

森林资源动态变化的时空拓扑分析

赵春燕¹, 李际平¹, 王国华², 李建军¹

(1. 中南林业科技大学, 湖南 长沙 410004; 2. 长沙航空职业技术学院, 湖南 长沙 410124)

摘要:森林资源是一种动态变化的可再生资源,在地理信息系统中表现为空间位置和属性特征随时间发生变化。分析了森林资源动态变化的原因,描述动态变化过程中时间信息以及空间形态和属性特征的变化特点,在此基础上分析森林资源动态变化的时空拓扑关系,结合森林资源小班不会出现交叉、重叠的现象,空间拓扑变化只包括相离和相会的变化。时态拓扑变化先考虑同一时刻小班变化的时态拓扑变化,再结合发生变化的时间先后关系,综合考虑不同时刻小班变化的时态拓扑变化,这样可以简化时态拓扑变化的分析。

关键词:时空拓扑;动态变化;森林资源;地理信息系统

中图分类号:S758.8 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-7461(2010)02-0216-05

Spatio-temporal Topological Analysis of Dynamic Changes of Forest Resources

ZHAO Chun-yan¹, LI Ji-ping¹, WANG Guo-hua², LI Jian-jun¹

(1. Central South University of Forestry & Technology, Changsha, Hunan 410004, China;

2. Changsha Aeronautical Vocational & Technical College, Changsha, Hunan 410124, China)

Abstract: Forest resources are dynamic renewable, their spatial locations and the performance characteristics and attributes change in geographic information systems. The causes of the dynamic changes of forest resources were discussed. Spatial and attribute information were described to establish spatio-temporal topological relationship of dynamic changes of forest resources. Subcompartments in forest resources would not be crossed, overlapped, spatial topology changes only included joint and disjoint. Changes of subcompartment in the same time were considered in the temporal topology changes, then combing with the relationship between chronological changes, topology changes of subcompartment at different times were considered, to simplify the analysis of temporal topology.

Key words: spatio-temporal topology; dynamic changes; forest resource; geographic information system (GIS)

森林资源是一种可再生动态资源,其动态变化分析大多是研究森林资源数量的动态变化、变化速度、区域变化差异,以及动态变化原因分析与评价^[1]。对于森林资源的空间形态和属性特征随时间的变化分析较少。林木自然生长和人为活动会改变森林资源的空间形态和属性特征,在空间数据库中表现为图形数据和属性数据的改变。现有的林业管理信息系统没有考虑时间因素,空间数据库中存贮的是某一时刻或时间段的静态数据^[2]。空间、时间和属性是地理实体的3个基本成分,时态GIS跟踪

分析和处理随时间变化的空间信息,将三者统一存贮、管理和分析。时空拓扑分析是时态GIS的基础和核心,以森林资源小班的动态变化为例,分析变化过程中的时空拓扑关系。

1 森林资源动态变化原因分析

森林资源具有动态性,它随着自然因素的变化以及生产活动的开展在不断变化着^[1-3]。影响森林资源动态变化的原因主要有3类(表1):1)林木的自然生长引起林分平均胸径、树高、蓄积量等变化,

此种变化属于属性数据变化范畴;2)森林灾害影响森林林分变化。森林火灾失去人为控制,在森林开放系统内自由燃烧和蔓延。森林病虫害及风折、雪压、滑坡、泥石流等自然灾害也造成森林资源动态变化,一般属性数据和空间形态数据同时变化。3)人为活动影响森林资源变化,包括合法的森林经营活动和非法破坏活动。正常的经营活动有采伐和造林,通过对森林资源进行采伐和造林使森林资源结构发生变化,引起林分地类、起源、树种、年龄、面积要素发生明显变化^[4]。

表 1 森林资源变更原因

Table 1 Reasons for updating of forest resources		
森林生产活动	变更原因	数据变化
森林自然生长		属性数据变化
林业经营活动	森林采伐	空间数据变化
	森林更新	属性数据变化
其他人为活动	产权流转	
	新成林地	属性数据变化
	征用占用林地	空间数据变化
森林灾害	行政界线变化	
	森林病虫害	空间数据变化
	森林火灾	属性数据变化
	泥石流、雪灾等自然灾害	

2 森林资源动态变化的时空信息描述

时空目标的描述包括几何、拓扑和属性 3 个基本方面,相应地时空变化包括空间变化,属性变化和拓扑变化。

2.1 时间信息描述

森林资源信息变更中时间变化可表达为连续变化和离散变化(离散变化),不连续变化是在时刻上空间分布发生变化,属于离散的质变,在时间轴上不可插值。不连续变化的时间信息可以用一系列观测时刻表示为 $\{t_1, t_2, \cdots t_n\}$ 。连续变化是在时间区间上空间现象分布的连续变化,可以在时间轴上进行插值。对于连续变化的平面空间现象,假设其观测时间间隔满足取样要求,即假定规定的取样时刻的观测能够反映空间现象的动态变化规律。连续变化的时间信息用时间区间表示,一个时间区间是 2 个时刻的闭区间 $\text{period} = \{[t_i, t_j] | t_i, t_j \in \{t_0, t_1, \cdots, t_n\} \text{ and } t_i < t_j\}$ 。森林的自然生长属于连续变化,森林采伐、更新和森林灾害等原因引起的变化属于不连续变化(表 2)。

森林资源动态变化过程中,随着时间变化空间形态和属性会发生变化,主要有 3 种变化形式^[5](表 3):1)空间形态不变,属性变化,包括 2 种情况:一是命名层次上的属性变化,指地理现象的本质发生了改变,如从森林变化为森林火灾毁坏的地区,二是指

顺序量、比率量和等级量层次上的改变。如林分蓄积的改变;2)空间形态变化,属性不变;3)空间形态和属性同时变化。空间形态变化包括 2 种情况:一是路线运动,指整个地理现象的位置都发生改变,二是范围变化,通常指地理现象范围边界的扩展和收缩,如森林火灾的蔓延。林木自然生长过程属性会发生变化,因此空间形态和属性都不改变的情况不存在。空间形态没有变化的情况下,空间拓扑关系也没有变化,空间形态变化可能引起拓扑关系变化。人类活动引起的离散变化过程存在时态拓扑变化。

表 2 森林资源数据更新的时间变化类型

Table 2 Time-varying type of updating forest resource data			
变化类型	时间变化类型	变更原因	时间描述
1	连续	自然生长	一系列观测时刻
2	不连续(离散变化)	人类活动	2 个时刻的闭区间

表 3 空间和属性变更类型

Table 3 Type of updating spatial and attribute			
变更类型	属性	空间形态	空间拓扑
1	命名层次上变化 顺序、比率、等级 层次的改变	不变化	不变化
2	不变化	位置改变	变化
3	变化	范围变化	变化

2.2 属性变化信息描述

森林资源的属性动态变化主要有林权、地类、优势树种、蓄积、龄级等变化。一般利用统计分析方法、土地利用变化区域差异模型、地理信息系统技术对森林资源动态信息进行分析,包括数量的动态变化、变化速度以及区域变化差异。属性变化通过各种统计图表进行描述,主要反映各类林业用地面积变化、各龄组蓄积等数量上的变化^[6]。

2.3 空间变化信息描述

变化林业 GIS 中将森林资源空间实体划分为点状、线状和面状地物。其中面状地物有小班、林班、行政区域等;线状地物有林道、水系、境界线、小班界、林班界和林场界等;点状地物有瞭望台、样地等^[7]。小班是森林资源调查、统计和管理的基本单位,小班划分一般尽量以明显地形地物界线为界,小班界线一般与林道、水系、境界线重合。

森林经营活动中的空间形态变化(表 4)包括:创建、消失、合并、分割、缩小、生长^[2]。

图 1 中 04 小班在 T_1 时刻由于择伐主要树种发生变化,小班分割形成 07、08 小班,08 小班和 05 小班属性相同,进行小班合并成 09 小班; T_2 时刻 02 小班分割与 01 小班合并形成 10 小班, T_3 时刻 06 小班因为自然灾害小班消失。

表 4 空间形态变化类型
Table 4 Types of space shape changes

空间形态变化类型	T ₁ 时刻	T ₂ 时刻	变化可能原因和含义	空间形态变化类型	T ₁ 时刻	T ₂ 时刻	变化可能原因和含义
创建			造林,新建一个小班	分割			造林或采伐属性改变,小班分割
消失			皆伐或征占用林地,原来的小班不存在	缩小			森林经营或森林灾害,小班属性改变,小班面积缩小
合并			择伐引起属性改变,小班合并	生长			森林经营小班属性改变,小班面积扩大

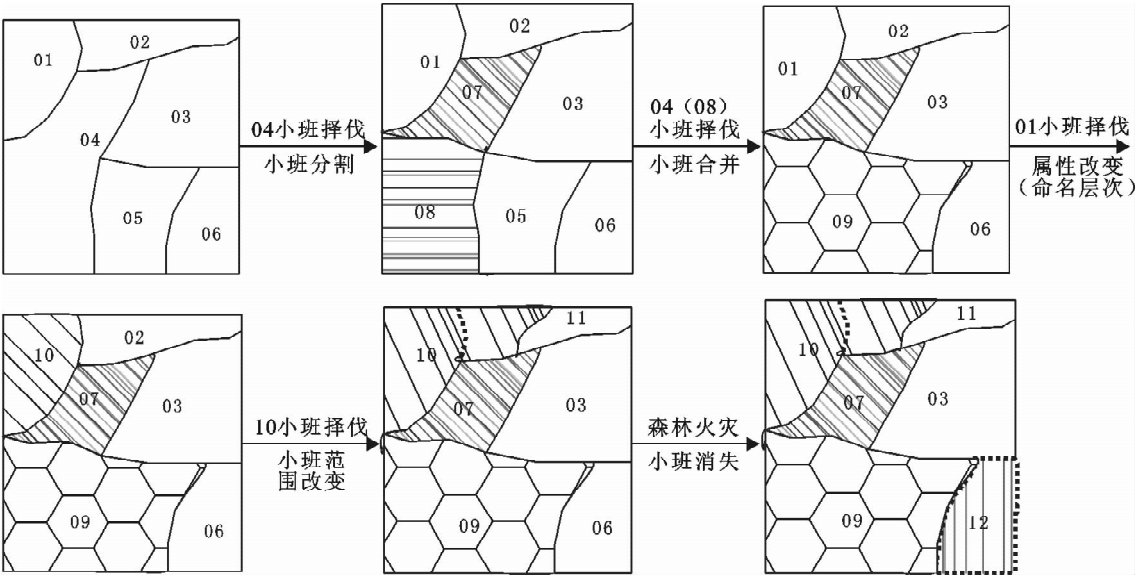


图 1 森林小班空间形态变化

Fig. 1 Change map of space form of subcompartments

3 时空拓扑关系分析

3.1 空间拓扑分析

空间拓扑关系是拓扑变换下的拓扑不变量,属于定性关系。4 元组模型将空间目标分为边界和内部 2 个部分;通过比较空间目标 A 的边界、外部与空间目标 B 的边界、内部之间的交集的内容来分析 2 目标之间的空间关系。

$$m=\begin{Bmatrix} A^{\circ}\cap B^{\circ} & A^{\circ}\cap\partial B \\ \partial A\cap B^{\circ} & \partial A\cap\partial B \end{Bmatrix}$$

矩阵中的元素 1 为取真值,0 为取假值,4 交叉模型表示的面面拓扑关系共有 8 种;因为森林资源空间分布具有不重叠的特点,因此在 8 种空间关系中,只有 2 种有意义(表 5)。

3.2 时态拓扑分析

时态拓扑关系类似空间拓扑关系,通常指事件、现象存在的先后顺序关系。沿着时间维,2 个独立的时空对象有 13 种时态拓扑关系:包含、在…期间、在…之前、在…之后、交叉、被交叉、相遇、被相遇、开始、同时开始、结束、同时结束、相等^[8](表 6)。其中有 12 种时态拓扑关系是相对的,差异在于观测对象不同。如在…之前、在…之后相对,交叉、被交叉相对,相遇、被相遇相对,开始、同时开始相对,结束、同时结束相对。

在表 6 的时态拓扑关系中,如“相等”和“开始”关系,AB2 目标发生变化的开始时间相同,可能因为持续时间不等或动态变化率不一样,AB 目标的发生事件结束时间不同。一般来说,时间域上的变

化包括 4 类^[9]:1)时间或者时刻变化,指地理现象发生时间的变化或者时间间隔的变化;2)步长变化,指地理现象的动态变化率,用“快”和“慢”来表述;3)持续时间的变化,指地理现象变化的持续时间或者 2 个变化之间的时间间隔,用“长”和“短”来表述;4)序列变化,指一系列空间域变化的顺序组合变化。

表 5 森林小班平面图形的空间拓扑关系

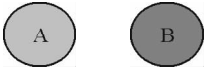

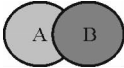





















Table 5 Spatial topological relation of forest subcompartment graphics									
空间拓扑关系		相离		相会		相交		相等	
4 叉模型值		$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	
图形									
图 1A 中各小班之间空间拓扑		01	03,05,06	01	02,04	不存在		不存在	
		02	05,06	02	01,03,04				
		03	01	03	02,04,05,06				
		04	06	04	01,02,03,05				
		05	01	05	03,04,06				
		06	01,02,04	06	03,05				
空间拓扑关系		位于内部		包含		覆盖		被覆盖	
4 叉模型值		$\begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 1 \end{bmatrix}$		$\begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$	
图形									
图 1A 中各小班之间空间拓扑		不存在		不存在		不存在		不存在	

表 6 时态拓扑关系

Table 6 Temporale topological relation							
时态关系	包含	在...期间	在...之前	在...之后	交叉	被交叉	相等
图形描述							
图 1 中各小班时态拓扑实例	01、07	07、01	09、12	12、09	11、07	07、11	7、9
时态关系	相遇	被相遇	开始	同时开始	同时结束	结束	
图形描述							
图 1 中各小班时态拓扑实例	04、05	05、04	07、08	08、07	10、11	11、10	

注:  A目标  B目标  AB目标(同表 7)

3.3 时空拓扑分析

时空拓扑关系被理解为空间拓扑事件间的时态拓扑关系,时空关系包涵地理要素的空间拓扑关系和事件的时态关系,作为时态 GIS 关系分析的基础,还包括事件和现状之间的因果联系。根据时态关系的 7 种基本类型和空间域之间的 8 种空间拓扑关系,Claramunt 定义了一个三元组(SR, TR, TSR)表示时空关系^[8],其中 SR 表示空间关系,TR 表示时间关系,TSR 表示时空关系。这样就有 71 种时空关系,加上 TR 的反集关系则共有 104 种时空关系。森林资源小班的空间分布“无重叠”的特点,空间拓扑关系只有相离和相会 2 种,时间关系 7 种(反集 6 种)共有 24 种时空关系(表 7)。森林资源动态

变化过程中,各个森林小班的时空拓扑关系会有变化,正确地描述动态变化过程中时空拓扑关系便于动态查询和分析。

3.4 时空拓扑实例分析

以图 1 中森林资源在 T_1 到 T_5 时刻动态变化为例,分析在森林资源动态变化过程中空间拓扑变化、时态拓扑变化和时空拓扑变化(表 8)。

表 8 中列举的时态拓扑变化只局限在同一时刻小班的时态拓扑变化,考虑森林资源整个变化过程,动态变化发生的时刻在前,发生空间和属性变化的相对应小班时态拓扑变化也在之前,如 T_1 时刻 08 小班与 T_3 时刻 09 小班,08 小班动态变化在 09 小班之前。

表 7 图 1 中森林小班变化过程的时空拓扑描述

Table 7 Spatial-temporale topological relation of subcompartment change

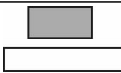





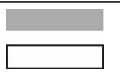
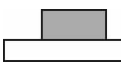
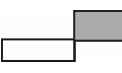
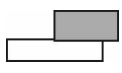

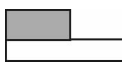

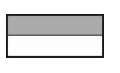
SR	TR						
	包含	在...之前	交叉	相遇	开始	结束	相等
相离							
	09、11	07、12	09、10	/	/	11、12	/
相会							
	09、10	12、9	09、07	10、2	05、08	10、11	07、08

表 8 图 1 中森林资源变化过程的时空拓扑变化分析

Table 8 Spatial-temporal topological analysis of subcompartment change

时间	时空变化	变化原因	时态拓扑变化	空间拓扑变化
T_1	04 小班分割 07、08	择伐	07、08 小班开始	08、02 小班相会变化到相离
T_2	小班合并	择伐	08、05 小班结束	08、06 小班相离变化到相会
T_3	属性改变	择伐	10 小班在 09 小班之后	没有变化
T_4	小班范围改变	择伐	10、11 小班开始	没有变化
T_5	小班消失	森林火灾	11、12 小班交叉	06 小班与 09、03 小班

4 结论与讨论

森林资源动态变化是一个复杂动态变化过程，包括空间域和时间域上的变化，随着 GIS 在森林资源信息管理和分析中的广泛应用，对动态变化的森林资源管理需要应用时态 GIS。时空拓扑分析是时态 GIS 的基础和核心。森林资源动态变化过程中，空间形态和属性特征都发生相应变化，自然生长只引起属性特征变化，人类活动引起空间形态和属性特征发生变化。在此变化过程中，时态拓扑和空间拓扑关系发生改变，结合森林资源小班不会出现交叉、重叠的现象，因此，空间拓扑变化只包括相离和相会的变化。时态拓扑变化首先考虑同一时刻小班变化的时态拓扑变化，然后结合发生变化的时间先后关系，综合考虑不同时刻小班变化的时态拓扑变化，这样可以简化时态拓扑变化的分析。

在林业 GIS 中，森林资源空间实体包括点状、线状和面状 3 种空间分布形态，本文仅从林分中小班层次，考虑面状分布的时空拓扑变化情况。综合考虑点状、线状和面状分布的时空拓扑变化将作为

后续研究。

参考文献：

[1] 林媚珍,马秀芳,谢双喜,等. 广东省森林资源动态变化及成因分析[J]. 生态环境,2008,17(2):785-791.

[2] 高金萍,陆守一. 森林资源小班数据更新管理中时空一体化数据模型研究[J]. 西北林学院学报,2008,23(5):188-192.

[3] 袁传武,吴保国,唐万鹏,等. 森林资源动态变化分析与评价[J]. 西北林学院学报,2007,22(4):78-82,109.

[4] 徐新良,刘纪远,庄大方,等. 中国林地资源时空动态特征及驱动力分析[J]. 北京林业大学学报,2004,26(1):41-46.

[5] 国红,陆元昌,洪玲霞,等. 基于 RS 与 GIS 的西峡县森林资源时空动态变化[J]. 南京林业大学学报:自然科学版,2005,29(4):53-56.

[6] 张会儒,赵鹏祥. 基于 GIS 和二类调查数据的森林资源时空动态分析与评价[J]. 东北林业大学学报,2008,36(7):14-19.

[7] 徐新良,刘纪远,庄大方,等. 基于 3S 技术的中国东北地区林地时空动态特征及驱动力分析[J]. 地理科学,2004,24(1):50-60.

[8] 陈秀万,吴欢,李小娟,等. 基于事件的土地利用时空数据模型研究[J]. 中国图象图形学报,2003(8):957-963.

[9] 阮森轩,刘仁义,刘南,等. 基于事务的土地利用时态统计模型研究 [J]. 计算机应用研究,2005(7):31-33.