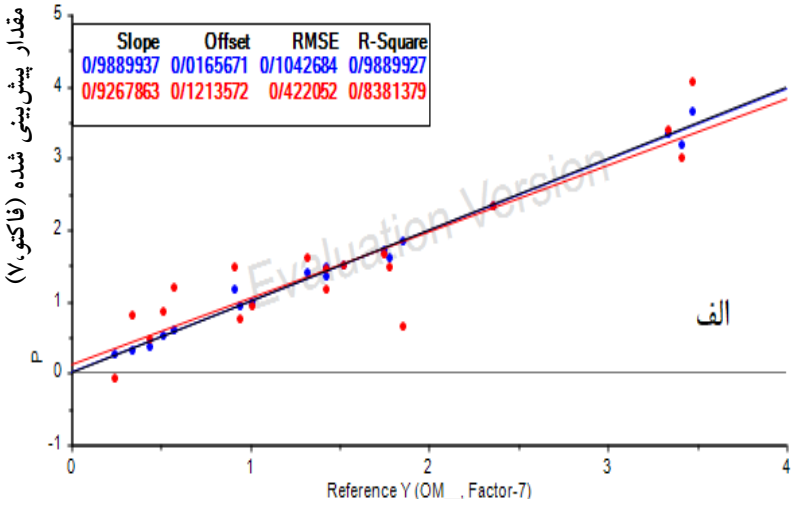
شکل ۵ نمودارهای مقادیر اندازه‌گیری در برابر پیش‌بینی شده کربن آلی در دو گروه واسنجی و اعتبارسنجی نشان می‌دهد. با توجه به شکل مقدار R^2، RMSE و slope (شیب) حاصل شده از مدلسازی در گروه واسنجی در رطوبت آون خشک به ترتیب برابر با ۰/۹۸، ۰/۱۰۴ و ۰/۹۹؛ در رطوبت ٪۵ برابر با ۰/۹۰، ۰/۲۹۵ و ۰/۹۰؛ در رطوبت ٪۱۵ برابر ۰/۸۶، ۰/۳۶۰ و ۰/۸۶؛ در رطوبت ٪۲۰ برابر با ۰/۸۱، ۰/۳۸۵ و ۰/۸۱بود. همچنین جدول ۳ اعتبارسنجی مدل واسنجی شده PLSR را برای پیش‌بینی کربن آلی خاک در مجموعه اعتبارسنجی متقابل نشان می‌دهد. بهترین نتیجه در رطوبت آون خشک برای گروه اعتبارسنجی با مقدار R^2، RMSE و همبستگی ۰/۸۳، ۰/۴۲۲ و ۰/۹۱ به‌دست آمد. همچنین R^2، RMSE و همبستگی به ترتیب ۰/۷۵، ۰/۵۴۳و ۰/۸۳ در رطوبت ۵ درصد؛ ۰/۷۰، ۰/۵۵۳و ۰/۶۵ در رطوبت ۱۰ درصد؛ ۰/۶۰، ۰/۵۵۸ و ۰/۷۴ در رطوبت ۱۵ درصد به دست آمد. تاکنون بیش‌ترین مطالعات طیف سنجی مرئی- مادون‌قرمز نزدیک

www.SID.ir

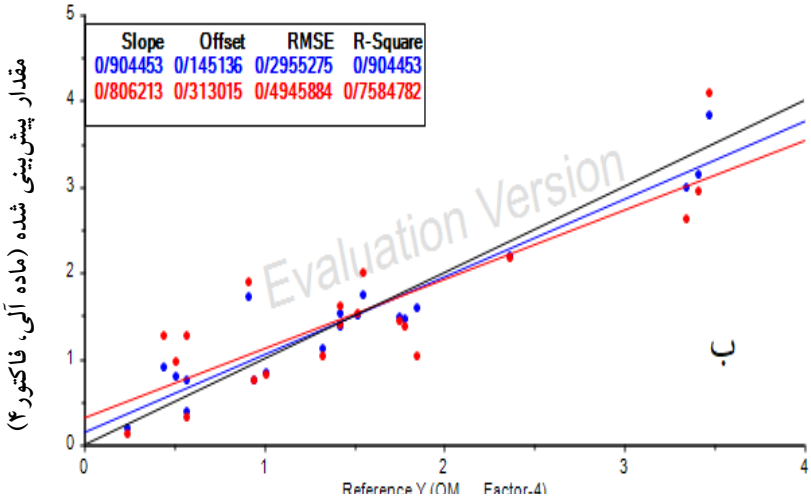
Archive of SID

مربوط به ارزیابی ماده آلی خاک بوده است. محققین مختلف نتایج متفاوتی در برآورد مقدار ماده آلی به‌دست آورده‌اند. خیامیم و همکاران (۱۳۹۴) با مطالعه ۲۴۸ نمونه خاک در استان اصفهان ضریب تبیین ۰/۶۱ را گزارش کردند. Aïchi و همکاران (۲۰۰۹) با مطالعه ۶۴ نمونه خاک سطحی در فرانسه ضریب تبیین ۰/۹۱ و ریشه حداقل مربعات خطای ۰/۳۶ به‌دست آوردند. نتایج Stenberg و همکاران (۲۰۰۲) برای تخمین مقدار کربن آلی خاک نشان داد که تطابق پایینی بین مقادیر اندازه‌گیری شده و پیش‌بینی شده وجود دارد

به‌طوری‌که ضریب تبیین پیش‌بینی ۰/۴۶ بود. تنوع نتایج برای تخمین ماده آلی دلایل متفاوتی دارد. Stenberg و همکاران (۲۰۱۰) معتقدند اگرچه مواد آلی ویژگی‌های جذبی خاصی درمحدوده مادون‌قرمز نزدیک دارند ولی در اغلب موارد این ویژگی‌های جذبی ضعیف‌اند؛ بنابراین در خاک هایی که تنوع کانی شناسی بالایی وجود دارد و یا مقادیر شن در آنها زیاد است، ویژگی‌های جذبی ماده آلی به علت پخش نور با حضور کوارتز پوشیده می‌شود بنابراین، تخمین ماده آلی در این نوع خاک ها ضعیف خواهد بود.



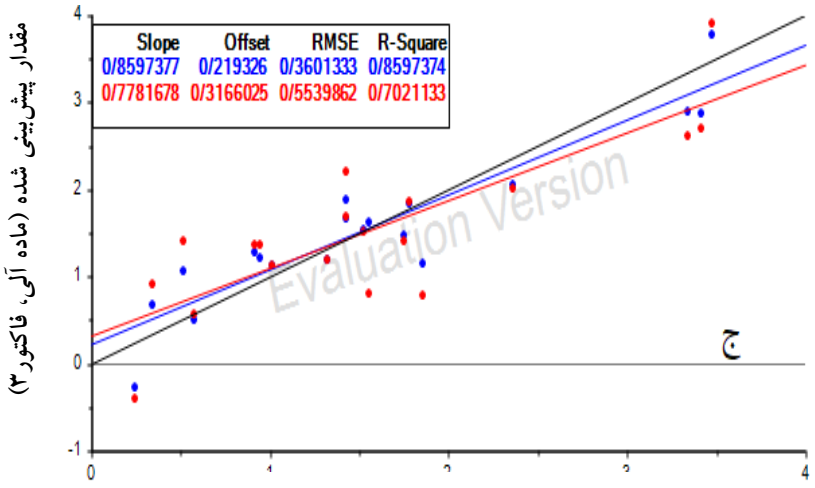
مقدار اندازه‌گیری شده (ماده آلی،فاکتور۷)

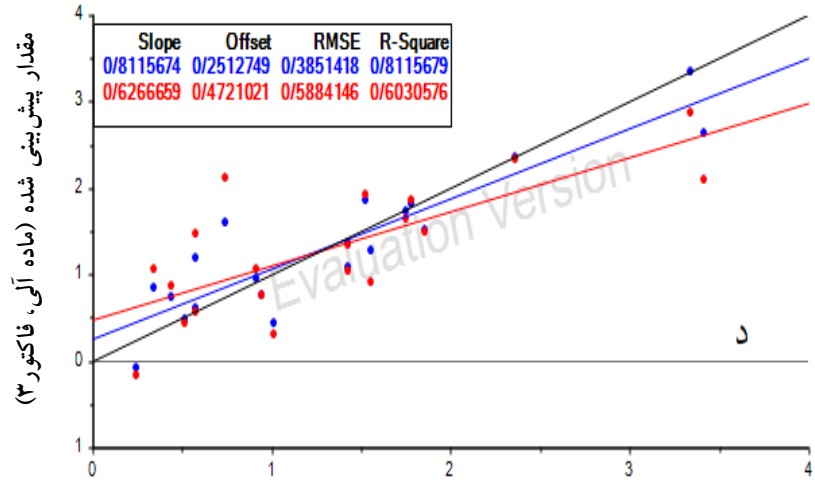


مقدار اندازه‌گیری شده (ماده آلی، فاکتور۴)

www.SID.ir

Archive of SID





شکل۵. مقادیر اندازه‌گیری در مقابل مقادیر برآورد شده با استفاده از PLSR

جدول ۳. مشخصات آماری اعتبارسنجی مدل تخمین‌گر ماده آلی

رطوبت	Factor	R^2	RMSE	RPD	SEP	Correlation
آون خشک	۷	۰/۸۳	۰/۴۲۲	۲/۳۲۲	۰/۴۳۳	۰/۹۱
٪۵	۴	۰/۷۵	۰/۵۴۳	۱/۸۰۴	۰/۵۵۷	۰/۸۳
٪۱۰	۳	۰/۷۰	۰/۵۵۳	۱/۷۷۲	۰/۹۳۶	۰/۶۵
٪۱۵	۳	۰/۶۰	۰/۵۵۸	۱/۷۵۶	۰/۶۷۴	۰/۷۴

www.SID.ir

Archive of SID

علاوه‌بر RMSE دقت مدل پیش‌بینی شده توسط RPD (درصد انحراف نسبی) که نسبت انحراف معیار مقادیر اندازه‌گیری شده به حداقل مربعات خطای مدل می‌باشد نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. تفسیر RPD بین محققین متفاوت است ولی آنچه که به‌طور کلی قابل قبول است این است که زمانی که مقدار RPD کمتر از ۱/۵ باشد، پیش‌بینی مدل ضعیف است و اگر بین ۱/۵ تا ۲ باشد پیش‌بینی قابل قبول است و اگر بیش از ۲ باشد پیش‌بینی کاملا مناسب بوده است (Summers *et al.*, 2011؛ Williams, 2001). با توجه به جدول ۳ بیش‌ترین مقدار RPD در رطوبت آون خشک ۲/۳۲۲ به‌دست آمد. سپس با افزایش رطوبت از مقدار آن کاسته شده و به ترتیب برابر با ۱/۸۰۴، ۱/۷۷۲ و ۱/۷۵۶ در رطوبت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد بود. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت خاک از دقت مدل کاسته شده است. این نتیجه با یافته‌های دیگر پژوهشگران در مورد اثر رطوبت خاک بر دقت پیش‌بینی خواص خاک مطابقت دارد (Chang *et al.*, 2005؛ Mouazen *et al.*, 2006). پژوهشگرانی همچون Bogrekci و Lee (۲۰۰۶) بیان کردند که با حذف اثر رطوبت از طیف‌های بازتابی دقت پیش‌بینی مدل به‌طور قابل‌توجهی افزایش یافت؛ بنابراین رطوبت به‌عنوان عاملی مزاحم در برآورد ویژگی‌های خاک توسط طیف‌سنجی عمل کرده و باعث کاهش دقت مدل می‌شود. بااین‌حال در این پژوهش کربن آلی در همه سطوح رطوبتی با دقت قابل قبولی (RPD بالای ۱/۵) پیش‌بینی شده است. این بدین معنی است که طیف‌سنجی مرئی- مادون‌قرمز نزدیک از دقت نسبتاً بالایی برای برآورد مقدار کربن آلی خاک برخوردار می‌باشد.

نتیجه‌گیری

در این پژوهش امکان استفاده از بازتاب طیفی در گستره مرئی- مادون‌قرمز نزدیک برای برآورد کربن آلی خاک در سطوح مختلف رطوبتی ارزیابی شد. سه مشخصه جذبی مهم در طول‌موج‌های ۱۴۰۰، ۱۹۰۰ و ۲۲۰۰ نانومتر مشاهده شد که مربوط به آب موجود در شبکه کانی‌های رسی و رطوبت هیگروسکوپیک خاک می‌باشد. این باندها اهمیت زیادی در برآورد مقدار کربن آلی خاک دارند. نتایج نشان داد که بهترین و ضعیف‌ترین نتایج مدل‌سازی ماده آلی به ترتیب در روش SNV و روش 1D- SG به‌دست آمد. همچنین نتایج مدل‌سازی به روش حداقل مربعات جزئی نشان داد که مقادیر ضریب تبیین در گروه اعتبار سنجی برای کربن آلی به ترتیب ۰/۸۳، ۰/۷۵، ۰/۷۰ و ۰/۶۰ در رطوبت‌های آون خشک، ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد می‌باشد. نتایج نشان می‌دهد که با افزایش رطوبت خاک از دقت مدل کاسته شده است. این نتیجه با یافته‌های دیگر پژوهشگران در مورد اثر رطوبت خاک بر دقت پیش‌بینی خواص خاک مطابقت دارد. دقت مدل پیش‌بینی شده توسط RPD نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. با توجه به مقادیر RPD پیش‌بینی مدل برای کربن آلی در رطوبت آون خشک کاملاً مناسب بوده و از دقت بالایی برخوردار است. در رطوبت‌های ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد نیز دقت مدل قابل‌قبول بود. نیاز جهانی به جمع‌آوری اطلاعات مکانی خاک به‌منظور پایش محیط‌زیست، مدل‌سازی و مدیریت مکانی خاک در سطح وسیع نیازمند تکنیک‌های جدیدی است که به‌صورت ساده، ارزان و در حداقل زمان ممکن بتواند اطلاعات چندین خصوصیت خاک را ثبت نماید. نتایج فوق نشان می‌دهد که باوجود کاهش دقت با افزایش رطوبت خاک در روش طیف‌سنجی، همچنان می‌توان از این روش به‌عنوان روشی سریع و مقرون به‌صرفه برای برآورد مقدار کربن آلی خاک استفاده کرد.

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورداستفاده

جلالی، و.، بابائیان، ا. ۱۳۹۵. برآورد مقدار کربن آلی خاک با استفاده از داده‌های ابر طیفی در گستره VIS-NIR-SWIR. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار، ۶ (۲): ۶۵-۸۲.

خیامیم، ف.، خادمی، ح.، استنبرگ، ب. و ویترلیند، ی. ۱۳۹۴. قابلیت روش طیف سنجی مرئی-مادون قرمز نزدیک در پیش‌بینی چند ویژگی شیمیایی خاک های استان اصفهان. نشریه: علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی)، ۱۹ (۷۲): ۸۱-۹۱.

Aichi, H., Fouad, Y., Walter, C., Rossel, R.V., Chabaane, Z.L. and Sanaa, M., 2009. Regional predictions of soil organic carbon content from spectral reflectance measurements. Biosystems engineering, 104(3): 442-446.

Anon. 1982. Organic matterial and soil productivity in the near east. FAO. Soil Bulletin, No. 45.

Ben-Dor, E., Inbar, Y. and Chen, Y., 1997. The reflectance spectra of organic matter in the visible near-infrared and short wave infrared region (400–2500 nm) during a controlled decomposition process. Remote Sensing of Environment, 61(1): 1-15.

Ben-Dor, E., Chabrillat, S., Demattê, J.A.M., Taylor, G.R., Hill, J., Whiting, M.L. and Sommer, S., 2009. Using imaging spectroscopy to study soil properties. Remote Sensing of Environment, 113, pp.S38-S55.

Bilgili, A.V., Van Es, H.M., Akbas, F., Durak, A. and Hively, W.D., 2010. Visible-near infrared reflectance spectroscopy for assessment of soil properties in a semi-arid area of Turkey. Journal of Arid Environments, 74(2): 229-238.

Bogrekci, I. and Lee, W.S., 2006. Effects of soil moisture content on absorbance spectra of sandy soils in sensing phosphorus concentrations using UV-VIS-NIR spectroscopy. Transactions of the ASABE, 49(4): 1175-1180.

Brown, D.J., Shepherd, K.D., Walsh, M.G., Dewayne Mays, M. and Reinsch, T.G., 2006. Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. Geoderma 132, 273–290.

Chang, C.-W.. D.A. Laird, and C.R. Hurburgh, Jr.. 2005. Influence of soil moisture on near-infrared reflectance .specttoscopic measurement of soil properties. Soil Sei. 170: 244-255.

Dabkowska-Naskret, H., J. Dlugosz and M. Kobierski. 1997. Aggregation of soil particles in relation to iron oxides and organic matter content in black earths (gleyic phaeozems) of kujawy upland. Fragmenta. Agron., 97:167-170.

Debaene, G., J. Niedźwiecki and A. Pecio. 2010. Visible and near-infrared spectrophotometer for soil analysis: preliminary results. Pol. J. Agronom. 3: 3–9.

Fideˆncio, P.H., Poppi, R.J. and De Andrade, J.C. 2002. Determination of organic matter in soils using radial basis function networks and near infrared spectroscopy. Analytica Chimica Acta 453: 125– 134.

Gomez, C., Lagacherie, P. and Coulouma, G. 2008. Continuum removal versus PLSR method for clay and calcium carbonate content estimation from laboratory and airborne hyperspectral measurements. Geoderma, 148(2): 141-148.

Gras, J. P., Barthès, B. G. Mahaut B. and Trupin. S. 2014. Best practices for obtaining and processing field visible and near infrared (VNIR) spectra of topsoil. Geoderma, 215: 126–134.

Islam, K., Singh, B. and McBratney, A.B. 2003. Simultaneous estimation of various soil properties by ultra-violet, visible and near-infrared reflectance spectroscopy. Australian Journal of Soil Research 41: 1101– 1114.

Janik, L.J., Merry, R.H. and Skjemstad, J.O. 1998. Can mid infra-red diffuse reflectance analysis replace soil extractions? Australian Journal of Experimental Agriculture 38 (7): 681– 696.

Janik, L.J., Forrester, S.T. and Rawson, A. 2009. The prediction of soil chemical and physical properties from mid-infrared spectroscopy and combined partial least-squares regression and neural networks (PLS-NN) analysis. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 97(2): 179-188.

Kemper, T. and Sommer, S. 2002. Estimate of heavy metal contamination in soils after a mining accident using reflectance spectroscopy. Environmental Science & Technology, 36(12), pp.2742-2747.

Knadel, M., Deng, F., Alinejadian, A., de Jonge, L.W., Møldrup, P. and Greve, M.H., 2013. Moisture effects on visible-near infrared soil spectra-from wet to hyper dry. In ASA, CSSA, and SSSA 2013 International Annual Meetings.

Kuśnierek, K. 2011. Pre-processing of soil visible and near infrared spectra taken in laboratory and field conditions to improve the within-field soil organic carbon multivariate calibration. The Second Global Workshop on Proximal Soil Sensing, Montreal, Canada. 100-103.

McCarty, G.W., Reeves III, J.B., Reeves, V.B., Follett, R.F. and Kimble, J.M., 2002. Mid-infrared and near-infrared diffuse reflectance spectroscopy for soil carbon measurements. Soil Science Society of America Journal 66: 640– 646.

www.SID.ir

Archive of SID

Mouazen, A.M., Baerdemaeker, J. De. and Ramon. H. 2006. Effect of wavelength range on the measurement accuracy of some selected soil properties using visual-near infrared spectroscopy. J. Near Infiared Spectrosc. 14:189-199.

Munson, S.A., and Carey, A.E. 2004. Organic matter sources and transport in an agriculturally dominated temperate watershed. Appl. Geochem. 19: 1111-1121.

Nawar, S., Buddenbaum, H., Hill, J., Kozak, J. and Mouazen, A.M., 2016. Estimating the soil clay content and organic matter by means of different calibration methods of vis-NIR diffuse reflectance spectroscopy. Soil and Tillage Research, 155: 510-522.

Ramirez-Lopez, L., Behrens, T., Schmidt, K., Stevens, A., Demattê, J.A.M. and Scholten, T., 2013. The spectrum-based learner: A new local approach for modeling soil vis–NIR spectra of complex datasets. Geoderma, 195: 268-279.

Savitzky, A. and Golay, M.J., 1964. Smoothing and differentiation of data by simplified least squares procedures. Analytical chemistry, 36(8): 1627-1639.

Shi, T., Cui, L., Wang, J., Fei, T., Chen, Y. and Wu, G., 2013. Comparison of multivariate methods for estimating soil total nitrogen with visible/near-infrared spectroscopy. Plant and soil, 366(1-2): 363-375.

Stevenson, F.G. 1994. Humus Chemistry. John Wily and Sons Pub. New York.

Stenberg, B., Jonsson, A. and Börjesson, T., 2002. Near infrared technology for soil analysis with implications for precision agriculture. In Near Infrared Spectroscopy: Proceedings of the 10th International Conference. NIR Publications, Chichester, UK, Kyongju S. Korea, 279-284 .

Stenberg, B., Rossel, R.A.V., Mouazen, A.M. and Wetterlind, J., 2010. Visible and near infrared spectroscopy in soil science. In Advances in agronomy (Vol. 107, pp. 163-215). Academic Press.

Summers, D., Lewis, M., Ostendorf, B. and Chittleborough, D., 2011. Visible near-infrared reflectance spectroscopy as a predictive indicator of soil properties. Ecological Indicators, 11(1): 123-131.

Viscarra Rossel, R.A.,Walter, C. and Fouad, Y. 2003. Assessment of two reflectance techniques for the quantification of field soil organic carbon. In: Stafford, J., Werner, A. (Eds.), Precision Agriculture. Fourth European Conference on Precision Agriculture. Wageningen Academic Publishers, Berlin, pp. 697– 703.

Walkley, A. and Black, I.A. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil science, 37(1): 29-38.

Williams, P. C. 2001. Implementation of near-infrared technology. In: Williams, P., Norris, K. (Eds.), Near-infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. American Association of Cereal Chemists Inc., St. Paul, MN. 145-169.

Workman Jr, J. ed., 2000. The Handbook of Organic Compounds, Three-Volume Set: NIR, IR, R, and UV-Vis Spectra Featuring Polymers and Surfactants. Elsevier.

www.SID.ir

Archive of SID

ISSN 2251-7480

The effect of soil moisture on the accuracy of the spectroscopy method in estimating the amount of soil organic matter

Ali Akbar Noroozi[1*], Zahra Rezghi[2] and Mehdi Homaee[3]

1) Associate Professor, Soil Conservation and Watershed Management Research Institute, Tehran, Iran.
[*]Corresponding author email: noroozi.aa@gmail.com
2) M. Sc., Department of Soil Science, Tarbiat Modares universsity, Tehran, Iran
3) Professor, Department of Irrigation and Drainage, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran.

Received: 23-10-2018 Accepted: 24-02-2019

Abstract

Soil organic matter is considered as an indicator of soil quality and its fertility due to its impact on the physical, chemical and biological properties of soil. The purpose of this study was to investigate the effect of moisture on soil spectral behavior in order to estimate the amount of organic matter using visible-near infrared spectroscopy. Also, the performance of different preprocessing methods was compared in modeling. For this purpose, 50 soil samples from a surface layer (0-30 cm) were randomly collected from some cities in Tehran province. The samples were air-dried and passed through a 2 mm sieve. The amount of organic matter and soil texture were measured in the laboratory. To measure spectral reflectance, soil samples are dry in the oven and they were hydrated with levels of 5, 10, 15 and 20 wt.% (Grams of water / g of soil). Then, Soil samples were scanned using a FieldSpec Pro Spectroradiometer with a measurement range of 350–2500 nm. The results of the cross-evaluation indicated that SNV pre-processing method was better in predicting organic carbon content of soil. The best result for the validation group was obtained in dry oven moisture with R2 and RMSE values of 0.83 and 0.422 respectively. Also, R2 and RMSE were 0.75 and 0.543, respectively, at 5% moisture content, 0.70, 0.553 at 10% moisture, 0.605, 0.558 in moisture content of 15%.

Keywords: partial least squares regression; preprocessing; spectral reflection; visible-near infrared

www.SID.ir