

干旱半干旱地区植被覆盖度遥感信息提取研究

牛宝茹¹ 刘俊蓉¹ 王政伟¹

(1 中国煤炭航测遥感局遥感应用研究院, 西安市建西街3号, 710054)

摘要: 提出了利用中等分辨率与高分辨率卫星图像相结合建立植被覆盖度提取模型以获取大范围植被覆盖度的方法。该方法简单、实用, 适合于利用中等分辨率卫星图像进行大范围宏观监测。

关键词: 植被覆盖度; 遥感; 信息提取

中图分类号: P237.3

作为重要的生态参数, 植被覆盖度(单位面积内植被的垂直投影面积所占百分比)是描述生态系统的重要基础数据。植被覆盖度具有显著的时空分异的特点, 依靠传统的地面样方实测的方法来估算植被覆盖度须花费巨大的人力、财力而精度又不高, 因此探讨利用遥感数据提取区域植被覆盖度的方法已成为当前建立区域生态模型的基础工作之一。

利用遥感数据提取植被覆盖度的方法主要有经验模型法、植被指数转换法和混合像元分解法。

经验模型法主要是通过建立实测植被覆盖度数据与植被指数的经验模型来求取植被覆盖度。如 Gratez 等在半酸性土壤区域进行了植被覆盖度实地测量, 并建立了线性回归模型来估算植被覆盖度^[1]; Dymond 等在建立了地表植被覆盖度与归一化植被指数 NDVI 的非线性经验关系的基础上, 用多波段 SPOT 资料估算新西兰的植被覆盖度^[2]; Wittich 和 Hansing 针对不同的土地覆盖类型建立了植被覆盖度与 NDVI 的经验模型, 并用 NOAA AVHRR 数据计算研究区的植被覆盖度^[3]。由于经验模型法依赖于对特定区域的实测数据, 虽在小范围区域有一定的精度, 但在大范围监测和推广应用方面却受到诸多因素的限制, 如我国西北广大干旱、半干旱地区, 生态环境变化大, 而生态监测站网稀疏, 塔里木河全流域上百万平方公里的土地上目前只有阿拉尔一个生态监测站, 且多为无人区, 如果实测需花费巨大的人力和财

力, 经验模型法在这种地区推广难度非常大。

植被指数转换法的基本思想是: 通过对各像元中植被类型及分布特征的分析, 建立植被指数与植被覆盖度的转换关系, 来直接提取植被覆盖度信息。Quamby 利用 AVHRR 资料, 建立了植被指数与植被覆盖度的线性混合转换模式, 并认为该方法适用于估算农业区的植被覆盖度^[4]; Gutman 和 Ignatov 从像元中可能的植被分布特征入手, 提出了均一亚像元模型和混合亚像元模型, 并应用其中的等密度模型, 利用 NOAA AVHRR 数据进行了全球植被覆盖度的估算^[5]; 虽然植被指数法不需要进行大面积的地面样方实测, 但其精度却可能低于经验模型法。

根据植被和土壤在不同波谱段的反射情况, 一般选择植被与土壤光谱反射差别较大的红光波段和近红外波段作为植被覆盖度信息提取的信息源, 即采用混合像元分体法。

在混合像元分体中, 要准确提取植被覆盖度值, 必须先知道裸土地、植被在遥感图像近红外、红光波段的反射率的差值 $\gamma, R_{nir} - R_{red}$, 对于土壤质地比较均一、植被类型单一的地区来说, 可以通过实测或在图像上量取; 对于土壤质地和植被类型差异较大的地区, 不同的土壤、植被类型其反射率也有一定的差异, γ 和 $R_{nir} - R_{red}$ 不是常数, 即使统计一个平均值, 植被覆盖度的提取结果精度也较差, 因此该方法局限性较大。

1 植被覆盖转换模型的建立

目前,生态环境宏观监测采用的遥感数据大多为低分辨率的卫星图像,对于植被信息提取精度的要求也不是太高,用于定性评价有较高的实用价值,但进行定量评价就显得有些不足。近年来逐渐发展到用中分辨率遥感数据提取植被覆盖度信息,这也是目前研究的焦点。

植被指数 NDVI 是单位像元内的植被类型、覆盖形态、生长状况等的综合反映,其大小取决于叶面积指数 LAI(垂直密度)和植被覆盖度 f_{ndvi} 等要素。根据像元中植被覆盖结构的不同,可以分为均一像元和混合像元两类。当像元完全被植被覆盖时,其植被覆盖度为 1(100%),属于均一像元;如植被不能完全覆盖整个像元,其植被覆盖度小于 1,是植被与非植被构成的混合结构,属于混合像元。

植被指数转换模型⁽⁶⁾为:

$$f_{ndvi} = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max} - NDVI_{min}} \quad (1)$$

式中, f_{ndvi} 为植被覆盖度; $NDVI_{min}$ 、 $NDVI_{max}$ 分别为

最小、最大归一化植被指数值。

式(1)是建立在监测区内有全覆盖的均一像元的基础上的,而对于分辨率为 250 m、30 m 的 NOAA、TM 图像数据而言,在西部干旱、半干旱地区找到这么大面积的全覆盖的像元是不现实的,因此利用该模型提取的植被覆盖度值往往偏大。

建立植被指数转换模型的目的是把混合像元的植被指数值转换成植被覆盖度值。利用式(1)进行转换,首先需要确定最小和最大植被指数值。对于 30 m 分辨率的 TM 图像数据来说,在西部干旱、半干旱地区找到最小植被指数值 $NDVI_{min}$ 比较容易,要想找到能对应于植被全覆盖的最大植被指数值 $NDVI_{max}$ 的均一像元,几乎是不可能的。即使有生态监测站监测资料进行反演,样方多为 10 m × 10 m,对于 30 m × 30 m 的像元来说,还是不具有代表性,况且样方也不一定落在同一个像元内。

常用的不同分辨率遥感数据的红光波段和近红外波段波长范围见表 1。从表 1 中可以看出,其波长均在同一范围内,只是通道的宽窄略有差异。利用这两个波段的反射率计算植被指数,以上几种数据源之间可以相互转换,引起的误差可以忽略。

表 1 植被指数的数据源

Tab. 1 Data Sources of Vegetation Fraction

卫星系统	LANDSAT	CBERS	SPOT	QuickBird	IKONOS	MODIS
分辨率/m	30	19.5	10	2.44	4	250
R 波段带宽/ μm	0.63~0.69	0.63~0.69	0.61~0.68	0.63~0.69	0.64~0.72	0.62~0.67
IR 波段带宽/ μm	0.76~0.90	0.77~0.89	0.79~0.89	0.76~0.90	0.77~0.88	0.84~0.88

基于以上考虑,笔者首先选择同一时相、同一地区的高分辨率卫星图像(SPOT、IKONOS、QuickBird 图像等)和中等分辨率卫星图像(TM、CBERS 图像等)分别提取归一化植被指数 NDVI,利用式(1)转换成植被覆盖度值。因为在 5m 以下高分辨率图像中找到植被全覆盖的均一像元很容易,其转换成植被覆盖度值比较符合实际。用高分辨率卫星图像的最大归一化植被指数值 $NDVI_{max}$ 高替换中等分辨率卫星图像的最大归一化植被指数值 $NDVI_{max}$ 中,得到中等分辨率卫星图像的植被覆盖度转换模型:

$$f_{ndvi中} = \frac{NDVI - NDVI_{min}}{NDVI_{max高} - NDVI_{min}} \quad (2)$$

式中, $f_{ndvi中}$ 为中等分辨率图像转换的植被覆盖度。

QuickBird 数据进行归一化植被指数植被覆盖度转换后进行回归分析,两种图像时相、位置相同。

试验区沿塔里木河河道两侧分布有胡杨林,水体周围为草本植物,此外有零星的柽柳、罗布麻等灌木。对于多层叶子植被来说,辐射能量透过最上层叶子后,将被第二层叶子反射,反射能量又透过第一层叶子,结果增强了第一层叶子的反射能量,因此总反射率随叶子层数的增加而增加,如胡杨林就可以不考虑树下土壤反射的影响,在 QuickBird 图像上作为均一像元。根据对塔里木河下游实测光谱数据分析,乔木和杂草类禾草草甸草原在红光波段和近红外波段的反射率近似,也就是说两种植被类型均一像元所转换的归一化植被指数近似相等,利用 QuickBird 图像求得的最大归一化植被指数值 $NDVI_{max高}$ 可以替换 TM 图像的最大归一化植被指数值 $NDVI_{max中}$ 来计算植被覆盖度。

2 应用实例

选取新疆塔里木河尾间台特玛湖地区 TM 和

对 TM 和 QuickBird 两种图像进行植被指数变

换, $NDVI_{max高} = 0.570368$, $NDVI_{max中} = 0.497819$, 经统计分析得 $NDVI_{min} = 0.01$ 。分别利用式(1)和式(2)把两种图像的归一化植被指数转换成植被覆盖度, 根据国家环保总局对沙漠化等级的划分, 通过遥感手段区别各种程度的沙漠化土地的主要指标: 轻度沙漠化——植被覆盖度为 30% ~

60%; 中度沙漠化——植被覆盖度为 10% ~ 30%; 严重沙漠化——植被覆盖度 < 10%。对植被覆盖度图划分成水体、< 0.1、0.1~ 0.3、0.3~ 0.6 和 0.6~ 1.0 五个等级, 密度分割 (见图 1) 后进行比较分析。

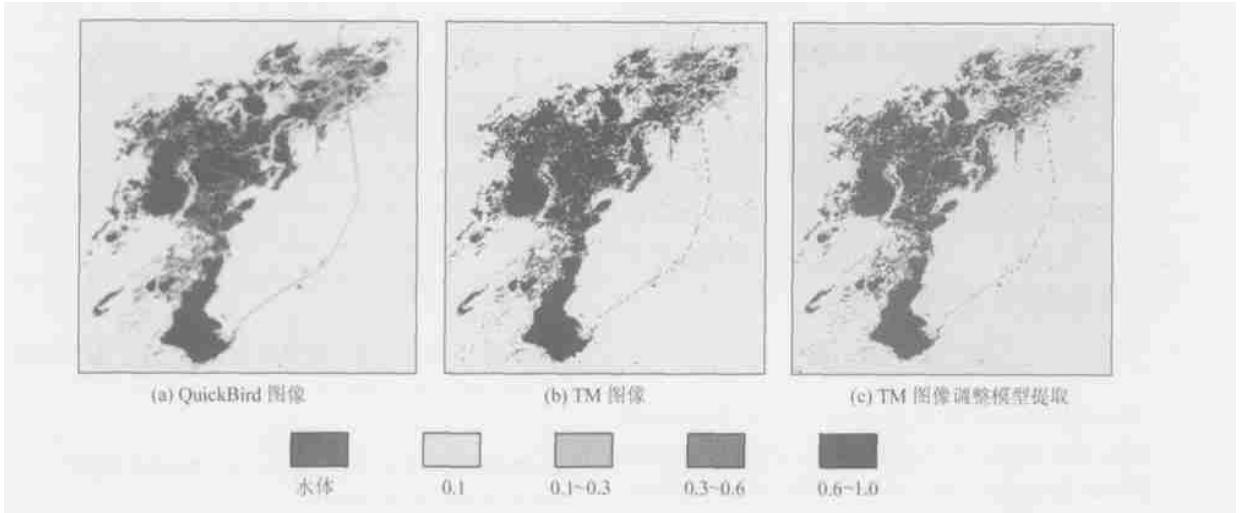


图 1 3 种方式植被覆盖度提取结果比较(图例数字为植被覆盖度值)

Fig. 1 Comparison Between Extraction Results by Three Methods

从表 2 可以看出, 利用式(1)对 TM 图像和 QuickBird 图像分别提取的水体和植被覆盖度 < 10%、10% ~ 30%、30% ~ 60%、60% ~ 100% 五类面积平均误差为 10.47%, 尤其是 60% ~ 100% 的高植被覆盖度地区, TM 图像提取结果比 QuickBird 图像高 40.49%, 对于塔里木干旱荒漠地区来说明显偏高; 而利用式(2)对 TM 图像分别提取的水体和植被覆盖度 < 10%、10% ~ 30%、30% ~ 60%、60% ~ 100% 五类面积平均误差为 3.64%, 水体和 10% ~ 30% 植被覆盖度区精度较高, 60% ~ 100% 植被覆盖度区虽然误差较大(13.55%), 但它小于 QuickBird 图像提取的结果, 这是由于 TM 图像的分辨率为 30m, 造成在 QuickBird 图像的均一像元或高植被覆盖度像元在 TM 图像上为混合像元, 或因土壤的影响而植被覆盖度降低, 这与实际情况相吻合。

3 结 语

实践证明, 混合像元分解法简单、实用, 精度明显提高, 且与实际情况更加吻合, 多采购一幅高分辨率图像与到实地测试相比要经济、实用得多, 而且实测光谱数据与遥感数据之间还存在着太阳辐射、大气散射等多因素的差别, 从图像上测得的光谱反射完全适合于在同类遥感数据中进行专题信息提取, 而实测光谱数据与遥感数据之间的差异则很难消除。

用混合像元分解法提取植被覆盖度需要注意以下问题。

1) 植被指数转换时, 最小植被指数 $NDVI_{min}$ 是裸土地的植被指数, 而每一个区域都可能存在低于此值的区域, 需要通过密度分割去除。

表 2 提取结果统计对比表

Tab. 2 Statistics of Extraction Result

提取方法	覆盖面积/m ²										
	水体	误差	< 0.1	误差	0.1~ 0.3	误差	0.3~ 0.6	误差	0.6~ 1.0	误差	
QuickBird	9 805 685.76		39 438 956.16		1 266 220.8		619 159.68		274 832.64		
TM	式(1)	10 152 000	3.53	39 731 400	0.74	1 323 900	4.56	606 600	2.03	386 100	40.49
	式(2)	9 797 900	0.08	40 299 300	2.18	1 265 400	0.06	604 800	2.32	237 600	13.55

2) 利用高分辨率图像对中低分辨率图像回归分析时, 选择的高分辨率图像要包括表现为全

植被覆盖的均一像元的乔木类大植株, 此类像元的 NDVI 值代表植被覆盖度为 1(100%) 的最大归

一化植被指数 $NDVI_{max}$, 转换后的植被覆盖度精度较高。

3) 高分辨率图像对中低分辨率图像最好选择同一年代、同一季节数据。全覆盖样方的选择以多层叶子的大植株为宜, 对于两种图像上植被不同生长季节的差异, 可以分析全覆盖样方植被的生长期的光谱反射规律, 有一定变化时可以设定调整系数, 把全覆盖样方植被调整到与被测图像一样的季节。

该方法可以推广应用到 TM 图像校正 MODIS、NOAA AVHRR 数据提取植被覆盖度, 以提高低分辨率卫星图像提取植被覆盖度信息的精度, 对于宏观监测干旱、半干旱地区植被覆盖度变化趋势有很高的应用推广价值。

参 考 文 献

- 1 Graetz R D, Pech R R, Davis A W. The Assessment and Monitoring of Sparsely Vegetated Rangelands Using Calibrated Landsat Data. *International Journal of Remote Sensing*, 1988, 9(7): 1 201~ 1 222
- 2 Dymond J R, Stephens P R, Newsome P F, et al. Percent Vegetation Cover of a Degrading Rangeland from SPOT. *International Journal of Remote Sensing*, 1992, 13(11): 1 999 ~ 2 007
- 3 Wittich K P, Hansing O. Area averaged Vegetative Cover Fraction Estimated from Satellite Data. *International Journal of Biometeorology*, 1995, 38(3): 209~ 215
- 4 Quamby N A, Townshend J R G, Settle J J, et al. Linear Mixture Modeling Applied to AVHRR Data for Erop Area Estimation. *International Journal of Remote Sensing*, 1992, 13(3): 415~ 425
- 5 Gutman G, Ignatov A. The Derivation of the Green Vegetation Fraction from NOAA/AVHRR Data for Use in Numerical Weather Prediction Models. *International Journal of Remote Sensing*, 1998, 19(8): 1 533~ 1 543
- 6 赵英时. 遥感应用分析原理与方法. 北京: 科学出版社, 2003. 387~ 398

第一作者简介: 牛宝茹, 高级工程师。现从事遥感应用研究。
E-mail: E-mail: niubaoru@sina.com

Remote Sensing Information Extraction Based on Vegetation Fraction in Drought and Half-Drought Area

NIU Baoru¹ LIU Junrong¹ WANG Zhengwei¹

(1 Remote Sensing Application Institute of ARSC, 3 Jianxi Street, Xi'an 710054, China)

Abstract: This paper analyzes three methods for extraction using remote sensing: experience model method, vegetation index method and mixed-image analysis method, and advances the model based on vegetation fraction extraction using middle differentiate frank sat image combining high differentiate frank sat image. It is proved that this model is simple and practical.

Key words: vegetation fraction; remote sensing; information extraction

About the first author: NIU Baoru, senior engineer, his major research orientation is application of remote sensing.
E-mail: niubaoru@sina.com

(责任编辑: 涓涓)