

正向综合土地利用动态度模型及其应用

——以西双版纳公路对土地利用的影响为例^{*}

曹智伟^{1,2}, 马友鑫¹, 李红梅¹

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院 研究生院, 北京 100039)

摘要: 结合土地利用综合程度指数模型的土地类型分级方式, 在原有的综合土地利用动态度模型的基础上提出了旨在反映人类活动对土地利用变化影响过程和强度的正向综合土地利用动态度模型, 并以西双版纳地区主干公路对土地利用影响为例, 对改进后的模型进行了验证. 结果表明, 该模型可以避免因人为划分土地利用类型数目不一致导致的差异, 更有利于发掘在人类开发活动作用下的土地利用转化趋势和规律.

关键词: 土地利用模型; 正向综合土地利用动态度; 公路; 西双版纳

中图分类号: X 87 文献标识码: A 文章编号: 0258- 7971(2006) S1- 0224- 05

随着土地利用/ 土地覆被变化(LU CC) 研究的深入, 其研究重点逐渐从简单的现状描述转向机制和驱动力分析, LU CC 模型成为土地利用机制分析和解释的重要手段^[1~ 3], 不少学者在实际研究工作中创造或者改进了相应的模型, 以更好地分析和解释研究的结果^[4, 5]. 由于土地利用变化是人与自然相互作用的产物, LU CC 模型应当突出“ 人类活动引起的土地利用变化” 这一驱动关系, 但目前已有的模型较少考虑这一点.

公路作为人类社会物质流、信息流和能量流的传输通道, 对通过区的土地利用变化有很大的影响^[5~ 8], 其实质就是公路建设引入人类活动进而使沿线区域的土地利用变得更为集中, 因而公路对土地利用变化的影响, 近年来已经受到广泛的重视.

在已有的土地利用模型中, 土地利用综合程度指数和综合土地利用动态度指数是较常用的 2 个模型^[9, 10]. 但是, 土地利用综合程度指数可以较好地体现某个时期人类活动开发的程度, 但并不反映整个时段内土地利用类型之间的转化强度; 综合土地利用动态度指数虽然能从总体上反映各地类之

间的转化速率, 但由于计算中包括了所有的土地利用转化类型而无法反应土地利用类型之间的人类活动干扰因素所起的作用大小. 本研究试以 2 个模型为基础, 综合 2 个模型的优势, 提出一个既能反映各地类之间的转化速率, 又能体现人类活动影响的正向综合土地利用动态度模型, 并以西双版纳地区主干公路对土地利用变化的影响为例, 对模型进行验证.

1 原有模型优缺点及其改进方案

1.1 土地利用综合程度指数模型 土地利用程度主要反映土地利用的广度和深度, 根据刘纪远^[9]等提出的土地利用程度的综合分析方法, 将土地利用程度按照土地自然综合体在社会因素影响下的自然平衡状态分为若干级, 赋予分级指数: 未利用地土地利用程度赋值为 1, 林草水为 2, 农用地为 3, 工矿建筑用地为 4, 将土地利用的综合指标在上述基础上进行数学综合, 形成一个 100~ 400 之间连续分布的综合指数, 其数值的大小反映了某一地区土地利用的程度, 计算公式如下

*

收稿日期: 2006- 02- 20

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(30570321) .

作者简介: 曹智伟(1981-), 女, 湖南人, 硕士生, 主要从事景观生态学方面的研究.

通讯作者: 马友鑫(1960-), 男, 辽宁人, 研究员, 主要从事景观生态学方面的研究.

$$L_a = 100 \times \sum_{i=1}^n (A_i \times C_i),$$

式中, L_a 的范围是 100 ~ 400, 表示土地利用程度综合指数; A_i 为第 i 级的土地利用程度分级指数; C_i 为第 i 级土地利用程度分级面积百分比. 如果 L_a 值增大, 则表明该区域土地利用开发活动处于发展期, 否则处于衰退或者称恢复期.

1.2 综合土地利用动态度模型 综合土地利用动态度指数考虑了研究时段土地利用类型间的转移, 强调过程, 其意义在于反映整个区域土地利用变化的剧烈程度, 便于在不同空间尺度上找出土地利用变化的热点区域^[10]. 计算公式为

$$S = \frac{\sum_{i=1}^n [LA_{(i,t_2)} - ULA_i]}{\sum_{i=1}^n LA_{(i,t_1)} / (t_2 - t_1) \times 100\%},$$

其中, i 为土地利用类型, $LA_{(i,t_1)}$ 为 i 类土地变化期初的面积, $LA_{(i,t_2)}$ 为变化期末的面积, n 为总地类数, ULA_i 为第 i 类土地期末变化的面积.

1.3 原模型的不足 很明显, 土地利用综合程度指数可以较好地体现某个时期人类活动开发的程度, 但并不反映整个时段内土地利用类型之间的转化强度; 综合土地利用动态度指数虽然能从总体上反映各地类之间的转化速率, 但由于计算中包括了所有的土地利用转化类型而无法反应土地利用类型之间的人类活动干扰因素所起的作用大小. 尤其是在本研究中, 要反映公路对土地利用的影响, 就是要集中反映人类活动的影响、分析距公路不同距离缓冲带内的人类活动开发导致的地类转化速度的差异, 但综合土地利用动态度指数在不同缓冲带内的变化趋势难以体现这种开发活动由公路两侧向远距离区域推进的过程, 西双版纳地区自 1970 年代以来大规模的橡胶种植扩展和林地退化过程也难以从该模型反映出来.

因为综合土地利用动态度计算的是研究区域的所有利用类型发生了变化的土地面积之和与该研究区域总面积的比值的年平均值, 所以该指数的计算结果包括所有地类之间的相互转换, 这导致它对人为划分和选定的土地利用类型的多少较为敏感: 比如, 同为耕地, 有些学者只将其分为 1 类, 而有些学者可能将其分为旱地、水田、水浇地等几类; 同为林地, 有的学者仅分 1 类, 而有的学者则将其分为竹林、阔叶林、针叶林等几类. 这样一来, 旱地、

水田、水浇地之间的变化也将影响到最终的结果, 针对同一地区使用综合土地利用动态度指数, 研究人员是否划分 2 级土地利用类型, 按几类划分, 都将导致计算结果的差异.

1.4 模型改进思路和计算方法 综合上述原因, 笔者提出一个作为补充的解决方案: 根据土地利用综合程度指数模型中的各个地类的赋值, 将综合土地利用动态度模型改为双向模型, 将土地利用转化划分为 2 个方向: 在人类的开发活动作用下, 土地覆盖方式由自然状态向农耕状态(耕地, 橡胶林)或者人工状态转化(工矿建筑用地)为正向转化; 反之则为负向转化. 在这里只讨论正向转化模型, 思路为: 土地利用程度赋值越高, 表明该地类的人类开发的强度越大. 因此, 在土地利用转化过程中, 将利用强度低的地类向利用强度高的地类转化的面积提取出来参与计算动态度(其它地类转化则不参加计算, 计算公式与原有模型一致). 用此方法计算出来的正向综合土地利用动态度指数可以更清晰地反映了人类开发活动促使的土地利用转变、致使土地利用由自然状态向半自然状态和非自然状态转化的过程. 参与计算的地类转化形式提取方式如表 1.

表 1 参与正向综合土地利用动态度指数计算的土地利用转化类型

Tab. 1 The types of land use change which participated in calculating amendatory comprehensive land use dynamic degree index

		t ₂ 时期的土地利用类型分级指数			
		1	2	3	4
t ₁ 时期的	1	—	提取	提取	提取
土地利用	2	—	—	提取	提取
类型分级	3	—	—	—	提取
指数	4	—	—	—	—

其中, t_1 表示研究期初, t_2 表示研究期末, 分级指数与土地利用综合程度指数模型中的赋值方式相同, 为 1 的地类包括未利用地, 为 2 的地类包括林草水, 为 3 的地类包括所有农用地, 为 4 的地类包括工矿建筑用地. 将提取出来的转化形式赋值为 1, 其它为 0, 形成一个由 0 和 1 组成的用于地类间转化提取的矩阵. 具体的操作则是在计算综合土地利用动态

度的过程中,将土地利用转移矩阵中各个地类间的转移面积一一对应地乘以该矩阵中的值,得到所有正向转化地类组成的矩阵,再按照原有的计算综合土地利用动态度的公式进行计算。如此,林草水向农用地、经济林地转化,向公工矿建筑用地转化,农用地向建筑用地转化都被纳入到计算公式中,而农用地之间的相互转化,林地草地水域间的转化则不会影响到计算结果,可以达到突出人类活动影响的目的,且对地类划分的数目不敏感,不会因为人为划分地类的多少而影响到计算结果。

2 模型应用实例分析

选择西双版纳主干公路对土地利用变化的影响为研究实例,对新模型进行验证。

2.1 西双版纳概况 西双版纳傣族自治州位于云南省的最南端,约 $99^{\circ}55' \sim 101^{\circ}50' E$, $21^{\circ}10' \sim 22^{\circ}40' N$ 之间,属于澜沧江流域。全州总面积 $19\,112.5\text{ km}^2$,地势北高南低,海拔从 475 m 到 $2\,429\text{ m}$ 。热带气候区基本分布在海拔 800 m 以下的河谷盆地和低山浅丘上。特殊的地理位置和优越的气候条件,使该地区发育与形成了丰富多样的植被类型和生物多样性。西双版纳境内没有铁路,1950 年代开始建设的 213,214 国道贯通全境,除国道外,其它几条主干公路已经将大部分的乡镇经连接在一起,并与相邻的老挝、缅甸相通;正在建设中的国际交通要道——昆曼高速公路纵贯西双版纳,并且即将通车。

2.2 研究方法 运用 ArcGIS8 软件,根据西双版纳地区 1976,1988,2003 年 3 期 LandsatMSS/TM/ETM 影像解译得出的土地利用数据,将土地利用类型归并为 11 类:林地、草地、灌木林、水域、滩涂、水田、建筑用地、旱地、轮歇地、橡胶园、茶园。然后将 3 期土地利用图叠加,得出土地利用变化图,通过属性查询,建立土地利用转移矩阵。并选取建于 20 世纪 50 年代的主干公路,沿其两侧每隔 0.5 km 各建立一个缓冲区(缓冲区指平行于公路路线的一定宽度的带状区域),每侧共建立 25 个缓冲带、总宽 12.5 km 的缓冲区,作为公路两侧区域,与土地利用图叠加,分析各个缓冲带内土地利用变化的情况与距公路距离的关系。

2.3 典型地类间的转化与距公路距离的关系 天然林地是西双版纳最主要的自然地类,而橡胶园则是重要的人工地类,西双版纳地区自 70 年代以来

开始大规模地砍伐热带雨林种植橡胶,使该地区的土地利用变化也以热带森林向橡胶园转化最为瞩目。公路与这一趋势的关系如图 1。可以看出,1976 年至 1988 年,转化面积在近公路区域(约 7 km 左右)与距公路距离呈现明显的相关关系,距离越近,转化面积越大,超过此范围趋势不明显;1988 年至 2003 年,转化面积在整个公路沿线区域内都有较大的增长,且在距离公路 $2\sim 9\text{ km}$ 的区间内增长最为明显。

2.4 模型实践

(1) 土地利用综合程度指数模型的模拟结果 计算的各个缓冲带内的 L_a 值如图 2。可以看出,3 个时期,土地利用综合程度指数都表现出随距公路距离的增大而减小的关系,但范围不断扩展;各个时期的增长差异表现为 1976~1988 年表现为越靠近公路的区域增加值越大,但 1988~2003 年间则表现为中部区域增加幅度最大,近距离区域和远距离区域增加幅度相对较小。结合 L_a 值的增长幅度差异和林地向橡胶园转化的面积变化趋势(图 1)可以初步推论该区域的土地利用变化机制:距离公路较近的区域,在经过一段时间的开发后,把适宜种植橡胶的区域开垦为橡胶园地,人们的土地利用方式逐渐趋于固定;当可开垦的土地利用完之后,则转向更远的区域进行开发,体现了因交通通达性方便了人类活动而对土地利用产生的影响。

(2) 综合土地利用动态度模型的模拟结果 计算的各个缓冲带内的 S 值如图 3。可以看出,在 2 个时段趋势较为一致,都在距公路约 4 km 的范围内表现为距离越近,动态度越大,超过该范围趋于平缓。

(3) 正向综合土地利用动态度模型的模拟结果 将新模型应用于公路不同距离的缓冲带中,计算结果如图 4。可以看出,1976~1988 年,正向综合土地利用动态度指数值在距公路的近距离区域(约 7 km 范围内)表现出随距离的增加而减小的趋势,超过此范围趋势较平缓,规律不明显;1988~2003 年,趋势则完全不同于前期,公路的近距离区域和远距离区域指数值都较小,而中间区域(约 $2\sim 9\text{ km}$ 范围内),指数值相对较高。这表明了在前期,受公路交通条件的影响,人类的开发活动主要集中在公路附近区域,但到了后期,由于公路附近区域开发到一定程度,人们便转向距离公路较远的区域,公路附近的转化面积则呈现出相对较小的态势。

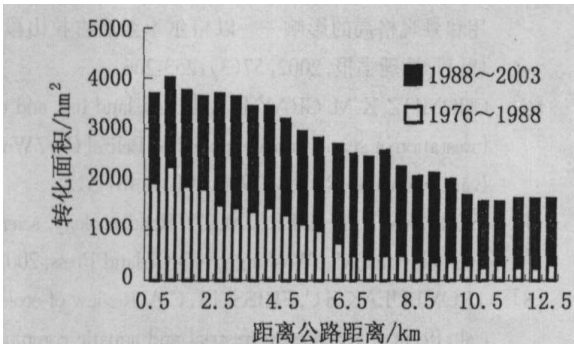


图 1 各缓冲带内林地向橡胶园转化的面积

Fig. 1 Relations of the area converted form forest to rubber plantation to the distance form road

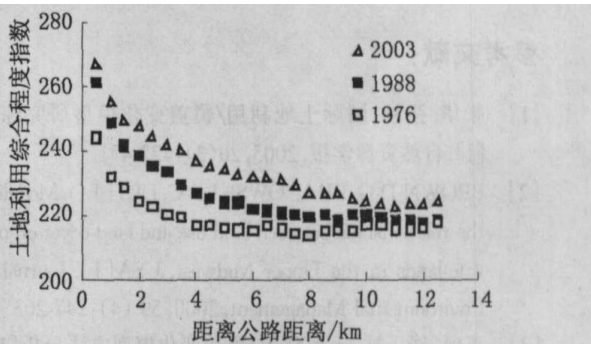


图 2 土地处用综合程度指数(L_a)随距公路距离的变化

Fig. 2 Relationship between the land use degree comprehensive index(L_a) and the distance from road

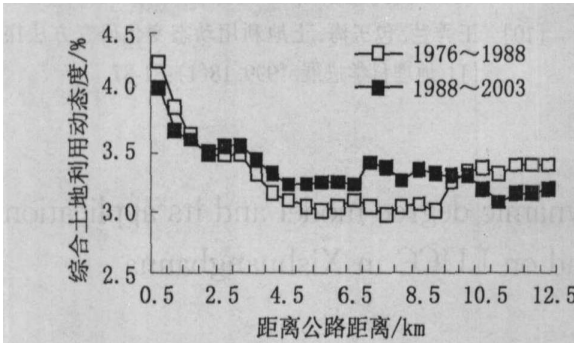


图 3 综合土地利用动态度指数与距公路距离的关系

Fig. 3 Relationship between the comprehensive land use dynamic degree index and the distance from road

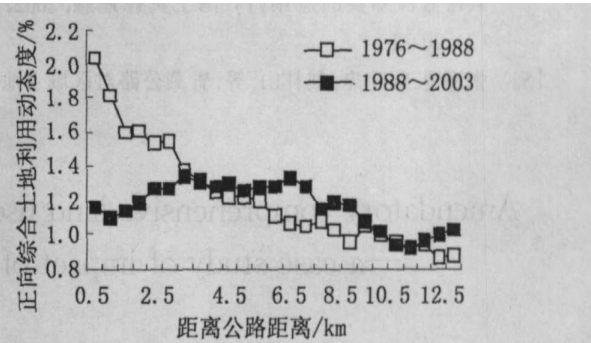


图 4 正向综合土地利用动态度指数与距公路距离的关系

Fig. 4 Relationship between amendatory comprehensive land use dynamic degree index and the distance to the road

对照综合土地利用动态度图(图 3)和正向综合土地利用动态度图(图 4),二者有着明显的区别:前者在 2 个时段都表现出较为一致的趋势,而后者 2 个时期趋势不同,且表现出与土地利用综合程度指数的增减趋势、林地向橡胶园的转化面积变化趋势较为一致的态势。当指出,图 4 上也体现出后期指数值在中部区域较大的特征,但趋势不明显,很难突出这一转换过程。可见,在揭示自然地类向农用地类的转化、土地开发程度加深的趋势方面,正向综合土地利用动态度指数模型更为切合,验证了前面关于土地利用变化机制的推论。

3 结论和讨论

(1) 正向综合土地利用动态度模型将原有的 2 个模型(综合土地利用动态度模型和土地利用综合程度模型)的优势结合起来,可以较充分地反应人类的开发活动上升的地区自然地类向半自然地类和人工地类转化的机制和强度,并在公路对土地利

用变化影响的研究中得到了成功的实践,结果表明,改进后的模型不包括同级地类间的转化信息,不会受到人为划分地类数量多少的影响,且更有利于发掘与人类活动有关的土地利用转化趋势和规律。

(2) 除了正向土地利用转化之外,负向转化和同级别类型间的转化本文没有进行分析,因为西双版纳是个多民族的热带山区,经济较为落后,自 70 年代以来橡胶开始大规模发展,该区的毁林开荒,乱砍滥伐现象较为严重,土地利用转化以林地转化为农用地最为典型,在这种以开发为主体的转化方式下,运用正向综合土地利用动态度模型较为合适;而在以退耕还林、退耕还草及实行生态恢复为主的地区,可以考虑计算其负向转化;在发展较为成熟、土地利用类型较为稳定的地区,同级土地利用类型间的转化分析是主要的。

致谢:在本文的撰写过程中,云南大学的吴兆录教授提出了宝贵意见,在此深表感谢!

参考文献:

[1] 张华, 张勃. 国际土地利用/ 覆盖变化模型研究综述 [J] . 自然资源学报, 2003, 20(3) : 422-431.

[2] BROWN D G, PIJANOWSKI B C, DUH J D. Modeling the relationships between land use and land cover on private lands in the Upper Midwest, USA[J] . Journal of Environmental Management, 2000, 59 (4) : 247-263.

[3] 王丽, 钱乐祥. 土地利用/ 覆盖变化模型方法分析[J] . 信阳师范学院学报: 自然科学版, 2004, 14 (3) : 302-307.

[4] 王宏志, 李仁东, 毋河海. 土地利用动态度双向模型及其在武汉郊县的应用[J] . 国土资源遥感, 2002, 52 (2) : 20-22.

[5] 张懿铨, 阎建忠, 刘林山, 等. 青藏公路对区域土地利用和景观格局的影响——以格尔木至唐古拉山段为例[J] . 地理学报, 2002, 57(3) : 253-266.

[6] CHOMITZ K M, GRAY D A. Roads, land use, and deforestation: a spatial model applied to Belize[C] // World Bank Economic Review, 1996, 10(3) : 487-512.

[7] FORMAN R T, SPERLING D. Road ecology, science and solutions[M] . Washington: D C Island Press, 2002.

[8] TROMBULAK S C, FRISSELL C A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities[J] . Conservation Biology, 2000, 14(1) : 18-30.

[9] 刘纪远, 刘明亮, 庄大方, 等. 中国近期土地利用变化的空间格局分析[J] . 中国科学(D 辑), 2002, 32(2) : 1 031-1 040.

[10] 王秀兰, 包玉海. 土地利用动态变化研究方法探讨[J] . 地理科学进展, 1999, 18(1) : 81-87.

Amendatory comprehensive land use dynamic degree model and its application
—a case study of impact of road on LUCC in Xishuangbanna

CAO Zhi-wei^{1,2}, MA You-xin¹, LI Hong-mei¹

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China;
2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

Abstract: Both the comprehensive land using dynamic degree model and the land using degree comprehensive index model are taken into account, we put forward a compensatory model ——“ amendatory comprehensive land using dynamic degree model”, in this way we can get the information of land using changes affected by human activities better and avoid the error result from the number of land-use types classified by different researcher also. Then, in the study in influence of main road on LUCC, the application of the compensatory model shows that it successfully defined the LU CC caused by the main road (affiliated human activities) in Xishuangbanna.

Key words: land-use model; amendatory comprehensive land using dynamic degree index; road; Xishuangbanna