

文章编号: 1000-5692(1999)03-0279-04

变时相生长模型技术及其在 小班数据更新中的应用

项小强¹, 王金治¹, 查印水¹, 李月清²

(1. 国家林业局华东林业调查规划设计院, 浙江金华 321001; 2. 福建省永安市林业委员会, 福建永安 366000)

摘要: 小班数据更新是地方森林资源监测和资源档案管理的需要, 实现它的必要条件是建立小班动态数据库和建立小班数据更新模型。本文着重对后者的现实林分建模中每年变化的大量的部分, 采伐的问题处理, 根据微变化调整原理, 提出变时相生长模型技术, 从而消除了误差逐年积累和放大的问题, 提高了小班数据更新的可靠性。参3

关键词: 小班; 数据更新; 动态数据库; 林分; 林木蓄积量; 数学模型; 变时相生长模型; 建模数据源

中图分类号: S757.1 **文献标识码:** A

1 问题的提出

在地方森林资源监测和资源档案管理中, 小班数据更新是极为重要和十分迫切的工作。由于现代新技术的应用, 二类调查数据的统计处理已普遍在计算机上进行, 同时建立了数据库和在一定程度上实现了森林资源档案微机管理; 有些地方更进一步地应用地理信息系统和遥感技术采集空间数据, 并跟二类调查的资源属性数据建立联系, 制作各种林业用图, 方便了森林资源在空间上展开分析。但是, 相对而言这些都只是满足了静态分析的需要。为了可靠地对森林资源进行动态分析, 就必须先实现小班数据更新。

小班数据更新的含义是每年将森林资源数据更新落实到小班。为了达到这一目标, 一种比较明确的思路是, 将小班分为有经营活动和没有经营活动2类分别处理。前者通过年度资源变化登记表或台帐, 后者采用数学模型。目前, 为了小班数据更新所作的努力已取得许多进展。例如, 不少县(市)林业局建立资源台帐对年度变化小班进行登记, 可以较清楚地分析资源面积的变化; 对于森林资源各类蓄积也采用了精密等度级^[1]较低的数学模型推算, 新的

收稿日期: 1998-12-03; 修回日期: 1999-02-28

基金项目: “九五”浙江省科学技术委员会重点资助项目(961102160)

作者简介: 项小强(1959—), 男, 浙江缙云人, 高级工程师, 从事数学模型与计算机应用研究。

?1994-2017 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. [http://www.](http://www)

年度资源统计数据是在原来二类调查统计数据基础上逐年累计得到的。这些进展，虽然能在某种程度上满足年度资源变化分析的需要，但并没有达到将森林资源数据更新落实到小班的目的。

如果数据更新不落实到小班，则每年的资源数据就只能靠累计式的统计得到。这势必引起一些数据错误或误差逐年积累和放大，尤其是蓄积数据的误差将以某种率的方式迅速放大，最终导致年度资源数据失真。年度变化小班登记数据的错误是不可避免的，并且这些数据大多通过三类调查得来，而三类调查跟二类调查之间存在较大的系统误差，故而累计式统计的年度资源数据是不可靠的。

上述的数据错误或误差，只有在建立起小班时序状态数据库(或称小班动态数据库)和小班数据更新模型的基础上才能得到大部分消除。这是因为，年度变化小班数据对号入座地进入小班时序状态数据库时，一方面可以发现登记或抄写错误，另一方面，小班皆伐的蓄积数在库中(等价于帐面上)被抹去实际上是基于二类调查的数据变成0，而不是用三类调查的数据去修改。这就使得数据错误和大部分系统误差能够及时得到修正。同时，建立小班数据更新模型意味着提高了数学模型的精密度等级，也就起到了降低每年的误差放大系数(或放大率)的作用。因此，建立小班动态数据库和建立小班数据更新模型是每年将森林资源数据更新落实到小班的2个必要条件。

如何建立小班动态数据库和建立小班数据更新模型是实现小班数据更新的2个关键问题。前者不属于本文讨论的范围，后者则是本文要进一步分析和讨论的。

2 变时相生长模型技术

2.1 建模因子

小班数据更新因子可多达16个，其中有5个反映林木生长的重要因子，即平均树高、平均胸径、单位面积蓄积、单位面积株数和郁闭度，需要对其建立数学模型进行数据更新。这5个生长因子是相关的，通常只有3个是独立的。为了保证有足够的建模数据，一般选取前3个作为独立建模因子，其余2个则可以在建模的基础上导出。

在现实林分中，由于每年都有大量的部分采伐(如择伐、抚育间伐及盗伐等)发生，不同年龄的林分平均树高、平均胸径和单位面积蓄积等都将受其影响，其中受到影响最大的是单位面积蓄积因子。而单位面积蓄积因子直接反映了森林资源蓄积的状况及变化。因此，使这个关键因子的建模和数据更新误差尽可能小是模型研究的主要出发点。

2.2 数学模型描述

2.2.1 模型选形 通常，模型的选形多采用对比选优法确定，但在建模数据未定的情况下这种方法并不合适。为了简化小班数据更新建模操作，要求模型的函数形式能够事先选定，而其参数估计将在数据给定后进行。模型适应性是指模型对数据的适应性。这里将把模型适应性好作为模型选形的标准。

对于小班单位面积蓄积、平均树高和平均胸径等因子，采用能反映生长特性的生长模型不失为一种好的选择。然而，生长模型仍然很多(指函数类或形式)。所幸的是，包含较多函数类的生长模型对数据的适应性也较好。在目前已知的生长模型中，Schmude模型(1)除了具有上述特点外，还具有参数估计稳定的性能^[2]，故而可作为优先选择的模型。

$$y(A) = \left[y_1^b + (y_2^b - y_1^b) \frac{1 - e^{-a(A - A_1)}}{1 - e^{-a(A_2 - A_1)}} \right]^{\frac{1}{b}} \quad (1)$$

式中: A 为年龄, y_1, y_2, \dots, a 和 b 为参数, A_1 和 A_2 是可以事先确定的常数。

2.2.2 一般非线性模型的参数估计 我们可以将生长模型用一般的非线性函数形式

$$y(A) = f(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, A) \quad (2)$$

表示。式中: y 代表生长因子 (如单位面积蓄积、平均树高或平均胸径等), A 仍为年龄, $\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m$ 是 m 个待定的参数。当模型表达式和数据给定时, 一般认为这 m 个待定参数也就确定了。具体地说, 这 m 个待定参数是在最小二乘意义下使误差 Q

$$Q(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m) = \sum_{i=1}^n [y_i - f(\beta_1, \beta_2, \dots, \beta_m, A_i)]^2 \quad (3)$$

达到最小时解出的。求解参数的过程是一种迭代计算过程。这类迭代计算常用的方法是 Marquardt 法^[3]。

2.2.3 变时相生长模型 上文曾指出, 在现实林分中每年都有大量的部分采伐发生, 而且对十分重要的单位面积蓄积因子影响最大。这说明, 不同年份采集的数据在树种或年龄上的分布和取值可能有相对显著的变化。如果仅用某一年(一个时相)采集的数据建立模型进行多年的数据更新, 一方面有悖于实际情况, 另一方面易导致资源蓄积数据的失真。

一种与实际情况较吻合的处理是, 每年建立生长模型外推 1 a。这就是变时相生长模型技术的主要思想, 在数学上相当于每年对生长模型作微变化调整。由于建模时实际调整的是模型的参数, 因而也表明了变时相生长模型在本质上是一种参数也随时间变化的生长模型。

变时相生长模型可以用一般的函数形式

$$y(t, A) = f[\beta_1(t), \beta_2(t), \dots, \beta_m(t), A] \quad (4)$$

表示, 只是其中的参数 $\beta_k = \beta_k(t)$ ($k=1, 2, \dots, m$) 随时间 t 变化在多数情况下没有明确的解析式子。尽管如此, 我们仍可以根据模型的设计思路, 利用不同时相的数据求出参数 $\beta_k = \beta_k(t)$ 对于不同年份 t 的数值解。在每一个年份 t 对模型参数 $\beta_k = \beta_k(t)$ 进行估计的方法, 与 2.2.2 中介绍的一般非线性模型的参数估计方法相同。

2.3 建模数据源

建模数据主要来源于现有的森林资源连续清查固定样地样本数据和二类调查数据。在这 2 个数据源中, 通常认为固定样地样本数据质量较高, 但对于建立小班数据更新模型而言, 它并不一定是最佳的选择。其原因是, 固定样地样本数据采用机械布点抽样方法采集, 由于数据的分布性(尤其在年龄上的分布)较差, 如果不做补充采集, 则建模样本数据远不能满足分类建模的需要。而二类调查数据尽管存在许多问题, 但其分布性较好, 利用样本数据的平均数建模则可以消除一些数据质量问题的影响。所以, 采用经过一定处理后的二类调查小班数据, 能较好地满足变时相生长模型建模的需要。在(3)式中已指出, \bar{y}_i ($i=1, 2, \dots, n$) 是样本数据的平均数。

3 应用与结论

消除累计式统计引起的误差逐年积累和放大, 将森林资源数据更新落实到小班, 是变时相生长模型技术的主要目的。对这种模型技术的使用效果进行验证需要花好几年的时间, 但笔者还是利用福建省永安市的数据做了这样的试验。试验结果表明, 数据更新外推的资源蓄积、生长量和消耗量等均能与几年后复测的结果基本吻合。

变时相生长模型技术用于小班数据更新是与建立小班动态数据库同时提出来的, 而这两

者都离不开计算机的工作，所以只有跟计算机应用技术紧密结合，才能充分发挥其功能和作用。在这方面，变时相生长模型技术的优势是，在保证模型作微变化调整的同时也简化了计算机建模软件的用户界面设计，使复杂的小班数据更新建模操作能够规范化。

变时相生长模型技术的使用，只有在基础数据质量可靠的前提下才是充分有效的。小班数据更新的可靠性离不开基础数据质量的保证。对于数据的错误，模型技术是无能为力或者说是处理能力极有限的。因此，提高森林资源二类调查小班数据的质量是保证有较好的基础数据的关键。

变时相生长模型技术的提出和应用是小班数据更新模型技术研究中的一个新的进展。它也表明目前的森林资源小班数据更新研究工作正在向更精细化的方向发展。

参考文献：

- 1 于政中. 数量森林经理学[M]. 北京: 中国林业出版社, 1995. 344~346.
- 2 项小强. 一个具有统计稳定参数的综合生长量模型[M]. 林业科学, 1990, 26(2): 182~187.
- 3 中国科学计算中心概率统计组. 概率统计计算[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 162~164.

Phase-varied growth model technique and its applications in subcompartment data updating

XIANG Xiao-qiang¹, WANG Jin-zhi¹, ZHA Yin-shui¹, LI Yue-qing²

(1. East China Institute of Forest Inventory and Planning, Jinhua 321001, Zhejiang, China;
2. Forestry Committee of Yongan City, Yongan 366000 Fujian, China)

Abstract: Subcompartment data updating is required in local forest resource monitoring, and the prerequisites of its realization are to build up both dynamic database and data updating models for the subcompartments. This paper stresses on the latter in which the modelling of real forest stands is dealt with and a great amount of partial cutting took place among them. Based on little variation adjustment, a phase-varied growth model technique is presented. And through its use, annually accumulated and magnified errors is removed and the reliability of subcompartment data updating is improved.

Key words: subplot; data updating; dynamic database; forest stand; standing crop; mathematical models; phase-varied growth models; modelling data source