

文章编号: 1007-4619 (2000) 04-0266-05

TM对NOAA面积校正模型的研究

袁 超, 赵宪文

(中国林业科学研究院, 北京 100091)

摘 要: 为了实现 NOAA 卫星遥感影像在提供丰富的宏观信息的同时, 能够具有较高的面积估计精度这一目标, 以吉林省为例, 根据 1998 年的 NOAA 卫星遥感影像数据以及最新的 TM 卫星遥感影像数据, 构建了高分辨率卫星影像数据对低分辨率卫星影像数据的面积精度校正模型, 并引入分形理论对影像空间结构特征进行深入研究。

关键词: 空间结构特征; 分形; 初级单元; 次级单元

中图分类号: TP701 **文献标识码:** A

在众多的遥感信息源中, NOAA 卫星以其快捷和宏观地域数据获取优势, 成为全球动态研究的主要信息源。但 NOAA 卫星影像空间分辨率很低(星下点只有 1.1km), 影像地类面积估计有较大误差, 这极大地限制了 NOAA 卫星影像应用。对这些问题, 北京大学徐希孺等利用多时相的优点, 以 PVI 的线性可加性分解 AVHRR 混合像元^[1]。王喜鹏等提出应用 AVHRR 混合像元神经网络分解模型估算种植面积^[2]。他们从分解混合像元的角度提高 AVHRR 数据的面积估计精度。国内外研究^[3-6]现状表明用空间分辨率高的遥感影像校正空间分辨率低的影像能够充分调动和发挥低分辨率遥感影像的作用。但他们都没有对影像空间结构特征进行量化分析, 阻碍了校正精度进一步提高。

本文力求通过研究找到既能发挥 NOAA 信息源宏观优势又不失准确性的方法, 弥补以往面积校正模型忽略影像空间结构信息的不足, 获得更高的面积校正精度。结果证明这是解决大范围地区动态研究问题的有效方法。

1 试验区概况及研究方法

1.1 试验区概况和影像数据来源

本研究试验区选择中国重点林区吉林省。吉林省位于我国东北的中部, 所处的地理坐标为东经

121°30′—131°30′, 北纬 40°41′—46°20′, 面积 18 万多平方公里, 林区分布在省东南部山地。吉林省 NOAA 卫星遥感影像数据选自中国林业科学研究院资源信息研究所 NOAA 卫星接收站接收的 3 景 AVHRR 1b 数据。TM 卫星遥感影像数据由国家“九五”科技攻关 96-B02-01 课题组提供, 这里直接选用已经过 Coreldraw 和 ARC/INFO 软件处理好的 TM 矢量数据, 用 SYSTAT 软件进行统计分析。

1.2 研究方法

1.2.1 分形的基本概念

分形理论是 70 年代初由 Mandelbrot 提出的, 作为欧几里德概念的一个补充, 分形对自然边界和自然表面作出了更精确表达。一般可把分形看作是大小碎片聚集的状态, 是没有特征长度的图形和构造以及现象的总称, 是由部分组成的形状以某种方式与整体相似^[7]。分形中最重要的概念是分形维数, 它是描述分形特征的主要参数。表面看来, 分形几何研究的图形极不规则、杂乱无章, 但在不同尺度下观察和分析, 可以发现它们在尺度上的对称性, 分形维数正是不规则形状在尺度对称性和尺度变换下的不变量, 通过维数的计算, 能够对不规则的图形进行定量描述。

本研究用分形维数对遥感影像空间结构特征进行分析, 实现影像空间特征的量化表达。

1.2.2 NOAA 卫星影像数据的样本单元设计

由于试验区面积限制,为满足试验中 AVHRR 样本初级单元抽样数量需要,这次研究按照 60×60 AVHRR 像素大小把整个吉林省 NOAA 影像划分为 61 个初级单元。然后进行抽样,被抽取的初级单元样本再以 15×15 像素大小划分次级单元样本。计算表明 15×15 像素大小既能忽略错配的影响,又能保证信息尽可能完整^[5]。

影像单元空间结构分析

长期以来遥感影像空间结构特征分析总停留在定性研究上,或者只用简单的林地比例(fcp)和破碎系数(fi)分析^[6]。这里用空间分布维数(D_i)描述影像单元空间分布状况(公式根据分形中信息维数的定义)。

$$D_i = \frac{-\sum_{i=1}^n p_i \log(p_i)}{\log(n)} \quad (1)$$

其中: p_i 为地类块大小(%), n 为地类块数量。结果表明 D_i 越大,影像分散程度越大,地类块均匀分布效果越明显。

有了空间分布状况分析,还要对影像每个不规则图形进行定量表达。分形几何认为,任一不规则多边形,曲线长度(L)与面积(S)之间存在这种关系:

$$L^{1/d} \propto S^{1/2} \quad (2)$$

(2)式意义是,若把 $L^{1/d}$ 扩大 k 倍,那么 $S^{1/2}$ 也扩大 k 倍。(2)式变换得到一回归方程:

$$\log S^{1/2} = C + 1/d \log L \quad (3)$$

(3)式中 d 值就是这个不规则多边形的分形维数。不同闭合曲线形成的不规则多边形的 d 值是不同的,通过它能定量表达多边形的不规则形状。 d 值的求算方法有多种,本研究用一种简单的方法。首先用小格子(一个像元大小)把所考虑的不规则多边形分割成为小正方形的集合体,然后把那些即使包含一小点多边形的正方形涂黑,如图 1 所示(只对部

分进行描述)。为了清楚起见,多边形内的正方形没有涂黑。把黑正方形的个数记为 S_1 作为多边形的面积,把与白正方形相接的黑正方形的个数记为 L_1 作为多边形曲线的长度。这里的格子作为量算尺度,根据分形的自相似性和标度不变性,随着量算尺度的增大,多边形的面积和曲线长度会逐级减小。以最小格子为量算基数,每次量算尺度增加 1 格,或者以一个像元大小为基数,每次增加 1 个像元,重复这一过程直到用户定义的最大像元数。这样把每次得到的多边形面积值和曲线长度值代入(3)式,求得这个不规则多边形的分形维数 d 值。经验证在面积相同条件下, d 值越大表示多边形形状越复杂。

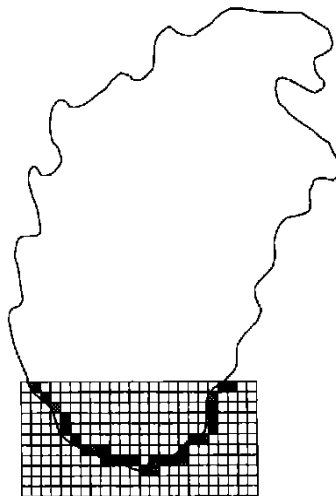


图 1 用尽可能小的正方形对不规则多边形平面进行分割
Fig. 1 The irregular polygon plane is divided by squares as small as possible

样本单元分组

分组目的是缩小组内变动,提高总体估计值的精度。样本单元按林地空间结构特征分成 4 组,林地面积百分比 $fcp < 20\%$ 为第 1 组, $fcp > 80\%$ 为第 2 组。 fcp 在 20% 与 80% 之间的按空间分布维数 D_i 划分第 3、4 组, D_i 小于平均值的单元属于第 3 组,其余的属于第 4 组(阈值选择参考 CEC^[6])。4 组相关分析见表 1,从中可以看出 4 组间相关性很小。

表 1 组间相关系数分析

Table 1 It is the analysis to the correlative coefficients between groups

相关系数 R	第 1 组	第 2 组	第 3 组	第 4 组
第 1 组	1.0000	-0.084	0.003	0.146
第 2 组	-0.084	1.000	0.000	-0.002
第 3 组	0.003	0.000	1.000	0.001
第 4 组	0.146	-0.002	0.001	1.000

样本单元数的计算

初级样本单元数计算如下:

$$n_0 = t^2 c^2 / e^2 \quad (4)$$

其中: t 为可靠性指标, c 为变动系数, e 为误差限, n_0 为样本单元数。

上式中变动系数 c 可以由预备调查文献[8]得到。如果 n_0/N 不可忽略, (4)式变换为:

$$n = n_0 / (1 + n_0 / N) \quad (5)$$

其中: N 为初级单元数, n 为样本单元数改正值。

1.2.3 TM 与 AVHRR 影像配准

TM 与 NOAA 的精确配准是建立面积校正模型的关键。TM 影像数据首先用 1:100 000 地形图和 GPS 野外数据校正。TM 和 NOAA 重叠的部分用两者比例尺都能识别的地面控制点进行校正。TM 图像控制点容易确定, 但 NOAA 影像因空间分辨率相差悬殊, 确认同名控制点有很大困难。本研究通过放大显示 AVHRR 的 PVI(垂直植被指数)图像, 在单个 AVHRR 像元范围内目测估计 TM 图像控制点的相对位置来添加控制点。这样做有 3 个原因: 1. 选取的 PVI 图像控制点特征突出; 2. 整个样区内控制点数目不少于 4 个且分布均匀; 3. 同名控制点是在放大的单个 AVHRR 像元内添加的, 所以这种方法的叠加精度虽然不高, 但总体上的偏差不会很大。这里配准精度在 3 个像元以内, 它的错配影响基本上可以忽略。

本文在配准后把 NOAA 影像分为 6 种地类: 耕地、林地、草地、水域、城乡居民及工矿用地、未利用地, 属性代码依次为 1、2、3、4、5、6。

1.2.4 建立回归校正模型

在 ARC/INFO 软件环境下, 从各自的图形数据库中 AVHRR 次级单元和 TM 次级单元各个多边形面积值。然后通过 (1) 式和 (3) 式计算得到 AVHRR 次级样本单元各个多边形的 D_i 值和 d 值, 建立校正模型 A:

$$y(\text{TM-area}) = a_0 + a_1 x_1 (\text{AVHRR-area}) + a_2 x_2 (\text{AVHRR-D}_i) + a_3 x_3 (\text{AVHRR-d})$$

这里为了验证影像空间结构分析在校正模型中所起

的作用, 同时建立起没有 D_i 和 d 参数的校正模型 B:

$$y(\text{TM-area}) = b_0 + b_1 x (\text{AVHRR-area})$$

NOAA 数据在抽样前被分成 4 组, 因此有 4 组不同的模型参数, 并且 NOAA 影像地类分为 6 大类, 每组就该有 6 个方程。但是对 NOAA 卫星影像而言, 整个吉林省 AVHRR 样本单元属于小样本, 抽样得到的 23 个初级单元样本在 4 个组中分布不均匀, 其中第 1 组和第 4 组分别占 12 和 7 个, 而第 2 组和第 3 组各占 2 个。第 2 组和第 3 组样本单元数量有限, 都没有足够多的地类数去建立 6 个校正回归方程, 所以都只建立一个校对方程。这样虽然影响校正精度, 但是最后结果表明这种影响可以接受。模型 A 校对方程的复相关系数最大可达到 0.957, 平均复相关系数为 0.723, 说明校正值与 NOAA 原始面积估测值之间有较大相关性。

2 面积校正结果与分析

TM 和 NOAA 间建立的面积校正关系要在整个吉林省范围内进行检验, 也可在具有相似景观地貌的地理区域内进行检验, 以验证校正模型的有效性和适应性。

将吉林省所有的 NOAA 初级单元的多边形面积值, 分组分属性代入次级单元样本已经建立的面积校正模型, 进行各地类面积的校正计算, 得到经过面积校正的吉林省 NOAA 地类资源构成表。并以吉林省 TM 地类资源构成数据作为面积实际值, 对 NOAA 地类资源面积进行精度检验(表 2)。

表中模型 A 和模型 B 的校正精度变化可以看出, 吉林省 NOAA 面积数据经过模型 A 和模型 B 校正后精度都有所提高, 但模型 A 校正精度提高更大, 这正是本研究应用分形几何方法对遥感影像空间结构特征进行定量分析的结果, 充分体现了影像空间结构特征量化分析的重要性。

表2 吉林省NOAA数据经模型A和模型B校正前后精度比较

Table 2 It is to compare precision of both model A and model B before and after calibration for NOAA data in Jilin province

地类	属性代码	NOAA校正前面积%	模型A校正后面积%	模型B校正后面积%	实际面积%	校正前精度%	模型A校正后精度%	模型B校正后精度%	模型A精度变化率%	模型B精度变化率%
农田	1	44.99	41.97	44.55	43.13	95.70	97.30	96.71	+1.67**	+1.06
林地	2	46.48	44.07	45.45	43.91	94.15	99.64	96.49	+5.83	+2.49
草地	3	2.08	2.42	2.63	2.39	88.19	98.71	90.00	+13.59	+2.05
水域	4	1.41	1.76	1.61	2.06	68.45	85.60	78.16	+25.05	+14.19
城乡居民和工矿用地	5	0.71	0.97	0.85	1.24	57.63	78.50	68.55	+36.21	+18.95
未利用地	6	9.04	7.58	8.09	7.26	75.60	95.64	88.57	+26.50	+17.16

** 十号表示校正后的精度有所提高

3 结论与讨论

3.1 结论

这次研究验证了高空间分辨率的TM影像能够对低空间分辨率的NOAA影像地类面积估计进行有效校正,和影像空间结构分析在校正模型中的重要作用。

(1) 通过本文建立的回归校正模型,NOAA卫星影像上各地类面积估计值的精度都有了较程度的提高。特别是对水域、草地、城乡这些面积小,分布较为破碎的地类,在没有校正前面积估测误差较大,经模型校正精度提高效果明显。这充分说明了本文建立的回归校正模型是有效的,能够在吉林省及其它地区发挥作用。

(2) 引入分形理论对卫星遥感影像的空间结构特征进行定量分析。遥感影像地类的空间分布、分散程度和地块形状都可以用不同的分形维数量化表达。这些表示空间特征的分形维数值能进行各种分析,有助于卫星遥感影像信息的提取。面积校正精度分析表明,有空间特征参数模型的面积校正结果要好于没有空间参数模型。

(3) 在建立校正模型中不同分辨率影像的配准程度极大地影响模型的校正精度。这里通过放大显示AVHRR的PVI图像,在单个AVHRR像元范围内目测估计TM图像控制点的相对位置添加控制点,很大程度地减少了配准误差。

3.2 讨论

(1) NOAA影像数据在坐标系统转换和与TM影像配准中,使用同名地物点定位的办法受人为主观因素影响大,这将直接影响最后的校正结果。目前对于高精度配准的研究还不能提出一个完全令人满意

自动进行的算法,人工参与仍然在配准过程中起重要作用,控制点的人工选取在很大程度上影响着配准精度。

(2) 本文对遥感影像空间特征分析还只是停留在分形几何维数值求算上,如何把分形维数值与具体的地类形状联系起来,从多边形的维数值直接判断该地类是什么形状,或者是属于哪一类形状,这需要作进一步的研究。

(3) 本研究建立的模型适用区只是吉林省及周边地区,这样并没有充分发挥NOAA卫星影像数据的特点。NOAA信息源具有全球观测的能力,在世界范围内对同种地类建立相应的NOAA校对方程,不受区域限制,这是一项亟待开发的工作。

参考文献 (References)

- [1] Xiru Xu *et al.* Factor resolving method of mixed pixel and its application in plant area estimation of large area winter wheat [J]. *Science Bulletin*, 1990, **35**(4): 317-320. [徐希孺等. 混合像元的因子分解方法及其在大面积冬小麦种植面积估算中的应用[J]. 科学通报, 1990, **35**(4): 317-320.]
- [2] Xipeng Wang *et al.* Resolving AVHRR mixed pixel with neural networks model [J]. *Journal of Remote Sensing*, 1998, **2**(1): 51-56. [王喜鹏等. 应用神经网络模型分解AVHRR混合像元[J]. 遥感学报, 1998, **2**(1): 51-56.]
- [3] Fazakas, Z., Nilsson, M. Volume and forest cover estimation over southern Sweden using AVHRR data calibrated with TM data [J]. *Int. J. Remote Sensing*, 1996, **17**(9): 1701-1709.
- [4] Iverson L R *et al.* A technique for extrapolating and validating forest cover across large regions: Calibrating AVHRR data with TM data [J]. *Int. J. Remote Sensing*, 1989, **10**(11): 1805-1812.
- [5] Nelson R. Regression and Ratio Estimators to Integrate AVHRR and MSS Data [J]. *Remote Sens. Environ.* 1989, **30**(3): 201-216.
- [6] TREES, Tropical Ecosystem Environment Observation by Satellites. Joint project of the Commission of the European Communities and the European Space Agency [C]. 1990, SP-I. 90. 31, Ispra: Joint Research Centre.

- [7] Jizhong Zhang. Fractals [M]. Tsinghua University Press, 1995. [张济忠著。分形[M]. 清华大学出版社, 1995.]
- [8] Investigation Layout and Design Department of Forestry Ministry. For-

est investigation handbook [S]. China Forestry Press, 1984. [林业部调查规划设计院主编, 森林调查手册[S], 中国林业出版社, 1984.]

Calibration of NOAA Satellite Data with Landsat TM Data

YUAN Chao, ZHAO Xianwen

(*Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China*)

Abstract: In order that NOAA images can provide abundant macroscopic information and at the same time ensure detailed information of certain precision, this article puts forward a set of methods. Its experimental area is Jilin province in northeast China. Based on NOAA image data of 1998 and latest TM image data, a calibration was done with high resolution satelliter data to improve the forest area estimation derived from low resolution satellite data. Meanwhile fractal geometry theory is lead applied to analyze spatial structure characters of remote sensing images. Spatial distribution and shape of land blocks in the image are quantified with the method of fractal dimension. It is helpful to get more and useful information from remote sensing images.

Key words: spatial structure characters; fractal; primary unit; secondary unit