اندازه گیری کربن خاک با استفاده از point spectroscopy و hyperspectral imaging

محمد صادق عسکری
استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه زنجان

چکیده

نتایج استفاده از روشهای طیف سنجی و پردازش تصاویر هایپر اسپکترال(hyperspectral) در مطالعات خاک؛ نشان دهنده قابلیت این روشها برای جایگزینی روشهای متداول و زمان بر اندازه گیری کربن خاک بوده است. هدف از این تحقیق جواب به این سوال است که آیا تفاوتی بین دقت استفاده از روش طیف سنجی نقطه ای و استفاده از تصاویر هایپر اسپکترال به منظور اندازه گیری کربن خاک وجود دارد؟ برای این منظور اطلاعات طیفی ۳۷۵ نمونه خاک با استفاده از دو دستگاه طیف سنج نقطه ای و دو دستگاه هایپر اسپکترال بدست آمد و میزان کربن خاک در هر نمونه به دقت اندازه گیری شد. مدلهای طیفی با استفاده از آنالیزهای چند متغیره برآورد و بوسیله پارامترهای آماری مقایسه شدند. نتایج این تحقیق نشان داد علارقم اینکه تفاوتهای برای رسیدن به یک مدل بهینه بین این روشها وجود دارد، هر دو روش قابلیت بالای برای اندازه گیری دقیق کربن خاک دارند.

واژه‌های کلیدی: طیف سنجی نقطه ای، تصاویر هایپر اسپکترال، آنالیزهای چند متغیره، کربن آلی خاک

مقدمه

دو دهه تلاش در زمینه استفاده از طیف سنجی (spectroscopy) در مطالعات کشاورزی و علوم غذایی باعث جایگزینی این روش با برخی روشهای اندازه گیری زمانبر در این علوم شده است(Huang et al., ۲۰۰۸) . با وجود اینکه در چند سال اخیر استفاده از این روش در مطالعات خاکشناسی قابلیت آن به عنوان یک روش دقیق، سریع و ارزان برای اندازه گیری برخی از خصوصیات خاک را تایید کرده است، طیف سنجی خاک (soil spectroscopy) هنوز نتوانسته به مرحله ای برسد که به عنوان جایگزین روشهای متداول، گران و زمانبر آزمایشگاهی شود. یکی از دلایل آن این است که این گونه مطالعات با استفاده از دستگاه ها (Spectrometers)) مختلف و در شرایط متفاوتی در سراسر جهان انجام شده و هنوز مقایسه های لازم و کافی بین این دستگاه ها انجام نشده است. از طرف دیگر هنوز در دقت استفاده از این روشها در مقایسه با روشهای معمول آزمایشگاهی تردید وجود دارد و مطالعات بیشتری در این زمینه لازم است تا دانشمندان و مدیران اراضی که آشنایی بیشتری با روشهای معمول دارند، متقاعد کرد که از طیف سنجی خاک (soil spectroscopy) استفاده کنند. تلاشهای که به منظور افزایش دقت طیف سنجی خاک انجام شده، بیشتر متمرکز بوده اند بر روی دقت مدل های کالیبراسیون (Askari et al., ۲۰۱۵a,b)، ساخت بانک اطلاعات طیفی خاک (Brown et al., ۲۰۰۶; Viscarra-Rossel et al., ۲۰۰۸)، فاکتورهای تغییر پذیری که بر روی دقت طیف سنجی خاک تاثیر گذارند (Mouazen et al., ۲۰۱۰; Vohland et al., ۲۰۱۱) و پیش پردازشهای که باعث افزایش کیفیت طیفها و یا تصاویر می شوند (Vasques et al., ۲۰۰۸, O'Rourke and Holden ۲۰۱۲) . بیشتر تحقیقات چاپ شده از یک دستگاه طیف سنجی استفاده کرده اند و هنوز مشخص نیست که آیا امکان تطابق بانکهای اطلاعات طیفی که در شرایط آزمایشگاهی یا مزرعه و همینطور به روش طیف سنجی نقطه ای (point spectroscopy) و یا تصاویر هایپر اسپیکترال (Hyperspectral images) تهیه شده اند، وجود دارد. هر دو سیستم طیف سنجی نقطه ای و تصویر برداری هایپر اسپکترال نشان داده اند که قابلیت بالای برای اندازه گیری کربن خاک دارند (Sarkhot et al., ۲۰۱۱; O'Rourke and Holden ۲۰۱۲) اما هنوز تاثیر نوع دستگاه اندازه گیری و نحوه تهیه طیف های برروی دقت اندازه گیری کربن خاک مشخص نیست. هدف این تحقیق بررسی تاثیر استفاده از دو روش متداول طیف سنجی (point spectroscopy and hyperspectral imaging) بر دقت اندازه گیری کربن خاک می باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با استفاده از ۳۷۵ نمونه خاک تهیه شده از بانک اطلاعات ملی خاک (The National Soil Database)در کشور ایرلند انجام شد. نمونه ها از هفت نوع خاک با سه کاربری اراضی (جنگل، مرتع و کشاورزی) انتخاب و مقدار کربن آلی خاک آنها با استفاده از دستگاه اندازه گیری کربن خاک اندازه گیری شد (Skalar -Primacs SLC -IC analyzer). طیفهای خاک با استفاده از دو سیستم طیف سنجی نقطه ای و دو سیستم تصویر برداری هایپر اسکترال تهیه شدن که عبارت بودند از Foss NIR Systems ۶۵۰۰ که در این تحقیق با علامت S-۱ مشخص شد، Varian FT-IR ۳۱۰۰ با علامت S-۲ و دو سیستمهای هایپر اسکترال شامل DV Optics hyperspectral system با علامت S-۳ و ImSpector N۱۷E hyperspectral system که با علامت S-۳ مشخص شدند. جدول ۱ مشخصات هر یک از این دستگاه ها را نشان می دهد. مدلهای طیفی به منظور اندازه گیری کربن خاک با به کارگیری روش partial least-squares regression

تعیین و با استفاده از پارامترهای آماری (R^2, RMSE, RPD)مورد ارزیابی قرار گرفت. برای این منظور مدل های طیفی در سه حالت مورد ارزیابی قرار گرفتند: ۱- داده های خام ۲- بعد انجام پیش پردازشهای به منظور افزایش کیفیت طیفها ۳- در شرایط برابر از نظر دقت تفکیک پذیری و ماهیت طیفها. علاوه بر پارامترهای آماری دقت مدلهای برآورد شده با استفاده از روش آنالیز خطا و آزمون پیتمن مورگان (Pitman-Morgan test) ارزیابی شد.

جدول ۱ - مشخصات دستگاه ها و نمونه های خاک استفاده شده برای تهیه طیفهای خاک

مقدار نمونه خاک	رنج طیفی آنالیز شده	اندزه ذرات خاک	تفکیک طیفی (nm)	رنج طول موج (nm)	دستگاه
g۵	(VIS)۹۵۰-۴۵۰ (NIR) ۲۴۵۰-۱۰۵۰	μm ۲۰۰	۲	۴۰۰-۲۴۹۸	S-۱
g۲	۲۷۵۰-۳۷۰	μm ۲۰۰	۱	۲۸۰۰-۳۲۰	S-۲
g۴۰	(VIS) ۸۸۰-۴۵۰ (NIR) ۱۶۷۱-۹۲۹	mm ۲	(VIS)۵ ۷(NIR)	(VIS) ۱۰۰۰-۴۰۰ (NIR) ۸۸۰ -۱۷۲۰	S-۳
g۴۰	۹۲۰ -۱۶۹۰	mm ۲	۳	۱۷۵۰-۸۹۷	S-۴

نتایج و بحث

مدل های بدست آماده از پردازش داده های طیفی خام و بدون انجام هر گونه پیش پرداز، نشان داد که طیف سنجی نقطه ای در مقایسه با استفاده از داده های هایپر اسپکترال توانایی بالاتری برای برآورد میزان کربن خاک دارد. این نتیجه می تواند به علت تفاوت بین سیستمها از نظر، دقت تفکیک پذیری، رنج طول موج اسکن شده توسط آنها، اندازه ذرات خاک و مقدار نمونه مورد نیاز برای تهیه داده های طیفی باشد. برتری طیف سنجی نقطه ای در مرحله اول با استفاده از آنالیزهای خطا و تست پیتمن مورگان (Pitman-Morgan test) نیز تایید شد. تغییر و ارتقاء کیفیت طیفهای خاک با استفاده از پردازشهای مختلف از روشهای متداول برای افزایش دقت مدلهای برآورد کننده در طیف سنجی به شمار می رود. در این تحقیق نیز روشهای متفاوتی (preprocessing techniques) برای ارتقا کیفیت داده ای طیفی استفاده شد که باعث افزایش دقت مدلهای بدست آمده برای همه دستگاه ها شد، هر چند که روش های مختلفی به عنوان روش بهینه برای هر کدام از داده ها بدست آمد (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج حاصل از پردازش بهینه برای هر یک از دستگاه ها

دستگاه	روش بهینه	تعداد متغیرهای مخفی	R^2	RMSE	RPD
S-۱	۱st Derivative	۵	۸۹/۰	۳۰/۲	۹۶/۲
S-۲	SNV	۵	۸۴/۰	۷۲/۲	۵۱/۲
S-۳	Mean normalization	۱۱	۸۷/۰	۴۷/۲	۷۶/۲
S-۴	Max normalization	۴	۶۶/۰	۹۷/۳	۷۱/۱

روشهای پردازش طیفی بیشترین تاثیر را در افزایش دقت مدلهای حاصل از تصاویر هایپر اسپکترال داشتند بخصوص در مورد دستگاه S-۳ . پایین بودن دقت مدلهای حاصل از تصاویر دستگاه S-۴ قابل پیشبینی بود به این علت که در مورد این دستگاه، داده ها حاصل یک اسکن و فقط در طیف NIR اندازه گیری شده در حالی که برای سایر دستگاه ها داده ها حاصل سه اسکن و در طیف

VIS -NIR اندازه گیری شده بودند. در شرایط برابر از نظر تفکیک پذیری و ماهیت طیفها (جزبی و انعکاسی) که در مرحله سوم این تحقیق انجام شد، مدلهای بدست آمده از تصاویر هایپراسپکترال به اندازه مدلهای حاصل از طیف سنجی نقطه ای در برآورد مقدار کربن خاک دقت داشتند. آنالیز خطا و تست پیتمن مورگان نیز نتایج حاصل در مرحله سوم را تایید کرد. استفاده ار دستگاه طیف سنجی نقطه ای نیاز به صرف وقت بیشتر در تهیه نمونه های خاک همگن دارد در حالی که در استفاده از تصاویر هایپر اسپکترال، محقق باید وقت بیشتری را صرف پردازش تصاویر و ارتقاء کیفیت آنها کند.

نتایج حاصل از این تحقیق نشان دارد انتخاب دستگاه طیف سنجی نمی تواند در دقت و نتیجه نهایی اندازه گیری کربن خاک نقش داشته باشد و هر دو سیستم طیف سنجی نقطه ای و تصویربرداری هایپر اسپکترال قابلیت اندازه گیری کربن خاک با دقت بالا را دارند. انتخاب دستگاه می تواند با توجه به هدف تحقیق و نظر محقق صورت گیرد.

منابع

Askari, M.S., Cui, J., O'Rourke, S.M., Holden, N.M., ۲۰۱۵a. Evaluation of soil structural quality using VIS-NIR spectra. Soil and Tillage Research ۱۴۶ : Part A, ۱۰۸-۱۱۷.

Askari, M.S., O'Rourke, S.M., Holden, N.M., ۲۰۱۵b. Evaluation of soil quality for agricultural production using visible-near-infrared spectroscopy. Geoderma ۲۴۳ : ۸۰-۹۱.

Brown, D.J., Shepherd, K.D., Walsh, M.G., Dewayne Mays, M., Reinsch, T.G. (۲۰۰۶). Global soil characterization with VNIR diffuse reflectance spectroscopy. Geoderma ۱۳۲(۳-۴) : ۲۷۳-۲۹۰.

Huang, H., Yu, H., Xu, H. and Ying, Y. (۲۰۰۸) Near infrared spectroscopy for on/in-line monitoring of quality in foods and beverages : A review. Journal of Food Engineering, ۸۷(۳) : pp. ۳۰۳-۳۱۳.

Mouazen, A.M., Kuang, B., De Baerdemaeker, J., Ramon, H. (۲۰۱۰). Comparison among principal component, partial least squares and back propagation neural network analyses for accuracy of measurement of selected soil properties with visible and near infrared spectroscopy. Geoderma ۱۵۸(۱-۲), ۲۳-۳۱.

O'Rourke, S.M., Holden, N.M. ۲۰۱۲. Determination of Soil Organic Matter and Carbon Fractions in Forest Top Soils using Spectral Data Acquired from Visible-Near Infrared Hyperspectral Images. Soil Sci. Soc. Am. J. ۷۶(۲) : ۵۸۶-۵۹۶.

Sarkhot, D.V., Grunwald, S., Ge, Y., Morgan, C.L.S. ۲۰۱۱. Comparison and detection of total and available soil carbon fractions using visible/near infrared diffuse reflectance spectroscopy. Geoderma ۱۶۴(۱-۲) : ۲۲-۳۲.

Vasques, G.M., Grunwald, S., Sickman, J.O. ۲۰۰۸. Comparison of multivariate methods for inferential modeling of soil carbon using visible/near-infrared spectra. Geoderma ۱۴۶(۱-۲) : ۱۴-۲۵.

Viscarra-Rossel, R.A. ۲۰۰۷. Robust modelling of soil diffuse reflectance spectra by "bagging-partial least squares regression". Journa of Near Infrared Spectroscopy ۱۵ : ۳۷-۴۷.

Vohland, M., Besold, J., Hill, J., Frü nd, H.-C. ۲۰۱۱. Comparing different multivariate calibration methods for the determination of soil organic carbon pools with visible to near infrared spectroscopy. Geoderma ۱۶۶(۱) : ۱۹۸-۲۰۵.

Abstract

Point spectroscopy and more recently hyperspectral imaging have been applied to soil carbon analysis, offering potentially cost and time effective analytical methods. The aim of this study was to address the following question: does the choice of instrument (imagery and point spectroscopy) influence the result obtained for the prediction of soil organic carbon (SOC)? The study was conducted using ۳۷۵ soils samples that were scanned by two point spectrometers and two imaging systems. SOC was measured for each sample and the prediction modes were developed using multivariate analysis. The accuracy of models was evaluated using statistical parameters. This study demonstrated that spectral imaging has the ability to be as accurate as point spectroscopy for predicting SOC.