

# 基于高光谱的土壤有机质反演

冯志军<sup>1</sup>, 张世文<sup>2\*</sup>, 杨斌<sup>1</sup>, 周涛<sup>1</sup>, 芮婷婷<sup>1</sup>

<sup>1</sup>安徽理工大学空间信息与测绘工程学院, 安徽 淮南

<sup>2</sup>安徽理工大学地球与环境学院, 安徽 淮南

收稿日期: 2022年5月9日; 录用日期: 2022年6月13日; 发布日期: 2022年6月20日

## 摘要

光谱预处理可以突显土壤光谱中的微弱信号, 合适的光谱变换能够显著提升土壤有机质的预测精度, 对土壤有机质的精准监测具有重要意义。本研究通过建立随机森林模型对土壤有机质进行估测, 分析光谱变换对模型精度的提升。结果表明: 一阶微分处理后的土壤有机质预测精度为0.93, 均方根误差为0.911 g/kg, 能够较好的预测土壤有机质含量。

## 关键词

高光谱, 有机质, 光谱变换

# Soil Organic Matter Inversion Based on Hyperspectral Data

Zhijun Feng<sup>1</sup>, Shiwen Zhang<sup>2\*</sup>, Bin Yang<sup>1</sup>, Tao Zhou<sup>1</sup>, Tingting Rui<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Spatial Informatics and Geomatics Engineering, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

<sup>2</sup>School of Earth and Environment, Anhui University of Science and Technology, Huainan Anhui

Received: May 9<sup>th</sup>, 2022; accepted: Jun. 13<sup>th</sup>, 2022; published: Jun. 20<sup>th</sup>, 2022

## Abstract

Spectral pretreatment can highlight the weak signal in the soil spectrum. The prediction accuracy can be improved by spectral transformation. It is of great significance for precision agriculture. In this study, the effect of spectral transformation is analyzed by predicting accuracy. The results

\*通讯作者。

show that: the prediction accuracy of the first-order differential treatment is 0.93; the root mean square error is 0.911 g/kg. It can better predict soil organic matter content.

## Keywords

Hyperspectral, Soil Organic Matter, Spectral Transform

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



## 1. 引言

土壤有机质对农业生产具有重要意义,因此,土壤有机质的精准监测对精准农业的发展具有重要意义。相比传统的有机质监测方法,高光谱遥感可以实现大面积快速监测[1][2]。

近年来,高光谱遥感不仅在环境和食品监测方面具有广泛应用,在精准农业监测方面也具有广泛应用。目前高光谱遥感在土壤有机质方面预测精度的提升主要是通过不同的光谱变换[3][4]、模型研究[5][6]和模型优化[7][8]等方面改进,近而使得土壤有机质有较好的估测精度,从而可以实现土壤有机质大面积精准估测。

## 2. 数据采集及处理

### 2.1. 土样采集及数据获取

采用五点采样法对土样进行采集,将采集的土样风干研磨过筛后分成二份,一份用于实验室测试,一份用于光谱采集。光谱数据是使用地物光谱仪在暗室中获取。

### 2.2. 光谱数据预处理

光谱数据获取过程中会存在一些噪声,为此我们首先对光谱数据进行中值滤波处理以减弱噪声,其次在对数据进行一阶微分(First order differential, FDR, 公式(1))预处理变换。

$$R' = \frac{[R(\lambda_{i+1}) - R(\lambda_{i-1})]}{2\Delta\lambda} \quad (1)$$

## 3. 结果与分析

### 3.1. 光谱特征分析

土壤光谱反射率是土壤信息的综合反映,土壤的成土母质、理化性质及外部地貌等的变化都将影响土壤光谱的表现形式[9]。对于小尺度内的土壤样本其外部地貌差异较小、成土母质相似,因此土壤光谱间的差异主要是由土壤理化性质引起的。图1为土壤光谱原始反射率曲线图。

由图1可得,光谱反射率随着波段的不同表现出不同的光谱特性,在500~750 nm波段内,光谱反射率随着波段的增大而逐渐增大,且增长速度较快,在800~1400 nm内,光谱反射率随着波段的增大而逐渐增大,但增长速度较缓,在1400~2500 nm波段内,整体趋势是光谱反射率随着波长的增加而逐渐降低,且在1450 nm和1900 nm处存在两个吸收峰。

由于原始光谱反射率图中会隐藏部分光谱特征信号,需要通过光谱变换将隐藏的光谱信号突显出来,一阶微分光谱变换可以突显隐藏信号,一阶微分光谱反射率曲线图如图 2 所示。

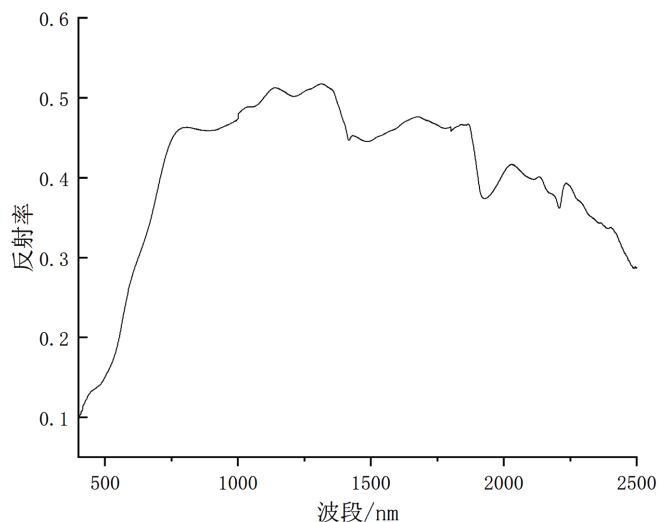


Figure 1. Raw spectral reflectance plot

图 1. 原始光谱反射率曲线图

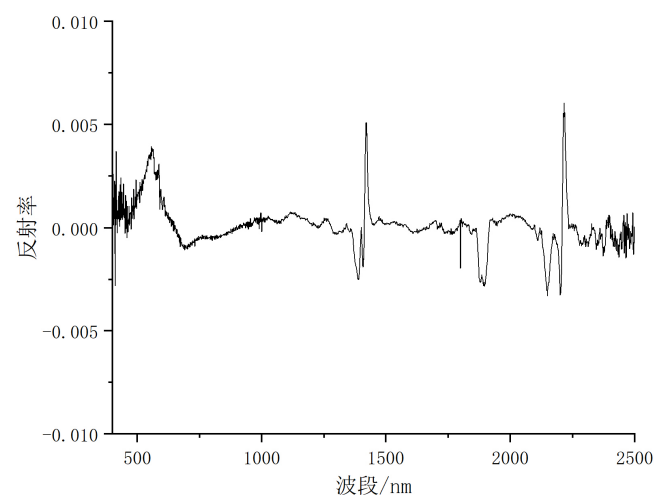


Figure 2. First-order differential spectral reflectance curve

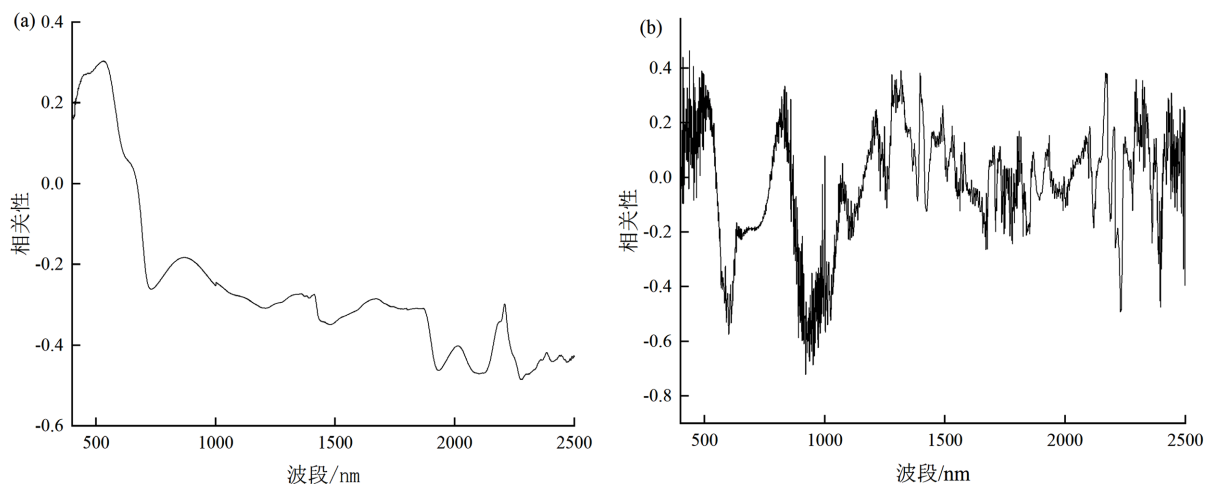
图 2. 一阶微分光谱反射率曲线图

由图 2 可得,光谱反射率经一阶微分处理后,在波段 600 nm、1000 nm、1500 nm 和 2200 nm 处出现了四个反射率峰,和原始光谱反射率图相比,一阶微分可以较好的突显光谱信号。

### 3.2. 相关性分析

土壤有机质和光谱反射率之间相关关系通常通过相关性进行分析,也是光谱建模输入变量选取的常用手段,相关性分析结果如图 3 所示。

由图 3 可得,光谱反射率和原始光谱相关性的最大值为 0.48,一阶微分处理后的相关性为 0.72,提升了 48.5%,表明原始光谱反射率经一阶微分处理后,可以突显原始光谱中隐藏的光谱信号,进而提升光谱反射率和土壤有机质的相关性。



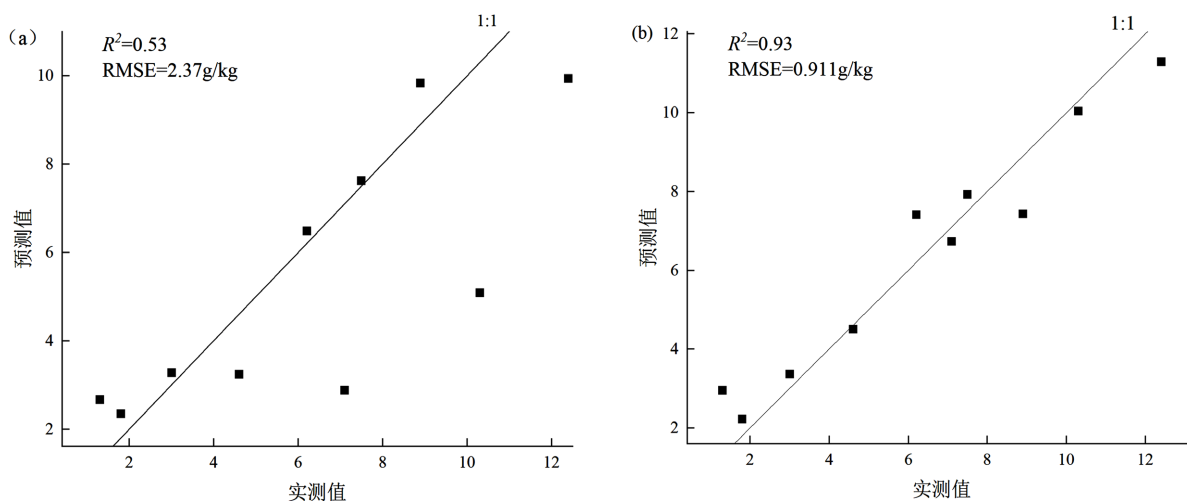
**Figure 3.** Correlation of soil organic matter with original spectrum (a) and first derivative (b)

**图 3.** 土壤有机质与原始光谱(a)及一阶微分(b)的相关性

### 3.3. 土壤有机质估算反演模型

本研究选择原始光谱反射率和一阶微分全波段光谱数据作为输入变量, 采用随机森林模型预测土壤有机质含量。

随机森林(Random forest, RF)在处理高维数据中不易产生过拟合, 对于数据较多的情况, RF 算法处理数据速度较快, 且对数据的使用能力较强。其基本原理是在训练样本中进行取样, 取样次数由训练样本的总数决定, 模型运行是对每个子集构建决策树, 最后根据决策树的输出取到最终结果。模型应用在 Matlab R2018b 中完成, 模型精度采用决定系数( $R^2$ )和均方根误差(RMSE)来衡量。预测结果如图 4 所示((a)原始光谱, (b)一阶微分)。



**Figure 4.** Predicted and measured values of soil organic matter

**图 4.** 土壤有机质预测值和实测值

由图 4 可得, 一阶微分处理后的土壤有机质预测精度为 0.93, RMSE 为 0.911 g/kg, 相比原始反射率  $R^2$  提升了 75%, RMSE 降低了 53%, 模型预测精度和稳定性有了较高的提升, 表明光谱反射率经一阶微分处理后可以有效的对土壤有机质进行估测。

## 4. 结论

1) 原始光谱反射率和土壤有机质之间的相关性最高为 0.48, 一阶微分处理后的相关性为 0.72, 和原始光谱相比提升了 48.5%。

2) 原始光谱反射率建立的土壤有机质  $R^2$  为 0.53, 经一阶微分处理后,  $R^2$  为 0.93, 模型精度有了较高的提升, 能够实现对土壤有机质的精度估测。

## 基金项目

国家重点研发计划项目(2020YFC1908601)。

## 参考文献

- [1] 王祥峰, 蒙继华. 基于 HJ-1 卫星的农田土壤有机质含量监测[J]. 农业工程学报, 2014, 30(8): 101-108.
- [2] 郭晗, 张序, 陆洲, 田婷, 徐飞飞, 罗明, 吴正贵, 孙振军. 基于机载高光谱影像的南方水稻土有机质含量估算[J]. 中国农业科技导报, 2020, 22(6): 60-71.
- [3] 高丹, 刘春红, 赵浣玢. 基于高光谱特征的三峡库区紫色土有机质含量预测研究——以重庆市北碚区白鹤林为例[J/OL]. 重庆师范大学学报(自然科学版): 1-11, 2022-05-24.
- [4] 玉米提·买明, 王雪梅. 连续小波变换的土壤有机质含量高光谱估测[J]. 光谱学与光谱分析, 2022, 42(4): 1278-1284.
- [5] 丁天姿, 任文静, 李丽, 田野. 基于灰数灰度的土壤有机质高光谱估测[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2022, 53(1): 85-90.
- [6] 李雪, 范仲卿, 高涵, 张新宇, 东野圣萍, 洪丕征, 王坤, 柳平增, 杜昌文, 李新举, 丁方军. 基于高光谱的土壤有机质快速检测模型构建[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2021, 52(5): 833-839.
- [7] 白婷, 丁建丽, 王敬哲. 基于机器学习算法的土壤有机质质量比估算[J]. 排灌机械工程学报, 2020, 38(8): 829-834.
- [8] 杨邵文, 沈强, 夏可, 胡青青, 张世文. 基于优化模型耦合的矿业复垦土壤有机质含量估测[J]. 西南农业学报, 2020, 33(2): 334-340.
- [9] 史舟, 徐冬云, 滕洪芬, 等. 土壤星地传感技术现状与发展趋势[J]. 地理科学进展, 2018, 37(1): 79-92.