

# 西双版纳地区公路两侧土地利用变化格局特征

曹智伟<sup>1,2</sup>, 马友鑫<sup>1</sup>, 李红梅<sup>1</sup>, 郭宗锋<sup>1</sup>, 刘文俊<sup>1</sup>

(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:** 根据西双版纳地区 1976、1988 和 2003 年三期 Landsat MSS/TM/ETM 影像解译的土地利用数据, 运用 ArcGIS 软件的缓冲区分析方法, 分析该区内主干公路两侧土地利用变化的时空格局。结果如下: 27 a 间, 与整个西双版纳州相比, 主干公路两侧的土地利用强度更大、增长速度更快。公路两侧的土地利用转化主要表现为由林地向橡胶园和茶园转变, 林地锐减, 橡胶园迅速增加, 林地是橡胶园的最主要来源。主要地类的面积在一定范围表现出与距公路距离的相关关系, 距公路越近, 林地面积百分比越小, 橡胶园、建筑用地和水田面积百分比越大。土地利用变化也表现出明显的公路效应, 距离公路越近, 林地减少的速度、橡胶园增加的速度越快; 随着距离的增加, 林地向橡胶园的转化面积逐渐减小。土地利用变化的公路效应深度表现出不断扩展的趋势: 1976 年为公路两侧 5 km, 1988 年为 7 km, 2003 年达 11 km。

**关键词:** 土地利用; 公路效应; 热带森林; 橡胶园; 西双版纳

**中图分类号:** F301

**文献标识码:** A

公路的修建和运营是使沿线生态环境发生改变的一个重要因素, 其对两侧土地利用和景观格局变化的辐射作用已经逐渐被认识和重视。作为一种重要的人工廊道, 公路从多个方面对生态环境产生影响, 主要体现为: 对野生动植物及其生存环境的产生干扰; 改变流域水文循环、破坏局部水土稳定性、加剧水土流失; 以及对水生生态环境和大气环境污染的加剧和对土地利用及景观破碎化的影响等<sup>[1-9]</sup>。20 世纪 90 年代开始, 国内外的不少学者在土地利用变化的研究中也发现了公路与土地利用变化之间存在密切的联系<sup>[10-13]</sup>。本世纪初国内开始出现了介绍公路生态影响的综述<sup>[14]</sup>, 并且有学者对其进行了探讨, 但涉及的时间尺度较小, 有些仅仅做了定性的描述, 具体定量研究的区域到目前还限于青藏高原区<sup>[15, 16]</sup>。

西双版纳大面积分布着的热带雨林在我国森林

植被类型中具有独特的地位; 同时该地区是中国在大湄公河次区域的重要门户, 其生态影响在跨境生态安全方面有着重要地位。然而, 近年来该区的公路建设非常迅速, 其生态影响也越来越大。因此, 本研究选择该州境内通行时间较长、在经济发展中起着重要作用的主干公路作为代表路段, 研究公路两侧土地利用变化的规律, 对于加深关于公路对环境和土地利用影响的认识、加强对该区环境的保护具有重要的现实意义; 同时, 也为近年即将通车的东南亚国际公路——昆(明)曼(谷)公路的生态影响提供参考和预研究。

## 1 研究区域概况和研究方法

### 1.1 研究区域概况

西双版纳傣族自治州位于云南省的最南端, 约

收稿日期 (Received date): 2005-11-25; 改回日期 (Accepted): 2006-04-15。

基金项目 (Foundation item): 国家自然科学基金 (项目批准号: 30570321) 资助。[Supported by the National Natural Science Foundation of China (No. 30570321).]

作者简介 (Biography): 曹智伟 (1981-), 女, 硕士研究生, 研究方向为景观生态学。E-mail: czw@xtbg.ac.cn [Cao Zhiwei (1981-), female, presently a candidate for M. Sc. degree, major in landscape ecology]

99°55' ~ 101°50' E, 21°10' ~ 22°40' N, 属澜沧江流域,东南与老挝、缅甸接壤。全州总面积约 19 000 km<sup>2</sup>,山地面积占 95%,平坝面积仅占 5%;海拔 475 ~ 2 429 m。全州地势由南向北逐渐抬高,使北上的湿热空气易于抬升凝结,形成较丰沛的降水和较高的气温。尽管西双版纳位于 20°N 以北,热带型气候在本区海拔 <800 m 的河谷盆地和低山浅丘上仍有一定范围的分布。特殊的地理位置和优越的气候条件,使该地区发育并形成了丰富多样的植被类型和植物多样性。

又由于该地区处于热带北缘,与典型热带气候相比,湿度和热量水平较低,加上干季较长,森林一旦遭到破坏,热带森林的恒温恒湿效应,水源涵养作用和森林生态系统的巨大热容量将遭到巨大削弱甚至破坏,环境质量会急剧退化。由于人口的增加,经济的发展,该地区的土地利用方式发生了很大的变化,该地区森林覆盖率已由 1950 年代初期的近 70% 降至当今的约 30%<sup>[17]</sup>。

西双版纳州辖一市二县,总人口在 2000 年已经达到 99 万余人(云南省西双版纳州 2000 年人口普查资料),居住着傣、汉、哈尼、基诺、瑶等 13 个民族。境内没有铁路,1950 年代末开始建设的 213、214 国道贯通全境,分别成为通往内地和川藏的干道,是当地的经济生活、旅游、国防的重要支撑;除国道外,其他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;而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。

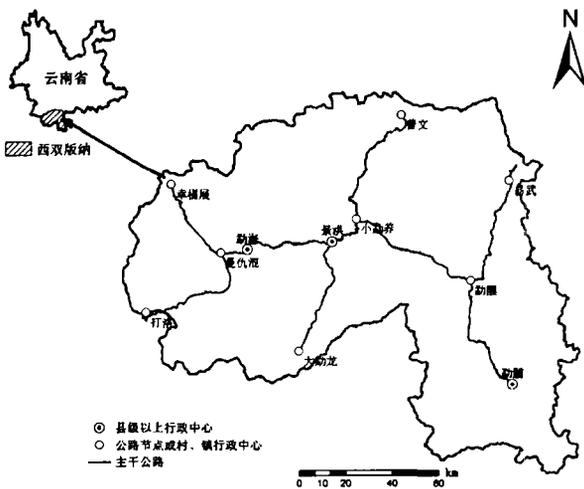


图 1 西双版纳主干公路分布示意图

Fig 1 The location of the main roads in Xishuangbanna

## 1.2 研究方法

根据西双版纳地区 1976、1988、2003 年三期 Landsat MSS/TM/ETM 影像解译得出的土地利用图<sup>[17]</sup>,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(由于 1976 年的影像为 MSS 影像,分辨率仅为 80 m,在当时面积很小的建筑用地和茶园无法精确判读而缺省)。运用 ArcGIS 软件,将研究区域的地形图和交通路线图进行矢量化,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,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。用生成的缓冲带分别切割三期土地利用现状图,得出三个时期公路两侧的土地利用图,然后进行叠加和属性查询,建立土地利用转移矩阵。计算三个时期各缓冲带内各土地利用覆盖类型面积以及典型地类的转化面积,利用土地利用贡献率矩阵和土地利用综合程度指数模型分析人类对土地开发利用的程度,并比较各类型和土地利用程度在不同缓冲区的变化(空间变化),以及同一缓冲区内不同时段的面积极变化(时间变化)。

## 1.3 指数及其意义

### 1.3.1 土地利用综合程度指数<sup>[18]</sup>

依据人类对土地利用的强度大小划分土地利用程度分级指数,将未利用地赋值为 1,林草水为 2,农用地为 3,工矿建筑用地为 4,然后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

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

式中  $L_a$  表示土地利用程度综合指数,其变化范围是 100 ~ 400,100 表示研究区均为未利用地时的状态,400 则是研究区均为工矿建筑用地时的状态。 $A_i$  为地类  $i$  的土地利用程度分级指数; $C_i$  为地类  $i$  占研究区总面积的百分比。

### 1.3.2 土地利用贡献率

LUCC 贡献率是指转换为研究末期某类现有地类的各研究前期地类在该末期地类中所占的比例,该指数可以直观地反映某现有地类的来源。对其进行无量纲化处理,表达式为

$$B_{dij} = U_{bij} / u_{bj} \times 100\% \quad (2)$$

式中  $B_{dij}$  为研究前期时段  $a$  为研究末期时段  $b$  内地类  $i$  对地类  $j$  的贡献率; $U_{bij}$  为研究末期  $b$  地类  $i$  向地

类转移的面积;  $U_{b_t}$  为研究末期  $b$  地类的总面积。

## 2 结果与分析

### 2.1 公路两侧 LUCC变化特征

#### 2.1.1 LUCC面积变化

表 1 列出了三个时段各个地类的面积百分比及土地利用综合程度指数变化情况,为了突出主要地类,表中仅以“其他”的方式列出了面积百分比 < 0.5% 的三个地类。可以看出,全州和公路两侧区域土地利用变化趋势大体上相似:林地三个时段都占主要优势,但一直在迅速减少;茶园面积总量小,但增长较快;橡胶园面积显著扩大,期初到期末净增长面积均在 10 个百分点以上;轮歇地先增加后

减少,但幅度不大;灌木林面积前期增长较慢,但 1988 年至 2003 年之间增长较显著;水田面积先减少后略有增加,但并不明显。

对比西双版纳州和公路两侧区域可以发现,主干公路两侧区域土地利用强度更大:在各个时段,公路两侧的林地面积百分比都小于全州的林地面积,且减少速率更大,橡胶园、其他农用地(茶园、水田、旱地和轮歇地)则呈现相反的趋势;从土地利用综合程度指数来看,公路两侧区域在各个时段都比整个西双版纳州高,且其差距有越来越大的趋势。这表明,公路两侧区域的土地利用强度、变化强度高于整个西双版纳地区,且土地利用集约程度整体在不断提高。

表 1 公路两侧与全西双版纳州主要地类面积 (%) 及土地利用综合程指数 ( $L_a$ ) 变化对比

Table 1 Changes in the area percentage of the main type of land use and the land use degree comprehensive index ( $L_a$ ) on road sides contrast in whole Xishuangbanna

时间	路段	荒草地	水田	茶园	橡胶园	灌木林	旱地	轮歇地	林地	其他	$L_a$
1976	公路两侧	1.61	4.86	No data	1.51	11.26	0.83	12.13	67.09	0.71	219.96
	全州	1.98	3.93	No data	0.55	11.75	0.57	11.04	69.78	0.40	216.08
1988	公路两侧	3.35	3.39	0.36	5.19	12.17	2.19	16.57	56.12	0.66	228.01
	全州	3.33	2.69	0.23	3.82	12.36	1.58	15.00	60.39	0.60	223.50
2003	公路两侧	2.94	4.24	1.30	14.43	17.55	2.15	13.17	43.39	0.83	235.80
	全州	2.76	3.05	0.95	11.28	18.35	1.55	11.56	49.81	0.69	228.68

#### 2.1.2 LUCC转化规律

据公式 (3) 计算出公路两侧区域的 LUCC 贡献率矩阵。为了表达更为直观,在这里将主要地类的贡献来源做成直方图 (图 2, 其中略去了总面积 < 3% 的地类)。

可以看出,林地对除水田以外的各个地类的贡献率均较大,灌木林和轮歇地对各个地类均有一定的贡献率,橡胶园对其他地类的贡献率极小。各主要地类间的贡献和转化表现出如下主要特点:

1. 林地对其他几个主要地类的贡献率都较大,其中,橡胶林为 60.5%,灌木林为 60.6%,轮歇地为 55.8%,茶园为 46.8%,荒草地为 26.3%;林地本身则主要来自于自身 (90%),接受其他地类转入的比率却很小,除灌木林的 4.6% 和轮歇地的 4.1% 外,其它地类的贡献率都不到 1%。

2. 橡胶园的情况则恰恰相反,它对其他地类的贡献率很小,都不超过 4%,对自身的贡献率也不足 10%;期末橡胶园的面积主要由其他地类转化得来,其中,最主要的来源为林地 (60.5%),其次为轮歇地 (14.5%)、灌木林 (7.8%) 和水田 (5.3%)。

3. 轮歇地和灌木林的情况都不同于以上两种地类,它们对其他地类的贡献率、其他地类对它们的贡献率都比较大:转入轮歇地的主要是林地 (60.6%)

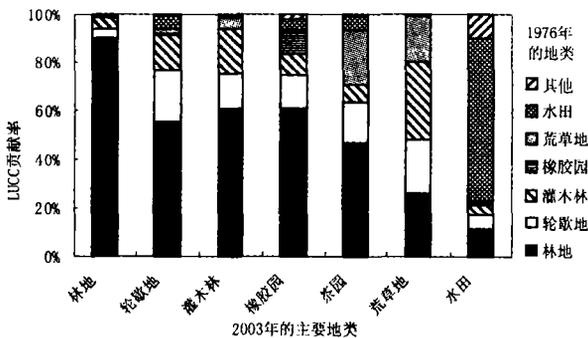


图 2 1976~2003 年公路两侧区域的土地利用贡献率

Fig 2 Contribution histogram of land use and land cover change on roadsides from 1976 to 2003

和灌木林 (14.1%),转入灌木林的其他地类的主要是林地 (55.8%)和轮歇地 (14.9%);且这两种地类对其他地类的贡献率表现出相对均匀,范围在 3%至 26%之间。

4 其他地类:茶园有与橡胶园相似的特征;荒地表现出与轮歇地和灌木林相似的特征,但由于其主要分布于海拔较高的地区,所以没有表现出对橡胶园的贡献率;水田对除了对自身和橡胶园的贡献率较大外,对其他主要地类的贡献率都不大;建筑用地、水体、滩涂本身的面积比率很小,性质上也属于较稳定的地类,对其他地类的贡献率也很小,在这里没有进行详细讨论。

## 2.2 主干公路两侧 LUCC 的空间梯度特征

### 2.2.1 典型地类的空间梯度特征

通过分析主干公路两侧不同距离区域内的土地利用变化情况与公路距离的关系,可以看出公路效应的梯度特征、公路效应的程度和效应区域。分别计算各个缓冲带内林地、橡胶园、轮歇地、灌木林、水田、建筑用地的面积,由于公路弯曲和分支的原因,各个缓冲带的面积不完全一致,所以对其进行归一化处理,计算出各地类所占的该缓冲带总面积的百分比,图 3 体现了各个地类的变化规律:

此范围分布规律均不明显;期初至期末,公路两侧林地显著减少,但两个时间段内的减少的幅度有差异:1976至 1988年,林地缩减最多的区域集中在距公路 5 km 的范围内,1988至 2003年间,林地的缩减最明显的区间为距公路 2至 10 km 之间。

2 橡胶园、建筑用地、水田:其面积百分比在一定的范围内都表现出随距公路距离的增大而减少的特征。期初到期末,橡胶园大幅增加,尤其是 1988年至 2003年间,面积增幅达 10%以上。两个时段橡胶园面积百分比与距公路距离的负相关关系都表现为在距离公路 6.5 km 的范围很明显,超过这一范围曲线趋于平缓;建筑用地和水田也有相似的特征,其中,建筑用地在距公路 500 m 范围内集中尤为明显,在 2 km 范围内与面积与距公路距离表现出明显的负相关关系;水田面积与距公路距离的负相关关系则集中体现在 4.5 km 范围内,超过此范围变化趋平缓。

3 轮歇地、灌木林:三个时期,轮歇地在距公路 500 m 范围内的面积均明显高于其他区域,超过 500 m 两者间无明显相关关系;距公路距离不同,其变化幅度表现出差异:1976至 1988年,在距公路 6.5 km 范围内增幅明显,1988年至 2003年,公路两侧区域内轮歇地都在减少,且在距公路 3 km 以内、7 km 以外的区域面积减少更为显著。灌木林面积则一直在增加,1988年至 2003年增幅尤为明显;且在三个时期内,灌木林面积百分比与距公路距离有明显的正相关关系,但随距公路距离的增大面积增加不太剧烈。

### 2.2.2 林地向橡胶园转化的时空特征

由于林地是西双版纳最主要的自然地类,而橡胶园则是面积最大的人工地类,1976年至 2003年间,林地向橡胶园的转化是该地区最显著的土地利用变化,具有很好的代表性。因此,将主干公路两侧不同距离区域内林地向橡胶园的转化面积提取出来分析其与距公路距离的关系。由图 4 看出,1976年至 1988年,转化面积在 7 km 范围内呈现明显的相关关系,距离公路越近,转化面积越大,超过此范围趋势不明显;1988年至 2003年,转化面积整个公路两侧区域内都有很大的增长,且距离公路 2~10 km 的区间是增长最为明显的区域。由于橡胶园是较为稳定的转入地类,将两个时段的转化面积相加可以得出整个时段的转化趋势:整个时段的转化面积与距公路距离在 10 km 的范围内表现出负相关关系,

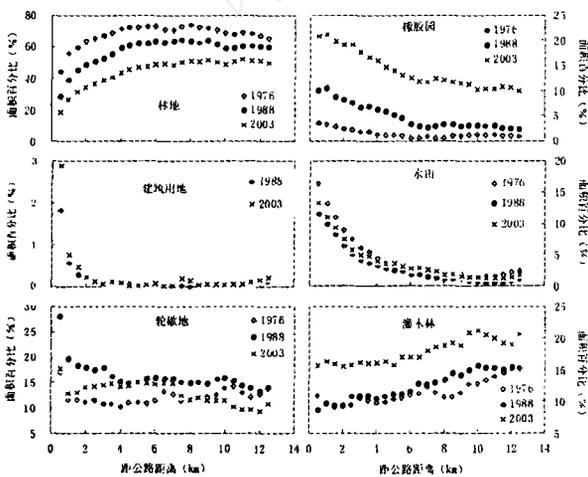


图 3 各主要地类面积 (%)与距公路距离的关系  
Fig 3 Relations of the area percent of main types of land-use to the distance from road

1 林地:三个时期的变化趋势相似。在 4至 8 km 的范围内,面积百分比表现出与距公路距离的相关关系,距公路越近,其面积百分比越小,1976年该范围为 4 km,1988为 5 km,2003年达到 8 km,超过

超过该范围趋势不明显。

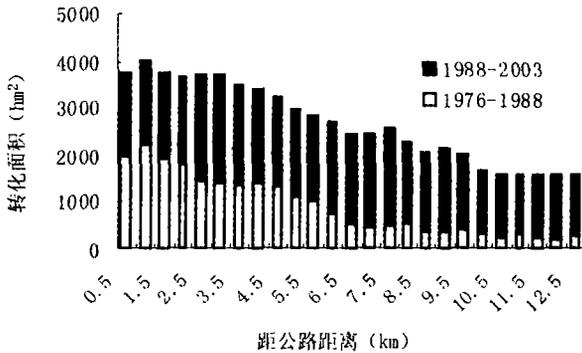


图 4 林地 向 橡 胶 园 转 化 的 面 积 与 距 公 路 距 离 的 关 系

Fig 4 Relations of the area converted from forest to rubber plantation to the distance from road

### 2.2.3 土地 利用 变 化 的 公 路 效 应 综 合 分 析

各个土地利用类型的公路效应的范围和强度各不相同,无法从单个地类的变化判断公路的整体效应范围,通过土地利用综合程度指数 ( $L_a$ ) 的变化则可以从整体上体现土地利用变化的公路效应的深度和广度,因此本文采用  $L_a$  值与公路的关系来判断各个时期公路效应的范围。由公式 (1) 计算出距公路不同距离区域内的  $L_a$  值 (图 5)。

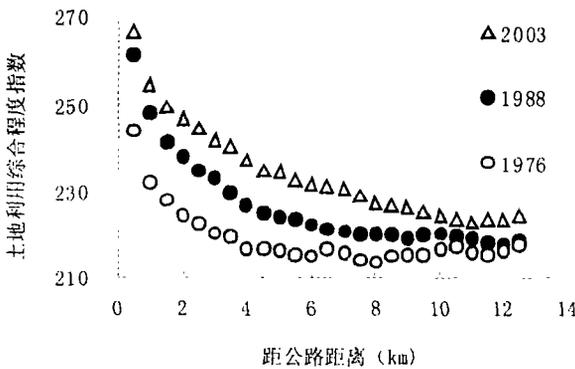


图 5 土地 利用 综 合 程 度 指 数 ( $L_a$ ) 与 距 公 路 距 离 的 关 系

Fig 5 Relations of  $L_a$  to the distance from road

可以看出,三个时期,土地利用综合程度指数 ( $L_a$ ) 都表现出随距公路距离的增大而减小的关系,但范围有所不同,1976年为 5 km,1988年为 7 km,2003年扩展到 11 km。从其变化幅度来看,在不同的时段、距公路不同距离的区域都存在明显差异:

1976年至 1988年,  $L_a$  在距公路 6.5 km 范围内的增长幅度更大,超过此范围增长明显减小;1988年至 2003年 增长幅度最大的区间则向公路两侧更远的区域转移,表现为 2 ~ 10 km 的中部区域增幅最大,更近和更远的区域则相对较小。这种趋势表明,人类活动强度在整个区域内增加的同时还明显受公路的影响:人类的开发活动首先是在近公路的区域内集中,当开发达到一定的强度 (或者接近最大承载) 时,则转向距离公路较远的区域。

### 3 小 结

通过对西双版纳主干公路两侧土地利用变化格局的研究,得出几点初步结论:27 a间 (1976至 2003年),与整个西双版纳州相比,主干公路两侧 12.5 km 范围内的土地利用强度更高,增长速度更快。公路两侧的土地利用变化主要表现为林地向人工地类 (橡胶园、灌木林、轮歇地) 的转化,轮歇地向橡胶园的转化,林地锐减,橡胶园迅速增加,林地是橡胶园的最主要来源。土地利用变化表现出明显的公路效应。距公路越近,林地面积百分比越小,人工地类 (橡胶园、建筑用地、水田) 面积百分比越大;且林地减少的速度和橡胶园增加的速度越快;随着距公路距离的增大,林地向橡胶园的转化面积逐渐减小。由于人类活动干扰强度加大,公路效应深度不断扩展,1976年为 5 km,1988年为 7 km,2003年达到 11 km。

公路效应深度,本文将其理解为一定的时期内某个区域内公路对两侧环境产生影响的最远距离。1999年 Foman在研究马萨诸塞州一段公路的生态影响时提出了“公路效应带”的概念<sup>[4]</sup>,分析了公路对湿地、溪流、入侵物种和大型哺乳动物等方面的影响,指出公路在这些方面的影响范围最远可达 1 km 以上,但该分析中没有考虑到土地利用变化。本世纪初在土地利用的公路效应方面开始出现了一些文献报道。国外学者在研究亚玛逊森林退化时肯定了公路的影响作用,指出公路的修建往往导致新的移民及农牧场的出现<sup>[19]</sup>,森林砍伐区一般分布在公路两侧 100 km 以内<sup>[11]</sup>。张颖铨对青藏公路格尔木至唐古拉山段的研究<sup>[15]</sup>表明,公路对沿线的土地利用影响表现为“点状”,交通干线的辐射作用仅仅表现在城镇附近,其他路段对土地利用的影响极为有限;阎建忠对兰州至格尔木铁路沿线土地利用变化的研

究结果表明<sup>[16]</sup>,兰州至西宁铁路、青藏铁路湟中至格尔木段对土地利用的影响都呈“轴状”,影响范围分别为 5 km 和 7 km;相对于这些研究,本文涉及的区域更小,但公路的效应范围更大,而且轴状效应较为明显,1976年、1988年到 2003年公路效应的范围分别为 5 km,7 km,11 km,表现出一种随着时间推移而扩展的特征,并且扩展的速度在加快。此外,在更小的尺度上,刘文俊在西双版纳勐仑镇的研究得出了公路对各主要地类的影响在 500~1000 m 范围内表现得最为充分的结论<sup>[20]</sup>。可见,由于涉及人类活动的作用,土地利用的公路效应比其他生态流的公路效应深度更大,而不同区域和不同的尺度上,土地利用的公路效应深度也存在较大的差异。其形成的原因,有学者解释是周边自然、社会经济因素造成的<sup>[15]</sup>,但从本研究的地区来看,20世纪 70年代该区社会经济同样很落后,但近年发展很快,因此该区特殊的气候因素导致的土地的可开发性不同也是一个重要因素。本文还认为,研究尺度的差异是一个重要的因素,效应深度的判定方法不同也会造成一定的影响。由于目前类似的研究十分欠缺,若能在更多的区域多进行相关的研究,则将有助于加深对该问题的认识。

土地利用覆盖格局的强烈变化导致了景观格局的变化,2003年较之 1976年面积 <100 hm<sup>2</sup>的有林地斑块数量明显增加,而 100 hm<sup>2</sup>的森林斑块数目却明显减少,橡胶园则呈现出相反的特征;从最大斑块指数变化来看,有林地由 20.5 下降至 9.8,橡胶园则由 0.1 上升至 4.4;1976年至 2003年,公路两侧景观的香农多样性指数和均一性指数都表现出明显的增长趋势。这些都表明,公路两侧的景观正在朝破碎化和均衡化的方向发展,林地的优势地位正在不断的下降,必将威胁到野生动植物的生境和该区域的生态系统服务功能<sup>[20]</sup>。另据针对该区的其他研究表明,受区域土地利用变化的影响,西双版纳的生物多样性在丧失<sup>[21]</sup>,雾日明显减少<sup>[22]</sup>,气候有由凉湿向干热变化的趋势<sup>[23]</sup>。

## 参考文献 (References)

- [1] Jones J A, Swanson F J, Wemple B C, et al A perspective on road effects on hydrology, geomorphology, and disturbance patches in stream networks[J]. *Conservation Biology*, 2000, 14 (1): 76~85
- [2] Smith M E, Kaster J L. Effect of rural highway runoff on stream benthic macroinvertebrates [J]. *Environmental Pollution*, 1983, 32 (A): 157~170

- [3] Viskari E L, Surakka J, Pasanen P, et al Responses of spruce seedlings (*Picea abies*) to exhaust gas under laboratory conditions—plant-insect interactions[J]. *Environmental Pollution*, 2000, 107: 89~98
- [4] Foreman R T, Deblinger R D. The Ecological Road-Effect Zone of a Massachusetts (U. S. A.) Suburban Highway[J]. *Conservation Biology*, 2000, 14 (1): 36~46
- [5] Boxall A B, Maltby L. The effects of motorway runoff on freshwater ecosystems: 3. Toxicant confirmation[J]. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 1997, 33: 9~16
- [6] Reed R A, Johnson B J, Baker W L. Contribution of roads to forest fragmentation in the Rocky Mountains[J]. *Conservation Biology*, 1996, 10 (4): 1 098~1 106
- [7] Trumbulak S C, Frissell C A. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities [J]. *Conservation Biology*, 2000, 14 (1): 18~30
- [8] Saunders S C, Mislivets M R, Chen Jiquan, et al Effects of roads on landscape structure within nested ecological units of the Northern Great Lakes Region, USA [J]. *Biological Conservation*, 2002, 103: 209~225
- [9] Forman R T, Sperl D. Road ecology, science and solutions[M]. Washington, D. C. Island Press, 2002.
- [10] Alexander S P. What Drives Deforestation in the Brazilian Amazon? Evidence from Satellite and Socioeconomic Data [A]. Policy Research Working Paper Series 1772 [C], The World Bank, 1997.
- [11] Ferraz S F de B, Vettorazzi C A, Theobald D M, et al Landscape dynamics of Amazonian deforestation between 1984 and 2002 in central Rondônia, Brazil: assessment and future scenarios [J]. *Forest Ecology and Management*, 2005, 204 (1): 67~83
- [12] Wilkie D, Shaw E, Rotberg F, et al Roads, Development, and Conservation in the Congo Basin [J]. *Conservation Biology*, 2000, 14 (6): 1 614~1 622
- [13] Shi Peijun, Chen Jin, Pan Yaozhong Land use change mechanism in Shenzhen city [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55 (2): 151~160 [史培军,陈晋,潘耀忠.深圳市土地利用变化机制分析[J]. *地理学报*, 2000, 55 (2): 151~160]
- [14] Li Yuehui, Hu Yuanman, Li Xiuzheng 2003. A review on road ecology [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 14 (3): 447~452 [李月辉,胡远满,李秀珍.道路生态学研究综述 [J]. *应用生态学报*, 2003, 14 (3): 447~452]
- [15] Zhang Yili, Yan Jianzhong, Liu Linshan, et al Impact of Qinghai-Xizang Highway on Land Use and Landscape Pattern Change: from Golumud to Tanggula Pass [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2002, 57 (3): 253~266 [张懿翎,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]
- [16] Yan Jianzhong, Zhang Yili, Liu Linshan, et al Main effect of plateau traffic on land use and landscape pattern change: from Lanzhou to Golumud [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58 (1): 34~44 [阎建忠,张懿翎,刘燕,等.高原交通干线对土地利用和景观格局的影响——以兰州至格尔木段为例 [J]. *地理学报*, 2003, 58 (1): 34~44]

- [17] Li Hongmei Effects of land use/land cover change on vegetation carbon storage in Xishuangbanna [D]. Master 's degree thesis in Graduate school of CAS 2005. [李红梅. 西双版纳土地利用变化对植被和土壤碳储量的影响 [D]. 2005,中国科学院研究生院硕士学位论文.]
- [18] Liu Jiyuan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang, *et al* The spatial patterns of recent land use change in China [J]. *Science China (Series D)*. 2002, 32 (12): 1 031 ~ 1 040 [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]
- [19] Young, K R. Roads and the environmental degradation of tropical montane forests [J]. *Conservation Biology*. 1994, 8 (4): 972 ~ 976
- [20] Liu Wenjun, Land use/land cover change and its driving forces in Menglun township, Xishuangbanna [D] Master 's degree thesis in Graduate school of CAS 2004. [刘文俊. 西双版纳勐仑镇土地利用覆盖变化及其驱动力研究 [D]. 2004,中国科学院研究生院硕士学位论文.]
- [21] Zhu Hua, Xu Zaifu, Wang Hong, *et al* Floristic composition and change of rain forest fragments in Xishuangbanna, southern Yunnan [J]. *Chinese Biodiversity*. 2000, 8 (2): 139 ~ 145 [朱华,许再富,王洪,等. 西双版纳片断热带雨林植物区系成分及变化趋势 [J]. 生物多样性, 2000, 8 (2): 139 ~ 145]
- [22] Huang Yuren, Huang Yusheng, Li Zihua, *et al* The influence of ecoenvironmental variation on fog [J]. *Scientia Meteorologica Sinica* 2000, 20 (2): 129 ~ 135 [黄玉仁,黄玉生,李子华,等. 生态环境变化对雾的影响 [J]. 气象科学, 2000, 20 (2): 129 ~ 135]
- [23] Li Hongmei Climate Changes of Menglun in Xishuangbanna for the Last 40 Years [J]. *Meteorological Monthly*. 2001, 27 (10): 20 ~ 24 [李红梅. 西双版纳勐仑地区 40 余年气候变化 [J]. 气象, 2001, 27 (10): 20 ~ 24]

## Land Use and Land Cover Change Analysis on Main Roadsides in Xishuangbanna

CAO Zhiwei<sup>1, 2</sup>, MA Youxin<sup>1</sup>, LI Hongmei<sup>1</sup>, GUO Zongfeng<sup>1, 2</sup>, LIU Wenjun<sup>1</sup>

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming, Yunnan, 650223, China;

2. Graduate School of the Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039)

**Abstract** Road affects the environment around them in many aspects, including removing original land cover, fragmenting habitat, altering landscape structure and function, and increasing disturbances from human beings. In this paper, we studied the land use and land cover change (LUCC) on the two sides of the main roads in Xishuangbanna from 1976 to 1988, and from 1988 to 2003 based on land use maps of 1976, 1988, 2003, which were interpreted from the LandsatMSS/TM/ETM imageries, with the buffer analysis tool in ArcGIS 8. The results showed that, 1) During last 27 years, compare with Xishuangbanna, the land use intensity on roadsides is higher and increased faster; 2) The transition among different types of land use and land cover is, rubber plantation and tea garden increased obviously while forestland decreased dramatically, and the forest losing was mainly attributable to the expansion of rubber plantation; 3) The correlation index between the land-use distribution and the distance apart from the main road is high in certain range: the area percentage of the forest is smaller when nearer to the road, while the percentage areas of rubber plantation, the tea garden, the build-up and the paddy field are larger at the same time; and vice versa; 4) The road effects to land-use changes are observably: the decline in forestland cover, and the increase in rubber plantation, both decreased with increasing distance from the road; with the distance apart from the road increasing, the area of rubber plantation converted from the forest reduces gradually. 5) Based on the land use degree comprehensive index, the distances from the main roads of significant land use and land cover change was defined: in 1976, it was 5 km; in 1988, 7 km; and it rose to 11 km in 2003.

**Keywords:** land-use, road effect, tropical forest, rubber plantation, Xishuangbanna