

# 延河流域优势植物光谱指数分析

万余庆, 张凤丽, 闫永忠

(中国煤炭地质总局航测遥感局遥感应用研究院, 西安 710054)

**摘要:**以延河流域优势物种的光谱数据为例, 阐述了延河流域主要物种的光谱指数特征, 分析了影响植被光谱指数的因素, 总结了延河流域优势物种光谱鉴别方法, 提出了利用植被光谱导数值和植被体内水份在 970 nm 和 1 190 nm 附近的吸收特征帮助鉴别植被类型的方法。

**关键词:**优势物种; 光谱鉴别方法; 光谱导数; 吸收特征

**中图分类号:** O 561.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-070X(2002)01-0047-06

## 0 引言

自从 20 世纪 60 年代开展成像光谱技术研究以来, 世界各地的科技人员就对植被的光谱特征开展了比较系统的研究, 研究内容主要包括下列几个方面: ① 植被的基本光谱特征; ② 影响植被光谱特征的主要因素; ③ 利用高光谱数据估计植被体内叶绿素(a、b)、叶黄素、纤维素、木质素等组分的含量; ④ 高光谱图像的生物填图。

植被的光谱一般有 2 种形式, 即绿色潮湿(光合作用)光谱和干燥非光合<sup>[1,2]</sup>光谱。在这二者之间有一个过渡范围。绿色植被的吸收光谱范围小于 1  $\mu\text{m}$ , 这是由于叶绿素引起的, 那些波长大于 0.9  $\mu\text{m}$  的吸收光谱是由于液态水决定的。干燥植被的吸收光谱是由纤维素、木质素和氮含量决定的。

## 1 绿色植被的光谱指数与识别方法研究

所有植物的基本组成相同, 光谱也类似, 这给利用光谱特征区分植被带来了较大的难度。然而, 通过仔细分析光谱数据, 借助特殊的算法, 既可以扩大各类地物光谱的微小差异<sup>[3]</sup>, 也可以估算出植物体内的叶绿素(叶绿素 a、b)、胡萝卜素、氮<sup>[4]</sup>、木质素、纤维素的含量, 从而实现对不同物种的识别。比较常用的一些方法有下列几种:

(1) Lichtenthale(1987) 提出利用方程(表 1)估算色素的方法, 其中  $C_{x+c}$  代表叶黄素和  $\beta$  胡萝卜素。

三个方程的计算单位均为  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$ 。  $A_{665.2}$  代表了波长 665.2 nm 处的光谱吸收值。

(2) Chappelle 采用反射光谱比值分析(RARS)计算方法(表 1), 其中  $R$  代表相应波长(nm)的反射率百分比,  $r$  代表高色素富集度反射光谱的反射率百分比(在此研究中它是同一物种成熟期 10 个光谱的均值)。Chappelle 研究表明, 上述方程中波长的选择应对于叶绿素 a(Cha)675 nm、叶绿素 b(Chb)650 nm、胡萝卜素(Cars)600 nm 等最大吸收波段位置, 此时几种色素相互干扰最小。另外, 波长 700 nm 处代表了 Cha 吸收最小, 而波长 760 nm 处位于红边位置, 曲线斜率最大, 再没有 PAR 吸收, 波长 700 nm 代表了中等斜率的红边波段。

(3) Penuelas(1995)提出的结构不敏感色素指数 SIP(表 1)能最佳表示不同样本、不同条件下的 Cars/Cha 关系, 选用  $R_{800}$  是为了最大限度降低因叶面结构差异而产生的光谱混淆, 在波长 680 nm 和 445 nm 处, Cha 和 Cars 吸收最强。

(4) Blackburn 提出的色素专项简化指数 PSSR 和色素专项归一化指数 PSND(表 1)。公式中波段选择依据同前。PSSRa 与 Cha 以及 PSSRb 与 Chb 之间存在强烈的指数关系,  $R^2$ (复相关系数的平方)分别为 0.93 和 0.94, 并且随着色素富集度的增加,  $R^2$  的变化增大。PSSRc 与 Chc 富集度之间没有关系。在公式中, PSNDa 与 Cha 以及 PSNDb 与 Chb 之间存在强烈的指数关系,  $R^2$  分别为 0.90 和 0.91。然而 PSSRc 与 Chc 富集度之间没有关系。

(5) Shaw<sup>[5]</sup>以松树为对象研究覆盖度与光谱反

射率之间的关系,发现  $R_{757}/R_{722}$  的比值和一阶导数反射率  $D_{719}/D_{703}$  及  $D_{730}/D_{700}$  与树苗的覆盖度强烈相关(表 1)。该结论为我们提供了一个反求植被覆盖度的相对简单的方法。

(6)童庆禧等提出选择波长在  $\lambda_1(555\text{ nm})$  到  $\lambda_2(800\text{ nm})$  之间的光谱数据导数( $d\rho/d\lambda$ )波形积分为植被因子的方法<sup>41</sup>,对于 1 阶导数,植被因子  $\psi$  的计算方法见表 1。

表 1 光谱指数与色素富集度/覆盖度相关关系公式统计

光谱指数	表达式	色素	回归分析模型	判别值 $R^2$
色素指数 <sup>①</sup>	$16.72A_{665.2} + 9.16A_{652.4}$ $34.09A_{652.4} + 15.28A_{665.2}$ $(1\ 000A_{470} - 1.63C_a - 104.96C_b)/221$	Ch $a$ ( $C_a$ ) <sup>⑧</sup> Ch $l$ ( $C_b$ ) Car $s$ ( $C_x + c$ )		
RARS <sub>a</sub> <sup>②</sup>	$(R_{675}/R_{700})(r_{670}/r_{700})$ $(R_{680}/R_{700})(r_{680}/r_{700})$ $(R_{675}/R_{800})(r_{675}/r_{800})$ $(R_{680}/R_{800})(r_{680}/r_{800})$	Cha	$y = 161.58x^{-2.4817}$ $y = 201.71x^{-2.75}$ $y = 303.96x^{-1.7156}$ $y = 337.9x^{-1.7588}$	0.781 4 0.858 7 0.932 2 0.945 3
RARS <sub>b</sub> <sup>②</sup>	$(R_{675}/R_{650}R_{700})(r_{650}r_{700}/r_{675})$ $(R_{680}/R_{635}R_{700})(r_{635}r_{700}/r_{680})$ $(R_{675}/R_{650}R_{800})(r_{650}r_{800}/r_{675})$ $(R_{680}/R_{635}R_{800})(r_{635}r_{800}/r_{680})$	Chb	$y = 350.70x - 102.38$ $y = 353.68x - 106.07$ $y = 378.80x - 223.73$ $y = 354.96x - 209.53$	0.886 3 0.901 7 0.482 1 0.424 7
SIPI <sup>③</sup>	$(R_{800} - R_{445})(R_{800} - R_{680})$ $(R_{800} - R_{505})(R_{800} - R_{690})$ $(R_{800} - R_{470})(R_{800} - R_{680})$	Cars/Cha	$y = 3.091\ln(x) + 0.7099$ $y = 3.5919\ln(x) + 0.1507$ $y = 0.9414\ln(x) + 0.6548$	0.852 2 0.853 4 0.856 5
PSSRa <sup>④</sup>	$R_{800}/R_{675}$ $R_{800}/R_{680}$	Cha	$y = 9.407x^{-1.7231}$ $y = 10.928x^{-1.7691}$	0.932 2 0.945 3
PSSRb <sup>④</sup>	$R_{800}/R_{650}$ $R_{800}/R_{635}$	Chb	$y = 8.4186x^{-1.5318}$ $y = 9.1047x^{-1.6099}$	0.940 5 0.953 0
PSSRc <sup>④</sup>	$R_{800}/R_{500}$ $R_{800}/R_{470}$	Cars	$y = 11.089x + 76.545$ $y = 17.364x + 24.916$	0.220 2 0.253 3
PSNda <sup>④</sup>	$(R_{800} - R_{675})(R_{800} + R_{675})$ $(R_{800} - R_{680})(R_{800} + R_{680})$	Cha	$y = 7.8648e^{4.5725x}$ $y = 9.4082e^{4.5944x}$	0.903 4 0.934 3
PSNdb <sup>④</sup>	$(R_{800} - R_{650})(R_{800} + R_{650})$ $(R_{800} - R_{635})(R_{800} + R_{635})$	Cha	$y = 6.9136e^{4.1753x}$ $y = 7.5865e^{4.3006x}$	0.901 5 0.937 5
PSNdc <sup>④</sup>	$(R_{800} - R_{500})(R_{800} + R_{500})$ $(R_{800} - R_{505})(R_{800} + R_{690})$	Cars	$y = 121.43x + 51.642$ $y = 341.38x - 113.724916$	0.187 8 0.242 8
RE <sup>④</sup>	一阶导数的峰值位置	Cha	$y = 2e^{0.1689x}$	0.864 8
RE <sup>④</sup>	一阶导数的峰值位置	Chb	$y = 6e^{0.1536x}$	0.839 1
RE <sup>④</sup>	一阶导数的峰值位置	Cars	$y = 1.6557x - 1\ 020.1$	0.145 3
None <sup>④</sup>	$R_{680}$	Cha	$y = 4\ 665.2x^{-1.6109}$	0.941 3
None <sup>④</sup>	$R_{635}$	Chb	$y = 2\ 130.2x^{-1.4427}$	0.933 8
None <sup>④</sup>	$R_{470}$	Cars	$y = 378.53x^{-0.5961}$	0.493 3
Ratio <sup>⑤</sup>	$R_{757}/R_{722}$ $R_{800}/R_{670}$	覆盖度(cover)	$R_{757}/R_{722} = 0.005\text{cover} + 1.26$	0.84 0.95
ldratio <sup>⑤</sup>	$D_{719}/D_{703}$ $D_{730}/D_{700}$		$D_{719}/D_{703} = 0.007\text{cover} + 0.85$ $D_{730}/D_{700} = 0.010\text{cover} + 0.55$	0.73 0.80
植被因子 <sup>⑥</sup>	$\psi = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} d\rho/d\lambda \lambda d\lambda$			

①Lichtenthaler; ②Chappelle; ③Penuelas; ④Blachburn; ⑤Shaw; ⑥童庆禧; ⑦ $A_{665.2}$ 代表了波长 665.2 nm 处的光谱吸收值; ⑧Ch $a$ ( $C_a$ )

即叶绿素 a, Ch $l$ ( $C_b$ ) 即 叶绿素 b, Car $s$ ( $C_x + c$ ) 即胡萝卜素, 计量单位为  $\text{mg} \cdot \text{m}^{-2}$

## 2 实验与分析

### 2.1 数据来源

实验所用数据为野外测试所得。测试仪器为

FieldSpec FR 便携式分光辐射光谱议。波长范围是  $0.352.5\ \mu\text{m}$ , 波长精度  $\pm 1\ \text{nm}$ 。光谱分辨率在 3501 000 nm 内约为 3.5 nm, 在更长波长内为 1012 nm。采样间隔从可见光到近红外为 1.4 nm, 在 1 000 nm 之外为 2 nm。测试时间为 2000 年 8 月中旬、9 月下

旬、10月下旬,分别对应植被的生长旺盛期、成熟期和枯萎期。

## 2.2 延河流域优势植物光谱指数分析与讨论

安塞试验基地种植了延河流域几乎所有的优势

物种,主要物种光谱指数统计参数见表2,为了对比,表中还列出了不同生长状态的玉米和树叶的光谱指数。通过分析该表,结合相应的光谱曲线和1阶导数、对数曲线,发现下列一些特征。

表2 安塞试验基地主要优势物种部分光谱指数

名称	红边 <sup>①</sup> /nm	胡萝卜素/叶绿素 a (SIP1)			叶绿素 a 简化 指数		叶绿素 b 简化 指数		叶绿素 a 归一化 指数		叶绿素 b 归一化 指数		反射率			
		SIP1	SIP2	SIP3	PSSRa1	PSSRa2	PSSRb1	PSSRb2	PSNDa1	PSNDa2	PSNDb1	PSNDb2	R <sub>680</sub>	R <sub>635</sub>	R <sub>470</sub>	
杂草 813 <sup>②</sup>	719	1.093	1.102	1.079	5.009	4.936	4.569	4.279	0.667	0.663	0.640	0.621	0.049	0.056	0.066	
榆树 813	719	1.027	1.032	1.022	10.68	9.596	10.52	8.818	0.828	0.826	0.811	0.796	0.035	0.041	0.058	
玉米 813	731	1.022	1.021	1.014	9.041	8.931	7.941	7.235	0.800	0.798	0.776	0.757	0.043	0.054	0.074	
向日葵 813	687	2.560	3.392	2.551	1.630	1.615	1.421	1.385	0.239	0.235	0.173	0.161	0.306	0.357	0.322	
土豆 813	719	1.032	1.038	1.027	10.03	9.866	8.848	7.832	0.818	0.815	0.796	0.773	0.042	0.053	0.080	
沙棘 813	719	1.015	1.023	1.013	12.70	12.46	11.54	10.54	0.854	0.851	0.840	0.826	0.030	0.035	0.051	
沙打旺 813	719	1.000	1.007	0.998	21.94	21.21	17.98	15.41	0.912	0.910	0.894	0.878	0.023	0.031	0.055	
荞麦 813	702	1.083	1.108	1.075	5.891	5.789	5.121	4.509	0.709	0.705	0.673	0.637	0.060	0.077	0.106	
柠条 813	719	1.055	1.060	1.040	5.983	5.915	5.216	4.840	0.713	0.710	0.678	0.657	0.033	0.041	0.052	
胡枝子 813	719	1.034	1.047	1.025	8.590	8.447	7.448	6.770	0.791	0.788	0.763	0.742	0.037	0.047	0.057	
黄蒿 813	719	1.039	1.062	1.029	10.12	9.913	7.790	6.733	0.820	0.816	0.772	0.741	0.031	0.045	0.061	
红豆 813	702	1.515	1.490	1.469	2.057	2.038	2.037	2.025	0.345	0.341	0.341	0.339	0.125	0.126	0.118	
番茄 813	719	1.026	1.034	1.019	10.53	10.32	9.273	8.201	0.826	0.823	0.805	0.782	0.046	0.059	0.086	
同 树 种	病叶	702	1.028	1.063	1.022	7.935	7.73	6.161	5.208	0.776	0.771	0.720	0.677	0.070	0.104	0.138
	成叶	725	1.017	1.021	1.010	8.656	8.37	7.702	6.729	0.792	0.786	0.770	0.740	0.078	0.098	0.132
嫩叶	715	1.003	1.011	1.002	25.53	24.61	20.85	16.06	0.924	0.921	0.908	0.882	0.036	0.056	0.120	
	813	731	1.022	1.021	1.014	9.041	8.931	7.941	7.235	0.800	0.798	0.776	0.757	0.043	0.054	0.074
玉	815	731	1.034	1.040	1.027	7.008	6.941	6.256	5.783	0.750	0.748	0.724	0.705	0.059	0.071	0.090
	816	731	1.054	1.051	1.045	6.716	6.633	6.153	5.711	0.740	0.738	0.720	0.702	0.055	0.064	0.080
	919	719	1.163	1.159	1.142	3.245	3.222	3.029	2.909	0.528	0.526	0.503	0.488	0.157	0.174	0.184
米	919	696	1.243	1.273	1.215	3.112	3.059	2.954	2.805	0.513	0.507	0.494	0.474	0.129	0.140	0.135
	920	695	1.912	1.881	1.828	1.706	1.685	1.748	1.781	0.261	0.255	0.272	0.281	0.158	0.150	0.122

①红边位置是植物叶绿素在红光波段的吸收和红外波段的高反射的边界(Dawson);②此处代表测试时间,即2000年8月13日,下同。

(1)同处于旺盛生长期的农作物,玉米、向日葵、荞麦、红豆、土豆等植被指数之间有较大的差异,原因是它们在长势、外部特征上有显著的区别。其中,玉米处于抽穗期,茎叶完全封行,没有土壤背景干扰。红边位置最远,为731nm。向日葵正处于盛花期,绿叶、黄花、土壤背景、阴影的面积之比约45:30:10:15,由于葵花中胡萝卜素的影响,使得向日葵各项植被指数与其它植被之间有着明显的差别,与一般植物相比,红边蓝移约30nm,胡萝卜素/叶绿素a(SIP1)的比值在所有的植被中最高,而叶绿素a和叶绿素b简化指数、叶绿素a和b归一化指数在所有的植被中最低。旺盛生长期的荞麦与其它植被相比,

有两个显著特点,即红茎、白花,它们导致红边蓝移,叶绿素a、b含量相对较低。红豆由于长势比较差,土壤背景面积为60%,叶绿素a、b指数是绿色植被中最低的。

吴继友等研究认为<sup>[8]</sup>,红边附近最低反射率波长是红边的起始波长,也是叶绿素的吸收峰的波长。植被反射光谱导数一般均有两个潜在的反射峰,前峰对应705nm,后峰对应720nm,最大峰值对应的波长位置反映了植物的生长状况,当生长状态好时,最大值为后峰,红边向右移,当生长状态差时,最大值为前峰,红边蓝移(向左)。红边位置的移动是由于植物叶内叶绿素含量和细胞结构受到生长条件影响

所致,如季节气候和地下矿藏的影响。对针叶松类而言,秋季红移与春季蓝移之间的差距最大。春季的高光谱图像是探测赤松林受地下金属影响的最佳季节。植物红边依据叶绿素和物候的变化,波长在680-750 nm之间变化。

(2)草类植被中,沙打旺是黄土高原干旱地区推广种植的主要草本物种,通常在干旱环境中能保持旺盛的长势,含有大量的叶绿素,其叶绿素 a、b 指数是天然状态下植被中含量最高的物种,大约是多种草类混生杂草的 5 倍,SIPI 指数在所有植物中最低。

(3)柠条是该地区的主要灌木,有着独特的生态价值和经济价值。它的各项植被指数与另一个重要的草本植物——黄蒿和木本植物——榆树没有显著的差异,但是 3 者的波谱曲线存在显著的差异(图 1)。在野外,这 3 种植物的形态也有很大的差异,可以肯定在高光谱图像上,它们纹理特征必然不同。

(4)当这些指数相近的植物波长在 750 nm 以内的光谱特征不能有效区分时,可以在 750 nm 之后的反射光谱曲线上寻找差异(图 1)。图 1 表明,波长在

750 nm 以内,9 种植物的光谱曲线在形态和相对位置上差别很小,但是在 750 nm 之后,反射率相对大小和曲线形态上差异较大,尤其是在 1 650 nm 和 2 200 nm 处光谱反射率的相对大小与从 750 nm 到 1 300 nm 处的相对大小和曲线位置顺序发生显著的变化。通过对数变换后,从 400 nm 到 750 nm 处的曲线形态上的差异显著增加,更利于区分物种(图 2)。

另外,利用表 1 公式计算出的植被因子,有效地反映了几类难以区分的植被之间的差异,它们是杂草、榆树、土豆、沙棘、沙打旺、柠条、胡枝子、黄蒿和番茄(表 3)。用类似于植被因子计算方法,计算中心波长为 970 nm 和 1 190 nm 的植被体内水分吸收因子,其差异可以作为辅助的鉴别标志。计算时对应的积分区间是波长 887.1 073 nm 和 1 074.1 267 nm。计算结果见表 3。

(5)同一种树叶,从嫩叶向成熟再向枯萎的生长演化过程中,叶绿素 a、b 的含量由高到低,但是红边位置以成熟叶最远。

(6)从 8 月 13 日 9 月 23 日,玉米从旺盛生长

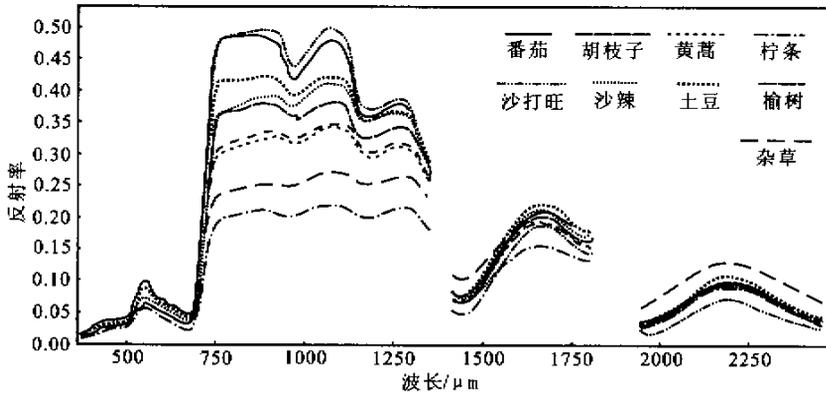


图 1 延河流域部分优势植物反射光谱曲线(2000 年 8 月)

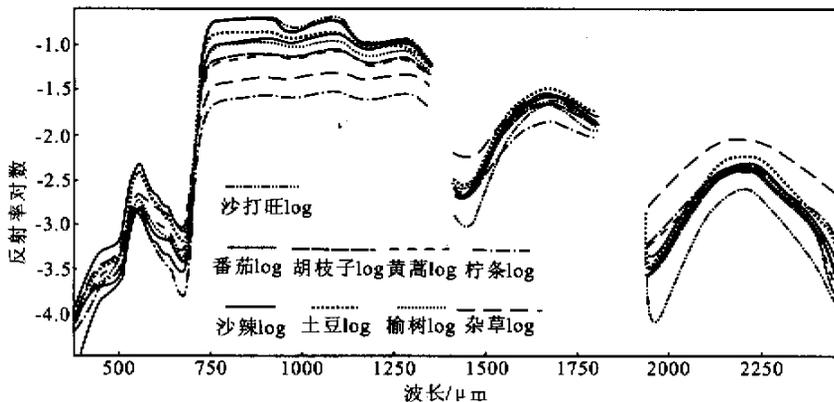


图 2 延河流域部分优势植物反射光谱对数变换曲线(2000 年 8 月)

表 3 部分光谱特征相似的物种的植被因子和吸收因子

名称	沙棘	土豆	榆树	杂草	黄蒿	胡枝子	柠条	沙打旺	番茄
植被因子	0.373	0.430	0.367	0.217	0.317	0.306	0.190	0.512	0.491
水吸收因子	970 nm	0.067 6	0.066 5	0.077 3	0.037 1	0.049 8	0.042 2	0.044 9	0.122 5
	1 190 nm	0.084 4	0.084 2	0.078 7	0.038 4	0.065 2	0.061 5	0.041 9	0.138 6

期向成熟期过度,叶子逐步变黄,叶绿素含量逐渐降低,植被光谱指数发生了显著变化,表现为红边位置从波长 731 nm 左移到波长 695 nm 处,叶绿素 a、b 的简化指数和归一化指数逐渐降低。

## 3 讨论

### 3.1 植被光谱特征的影响因素

植被类典型的反射光谱主要是由叶面中叶绿素、水和其它生物化学成分对光线的吸收和反射形成的。因为所有植物的基本组成相同,但不同的植物在不同的生长期各组分的含量不同。这些组分的变化对植被的反射光谱都有影响<sup>[10]</sup>。

在野外状态下,植被光谱特征受多种因素影响<sup>①</sup>,如大气特征、背景地物、仪器观测几何、植被生长阶段等,使得光谱曲线形态产生较大的变化,不能用一种光谱曲线代表植物整个生长期的光谱特征,也使得植被波谱库中物种的数量比自然界中植物种类的数量少许多,如在 ASTER 和 JHU 光谱库中分别只有 4 种和 3 种植物光谱<sup>②③</sup>。

从 RARS 和 SIPI 的计算公式中看到,不同的研究人员在色素指数计算过程中的波段选择差异很大。这可能是由于:①植物水含量和处理方法的不同;②其它色素对 Cha、Chb 的干扰作用,吸收光谱的最大吸收值难以准确标定。另外用于色素富集度计算的最佳波段不一定要选择最大吸收位置,因为这里的光谱吸收可能已达到饱和。吸收曲线的翼部可能随着色素富集度的增加呈现连续变化。

### 3.2 利用光谱特征区分植被的可行性分析

虽然植被叶片的基本组分相同,反射光谱类似,但不同植物基本组分的含量却不同,它们光谱吸收特征的形状也有细微差别,尤其在叶绿素吸收波段范围内(400~680 nm)的差异很明显。另外,植物叶内水分所引起吸收峰(在 970 nm 和 1 190 nm 波段处)的差别也是很明显,表现为吸收峰的深度和形状不同,水吸收因子差异较大(表 3)。

植物叶绿素在波长 690 nm 处呈强吸收特征,这

可作为不同植被以及同一种植被在不同生长期、不同生长状态下的波谱曲线对比的重要依据。在这段波长内,叶绿素含量越高,反射率就越低;叶绿素含量越低,反射率就越高。

植物光谱特征差异是高光谱遥感图像区分植被的基础。多年来,研究人员<sup>[4,7]</sup>不仅从理论上探讨如何利用植被光谱指数区分植被的基础方法,而且还提出了一些实用的方法,例如:①利用光谱导数消除植被环境背景影响之后,再进行分类或利用导数波形匹配进行植物分类,此方法可以把鄱阳湖地区湿地植被区分到亚类;②利用修正过的最小二乘匹配算法来估计遥感图像中植被与波谱库某类植被的波谱匹配的紧密程度,从而实现了对植被的分类。

总之,利用光谱特征区分植被的基础是光谱,只要各类植物的光谱存在比较显著的差异,或者通过导数变换、对数变换获得较大的差异,即可从高光谱图像上对植物加以区分。

### 3.3 最佳光谱指数

采用分步回归分析法确定最佳波长位置。根据线性和曲线回归分析,Cha 的富集度与波长 680 nm 处的反射率相关性最好,Chb 与波长 635 nm 处反射率的相关性最佳,Cars 对应波长 470 nm 处,这种关系为指数关系,并且对 Cha、Chb 有很高的相关性。无论用什么方案去判别成像光谱特征,波长 680 nm 处位于 Cha 吸收特征的右翼,即红光波段,这里没有 Chb 和其它色素的吸收。同样的道理,波长 635 nm 处位于 Chb 的吸收的左翼,这里 Cha 的吸收最低。对于 Cars 470 nm 波段处位于 Cars 吸收特征的右翼,处于蓝光波段,这里没有 Cha 吸收,但当水含量高时,Chb 有一些吸收,从而产生一定的混淆,可以解释波长 470 nm 处与 Cars 富集度的关系不紧密的原因。

宫鹏的研究表明<sup>[9]</sup>,光谱微分技术可以有效地压缩背景噪音对目标物的影响。一阶、二阶微分光

① Analytical Spectral Devices, Inc., FieldSpec Pro User's Guide, February 2000, 54-67.

② ASTER Spectral Library, Version 1.2 2000.

③ ENVI User's Guide, Research Systems Inc., US, 1997.

谱数据和逐步回归分析技术可以预测植被的总叶绿素、全氮和全磷含量(比使用原始数据估计的精度高)。中心波长在 1 5251 564 nm 的一阶微分光谱数据能反映冠层中氮含量的变化。

#### 4 结 论

植物光谱指数包括叶绿素 a、b、胡萝卜素的相对含量、红边位置、植被因子、结构不敏感色素指数、色素专项简化指数、色素专项归一化指数等。通过对延河流域植被优势物种光谱指数分析,发现同一物种在不同生长阶段或同一生长阶段的不同物种的光谱指数常常存在显著的差异,从而实现对不同物种的识别。但是延河流域部分优势物种在生长期的光谱指数也有比较相似的现象。通过对数变换,可以扩大它们之间的光谱特征差异,帮助识别物种,提高高光谱图像的植被分类精度。当上述各项指数不能有效的区分物种时,水吸收因子可以作为一个参考指标。

#### 参 考 文 献

[ 1 ] Clark R N , King T V V , Ager C , Swayze G A . Vegetation Species and Stress Indicator Mapping in the San Luis Valley , Colorado using Imag-

ing Spectrometer data[ J ]. Remote Sensing of Environment ,submitted , 1997 .

[ 2 ] Rencz A . Manual of Remote Sensing , Chapter 1[ M ] . New York : John Wiley and Sons , Inc . 1999 .

[ 3 ] Blackburn G A . Spectral indices for estimating photosynthetic pigment concentration : a test using senscent tree leve[ J ] . INT . J . Remote Sensing , 1998 ,19( 4 ) 657 - 675 .

[ 4 ] 陈述彭 ,童庆禧 ,郭华东 . 遥感信息机理研究[ M ] . 北京 : 科学出版社 ,1998 . 7 .

[ 5 ] Shaw D T . High - spectral resolution data for monitoring Scots pine( pinus sylvestris L . ) regeneration[ J ] . Int . J . Remote Sensing , 1998 ,19 ( 13 ) 2601 - 2608 .

[ 6 ] Bolster K L , Martin M E , Aber J D . Determination of carbon fraction and nitrogen concentration in tree foliage by near infrared reflectance : a comparison of statistical methods[ J ] . Canadian Journal of Forest Research , 1996 , 26 : 590 - 600 .

[ 7 ] Raymond F Kokaly , Roger N Clark , Eric Livo K . Mapping the Biology and Mineralogy of Yellowstone National Park using Imaging Spectroscopy [ A ] . Summaries of the 7th Annual JPL Airborne Earth Science Workshop [ C ] . In :Green R O , AVIRIS Workshop . JPL Publication 97 - 21 . 1998 ,1 : 245 - 254 .

[ 8 ] 吴继友 ,等 . 山东招远金矿区赤松针叶反射光谱红边的季节特征[ J ] . 遥感学报 ,1997 ,12 : 124 - 127 .

[ 9 ] 宫鹏 ,等 . 不同季节针叶树种高光谱数据识别分析[ J ] . 遥感学报 ,1998 ,2( 3 ) 211 - 217 .

[ 10 ] 万余庆 ,等 . 延河流域植物光谱特征分析[ J ] . 国土资源遥感 , 2001 ( 3 ) : 15 - 20 .

## A RESEARCH ON THE HYPERSPECTRAL INDEXES OF DOMINANT VEGETATION IN YANHE DRAINAGE AREA

WAN Yu - qing , ZHANG Feng - li , YAN Yong - zhong

( Aerophotogrammetry and Remote Sensing Center of China Coal , Xi ' an , 710054 , China )

**Abstract:** Many scientists have probed into using hyperspectral indexes to identify vegetation and their coverage , and created many methods . These methods , however , are based on statistics and regression analysis , and do not necessarily suit all floristics in a specific area . This paper described some of the methods , took the dominant vegetations in Yanhe drainage area as examples to compute their indexes and discuss their spectral characteristics as well as the affecting factors , and summed up the methods for identifying the dominant plants in the area with spectrum indexes . The utilization of the water absorbtion indexes controlled by water content of plants on the central bands of 970nm and 1190nm is also proposed to help identify the plants .

**Key words:** Dominant vegetation ; Hyperspectral indexes ; Spectral derivation ; Absorbtion property

第一作者简介 : 万余庆( 1963 - ) 男 , 1985 年毕业于山东科技大学地球科学系 , 一直从事遥感图像信息处理与应用研究 , 先后在国内外学术期刊上发表论文 20 余篇 , 出版专著 1 本 .

( 责任编辑 : 周树英 )