

## 森林生物量与遥感信息的相关性

仝慧杰<sup>1,2</sup> 冯仲科<sup>1</sup> 罗旭<sup>3</sup> 张彦林<sup>1,4</sup>

(1 北京林业大学测绘与 3S 技术中心 2 中国国土资源部航空物探遥感中心  
3 中国计量科学研究院 4 甘肃林业职业技术学院)

**摘要:**利用遥感数据研究森林的生物量,建立遥感信息模型,首先要分析各波段与生物量的相关性.通过建立甘肃省小陇山党川林场中幼林典型样地,并伐树称量,建立模型计算出样地的生物量.对试验区的 TM 影像进行校正,对应每块样地中心点的 GPS 测量坐标,获取了样地像元各波段的灰度值,并计算各种植被指数.利用 MATLAB 软件计算了样地生物量与遥感影像各波段的灰度值、各种植被指数的相关系数.在  $P < 0.05$  水平上,生物量与 TM1、TM2、TM3、TM6 成显著的负相关,与归一化植被指数、比值植被指数和绿度成显著的正相关.建立遥感生物量模型应用这些呈显著正、负相关的波段和派生数据.采用逐步回归的方法建立了生物量与植被指数的统计方程,以及生物量与遥感 TM 影像的各波段灰度值、植被指数的统计方程.但在  $P < 0.05$  水平上,只有 NDVI、RVI 两个因子复相关系数不高.

**关键词:** 遥感信息, 生物量模型, 相关系数, 中幼林, 植被指数, 逐步回归

中图分类号: S771.8; S718.55<sup>+</sup>7 文献标识码: A 文章编号: 1000-1522(2007)增刊 2-0156-04

TONG Hui-jie<sup>1,2</sup>; FENG Zhong-ke<sup>1</sup>; LUO Xu<sup>3</sup>; ZHANG Yan-lin<sup>1,4</sup>. **Correlations between forest biomass and remote sensing informaton.** *Journal of Beijing Forestry University* (2007) 29(Supp. 2) 156-159 [Ch, 10 ref. ]

1 Institute of GIS, RS & GPS, Beijing Forestry University, 100083, P. R. China;

2 China Aero Geophysical Survey & Remote Sensing Center for Land and Resources, Beijing, 100083, P. R. China;

3 National Institute of Metrology, Beijing, 100013, P. R. China;

4 Gansu Forestry Technological College, Tianshui, 741020, P. R. China.

The research aims to find the correlations between forest biomass and remote sensing information to build the remote sensing model for forest biomass estimating. The used 40 pieces of plots, in which the trees were in young or middle age, were built by the typical sampling method in Dangchuan Forest Management Station in Gansu Province. The plots were positioned by GPS and calculated using none-real-time difference adjustment method. The biomass of trees in every species cut down was weighted to build the biomass model for each tree species and the biomass of each plot acquired by the model. The TM image of research area captured during the growing season of trees was rectified so that the accuracy was less than one pixel. By intersecting the plot center point shape file to image using ERDAS software, the grey datum of each plot in every band was obtained, and the vegetation indices, bright, green and wet were computed. Then the correlation between plot forest biomass and the remote sensing data was computed. At  $P < 0.005$  level, the correlation coefficients between biomass and band 1, band 2, band 3, as well as band 6 were obvious negative and significant positive with vegetation indices and green index. The research indicated that the forest biomass model should use the band 1, band 2, band 3, band 6, NDVI, RVI and GREEN. By step regression, the equation used to estimate the biomass of the region was constructed between the biomass of plots and remote sensing data. But at the significant level  $P < 0.05$ ,

收稿日期: 2007-03-21

http://www.bjfujournal.cn

基金项目: 国家自然科学基金项目(90302014).

第一作者: 仝慧杰, 博士. 主要研究方向: 林业遥感、GIS 技术应用研究. Email: huijietong@163.com 地址: 100083 北京林业大学 111 信箱.

责任作者: 冯仲科, 博士, 教授, 博士生导师. 主要研究方向: 精准林业, 林业 3S 技术应用. 电话: 010-62337963 Email: fengzhongke@126.com 地址: 同上.

only two factors, *i. e.* NDVI and RVI in the equation. So it is necessary to compose more vegetation indices deriving from TM other bands data, and to find the forest spectrum characteristics further.

Key words remote sensing information, forest biomass model, correlation coefficient, young and middle aged forests, vegetation index, step regression

以往的遥感生物量研究大都就某地域某一树种建立其遥感模型,进行生物量计算,主要考虑了树种之间的生物量的差异,缺少普适性。如果不区分树种能找到生物量与遥感波段信息的关系,找到主导因子,就可以建立遥感信息模型。这对利用遥感信息进行生物量的估测具有重要意义。根据 2005 年中国森林资源报告,中幼林所占比例高达 38%,利用遥感信息对其生物量的测定具有现实意义。本文对中幼林的生物量和遥感信息的相关性进行了探讨。

## 1 研究区概况

试验区选在甘肃省小陇山党川林场,小陇山林业实验局辖区共有 21 个林场,全区森林覆盖率 62.46%,其中全区中、幼林蓄积占 86.9%,近、成、过熟林仅占 13.1%,优势树种主要是以栎类为主的阔叶树。小陇山地区的建群树种为锐齿栎、油松、栓皮栎,分别占森林总面积和总蓄积量的 71.52%、71.42%。杂木混交林也是该地区的主要林型之一,其树种包括水曲柳 (*Fraxinus mandshurica*)、椴子 (*Swida* spp.)、槭类 (*Acer* spp.)、椴类 (*Tilia* spp.)、柏木 (*Platycladus* spp.) 等。党川林场地处小陇山的中部,党川林场的各种林分及其分布在小陇山林区具有代表性。森林覆盖率 90.36%,活立木蓄积量占小陇山林业局总蓄积的 15.9%。

党川林场以天然次生林为主,有小部分人工林。以典型抽样的选择方式共调查了 40 块样地,样地面积 0.06 hm<sup>2</sup>,对每块样地进行了 GPS 后差分定位测量。伐树 102 棵,调查树种 13 个,其中主要树种 8 个,杂木林树种 5 个。对每块样地进行了每木检尺测定树高、胸径、冠幅。对伐倒木称量其鲜重,采样烘干后计算出生物量。

## 2 研究方法

### 2.1 样地生物量的计算

生物量、胸径和树高之间的关系根据相对生长方程:

$$W = a(D^2 H)^b$$

式中,  $W$ 、 $D$ 、 $H$  分别为生物量、胸径和树高。

分树种建立回归方程,将每块样地的每棵树代入回归方程计算出生物量,累加计算出每块样地的生物量。样地乔木生物量的估算误差为 1.14%<sup>[3]</sup>。

### 2.2 样地遥感信息的获取

遥感影像选择了同年生长季的 TM 影像,利用 1:25 000 的地形图选择控制点对影像进行校正,校正误差小于一个像元。将外业 GPS 测量的样地中心位置点数据叠加在影像上,读取样地所在像元的 7 个波段数据,并根据以下公式计算各种植被指数,建立遥感信息矩阵。

归一化差值植被指数:  $NDVI = (TM4 - TM3) / (TM4 + TM3)$

比值植被指数:  $RVI = TM4 / TM3$

中红外植被指数:  $VI3 = (TM4 - TM5) / (TM4 + TM5)$

对 LANDSAT TM 图像进行缨帽变换,计算亮度 ( $B$ )、绿度 ( $G$ ) 和湿度 ( $W$ )<sup>[10]</sup>

$B = 0.3037 TM1 + 0.2793 TM2 + 0.4743 TM3 + 0.5585 TM4 + 0.5082 TM5 + 0.1863 TM7$

$G = -0.2848 TM1 - 0.2435 TM2 - 0.5436 TM3 + 0.7243 TM4 + 0.084 TM5 - 0.18 TM7$

$W = 0.1509 TM1 + 0.1973 TM2 + 0.3279 TM3 + 0.3406 TM4 - 0.7112 TM5 - 0.4572 TM7$

### 2.3 样地遥感生物量与 TM 数据的相关性

利用 MATLAB 软件计算样地的生物量和 TM 各波段灰度值及其派生数据的相关性,得到以下结果。

从表 1、2 中可以看出,在  $P < 0.05$  水平上,样地生物量与  $TM1$ 、 $TM2$ 、 $TM3$ 、 $TM6$  成显著的负相关,相关系数分别为 -0.402 4、-0.476 0、-0.373 0、-0.486 2;与归一化植被指数、比值植被指数和绿度成显著的正相关,相关系数分别为 0.397 6、0.434 6、0.327 8。而与其他变量在此水平上的相关不成立。

表 1 样地的生物量和 TM 各波段灰度值的相关系数

TABLE 1 Correlation coefficients between plot biomass and grey values of TM band

	TM 数据灰度值						
	TM1	TM2	TM3	TM4	TM5	TM6	TM7
相关系数 $r$	-0.402 4	-0.476 0	-0.373 0	0.272 1	-0.028 8	-0.486 2	-0.225 8
$P$	0.011 1	0.002 2	0.019 4	0.093 8	0.861 7	0.001 7	0.166 9

表2 样地的生物量和 TM 派生数据的相关系数

TABLE 2 Correlation coefficients between plot biomass and data derived from TM band grey values

	TM 派生数据					
	NDVI	RVI	VI3	B	G	W
相关系数 $r$	0.397 6	0.434 6	0.301 7	- 0.103 0	0.327 8	0.150 9
$P$	0.012 2	0.005 7	0.062 0	0.532 6	0.041 6	0.359 1

## 2.4 样地生物量与 TM 数据波段值及其植被指数的回归方程

将样地的生物量 ( $BIO$ ) 作为自变量, TM 影像的各波段的灰度值及植被指数作为因变量, 采用逐步回归建立其回归方程如下:

$$BIO = 0.234 TM1 - 0.199 TM2 + 0.937 TM3 - 0.132 TM6 - 0.806 TM7 - 1.963 NDVI + 0.952 VI3 - 0.978 W + 2.384 RVI - 0.716 PVI + 7.184 \quad (R^2 = 0.214, P = 0.663) \quad (1)$$

从上式中可知虽然显著水平较低, 各影响因素反映了与生物量的相关性。

在显著水平  $P < 0.05$  水平上, 进行筛选, 建立如下方程:

$$BIO = - 2.132 NDVI + 2.028 RVI + 16.767 \quad (R^2 = 0.167, P = 0.037 < 0.05) \quad (2)$$

上式中只有  $NDVI$ ,  $RVI$  两个因子。但复相关系数只有 0.167。其回归计算的残差如图 1、2。

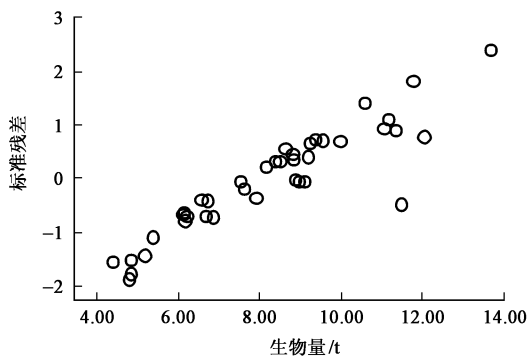


图1 回归计算的残差

FIGURE 1 Residual errors of step regression

## 3 结果与讨论

通过对试验区的样地生物量数据和 TM 影像各波段灰度数据及派生数据进行相关分析得到以下结果: 在  $P < 0.05$  水平上, 生物量与  $TM1$ 、 $TM2$ 、 $TM3$ 、 $TM6$  成显著的负相关。与归一化植被指数、比值植被指数和绿度成显著的正相关。

$TM1$ 、 $TM2$ 、 $TM3$  波段在 TM 影像上是蓝、绿、红波段, 属可见光部分。植物的光合作用仅能利用可见光部分 ( $0.4 \sim 0.76 \mu\text{m}$ )。试验区的中幼林的生物量与  $TM1$ 、 $TM2$ 、 $TM3$  波段灰度值成显著的负相关, 证明叶绿素对可见光波段有强烈的吸收作用, 叶绿素的数量跟叶子的多少有关, 叶子越多吸收作用越强。

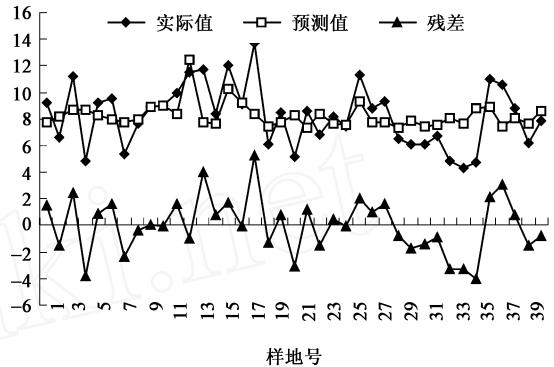


图2 回归预测值与实际值比较

FIGURE 2 Comparison of the estimated values and actual ones of plot biomass

中幼林的生物量中叶子占的比例较大, 因此其生物量越大, 对  $TM1$ 、 $TM2$ 、 $TM3$  波段的吸收作用越强, 即其波段值越低。

$TM6$  波段 ( $10.40 \sim 12.5 \mu\text{m}$ ) 为热红外波段, 其信息主要反映了地物自身的热辐射。试验区的中幼林的生物量与  $TM6$  波段成负相关, 说明生物量越高, 热辐射越低。这与林地对光的吸收、林地的郁闭度、土壤等有关。植被的热辐射低于裸露的土壤和岩石。

归一化植被指数、比值植被指数和绿度反映了植被的长势, 跟叶绿素的多少有直接的关系。林地的生物量与归一化植被指数、比值植被指数和绿度成显著的正相关, 说明生物量越大, 归一化植被指数、比值植被指数和绿度值就越高。

逐步回归方程在  $P < 0.05$  水平上, 只有  $NDVI$ ,  $RVI$  两个因子, 但这两个因子都是波段  $TM3$  和  $TM4$  的派生数据。说明对于研究区的所有树种, 波段  $TM3$ 、 $TM4$  的比值差异是显著的。

但这样的结果没有充分利用 TM 多光谱的优势, 应考虑构建更多的其他波段派生的植被指数, 充分揭示森林的光谱特性。在检验显著水平下, 提高回归方程的复相关系数。

### 参 考 文 献

- [1] 徐希孺. 遥感物理[M]. 北京: 北京大学出版社, 2005: 292-343.  
XU X R. Physics on remote sensing[M]. Beijing: Peking University Press, 2005: 292-343.

- [ 2 ] 杨存建,刘纪远,骆剑承. 不同龄组的热带森林植被生物量与遥感地学数据之间的相关性分析[J]. 植物生态学报,2004,28(6):862-867.  
YANG C J, LIU J Y, LUO J C. Correlation analysis of landsat TM data and its derived data meteorological data and topographic data with the biomass of different aged tropica forest[J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 2004,28(6):862-867.
- [ 3 ] 王仲锋. 森林生物量建模与精度分析[D]. 北京:北京林业大学,2006.  
WANG Z F. *On the forest biomass 's modeling and precision analysis* [D]. Beijing:Beijing Forestry University, 2006.
- [ 4 ] 冯仲科,王仲锋,罗旭. 小陇山 10 个树种林木生物学特征系数的研究[J]. 北京林业大学学报,2005,27(Supp.2):21-23.  
FENG Z K, WANG Z F, LUO X. Biological characteristic coefficient of ten tree species in Xiaolong Mountain in Gansu Province, western China[J]. *Journal of Beijing Forestry University*, 2005,27(Supp.2):21-23.
- [ 5 ] 邢素丽,张广录,刘慧涛,等. 基于 Landsat ETM 数据的落叶松林生物量估算模式[J]. 福建林学院学报,2004,24(2):153-156.  
XING SL, ZHANG GL, LIU H T, *et al.* The estimating model of *Larix gmelinii* forests biomass using landsat ETM data[J]. *Journal of Fujian College of Forestry*, 2004,24(2):153-156.
- [ 6 ] Joint COFC/GOLD Fire and IGBP-IGAC/BIBEX Workshop. *Improving global estimates of atmospheric emissions from biomass burning*[R]. Maryland, USA: J GFIW, 2005.
- [ 7 ] YRJO R. Multi-temporal JERS SAR data in boreal forest biomass mapping[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2005, 97: 263-275.
- [ 8 ] TURNER D P, OLLIGER S V, KIMBALL J S. Integrating remote sensing and ecosystem process models for landscape- to regional-scale analysis of the carbon cycle[J]. *Bioscience*, 2004, 6(54):573-585.
- [ 9 ] LIU X, KSAFATOR M, GOMEZ R B, *et al.* Multi-angular satellite remote sensing and forest inventory data for carbon stock and sink capacity in the eastern United States forest ecosystems [J]. *Bioscience*, 2004, 6(60):573-585.
- [10] POTTER C S, RANDERSON J T. Terrestrial ecosystem production: A process model based on global satellite and surface data[J]. *Global Biogeochem*, 1993(7):811-841.

(责任编辑 赵 勃)