

文章编号:1001-1498(2005)04-0375-06

QuickBird 遥感数据监测植被覆盖度的研究

陈巧, 陈永富

(中国林业科学研究院资源信息研究所, 北京 100091)

摘要:利用 QuickBird 高分辨率遥感数据,运用三波段法、NDVI 像元二分法、综合法估算研究区域的植被覆盖度,并对 3 种方法的计算结果进行比较和检验,结果表明:3 种方法的估测值与实际值之间的相关性均较高(均达到了 0.84 以上),其中 NDVI 像元二分法和综合法的相对误差不大,精度能达到 92% 以上。经系统性检验,NDVI 像元二分法和综合法的拟合精度较高,模型的整体性较好,可用于 QuickBird 数据估算植被覆盖度。

关键词:QuickBird 遥感数据;植被覆盖度估算;三波段法;NDVI 像元二分法;综合法
中图分类号:S771.8 **文献标识码:**A

A Study on Estimation of Vegetation Fraction by Using QuickBird Imagery

CHEN Qiao, CHEN Yongfu

(Research Institute of Forest Resource Information Techniques, CAF, Beijing 100091, China)

Abstract: Using 3-bands method, NDVI method for dimidiate pixel model and integration method by QuickBird image to estimate the vegetation fraction of study area, and the estimating values of the three methods were compared and validated. The results were as follows: all the relativities of the three method were high between the estimating values and the actual values (they were all more than 0.84), and the average relative error of NDVI method for dimidiate pixel model and integration method were not high and the average estimated accuracy of all land cover type of NDVI method for dimidiate pixel model and integration method was more than 92% in the study area. The result of systematic nature validation suggested that the estimating precision of NDVI method for dimidiate pixel model and integration method was relatively high, and they had good unitary nature, so they both could be used in estimating of vegetation fraction from QuickBird image data.

Key words: QuickBird data; vegetation fraction estimation; 3-bands method; NDVI method for dimidiate pixel model; integration method

植被覆盖度是指植被(包括叶、茎、枝)在地面的垂直投影面积占统计区总面积的百分比^[1,2]。它是衡量地表植被覆盖的一个最重要的指标,植被覆盖度及其变化是区域生态系统环境变化的重要指示,对水文、生态、全球变化等都具有重要意义。传统的植被覆盖度测量方法^[3~5]主观性太强,样方法等以及借助于采样

仪器的测量方法虽然提高了测量的精度,但野外操作不便,并且成本较高,难以在大范围内快速提取植被覆盖度。遥感技术为监测大面积区域植被覆盖度,甚至全球的植被覆盖度提供了可能。而使用 QuickBird 等高空间分辨率的卫星遥感数据则可以用来对重点区域或脆弱区域进行深入研究,必要时还可用于对中、低空间

收稿日期:2005-02-26

基金项目:“国家重点林业生态工程监测与评价技术研究”项目(项目编号:2003DLA6N014)

作者简介:陈巧(1977—),女,四川武胜人,研究实习生

分辨率数据的检验^[2,6,7]。QuickBird 数据全色光学通道波长范围 0.45 ~ 0.90 μm , 空间分辨率为 0.61 m; 4 个多光谱波段的位置与 Landsat TM1 ~ TM4 相同, 空间分辨率为 2.44 m。地面重访率可达 3 d。

对于应用遥感数据资料提取植被覆盖度, 国内外专家学者虽有所研究, 但大部分都是针对大面积、低分辨率的遥感数据进行的, 对于使用高空间分辨率的卫星遥感数据对重点区域或脆弱区域进行深入研究, 尤其是对退耕地信息的提取则研究较少^[1~4,8~14]。

本文旨在分析并讨论高分辨率遥感资料估测植被覆盖度的方法, 选用 2~3 个利用遥感技术估算植被覆盖度的模型, 使用选用的模型估算出实验点的植被覆盖度。最后评价所建立的模型, 并对各模型的估测结果进行比较, 选出最优模型和方法, 并应用于植被覆盖度的变化监测。

1 资料与方法

1.1 资料的获取与处理

1.1.1 资料的获取

(1) QuickBird 数据

本研究的 QuickBird 数据来自中科院地面站, 为 2002 年 8 月、2004 年 8 月包含海南省昌江县七差镇以及 2002 年 8 月包含甘肃省天水县部分地区的全色和多光谱数据, 分辨率分别为 2.44 m 和 0.67 m。海南省影像覆盖经纬度范围为: 109°06' ~ 109°09' E, 18°59' ~ 19°01' N; 甘肃省影像覆盖经纬度范围为: 106°03' ~ 106°07' E, 34°37' ~ 34°43' N。

(2) 退耕还林工程设计图

昌江县七差镇的退耕还林工程设计图来自昌江县林业局。为 2002 年退耕还林工程造林验收竣工图。该竣工图是在比例尺为 1:10000 地形图上直接手工勾绘而成。退耕还林工程设计图是退耕还林检查的必备资料之一。

(3) 植被盖度真实值的获取

到实验点进行外业调查, 了解退耕地的详细情况, 包括: 退耕时间、除草情况、生长情况以及退耕地周围的地形环境等。对样地进行每木检尺, 内容包括: 树高、地径、冠幅的测量, 树种的确认, 株行距的测量。并从各个角度对退耕地及退耕苗木进行多方位、多角度拍摄, 辅助真实值的判定。

1.1.2 资料的处理

1.1.2.1 QuickBird 数据的处理

获取的 QuickBird 数据质量较好, 但仍有少量的云, 因此先进行去云处理。接着将去云后的数据进

行进一步的操作和处理。

(1) 将同一时相、不同分辨率的快鸟全色数据与多光谱数据进行融合, 得到分辨率为 0.67 m 多光谱数据, 计算 NDVI 用于 NDVI 法植被盖度的计算。

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

其中, 在 QuickBird 影像中第 4 波段 (0.76 ~ 0.9 μm) 对应于近红外波段 NIR, 第 3 波段 (0.63 ~ 0.69 μm) 对应于红波段 R。

(2) 将多光谱的 QuickBird 原始数据转换成反射率, 分辨率为 2.44 m, 用于三波段法植被覆盖度的计算。

(3) 由于不同年份的 QuickBird 数据存在一定程度的地理偏差, 因此在进行不同年份数据的对比分析时, 需进行地理匹配。选取地面易识别和有代表性的 30 ~ 40 个点作为地面控制点, 运用最小二乘法, 分别对融合后的数据和转换成反射率的数据进行坐标匹配。具体做法为: 以 2004 年的 QuickBird 数据为基础, 对 2002 年的 QuickBird 数据进行匹配。最后提取反射率和 NDVI, 计算植被覆盖度。

1.1.2.2 退耕还林工程造林验收竣工图处理

将该竣工图扫描后进行坐标定位, 最后矢量化生成 shp 文件。

1.1.2.3 植被覆盖度真实值的处理

借助外业调查资料, 对 QuickBird 影像进行植被覆盖度的判读。利用系统抽样的方法, 从图中选择 100 个样区提取植被覆盖度值。提取的 100 个样区中分单点和多点。单点为 1 个点的植被覆盖度值; 多点为与单点相邻的多个点的平均值。三波段法使用的 QuickBird 数据分辨率为 2.44 m, 多点样区的点数为 16 个点。NDVI 法使用的 QuickBird 数据分辨率为 0.67 m, 为了保证该样区的大小范围与三波段法一致, 因此多点样区的点数为 252 个点。由于海南 2002 年中有 8 个样区、2004 年有 2 个样区落在非植被区、甘肃 2002 年有 10 个样区落在非植被区, 因此实际使用的样区个数为海南 2002 年 92 个, 2004 年 98 个, 甘肃 2002 年 90 个。

1.2 植被覆盖度估测方法的原理简介

1.2.1 三波段法

一般来说, 植被在绿光波段有一个低反射峰, 在近红外波段有一个高反射峰, 在红光波段为一个吸收谷。而土壤光谱在绿到近红外波段近似线性变化。从土壤光谱库中全部 25 种土壤在 0.56 ~ 0.83 μm 之间的光谱曲线可以看出, 在该波长范围内, 大

部分土壤光谱近似线性变化。唐世浩等^[11,12]根据上述植被和土壤的光谱特点,提出如下形式三波段梯度差植被指数(TGDVI):

$$TGDVI = \frac{R_{ir} - R_r}{i_r - r} - \frac{R_r - R_g}{r - g} \quad (1)$$

若 $TGDVI < 0$, 则取 $TGDVI = 0$ 。其中 R_{ir} , R_r 和 R_g 分别为近红外、红、绿波段的反射率; i_r , r 和 g 为相应波段的波长中值。分析该植被指数可以看出,随植被增加,绿光和近红外反射率增加、红光反射率减小,该植被指数增大;反之,该指数减小。对于植被来说, $TGDVI$ 一般不会小于 0。

利用 $TGDVI$ 计算植被覆盖度(f_c)的公式如下:

$$f_c = TGDVI / TGDVI_{max} \quad (2)$$

其中, $TGDVI_{max}$ 为最大三波段梯度差。

1.2.2 NDVI 像元二分法^[3,4,13,14]

根据像元二分模型的原理,通过遥感传感器所观测到的信息 S 可以表达为由绿色植被部分所贡献的信息 S_v , 和由无植被覆盖(裸土)部分所贡献的信息 S_s 两部分,即:

$$S = S_v + S_s \quad (3)$$

设一个像元中有植被覆盖的面积比例为 f_c , 即该像元的植被覆盖度, 则裸土覆盖的面积比例为 $1 - f_c$, 如果全由植被所覆盖的纯像元所得的遥感信息为 S_{veg} , 则混合像元的植被部分所贡献的信息 S_v 可以表示为 S_{veg} 与 f_c 的乘积:

$$S_v = f_c \cdot S_{veg} \quad (4)$$

同理,如果全由裸土所覆盖的纯像元所得的遥感信息为 S_{soil} , 混合像元的土壤成分所贡献的信息 S_s 可以表示为 S_{soil} 与 $1 - f_c$ 的乘积:

$$S_s = (1 - f_c) \cdot S_{soil} \quad (5)$$

将公式(4)与(5)代入公式(3), 可得

$$S = f_c \cdot S_{veg} + (1 - f_c) S_{soil} \quad (6)$$

对公式(6)进行变换, 可得以下计算植被覆盖度的公式:

$$f_c = (S - S_{soil}) / (S_{veg} - S_{soil}) \quad (7)$$

其中 S_{soil} 为纯土壤像元的信息, S_{veg} 为纯植被像元的信息, 因而可以根据公式(7)利用遥感信息来估算植被覆盖度。

将归一化植被指数($NDVI$)代入公式(7)可以被近似为:

$$f_c = (NDVI - NDVI_{soil}) / (NDVI_{veg} - NDVI_{soil}) \quad (8)$$

其中, $NDVI_{soil}$ 为裸土或无植被覆盖区域的 $NDVI$ 值, 即无植被像元的 $NDVI$ 值; 而 $NDVI_{veg}$ 则代表完全被植被所覆盖的像元的 $NDVI$ 值, 即纯植被像元的 $NDVI$ 值。

1.2.3 综合法

对三波段法和 $NDVI$ 像元二分法估算的植被覆盖度进行比较和分析, 发现两种方法植被覆盖度的估算结果与实际植被覆盖度存在某些规律, 因此将两种方法的估算结果进行平均, 得到综合法的估算结果。

2 结果与分析

本研究借助 QuickBird 影像数据, 研究植被覆盖度的遥感估算, 特别是小范围退耕地植被盖度遥感估算。目的在于寻找借助高分辨率遥感资料定量估算植被盖度的方法, 为林业研究者、决策者和生产者提供适时适地植被盖度信息, 以便他们及时地了解植被生长状况及退耕还林地的质量状况并辅助科研决策。具体研究内容包括:

(1) 估测值与真实值拟合度的一般性检验

(2) 估测值与真实值拟合度的系统性检验

为了说明应用模型的整体性能, 还需对模型的总相对误差($RS\%$)、平均相对误差绝对值($RMA\%$)等 2 个统计指标进行检验。在以上指标中, $RS\%$ 是检验模型是否存在系统偏差的指标; $RAM\%$ 是检验模型与样本点的切合程度的一个重要指标。

$$\text{其中 } RS = \frac{W_i - W_i}{W_i} \times 100\%,$$

$$RMA = \left| \frac{W_i - W_i}{W_i} \right| / n \times 100\%$$

表1 各方法模型检验结果及精度检验

模型	相关系数	平均相对误差/%	估测值标准误	N	总相对误差/%	平均相对误差绝对值/%	
三 波 段 法	2002年海南三波段法单点	0.842	13.60	7.18E-02	92	12.94	14.64
	2004年海南三波段法单点	0.926	9.61	6.85E-02	98	4.75	19.00
	2002年甘肃三波段法单点	0.931	21.30	8.74E-02	90	17.20	83.20
	单点平均	0.900	14.84	7.59E-02	93.3	11.63	38.95
	2002年海南三波段法多点	0.831	14.05	7.39E-02	92	13.48	14.44
	2004年海南三波段法多点	0.945	8.96	5.95E-02	98	3.67	11.10
	2002年甘肃三波段法多点	0.955	19.20	7.08E-02	90	17.10	68.00
	多点平均	0.910	14.07	6.80E-02	93.3	11.42	31.18
	三波段法平均	0.905	14.46	0.071 95	93.3	11.525	35.07
	NDVI 像 元 二 分 法	2002年海南NDVI法单点	0.906	5.60	5.41E-02	92	-2.45
2004年海南NDVI法单点		0.938	10.72	6.29E-02	98	-0.577	10.50
2002年甘肃NDVI法单点		0.946	11.40	7.78E-02	90	-6.40	14.80
单点平均		0.930	9.24	6.50E-02	93.3	-3.14	10.38
2002年海南NDVI法多点		0.909	5.40	5.33E-02	92	-2.92	5.72
2004年海南NDVI法多点		0.964	6.61	4.84E-02	98	-2.29	16.10
2002年甘肃NDVI法多点		0.980	8.00	4.72E-02	90	-5.60	11.50
多点平均		0.951	6.67	5.00E-02	93.3	-3.60	11.11
NDVI法平均		0.940 5	7.96	0.057 5	93.3	-3.37	10.745
综 合 法		2002年海南综合法单点	0.889	6.60	6.09E-02	92	4.68
	2004年海南综合法单点	0.965	5.89	4.76E-02	98	2.02	17.30
	2002年甘肃综合法单点	0.949	12.20	7.56E-02	90	4.04	19.60
	单点平均	0.930	8.23	6.10E-02	93.3	3.58	14.57
	2002年海南综合法多点	0.886	6.40	6.16E-02	92	4.64	6.65
	2004年海南综合法多点	0.964	5.25	4.84E-02	98	0.60	8.65
	2002年甘肃综合法多点	0.975	9.10	5.34E-02	90	4.50	13.00
	多点平均	0.940	6.92	5.40E-02	93.3	3.25	9.43
综合法平均	0.935	7.58	0.057 5	93.3	3.415	12.00	

表1是利用三波段法、NDVI法和综合法对2002年和2004年海南以及2002年甘肃的QuickBird影像计算并提取的单点和多点的植被覆盖度值与真实值拟合度的检验结果及精度检验。

2.1 三波段法

从表1可以看出,应用三波段法计算的植被覆盖度与植被覆盖度真实值的相关性较高,海南2002年和2004年以及甘肃2002年单点和多点相关系数分别为0.842、0.926、0.931、0.831、0.945、0.955,6组数据的相关系数均在0.8以上,最高达到了0.955。同时估测值标准误也不高,均小于0.09。估测值的平均相对误差不大,在8.96%~21.3%之间,平均为14.46%。说明三波段法的估测精度较高,能达到85%以上。

三波段法单点平均相对误差与多点平均相对误差分别为14.84%和14.07%,多点平均相对误差比单点平均相对误差小0.14%,说明二者差异不大。

运用该方法估测的植被覆盖度值中,2002年海南和2002年甘肃的总相对误差(RS)、平均相对误差绝

对值(RMA)均较高。根据数理统计原理,判断模型是否具有总的系统误差,应考察RS值。总系统误差应在±3%以内,最大不应超过±5%。而该方法的RS值为3.67%~17.2%之间。特别是2002年海南的RS值分别为12.96%和13.48%,2002年甘肃的RS值分别为17.2%和17.1%,远远高于5%,因此可认为该模型的系统误差较大。

2.2 NDVI像元二分法

从表1可以看出,应用NDVI像元二分法计算的植被覆盖度与植被覆盖度真实值的相关性较高,2002年海南、2004年海南和2002年甘肃单点和多点相关系数分别为0.906、0.938、0.946、0.909、0.964、0.98,6组数据的相关系数均在0.9以上,最高达到了0.98。同时估测值标准误也不高,均小于0.08。估测值的平均相对误差不大,在5.4%~11.4%之间,平均为7.96%。说明该方法的估测精度较高,能达到92%以上。

单点平均相对误差与多点平均相对误差分别为9.24%和6.67%,多点平均相对误差比单点平均相

对误差小 2.57%,说明二者差异较大。

运用该方法估测的植被覆盖度值中,海南和甘肃的总相对误差(RS)、平均相对误差绝对值(RMA)均较低。特别是6组数据的 RS 值除2002年甘肃的外,其余均在 $\pm 3\%$ 以内,表明从整体上讲,该模型拟合精度高,且具有通用性,可用于实际植被覆盖度的估算。

2.3 综合法

从表1可以看出,应用综合法计算的植被盖度与植被盖度真实值的相关性较高,2002年海南、2004年海南和2002年甘肃单点和多点相关系数分别为0.889、0.965、0.949、0.886、0.964、0.975,6组数据的相关系数均在0.85以上,最高达到了0.975。同时估测值标准误也不高,均小于0.08。估测值的平均相对误差不大,在5.25%~12.2%之间,平均为7.58%。说明该方法的估测精度较高,能达到92%以上。

单点平均相对误差与多点平均相对误差分别为8.23%和6.92%,多点平均相对误差比单点平均相对误差小1.31%,说明二者差异不大。

运用综合法估测的植被盖度值中,海南和甘肃的总相对误差(RS)、平均相对误差绝对值(RMA)均较低,其中2002年海南和甘肃的总相对误差大于3%但小于5%;2004年海南的总相对误差小于3%,2004年多点综合法的总相对误差更是低至0.6%。可见从整体上讲,综合法拟合精度较高,模型的整体性较好,可用于实际植被覆盖度的估算。

2.4 3种方法回归结果对比

从表1可以看出,单点和多点估算结果的差异

在三波段法和综合法中不明显,而在NDVI像元二分法中较为显著。分析原因,可能是因为三波段法和综合法的空间分辨率相对较低,为2.44 m,而NDVI像元二分法的空间分辨率为0.67 m。NDVI像元二分法的像元更小,细部特征更易体现,则多点与单点的差别比较明显。从表1可以看出,三波段法、NDVI像元二分法、综合法的平均相对误差分别为14.46%、7.96%、7.58%,其中综合法的平均相对误差最小,三波段法的平均相对误差最大,比综合法的平均相对误差高6.88%,比NDVI像元二分法的平均相对误差高6.5%。由此可见,综合法的拟合效果最好,精度最高。

2.5 3种方法精度检验对比

从表1可以看出,三波段法的平均相对误差绝对值较大,为35.07%,NDVI像元二分法和综合法的平均相对误差绝对值均不大,分别为10.75%和12%。从3种方法的平均总相对误差值看,NDVI像元二分法最小为-3.37%,其次是综合法,为3.42%,二者均在 $\pm 5\%$ 以内,三波段法的 RS 值较大为11.53%,超过了 $\pm 5\%$ 的范围。由此可见,NDVI像元二分法和综合法的拟合效果较好,整体性较强。

2.6 3种方法散点图对比

图1、图2分别为2002年甘肃省3种方法的单点估计值与真实值的散点图和2002年甘肃省3种方法的多点估计值与真实值的散点图。从图中可以看出,各方法多点估计值比单点估计值的拟合效果好,多点估计值的散点图中NDVI像元二分法和综合法拟合效果较三波段法好。

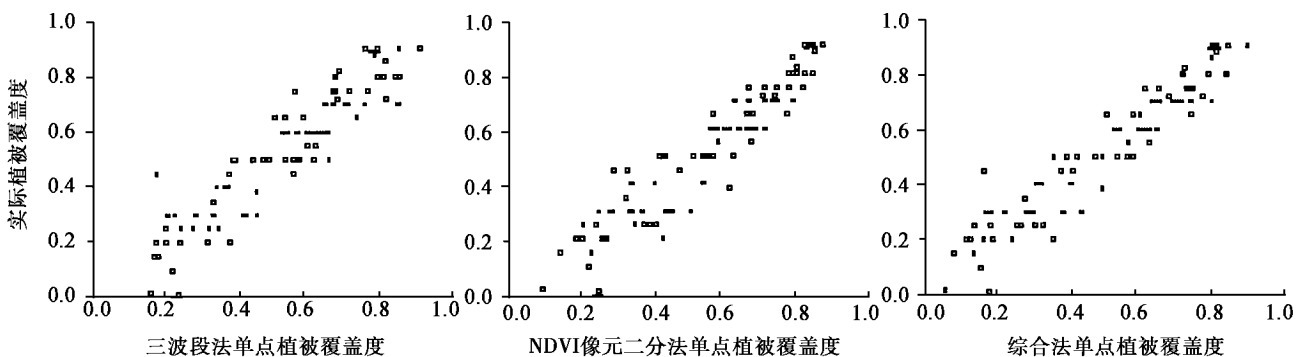


图1 2002年甘肃三波段法、NDVI法和综合法单点估计值与真实值散点图($n=90$)

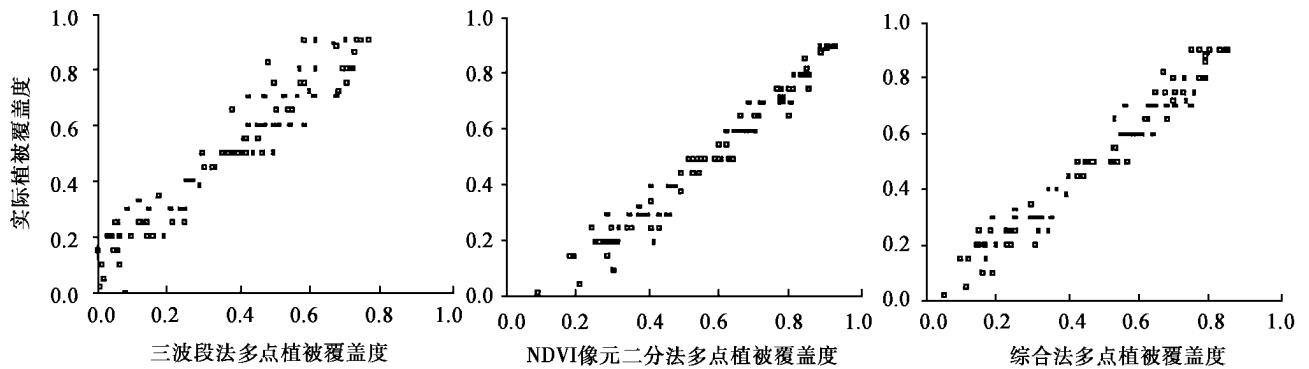


图2 2002年甘肃三波段法、NDVI法和综合法多点估计值与真实值散点图 ($n=90$)

综上所述,3种方法估算植被覆盖度的精度均较高,但三波段法的整体性不佳,而NDVI像元二分法和综合法的拟合效果较好,可用于实际植被覆盖度的估算。

3 结论

由上述分析可知,NDVI像元二分法适合于QuickBird高分辨率遥感数据植被覆盖度的估算,而且从纯植被像元的选取来看,QuickBird数据由于其分辨率高,操作起来比较容易,估测的精度也较高。综合法则是综合了三波段法和NDVI法而提出的一种新方法,该方法是在统计的基础上提出来的,虽然没有十分明确的物理意义,但从估算的结果来看,其结果较三波段法好,较NDVI像元二分法略好。但从操作的程序上看,该方法需要计算各波段的反射率,因此不如NDVI像元二分法操作计算简便。

4 遥感植被盖度模型在退耕还林中的应用

将校正后的2002年8月和2004年8月海南QuickBird影像用NDVI像元二分法分别计算植被覆盖度,并将计算的植被覆盖度值相减,则可得到2002年和2004年海南植被覆盖度差值图。最后将同一地区经过坐标匹配的退耕还林设计图与之进行迭加。从图中可以看出,退耕地范围内的植被覆盖度有显著的增加,而土地类型没有发生变化的地块植被覆盖度变动很小。因此可以通过植被覆盖度变化图,结合退耕还林工程设计图,较为快速而又准确地判定退耕地的落实情况,包括退耕地的位置、面积和生长情况。

参考文献:

- [1] 章文波,刘宝元,吴敬东. 小区植被覆盖度动态快速测量方法研究[J]. 水土保持通报,2001,21(6):60~63
- [2] Leprieux C, Kerr Y H, Matorchio S, et al. Monitoring vegetation cover across semi-arid regions, comparison of remote observations from various scales[J]. International Journal of Remote Sensing, 2000,21(2):281~300
- [3] 李苗苗,吴炳方,颜长珍,等. 密云水库上游植被覆盖度的遥感估算[J]. 资源科学,2004,26(4):153~159
- [4] 田静,阎雨,陈圣波. 植被覆盖率遥感研究进展[J]. 国土资源遥感,2004(1)(总59):1~5
- [5] 章文波,符素华,刘宝元. 目估法测量植被覆盖度的精度分析[J]. 北京师范大学学报(自然科学版),2001,37(3):402~408
- [6] 黄建文,鞠洪波,赵峰. 快速鸟数据在退耕还林中应用方法的研究[J]. 林业科学研究,2004(3):267~271
- [7] Qi J, Marsett R C, Moran M S, et al. Spatial and temporal dynamics of vegetation in the San Pedro River basin area [J]. Agricultural and Forest Meteorology, 2000,105:55~68
- [8] 池宏康. 沙地油蒿群落覆盖度的遥感量化研究[J]. 植物生态学报,2000,24(4):494~497
- [9] 张云霞,李晓兵,陈云浩. 草地植被盖度的多尺度遥感与实地测量方法综述[J]. 地球科学进展,2003,18(1):85~93
- [10] Wittich H. Area-averaged vegetative cover fraction estimated from satellite data [J]. International Journal of Biometeorology, 1995,38(3):209~215
- [11] 唐世浩,朱启疆,周宇宇,等. 一种简单的估算植被覆盖度和恢复背景信息的方法[J]. 中国图象图形学报,2003,8A(11):1304~1308
- [12] 唐世浩,朱启疆,王锦地,等. 三波段梯度差植被指数的理论基础及其应用[J]. 中国科学(D辑),2003,33(11):1094~1102
- [13] 陈晋,陈云浩,何春阳,等. 基于土地覆盖分类的植被覆盖率估算亚像元模型与应用[J]. 遥感学报,2001,5(6):416~422
- [14] 陈云浩,李晓兵,史培军,等. 北京海淀区植被覆盖的遥感动态研究[J]. 植被生态学报,2001,25(5):588~593