

利用高光谱对生物变量进行估计*

张良培

郑兰芬 童庆禧

(武汉测绘科技大学 武汉 430074) (中科院遥感应用研究所 北京 100101)

摘要 该文分析了非光合背景物质—土壤光谱信号的特点,认为利用对光谱信号进行一阶导数的运算就能对混合光谱中的土壤光谱信号进行压缩,由此而得到的生物指数如 LAI 、 S_{Apar} 等的估计值更能客观地反映实际,这对于利用成象光谱进行环境应用有很大的实用价值。

关键词 生物变量, 高光谱, 成象光谱

一种通用、客观、简易的计算方法。

1 引言

迄今为止,对生物变量如叶面指数 LAI , 吸收光合有效辐射 A_{par} 面积、生物量 $Biomass$ 等指数的遥感估计大都是在约 $100nm$ 的宽波段范围内进行的。业已证明^[1-3],由宽波段所计算出来的这些生物指数量易受到非光合背景物质的影响,因而使计算结果欠缺。随着高分辨率成象光谱仪的出现,有可能在窄到 $10nm$ 的范围内对生物指数进行计算从而消除混合光谱中非光合背景物质所带来的影响。然而,如何利用高分辨率光谱来进行生物变量的估计并没有得到充分的研究重视。国际上,也仅仅只有少数几位学者对此进行了一些探讨^[4-9]。为了彻底了解高分辨率光谱在对生物指数估计中的应用价值,该文作者对此也进行了研究,试图建立

2 理论分析

图1给出了作者在鄱阳湖地区测得的典型的两条光谱曲线,其中具有非光合作用的物质—土壤光谱曲线具有缓慢变化的特点,而植被反射曲线具有典型的光合作用特点。对图1所示的两条曲线,进行一阶导数运算($\Delta\lambda$ 为 $2.6-3nm$),得到结果列在图2中。图2的结果表明:土壤的导数曲线值整体上很小,而植被由于绿边效应其导数值在 $700-750nm$ 为一尖峰,这意味着对光谱曲线求导能极大地压缩背景土壤的影响。

由于在 $700-750nm$ 范围内,土壤光谱的一阶导数值接近于0,而植被的导数值则十分大,这一特点可用来对混合光谱中的土壤信号进行压缩。

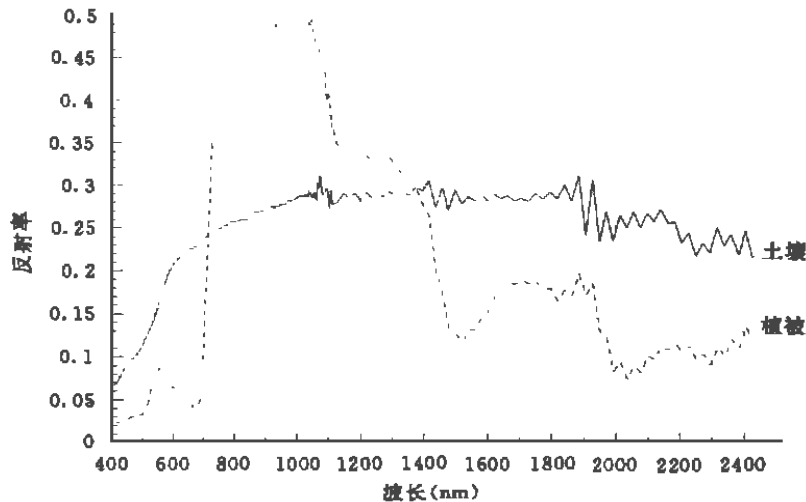


图1 植被、土壤的光谱曲线

Fig.1 Endmember spectrum of soil and vegetation

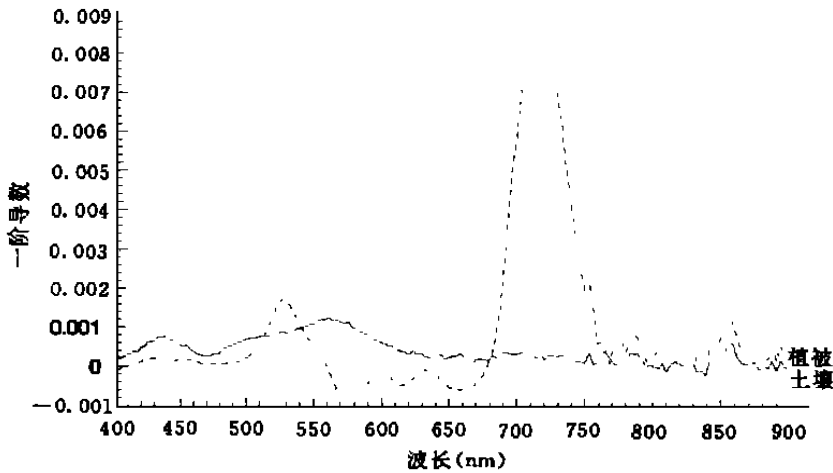


图 2 植被、土壤反射率的一阶导数

Fig.2 First derivatives of soil and vegetation spectrum

假定在可见光谱范围内，混合光谱可以由线性混合原理得到较好地解释，即：

$$R = \alpha R_L + \beta R_G \quad (1)$$

式中： R 为混合光谱； R_L 为植被的纯分量光谱； R_G 为土壤的纯分量光谱； α 、 β 为在单位面积内 R_L 、 R_G 所占的面积。

α 、 β 应满足：

$$\alpha + \beta = 1 \quad (2)$$

将(2)式代入(1)式中，有：

$$R = (\alpha) R_L + (1 - \alpha) R_G \quad (3)$$

由于对光谱进行求导运算，能抑制光谱中的土壤信号(图 2)。因此，对(3)式两边同时进行求导运算：

$$dR/d\lambda = (\alpha)dR_L/d\lambda + (1 - \alpha)dR_G/d\lambda \quad (4)$$

从图 2 的计算结果来看，在 700-750nm 范围内， $dR_L/d\lambda \gg dR_G/d\lambda$ ，因而 (4) 近似写为：

$$dR/d\lambda \approx \alpha dR_L/d\lambda \quad 700 < \lambda < 750\text{nm}$$

所以，

$$\alpha \approx (dR/d\lambda) / (dR_L/d\lambda) \quad (5)$$

显然， α 独立于背景的反射率。事实上， α 可以用一个简单反射模型写为：

$$\alpha = 1 - e^{-KL} \quad (6)$$

式中： L 为叶面指数； K 为植被的消减系数。许多研究者认为^[3,4,7,8]：吸收光合有效辐射面积可以用下式来估计：

$$S_{Apar} = 1 - e^{-K'L} \quad (7)$$

将(6)式代入(7)式，有

$$S_{Apar} = \frac{K' \ln(1-\alpha)}{K} \quad (8)$$

对于同一植被， $K' \sim K$ ，所以得到吸收有效光合

辐射面积为：

$$S_{Apar} = \alpha = R' / R'_L \quad (9)$$

将(5)式代入(6)式，得叶面积指数为：

$$LAI = \frac{1}{K} \left[\ln(R'_L) - \ln(R'_L - R') \right] \quad (10)$$

(9)、(10)式独立于土壤背景信号，仅仅与消光系数、植被的纯分量光谱及混合光谱有关。这证明， $S_{Apar}LAI$ 中非光合作用的土壤信号得到了抑制。

3 实 验

3.1 测量

1995 年 12 月下旬，我们利用机载成像光谱仪对鄱阳湖地区进行了航空遥感实验，并利用 SE-590 同步进行了植被、土壤、水体的野外光谱测量。

表 1 列出了在一航线上的部分地面植被点的野外测试记录，每一点的位置利用 GPS 予以定位。

3.2 Biomass 的估计

通过对这些点的光谱进行分析后，分别选择波长 $\lambda_R = 676\text{nm}$ 和 $\lambda_{NR} = 832.6\text{nm}$ 来进行 $NDVI$ 的计算，计算结果列在表 2 中。由图 1 也可看出，在该两个波长位置上，土壤的反射值相差很小，因此，利用高光谱可以消除土壤信号在 $NDVI$ 中的影响。

利用 $NDVI$ 和测量(部分列在表 1)的数据，可以对 Biomass 进行估计。

通过回归计算，可以得到：

(1) 在鲜重情况下：

$$\text{Biomass} = 186467 \times NDVI + 369425 \times NDVI^2 - 235627 \times NDVI + 49061.8 \quad (11)$$

表 1 地面点的野外测试数据

Table 1 Measured field data

样品代号	土壤水分	生物量鲜重 (g/m ²)	生物量干重 (g/m ²)	植物含水量
P003	26.4	1144.6	553.6	60.2
P004	33.8	371.5	244.5	60.7
P005	21.6	874.1	507.8	51.5
P006	43.2	880.3	457.9	58.8
P009	45.2	1704.4	762.2	61.5
P010	54.0	391.1	252.2	63.8

表 2 测量样品的 NDVI 计算值

Table 2 NDVI calculation results

样品号	NDVI
P003	0.45928
P004	0.48210
P005	0.764682
P006	0.61901
P009	0.672344
P010	0.846856

相关系数 $R^2=0.815$

(2) 在干重情况下:

$$Biomass = -66358 \times DNVI^3 + 131779 \times DNVI^2 - 84254.3 \times DNVI + 17727.6 \quad (12)$$

相关系数 $R^2=0.803$

3.3 LVI 的估计

由图 2 将 LAI 的估计选择, 位于 700—750nm 之间, 此时满足条件 $dR_L/d\lambda >> dR_C/d\lambda$ 。由文献 [10, 11]提供的资料表明, 此类植被的消减系数为 0.49。利用公式 (10), 选择波长 $\lambda_{max}=726.2\text{nm}$, 对表 1 所示的样品点进行计算, 得出结果 (表 3)。

表 3 测量样品的 LAI 计算值

Table 3 LAI calculation results

样点	LAI
P003	5.09652
P004	1.03754
P005	1.37222
P006	0.699655
P009	2.17074
P010	4.54689

3.4 吸收光合有效辐射面积的估计

与 LAI 的估计一样, 选择 $\lambda_{max}=726.3\text{nm}$, 对表 1 所列的样品点进行 (9) 式计算, 得取结果 (表 4)。

表 4 测量点的 S_{Apar} 值

Table 4 S_{Apar} calculation results

样点	S_{Apar}
P003	0.917693
P004	0.398541
P005	0.489512
P006	0.290242
P009	0.654811
P010	0.880985

由于鄱阳湖地区土壤背景特性大致一致, 因而无法进行在不同背景下生物指数与背景之间的相关运算, 但从现场估计来看, 该研究地区的叶面积指数不会超过 5, 粗略地估算表明上述计算结果基本准确。

4 结 论

通过上面的讨论, 可以认为: 利用对高光谱的求导运算能对非光合作用的背景物质—土壤信号进行压缩, 使得由此估计到的生物变量值更为可靠、客观。

参 考 文 献

[1] Choudhury B. J. Relationships between Vegetation Indices, Radiation Absorption and Net Photosynthesis Evaluated by Sensitivity Analysis. *Remote Sens. Environ.*, 1987, 22: 209—233.

- [2] Hveti, A. R. · A Soil-adjusted vegetation Index (SAVI) · *Remote Sens. Environ.*, 1988, **25**; 295—309.
- [3] Goward · S. N. · Hvenmrich K. F. · Vegetation Canopy PAR Absorption and the Normalized Difference Vegetation Index: An Assessment Using the SAIL Model · *Remote Sens. Environ.*, 1990, **32**; 47—54.
- [4] Tanvir H. Demetriades-shah · Michael D. Steven · High Resolution Derivative spectra in Remote Sensing · *Remote Sens. Environ.* 1990, **33**; 55—64.
- [5] L. F. JOHNSON, C. R. BILLOW · Spectrometric Estimation of Total Nitrogen Concentration in Douglas-fir Foliage · *INT. J. Remote Sensing.*, 1996, **17**(3); 489—500.
- [6] Michio Shibayama · Tsuyoshi Akiyama · Estimation Grain Yield of Matruing Rice Canopies Using High Spectral Resolution Reflectance Measurements · *Remote Sens. Environ.*, 1991, **36**; 45—53.
- [7] Forrest G. Hall · Karl F. Hvenmrich · Use of Narrow-Band Spectra to Estimate the Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation · *Remote Sens. Environ.*, 1990, **35**; 47—54.
- [8] Y. Li, T. H. Demetriades-shah · Use of Second Derivatives of Canopy Reflectance for Monitoring Prairie Vegetation over Oifferent Soil Backgrounds · *Remote Sens. Environ.*, 1993, **44**; 81—87.
- [9] Maria Amparo Gilabert · Soledad Gandia · Analysis of spectra-bio-physical Relationships for a corn canopy · *Remote Sens. Environ.*, 1996, **55**; 11—20.
- [10] J. L. Monteith · 作物群丛中光的截合和辐射交换 · 世界农业丛刊 · 光合作用与作物生产译丛 (2), 农业出版社, 1980。
- [11] J. L. 蒙特思 · 植被与大气-原理 · 农业出版社 · 1985。

作者简介

张良培,男,1962年4月出生,副教授。1982年毕业于湖南师范大学物理系,1988年获中国科学院西安光学机械研究所硕士学位,现为武汉测绘科技大学在职博士生,已发表论文20余篇,专著1部,主要从事遥感、颜色科学、图象处理等方面的研究。

The Estimation of Vegetation Variables Based on High Resolution Spectra

Zhang Liangpei

(Wuhan Technical University of Surveying and Mapping)

Zheng Lanfen Tong Qingxi

(The Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences)

Abstract The authors have analyzed the quality of nonphotosynthetic background-soil spectra, found that the first derivative calculation of mixed spectrum could compress the signal of soil spectra in a large extent. Due to this reason the estimation of vegetation variables such as LAI , S_{Apar} seems to well correspond to the real results. It is very useful for us to apply imaging spectrometer to monitoring environment.

Key words Vegetation variables, High resolution spectra, Imaging spectrometer