

# 浅析遥感光谱特征参量的原理及基本方法

谭昌伟<sup>1,2</sup>, 郭文善<sup>1</sup>, 王纪华<sup>3</sup>, 朱新开<sup>1</sup>, 王君婵<sup>1</sup>

(1. 扬州大学江苏省作物遗传生理重点实验室, 江苏 扬州 225009;  
2. 黄土高原土壤侵蚀与旱地农业国家重点实验室, 陕西 杨凌 712100;  
3. 国家农业信息化工程技术研究中心, 北京 100089)

**摘要:**概述了导数光谱、红边参数、光谱吸收特征以及光谱反射特征等遥感光谱特征参量的原理及基本方法, 总结和分析了这些参量在植被领域中的应用动态, 提出了遥感技术存在的问题及其应用展望, 遥感光谱特征参量能够为植被理化信息的提取提供强有力的工具。

**关 键 词:** 遥感; 光谱特征参量; 植被

**中图分类号:** TP 79      **文献标志码:** A      **文章编号:** 1004-0323(2010)01-0155-06

## 1 引 言

遥感融合了成像技术和光谱技术, 其核心特点是图谱合一, 即能够获取目标的连续、窄波段的图像数据的技术<sup>[1-3]</sup>。物质在电磁波相互作用下, 由于电子跃迁, 原子、分子振动与转动等复杂作用, 会在某些特定的波长位置形成反映物质成分和结构信息的光谱吸收和反射特征。物质的这种对不同波段光谱的响应特性叫光谱特征。光谱特征是遥感方法探测各种物质性质和形状的重要依据。高光谱遥感在生物量遥感<sup>[4,5]</sup>、叶面积<sup>[6]</sup>、光合有效辐射 APAR<sup>[7]</sup>、植被生态群落<sup>[8-10]</sup>等方面取得了较好的研究结果。近些年张金恒<sup>[11-15]</sup>等諸多研究学者分析了高光谱数据与水稻叶面积指数、叶绿素密度、氮素等农学参数的相关性, 认为其间存在显著关系; 唐延林<sup>[16]</sup>等利用光谱法对水稻叶面积指数和叶片生化成分进行了研究; 谭昌伟<sup>[17,18]</sup>等研究认为光谱参量与玉米 LAI 及营养参量间存在显著或极显著相关; 薛利红<sup>[19]</sup>等利用光谱参数能够有效地诊断水稻营养状况以及 LAI。王纪华<sup>[20]</sup>等研究了冬小麦氮素的光谱响应, 取得可靠的结果; Broge<sup>[21]</sup>等研究了光谱特征与 LAI 之间的关系, 结果显示, 二者之间存在密切的关系; Anatoly<sup>[22]</sup>等和 Osborne<sup>[23]</sup>等证实了应用遥感技术提取植被覆盖与 LAI 的可能性。笔者针对遥

感光谱特征参量的原理及方法进行了综述, 以期对植被遥感领域的研究者提供强有力的帮助。同时, 展现了遥感技术以其显著的特点适时监测地表植被动态信息的广阔前景。

## 2 遥感光谱特征参量

### 2.1 导数光谱

(1) 导数光谱的定义

一阶和二阶导数光谱的基本定义为:

$$\rho'(\lambda) = \frac{d\rho(\lambda)}{d\lambda} \quad (1)$$

和

$$\rho''(\lambda) = \frac{d\rho'(\lambda)}{d\lambda} \quad (2)$$

对于离散的光谱数据, 常用一阶和二阶差分的形式计算如下:

$$\rho'(\lambda) = [\rho(\lambda_{i+1}) - \rho(\lambda_{i-1})] / (\lambda_{i+1} - \lambda_{i-1}) \quad (3)$$

和

$$\begin{aligned} \rho''(\lambda) &= [\rho'(\lambda_{i+1}) - \rho'(\lambda_{i-1})] / (\lambda_{i+1} - \lambda_{i-1}) \\ &= [\rho(\lambda_{i+1}) - 2\rho(\lambda_i) + \rho(\lambda_{i-1})] / (\lambda_{i+1} - \lambda_{i-1})^2 \end{aligned} \quad (4)$$

其中:  $\lambda_i$  为每个波段的波长,  $\rho'(\lambda_i)$ 、 $\rho''(\lambda_i)$  分别为波长  $\lambda_i$  的一阶和二阶导数光谱。

(2) 导数光谱的运用

Demetriades-Shah<sup>[24]</sup> 对导数光谱具有平抑背

收稿日期: 2008-12-03; 修订日期: 2009-10-21

基金项目: 农业部资源遥感与数字农业重点开放实验室开放基金项目 (RDA0805) 和国家高技术研究发展计划资助项目 (2006AA12Z138)。

作者简介: 谭昌伟 (1980—), 男, 讲师, 博士, 主要从事遥感的农业应用研究。E-mail: tanwei010@126.com。

景信息作用的原理给出了证明。他认为土壤背景的光谱响应可以近似地用一条直线拟合,即:

$$\rho_s = a_1 + b_1\lambda \tag{5}$$

植被的光谱信息则可用一个三阶多项式来描述:

$$\rho_v = a_2 + b_2\lambda + c_2\lambda^2 + d_2\lambda^3 \tag{6}$$

当这两种成分按混合比例  $F(F < 1)$  进行线性混合时,则有:

$$\rho = F\rho_s + (1 - F)\rho_v \quad (F < 1) \tag{7}$$

对式(7)求导,则有:

$$\rho' = Fb_1 + (1 - F)(b_2 + 2c_2\lambda + 3d_2\lambda^2) \tag{8}$$

$$\rho'' = (1 - F)(2c_2 + 6d_2\lambda) \tag{9}$$

由式(8)可见,在一阶导数光谱中,土壤背景的影响已转化为常数而被平抑。由式(9)可见,在二阶导数光谱中,只剩下植被的光谱信息。

由图 1 可见,在反射光谱变化比较平缓的 350~400 nm 波段和 780~1 150 nm 的红外反射平台范围内,一阶、二阶导数光谱表现出了强烈的噪声振动,仅在 680~780 nm 可见光范围内具有较稳定的走势。此外,更易用一阶导数光谱来确定反射光谱特征点(如蓝边和红边位置)。

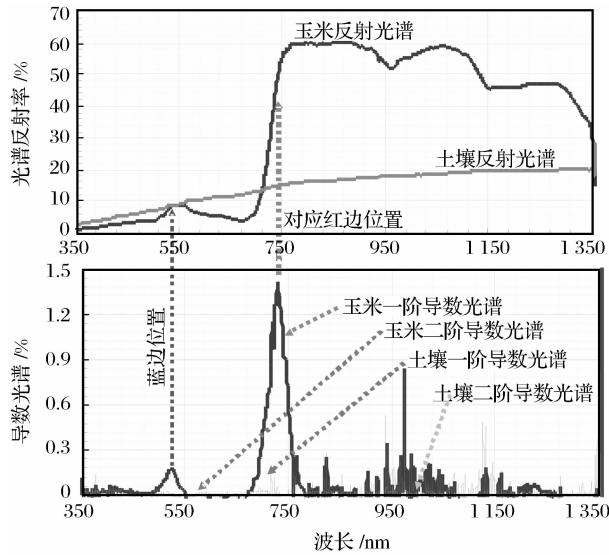


图 1 玉米、土壤反射光谱及其导数光谱  
Fig. 1 Reflectance spectra and derivative spectrum of maize and soil

2.2 红边参数

红边区域是指在 670~780 nm 波段,因叶片构造中栅状组织的多次散射,使反射率急剧上升,形成陡而近于直线的爬升脊。图 2 给出了红边的定义与主要特征参数: $R_0$  为叶绿素强吸收波段红光区最小反射率值,也称红边起点; $R_s$  为近红外区域肩反射(最大)值; $P$  为“红边”拐点, $P$  点所处的波长位置 $\lambda_p$

被称作“红边”位置; $\sigma$  为“红边”宽度,即  $\lambda_p - \lambda_0$ 。

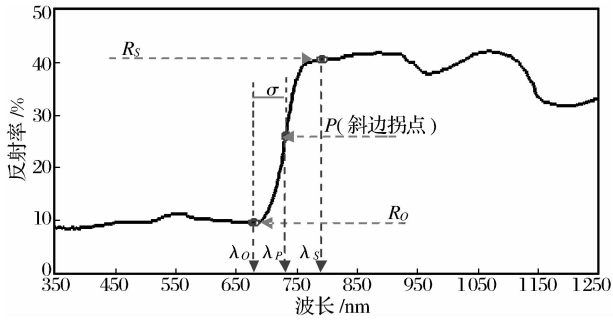


图 2 红边的定义及主要特征参数  
Fig. 2 Red edge parameters

前已述及,由反射光谱的一阶导数很容易确定“红边”位置 $\lambda_p$ ,即“红边”范围内一阶导数取最大值时所对应的波长位置,如图 1 所示。

另外,为更好地解决“红边”参数获取问题,Miller<sup>[25]</sup> 等建议植物反射光谱“红边”可用倒高斯曲线拟合(IG 模型)。倒高斯曲线函数表达式为:

$$R(\lambda) = R_s - (R_s - R_0) \exp\left(\frac{-(\lambda_0 - \lambda)^2}{2\sigma^2}\right) \tag{10}$$

其中: $R_s$  为近红外区域肩反射值(最大反射值), $R_0$  为红光区域叶绿素强吸收最小反射率值, $\lambda_0$  为  $R_0$  处对应的波长, $\sigma$  为高斯函数标准差系数。

具体拟合方法如下:

(1) 首先,在 670~685 nm 范围和 770~790 nm 范围分别确定极小值  $R_0$  和极大值  $R_s$ 。

(2) 然后,在 680~780 nm 范围内用最小二乘法估计  $\lambda_0$  和  $\sigma$ 。解法为:

将式(10)变形为:

$$\ln\left(\frac{R_s - R(\lambda)}{R_s - R_0}\right) = -\frac{(\lambda - \lambda_0)^2}{2\sigma^2}$$

对上式整理后,则有:

$$\left[-\ln\left(\frac{R_s - R(\lambda)}{R_s - R_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma}\lambda - \frac{\lambda_0}{\sqrt{2}\sigma}$$

现令:  $B(\lambda) = \left[-\ln\left(\frac{R_s - R(\lambda)}{R_s - R_0}\right)\right]^{\frac{1}{2}}$

则:

$$B(\lambda) = \frac{1}{\sqrt{2}\sigma}\lambda - \frac{\lambda_0}{\sqrt{2}\sigma} \tag{11}$$

可见,式(11) $B(\lambda)$  为关于波长 $\lambda$ 的线性函数。用直线  $y = ax + b$  对式(11)进行最小二乘法拟合,可解得:

$$\begin{cases} \sigma = \frac{1}{\sqrt{2}a} \\ \lambda_0 = \frac{-b}{a} \end{cases} \tag{12}$$

下面,我们采用上述方法对 2004 年 7 月 19 日(拔节期)实测的夏玉米反射光谱“红边”进行了拟合(图 3)。

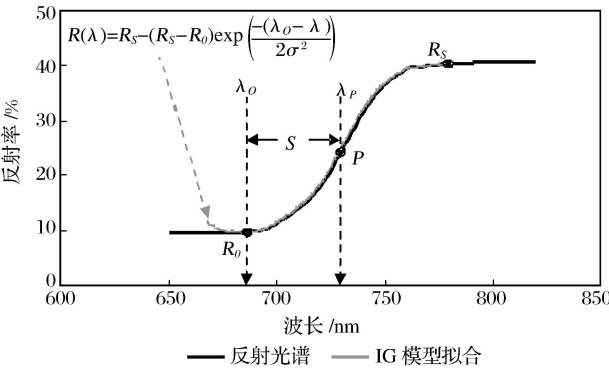


图 3 实测夏玉米光谱红边与 IG 模型拟合“红边”  
Fig. 3 Red edge parameters simulated by IG model

2.3 光谱吸收特征

以 2004 年 6 月 20 日(苗期)的夏玉米实测反射光谱为例,笔者定义了 4 个吸收特征(图 4,表 1),并

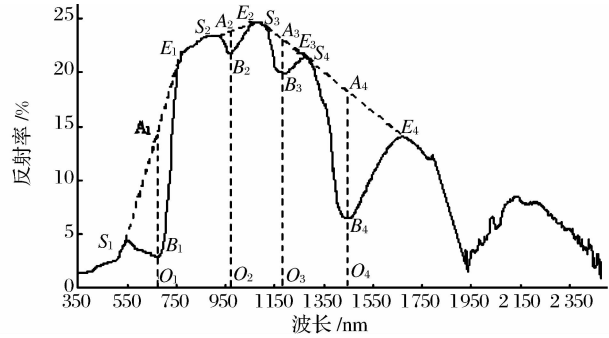


图 4 夏玉米冠层光谱在可见近红外波段的 4 个光谱吸收特征  
Fig. 4 Four absorption characteristics of summer maize canopy spectrum at NIR bands

表 1 4 个光谱吸收特征的特征光谱位置及范围  
Table 1 Four spectra absorption characteristics

编号	中心波长(nm)	光谱范围(nm)	形成原因
1	670	560~760	叶绿素吸收
2	980	920~1 080	O—H 键伸展、弯曲,一次、二次谐波(水、淀粉)
3	1 190	1 120~1 280	O—H 键弯曲,一次谐波(水、纤维素、淀粉、木质素)
4	1 450	1 280~1 675	O—H 键伸展、一次谐波(淀粉、糖),C—H 键伸展、变形(木质素、水)

为每个光谱特征又定义了 3 个特征参量:吸收深度、吸收特征面积和归一化吸收深度。其中,吸收深度的表达式为:

$$Depth_i = \frac{A_i B_i}{A_i O_i}$$
$$= 1 - \frac{R_{Ci}}{\left( R_{Si} + \frac{R_{Ei} - R_{Si}}{\lambda_{Ei} - \lambda_{Si}} * (\lambda_{Ci} - \lambda_{Si}) \right)} \quad (13)$$

其中: $R_{Ci}$ 、 $R_{Si}$ 、 $R_{Ei}$  分别为吸收特征中心点、起点和结束点处的光谱反射率, $\lambda_{Ci}$ 、 $\lambda_{Si}$ 、 $\lambda_{Ei}$  分别为吸收特征中心点、起点和结束点处的波长。

吸收特征面积为包络线与光谱反射率之间的面积,其表达式如下:

$$Area_i = \int_{\lambda_{Si}}^{\lambda_{Ei}} (R_{line}(\lambda) - R(\lambda)) d\lambda$$
$$= \int_{\lambda_{Si}}^{\lambda_{Ei}} \left( \left( R_{Si} + \frac{R_{Ei} - R_{Si}}{\lambda_{Ei} - \lambda_{Si}} * (\lambda - \lambda_{Si}) \right) - R(\lambda) \right) d\lambda \quad (14)$$

其中: $\lambda$  和  $R(\lambda)$  为吸收特征范围的波长和光谱反射率,其它符号如式(13) 所示。

归一化的吸收深度为吸收深度与吸收面积的比值,即:

$$ND_i = \frac{Depth_i}{Area_i} \quad (15)$$

2.4 光谱反射特征

同样,笔者定义了 6 个光谱反射特征(图 5,表 2)。每个光谱特征也定义了 3 个特征参量:反射峰深度、反射峰特征面积及归一化反射峰深度。其中,反射峰深度的表达式为:

$$P\_depth_i = \frac{A_i B_i}{A_i O_i}$$
$$= 1 - \frac{\left( R_{Si} + \frac{R_{Ei} - R_{Si}}{\lambda_{Ei} - \lambda_{Si}} * (\lambda_{Ci} - \lambda_{Si}) \right)}{R_{Ci}} \quad (16)$$

其中: $R_{Ci}$ 、 $R_{Si}$ 、 $R_{Ei}$  分别为反射峰特征中心点、起点和结束点处的光谱反射率。 $\lambda_{Ci}$ 、 $\lambda_{Si}$ 、 $\lambda_{Ei}$  分别为反射峰特征中心点、起点和结束点处的波长。

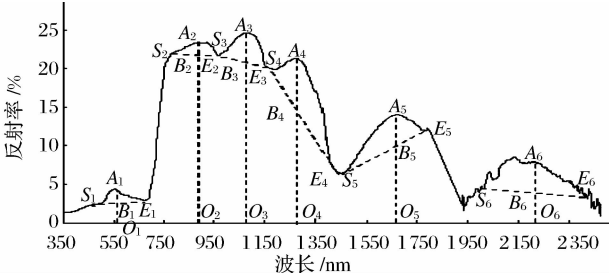


图 5 夏玉米冠层光谱在可见近红外波段的 6 个光谱反射特征  
Fig. 5 Six reflectance characteristics of summer maize canopy spectrum at NIR bands

表 2 6 个反射峰光谱特征的光谱位置与范围  
Table 2 Six spectra reflectance characteristics

编号	中心波长/nm	光谱范围/nm	形成原因
1	560	500~670	叶绿素吸收
2	920	780~980	C—H 键伸展,三次谐波(蛋白质)
3	1 100	980~1 200	C—H 键伸展、变形,二次谐波(木质素、油)
4	1 280	1 200~1 480	O—H 键弯曲,一次谐波(水、纤维素、淀粉、木质素)
5	1 690	1 480~1 780	C—H 键伸展,一次谐波(木质素、淀粉、蛋白质、N)
6	2 230	2 000~2 400	N—H 键伸展、弯曲、二次谐波,O—H 键伸展、变形,C—O、C—H、CH <sub>2</sub> 键伸展、变形、谐波。

反射峰特征面积为包络线与光谱反射率之间的面积,其表达式如下:

$$P\_Area_i = \int_{\lambda_{S_i}}^{\lambda_{E_i}} (R(\lambda) - R_{line}(\lambda)) d\lambda$$
$$= \int_{\lambda_{S_i}}^{\lambda_{E_i}} \left( R(\lambda) - \left( R_{S_i} + \frac{R_{E_i} - R_{S_i}}{\lambda_{E_i} - \lambda_{S_i}} * (\lambda - \lambda_{S_i}) \right) \right) d\lambda \quad (17)$$

其中:λ 和 R(λ) 反射峰特征范围的波长和光谱反射率,其它符号同式(16)。

归一化的反射峰深度为反射峰深度与反射峰特征面积的比值,即:

$$P\_ND_i = \frac{P\_Depth_i}{P\_Area_i} \quad (18)$$

3 遥感技术存在的问题及应用展望

3.1 存在问题

高光谱遥感尽管在植被应用中发挥了很大的作用,但仍存在一些急需解决的问题,主要表现在如下 3 个方面:

首先是遥感定量化问题。由于在植被应用中,常用植被冠层光谱或叶片光谱反射率及反射率特征来估算植被生化组分和长势,所以大气传输仪器误差、植被光谱的角度效应等问题必须解决。对农作物而言,即便在田间地面冠层光谱测量中测定的是作物冠层对阳光的反射,为获得作物冠层反射率光谱,必须将冠层辐射光谱与参考板测定的太阳光谱辐射进行比值运算并乘上参考板的反射率。这一方面有非同步测量及外界光照条件变化引起的误差,而且还有参考板反射率测量的误差;另一方面,利用比值方法计算作物冠层光谱反射率本身就有一定的误差,即便每次测量均考虑了暗电流的影响,但这种方法测定的光谱与光照条件有关。

其次是植被在不同外界条件下,其冠层光谱特性会有一定的变化。如不同光照条件下,其荧光现象和调节能力将改变对不同波长光线的吸收或反

射;有风条件下,叶片空间伸展姿态的改变也将改变冠层光谱反射率。

最后是对象的不统一,也就是光谱测定对象与生化采样对象不可能完全统一。

在技术方法和目前的研究成果方面,仍存在如下 3 个主要不足之处:

首先是目前的遥感模型大多是基于统计分析进行的,而随着应用条件的改变,统计模型的适用性将受到考验。

其次,对于农作物的遥感应用,必须考虑作物生长条件和生育期,特别是禾谷类作物存在着明显的营养生长和生殖生长的阶段性以及营殖并进的交错期,加之茎秆与叶鞘的“临时贮藏”作用随生育进程不断增强,生化组分的差异及其对光谱反射率的贡献会因生育期而异,因此,需要筛选通用性好的特征吸收或反射波段,建立分段的遥感模型,而目前的遥感主要是针对某一生育时期,通过数学分析挑选最佳光谱特征来反演对应的生化组分,所以提出的方法或光谱特征难以适用到其它生育期。

最后,植被含水量的遥感反演十分困难,一些经典和成功的方法是利用吸收特征来反演生化组分,但植被含水量的遥感十分特殊,利用吸收特征来反演必须考虑大气中的水汽干扰,而目前的技术手段难以将水汽与植被含水量对测定光谱的贡献进行分离。

3.2 应用展望

植被高光谱信息的获取方式有两种,一种来源于航空的成像光谱仪,目前用的较多的是 AVIRIS 图像;一种来源于地面用各种光谱仪实测高光谱数据。从高光谱遥感在植被生物物理信息与生物化学信息提取方面已经取得的成果以及近期可能取得的进展看,高光谱遥感将在植被理化信息提取方面发挥不可替代的作用,具体表现在如下几个主要方面:① 不同植被自动识别,以便针对不同植被采用相应的遥感信息模型;② 植被长势及其空间分布的定量

化表达,即用叶面积指数等冠层结构参数量化表达植被长势;③冠层水平的植被营养诊断,即用量化表达的冠层叶绿素含量、叶片水分含量、全氮含量、可溶性糖含量以及磷、钾养分等生物理化参量综合诊断植被的营养状况;④冠层水平的植被病、虫、草害的监测与发生状况诊断。高光谱遥感图像以其特有的优势可用于大面积范围内和全球尺度上的植被类型和土地覆盖类型的识别和动态监测,关键是如何发展和建立各种有效的图像处理技术和相关的植被光谱分析算法。将传统的植被指数予以改进以定量获取植被生物理化参量,实现植被生物理化成分定量制图。其次,地面获取的植被高光谱遥感数据是使遥感从定性向量化进一步发展的基础数据,可为高光谱遥感图像的纠正与数据处理提供几何校准与辐射校准依据;也是更有效地利用多角度、多时相的高光谱遥感图像资料。建立考虑大气散射和时间参量在内的 BRDF 模型的基本数据。另外,地面获取的植被高光谱遥感数据还可用于以下几个方面:①建造光谱数据库,以便高光谱图像与此直接匹配识别植被类型和土壤覆盖类型;②研究植被的高光谱特性与植被生物理化参量的关系,为用高光谱图像在大范围内反演植被的各种生长与营养参数、监测植被长势、估产奠定基础。

#### 参考文献:

- [1] Boochs F, Kupfer G. Shape of the Red Edge as Vitality Indicator for Plants[J]. *International Journal of Remote Sensing*, 1990, 10(11): 1741-1753.
- [2] Tang Yanlin, Huang Jingfeng. Study on Hyperspectral Remote Sensing in Agriculture[J]. *Remote Sensing Technology and Application*, 2001, 4(16): 248-251. [唐延林, 黄敬峰. 农业高光谱遥感研究的现状与发展趋势[J]. *遥感技术与应用*, 2001, 4(16): 248-251.]
- [3] Tong Q X, Zheng L F. Hyperspectral Remote Sensing in China[M]. *Multispectral and Hyperspectral Image Acquisition and Processing, Proceedings of SPIE, Wuhan*, 2001, 4548: 1-9.
- [4] Zhao Y C. New Vegetation Models for Hyperspectral Remote Sensing, *Progress of Agricultural Information Technology* [M]. Beijing: International Academic Publishers, ISIAIT, 2000: 294-300.
- [5] Tong Q X, Zhao Y C. Hyperspectral Remote Sensing Applied on Precision Agriculture in China[M]. Beijing, ICAST Session, 2001, 6: 237-244.
- [6] Zhao D H, Huang L M, Li J L, *et al.* A Comparative Analysis of Broadband and Narrowband Derived Vegetation Indices in Predicting LAI and CCD of a Cotton Canopy[J]. *Photogrammetry & Remote Sensing*, 2007, 401: 1-9.
- [7] Clark R N. High Spectral Resolution Reflectance Spectroscopy of Minerals[J]. *Journal of Geophysical Research*, 1990, 8(95): 12653-12680.
- [8] Fisher A W. Mapping and Correlating Desert Soils and Surfaces With Imaging Spectroscopy[C]//*Proc. of the Third Airborne Visible/Infrared Imaging Spectrometer (AVIRIS) Workshop*. JPL Publication, 1991, 91(28): 23-32.
- [9] Gao B C, Goetz F H. Column Atmospheric Water Vapor and Vegetation Liquid Water Retrieval from Airborne Imaging Spectrometer Data [J]. *Journal of Geophysical Research*, 1990, 4(95): 3549-3563.
- [10] Yi Qiuxiang, Huang Jingfeng, Wang Xiuzhen, *et al.* Hyperspectral Remote Sensing Estimation Models for Nitrogen Contents of Maize[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2006, 22(9): 138-143. [易秋香, 黄敬峰, 王秀珍, 等. 玉米全氮含量高光谱遥感估算模型研究. *农业工程学报*, 2006, 22(9): 138-143.]
- [11] Zhang Jinheng, Wang Ke. Predicting Nitrogen Status of Rice Using Multispectral Data at Canopy Scale[J]. *Pedosphere*, 2006, 16(1): 108-117. [张金恒, 王珂. 基于连续统去除法的水稻氮素营养光谱诊断[J]. *植物生态学报*, 2006, 30(1): 78-82.]
- [12] Liu Weidong, Xiang Yueqin, Zheng Lanfen, *et al.* Relationships between Rice LAI, CHL D and Hyperspectra Data[J]. *Journal of Remote Sensing*, 2000, 4(4): 279-283. [刘伟东, 项月琴, 郑兰芬, 等. 高光谱数据与水稻叶面积指数及叶绿素密度的相关分析[J]. *遥感学报*, 2000, 4(4): 279-283.]
- [13] Xue Lihong, Yang Linzhang, Fan Xiaohui. Estimation of Nitrogen Content and C/N in Rice Leaves and Plant with Canopy Reflectance Spectra[J]. *Acta Agronomica Sinica*, 2006, 32(3): 430-435. [薛利红, 杨林章, 范小晖. 基于碳氮代谢的水稻氮含量及碳氮比光谱估测[J]. *作物学报*, 2006, 32(3): 430-435.]
- [14] Li Kaili, Jiang Jianjun, Mao Rongzheng, *et al.* The Modeling of Vegetation through Leaf Area Index by Means of Remote Sensing[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2005, 25(6): 1491-1496. [李开丽, 蒋建军, 茅荣正, 等. 植被叶面积指数遥感监测模型[J]. *生态学报*, 2005, 25(6): 1491-1496.]
- [15] Liu Zhanyu, Huang Jingfeng, Wu Xinhong, *et al.* Hyperspectral Remote Sensing Estimation Models on Vegetation Coverage of Natural Grassland[J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2006, 17(6): 997-1002. [刘占宇, 黄敬峰, 吴新宏, 等. 天然草地植被覆盖度的高光谱遥感估算模型[J]. *应用生态学报*, 2006, 17(6): 997-1002.]
- [16] Tang Yanlin, Huang Jingfeng, Wang Renchao, *et al.* Comparison of Yield Estimation Simulated Models of Rice by Remote Sensing[J]. *Transactions of the CSAE*, 2004, 20(1): 166-171. [唐延林, 黄敬峰, 王人潮, 等. 水稻遥感估产模拟模式比较[J]. *农业工程学报*, 2004, 20(1): 166-171.]
- [17] Tan Changwei, Wang Jihua, Huang Wenjiang, *et al.* Study on Spectral Variation of LTN, CHL and LAI of Summer Maize [J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2004, 24(6):

- 1041-1046. [谭昌伟,王纪华,黄文江,等. 夏玉米叶片全氮、叶绿素及叶面积指数的光谱响应研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(6): 1041-1046.]
- [18] Tan Changwei, Wang Jihua, Huang Yide, *et al.* Quantitative Improvement of Beer-Lambert Law with Spectral Remote Sensing Technology and Its Application[J]. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38(3): 498-503. [谭昌伟,王纪华,黄文江,等. 运用光谱技术改进 Beer-Lambert 定律的定量化及其应用研究[J]. 中国农业科学, 2005, 38(3): 498-503.]
- [19] Xue Lihong, Cao Weixing, Luo Weihong, *et al.* Relationship between Spectral Vegetation Indices and LAI in Rice[J]. Acta Phytocologica Sinica, 2004, 28(1): 47-52. [薛利红,曹卫星,罗卫红,等. 光谱植被指数与水稻叶面积指数相关性的研究[J]. 植物生态学报, 2004, 28(1): 47-52.]
- [20] Wang Jihua, Wang Zhijie, Huang Wenjiang, *et al.* The Vertical Distribution Characteristic and Spectral Response of Canopy Nitrogen in Different Layer of Winter Wheat[J]. Journal of Remote Sensing, 2004, 8(4): 309-316. [王纪华,王之杰,黄文江,等. 冬小麦冠层氮素的垂直分布及光谱响应[J]. 遥感学报, 2004, 8(4): 309-316.]
- [21] Broge N H, Leblanc E. Comparing Prediction Power and Stability of Broadband and Hyperspectral Vegetation Indices for Estimation of Green Leaf Area Index and Canopy Chlorophyll Density[J]. Remote Sensing of Environment, 2001, 76: 156-172.
- [22] Anatoly A G, Timothy J A, Donald C R, *et al.* Remote Estimation of Leaf Area Index and Green Leaf Biomass in Maize Canopies[J]. Geophysical Research Letters, 2003, 30(5): 1248-1255.
- [23] Osborne C P, Woodward F I. Biological Mechanisms Underlying Recent Increases in the NDVI of Mediterranean Shrublands[J]. International Journal of Remote Sensing, 2001, 22(10): 1895-1907.
- [24] Demetriades-Shah. High Resolution Derivative Spectra in Remote Sensing[J]. Remote Sensing of Environment, 1990, 33(1): 55-64.
- [25] Miller J R. Quantitative Characterization of the Vegetation red Edge Reflectance. 1. an Inverted Gaussian Reflectance model[J]. International Journal of Remote Sensing, 1990, 11: 1775-1795.

## A Review on the Principles and Basic Methods of Remote Sensing Spectral Characteristic Parameters

TAN Chang-wei<sup>1,2</sup>, GUO Wen-shan<sup>1</sup>, WANG Ji-hua<sup>3</sup>,  
ZHU Xin-kai<sup>1</sup>, WANG Jun-chan<sup>1</sup>

(1. Jiangsu Province Key Laboratory of Crop Genetics and Physiology, Yangzhou University, Yangzhou 225009, China; 2. State Key Laboratory of Soil Erosion and Dryland Farming on the Loess Plateau, Yangling 712100, China; 3. National Engineering Research Center for Information Technology in Agriculture, Beijing 100097, China)

**Abstract:** The principles and methods of remote sensing spectral characteristic parameters including derivative spectrum, red edge parameter, spectrum absorption characteristics and spectrum reflectance characteristics, national and international development of hyperspectral remote sensing and its application in extracting biophysical and biochemical information of vegetation, and the feasibility of vegetation indices application are reviewed. The potentiality of further application of remote sensing technology in extracting vegetation information in order to promote remote sensing was put forward. Remote sensing spectral parameter provides a powerful tool for extracting vegetation biophysical and biochemical information.

**Key words:** Remote sensing; Spectral characteristic parameters; Vegetation