

# 基于 RS和 GIS的西双版纳土地覆被动态变化

李红梅, 马友鑫, 郭宗峰, 刘文俊

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

**摘要:** 人口增加、经济发展导致滇南热带地区西双版纳土地利用/土地覆被发生显著变化, 这些变化对该区的生态环境及生物多样性保护有着重要影响。基于 RS和 GIS方法, 通过对 1976、1988和 2003年三个时期遥感影像解译分析, 试图了解西双版纳近 27 a间土地利用/土地覆被时空变化特征及影响因素。结果表明, 近 27 a间有林地在西双版纳分布最广、占绝对优势, 其中以亚热带常绿阔叶林面积最大; 但在研究时段内, 有林地面积不断减少、呈现破碎化, 尤其是热带季节雨林、山地雨林面积减少最为明显和破碎化最为严重。相应, 橡胶园、灌木林面积不断扩大并聚集成片, 其中橡胶园在 1988~2003年间是面积增长最快、最多的地类, 其面积扩张主要来源于对热带季节雨林的砍伐。轮歇地面积在 1976~1988年是所有地类中增长最快、最多的, 在 1988~2003年由于向橡胶园转变而大幅度减小。粗放式的刀耕火种和橡胶种植园的不断扩大大是主导本区土地利用/土地覆被变化的主要因素, 土地利用变化导致了本区生态环境的退化和生物多样性的丢失。

**关键词:** 土地利用/土地覆被; 景观格局; 动态变化; 生态效应; 西双版纳

**中图分类号:** F301.24; X171.1

**文献标识码:** A

热带地区森林砍伐对生物多样性及气候变化的影响是目前全球变化研究的热点。据估计, 全球湿润热带林每年以  $5.8 \times 10^6 \text{ hm}^2$  的速度被砍伐, 与此同时引起  $2.3 \times 10^6 \text{ hm}^2/\text{a}$  的森林发生退化<sup>[1]</sup>。大面积的热带森林被砍伐转变为农业用地或其他用地, 引起森林片断化、生物多样性丢失、碳循环失衡以及区域气候改变<sup>[2-4]</sup>。了解土地利用/土地覆被变化的格局及原因, 以及其对生态环境的影响, 是了解其对生物资源和人类发展产生负面影响的关键。

云南省西双版纳地区是我国生物多样性最丰富地区之一<sup>[5]</sup>, 近年来由于人口增加和人类活动加剧, 同时由于该区较丰富的气候资源和适宜的地形条件, 橡胶等热带经济林或作物种植发展迅速, 森林砍伐较为严重, 森林片断化加剧, 对该区生态环境和生物多样性产生了显著影响。对西双版纳片断化热带森林的研究表明, 片断化的热带雨林中一些优势

种已发生改变, 如 *Barringtonia macrostachya* 是原始森林中的优势种, 而在片断化森林中已消失, *Antiaris toxicaria* 成为了片断化森林中的优势种, 而且片断化森林中物种多样性明显小于原始森林<sup>[6]</sup>。同时大量热带森林被砍伐转变为单一结构的橡胶种植园, 加剧了水土流失, 也改变了当地的气候状况<sup>[7, 8]</sup>。

为能有效进行生物多样性保护, 在西双版纳地区先后建立了约  $240\,000 \text{ hm}^2$  的国家级自然保护区, 并实施了一系列退耕还林政策。然而受经济利益驱使, 目前橡胶种植业在西双版纳方兴未衰, 大量的森林还在被砍伐, 甚至威胁到自然保护区内的有林地。由于缺乏对西双版纳土地利用/土地覆被变化空间信息的了解, 尤其是森林覆被变化及空间格局分布的精确信息较少, 使得政策实施难于维持该区自然保护与经济发展的平衡。为此本研究基于三

收稿日期 (Received date): 2006-11-30; 改回日期 (Accepted): 2007-02-28.

基金项目 (Foundation item): 中国科学院创新工程重大项目 (KZCX1-SW-01-01A) 和国家重点基础研究发展计划 (国家 973 项目) (2002CB412501) 资助 [Knowledge Innovation Project of CAS No. KZCX1-SW-01A; Major State Basic Research Development Program of China No. 2002CB412501]

作者简介 (Biography): 李红梅 (1968-), 女, 汉, 云南勐腊县人, 硕士, 助研, 主要研究方向为土地利用/土地覆被变化。 [Li Hongmei (1968-), Female Master degree major in research of land use/land cover change. E-mail: lhm@xbg.org.cn Tel: 0871-5155974]

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

期遥感影像,在图像处理软件和地理信息系统的支持下,提取不同时期西双版纳土地利用类型信息,并选取适当的景观指数,定量化分析西双版纳 1976~2003年间的土地利用/土地覆被变化特征,并探讨影响该区土地利用变化的主要因素,为热带山区的经济发展、生物多样性保护及土地可持续利用提供科学数据。

## 1 资料和方法

### 1.1 研究区概况

西双版纳(21°09′~22°36′N, 99°58′~101°50′E)位于云南省南部边缘,属西部型季风热带气候。该区处于横断山系南部,属无量山脉和怒山山脉的余脉,整个地势为周围高,中部低,以山原为主,其中又分布着许多宽谷盆地、低山和低丘。境内地势高差起伏较大,最高海拔 2 429 m,最低海拔仅 475 m,相对高度约 2 000 m,形成较丰富的植被立体布局。西双版纳有中国唯一保存面积最大、地球上分布最北的热带雨林,而且也是我国热带森林生态系统类型最多的地区。该区植被类型包含有热带季节雨林、山地雨林、热带季雨林、亚热带常绿阔叶林、落叶阔叶林、暖性针叶林、竹林、灌丛、草丛等。全区总土地面积 19 150 km<sup>2</sup>,下辖景洪市、勐海县、勐腊县三市县,由于人口压力及粗放的耕作方法,其土地利用特点表现为轮歇地面积大,森林破坏严重,次生林、疏林草坡、草山在增加,宜胶地被毁林植胶,其土地覆被变化具有热带地区的代表性。

### 1.2 研究方法

#### 1.2.1 资料来源及处理

本研究利用 Landsat MSS/TM/ETM(1976年、1988年和 2003年)遥感影像,在 ERDAS Imagine 8.6 和地理信息系统 ArcGIS 8.3 ArcView GIS 3.3 的支持下,结合野外实地调查、GPS 测量,以及在该地区已完成的土地利用类型图(1980年代初和 1990年代中期两期)、地形图(1:5万)、森林植被图(1990年代中期)、土壤类型图(1980年代初期)及相关研究资料辅助下,提取土地利用类型信息。具体处理过程如下:

图像数据的处理包括输入转换、波段选择、几何校正(配准后误差控制在 1 个像元以内)等,并结合各类专题图和野外调研工作建立分类训练区。为保证分类结果有较高精度,训练样本选择尽量在整个

研究区域较均匀分布(考虑同物异谱),且每一种地类的训练样本数量要足够多,即至少是分类数的 10 倍以上。在本研究中对同一种地类,分别在研究区的不同地方选取了多个样本,并一一保存在分类模板中。通过监督分类,查看结果,对于不合适的分类,则在分类模板中进一步调整训练样本,再做分类直至满意。根据西双版纳植被和土地利用的特点,对相同的分类进行图像重编码、合并(Recode),合并为 11 个分类代码(粗分为 11 种地类)。然后对分类结果进行分类后处理,包括聚类(Clump)、去除小于 8 个像元的斑块(Eliminate)、过滤平滑(Neighborhood 3×3)等联合完成小图斑的处理工作。并把分类结果图转为 shapefile 格式文件进行研究区行政边界裁减(Clip)。与等高面叠加分析,进一步细分有林地、热带季节雨林、山地雨林、亚热带常绿阔叶林及暖性针叶林(参照植被类型图和原始影像的色彩),以地形图、土地利用图参照,区分荒草地和轮歇地,最终确定分类结果为 15 种土地覆被类型。最后把分类有出入的斑块在 ArcView 中进行拆分合并,可得到精度较高的矢量文件,再转为 Coverage 格式进行过滤(删除面积 < 10 000 m<sup>2</sup> 的斑块)、融合,得到优化的分类结果图。

分类后的精度评价,主要通过野外调查及相应的地形图、土地利用图、植被类型图、土壤图做参考进行检验。2004-12 我们对西双版纳州进行了野外考察,主要利用 GPS 进行定位、拍照,同时记录下每一个采样点的坐标(UTM 投影)、海拔及周围(视线范围内)的土地利用、覆被状况,共采集了 132 个样点。2003 年影像分类结果的总体精度达 87.9%;1988 年影像分类结果的总体精度达 86.4%;对 1976 年的分类结果图检验,其总体精度达 77.3%。

矢量数据的处理包括各专题图件的矢量化、数字地形图生成 DEM 数据、等高面数据等。

#### 1.2.2 土地利用/土地覆被动态变化度量指标

##### 1. 土地利用变化强度分析

为反映土地利用变化过程中,各土地利用类型面积的变化幅度与变化速度及区域土地利用变化中的类型差异,王秀兰等<sup>[9]</sup>提出了土地利用的年变化率指数,其意义在于可直观地反映各地类变化的幅度与速度,也易于通过类型间的比较反映变化的类型差异

$$K = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100\%$$

式中  $K$  为研究时段内区域某一种土地利用类型年

变化率,  $U_a$ 、 $U_b$  分别为研究初期与末期该土地利用类型的面积,  $T$  为研究末期和初期间隔的时间 ( $a$ )。由于各种地类或不同区域相同地类的面积基数不同, 变化率指数高的类型只是变化快的类型, 而并不一定是区域变化的主要类型, 对主要类型的判断通常还要考虑变化面积的大小<sup>[10]</sup>。因此为能同时考虑地类的变化幅度及变化面积大小, 方便区分变化的主要类型, 新构建一个变化指标——土地利用变化强度指数

$$P = \frac{U_{bj} - U_{aj}}{U} \times \frac{1}{T} \times 1000\%$$

式中  $P$  为研究时段内区域土地利用类型  $j$  变化强度指数,  $U_{aj}$ 、 $U_{bj}$  分别为研究初期与末期土地利用类型  $j$  的面积,  $U$  为研究区总土地面积,  $T$  为研究末期和初期相间隔的时间 ( $a$ ), 为研究方便采用千分比。

2. 地类间的转移分析

采用土地利用类型转移概率、贡献率等内容的土地利用矩阵<sup>[11]</sup>进行地类间的转移分析

$$B_{ij} = A_{ij} / \sum_{j=1}^n A_{ij} \times 100\%$$

式中  $B_{ij}$  为转移概率, 定义  $P$  时期  $i$  种土地利用类型转变为  $P + \Delta t$  时期的  $j$  种土地利用类型的概率。 $n$  为土地利用类型总数。

$C_{ij}$  为贡献率, 定义  $P$  时期  $i$  种土地利用类型对

$P + \Delta t$  时期的  $j$  种土地利用类型的贡献率

$$C_{ij} = A_{ij} / \sum_{j=1}^n A_{ij} \times 100\%$$

3. 景观格局分析指标

选取类型水平和景观水平上的景观指数, 主要从类型的面积特征、形状、空间分布格局及景观类型多样性方面进行空间格局分析, 目的是了解本区的景观格局动态变化特征及可能带来的生态效应。景观指数的计算是在景观格局分析软件 FRAGSTATS3.3 中进行的, 各指数的详细介绍可参见该软件中的帮助文件。通过把三期分类结果矢量图在 ArcView 中转为栅格格式 (像元大小为 100 m), 然后逐一输入到 FRAGSTATS 软件中进行各指数计算。

2 结果与分析

2.1 土地利用类型变化趋势

表 1 为 1976、1988、2003 年各种土地利用类型的面积及变化表。三个时期中, 研究区分布最广、占绝对优势的地类是有林地, 其中以亚热带常绿阔叶林面积最大, 分别占研究区内总面积的 37.4%、34.5% 和 32.0%。但各个时期其他地类的分布状况又有所不同, 1976 年面积占次要地位的依次为山地雨林 (15.8%)、灌木林 (11.6%)、轮歇地 (11.1%)

表 1 1976~ 2003 年西双版纳土地覆被类型变化  
Table 1 Land cover change in Xishuangbanna from 1976 to 2003

地类	面积 (%)			变化面积 (hm <sup>2</sup> )		变化率 (%)	
	1976	1988	2003	1976~ 1988	1988~ 2003	1976~ 1988	1988~ 2003
暖性针叶林	3.8	2.7	2.6	- 21 346	- 712	- 29.6	- 1.4
热带季节性雨林	10.9	8.0	3.6	- 56 553	- 83 201	- 27.1	- 54.6
山地雨林	15.8	14.7	10.4	- 20 231	- 83 577	- 6.7	- 29.7
亚热带常绿阔叶林	37.4	34.5	32.0	- 55 274	- 46 759	- 7.7	- 7.1
竹林	1.3	0.5	1.2	- 15 519	12 564	- 60.3	122.7
灌木林	11.6	12.4	18.4	16 130	113 410	7.3	47.6
橡胶园	1.1	3.8	11.3	50 790	143 360	231.7	197.2
茶园		0.2	0.9	4 303	13 671		317.7
水田	4.1	2.7	3.1	- 27 258	6401	- 34.4	12.3
水浇地	0.6	1.6	1.5	18 793	- 353	169.5	- 1.2
轮歇地	11.1	15.0	11.6	75 419	- 66 648	35.5	- 23.2
荒草地	1.9	3.3	2.8	26 453	- 10 392	71.9	- 16.4
建设用地		0.1	0.2	2 394	1 335		55.7
滩涂	0.0	0.1	0.1	405	414	42.4	30.4
水体	0.3	0.4	0.4	1 494	487	24.6	6.4

注: 1976 年的 MSS 影像由于分辨率为 80m, 只有 4 个波段组合, 较难区分出建设用地和茶园, 且当时建设用地与茶园面

积所占比例极小, 因此 1976 年的分类中忽略建设用地和茶园。

和热带季节雨林 (10.9%); 1988 年, 面积占次要地位的依次为轮歇地 (15.0%)、山地雨林 (14.7%)、灌木林 (12.4%); 到 2003 年, 面积占次要地位的变成灌木林 (18.4%)、轮歇地 (11.6%)、橡胶园 (11.3%) 及山地雨林 (10.4%)。其他土地利用类型的面积在研究区内所占的比例相对较小, 为此不再对这些地类的变化做详细分析。

从分布面积占优势的地类变化来看, 在整个研究期内, 热带季节雨林、山地雨林、亚热带常绿阔叶林和暖性针叶林的面积呈减少趋势, 而橡胶园、灌木林面积一直呈增加趋势, 轮歇地面积则表现为在 1976~1988 年间为增加, 1988~2003 年间则减少。橡胶园、灌木林、热带季节雨林、山地雨林在 1988~2003 年的面积变化强度明显大于 1976~2003 年, 而亚热带常绿阔叶林、轮歇地在 1976~1988 年的变化强度大于 1988~2003 年 (图 1)。对不同研究时段土地利用变化强度的分析表明, 1976~1988 年间, 轮歇地是研究区变化最快的地类, 其年变化强度为 3.28‰, 面积增加了  $7.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$ , 其次面积增加较快的是橡胶园 (2.21‰), 增加了  $5.1 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; 热带季节雨林和亚热带常绿阔叶林是面积减少较快的地类, 分别减少了  $5.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (-2.46‰) 和  $5.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (-2.21‰)。1988 到 2003 年间, 橡胶园是研究区内变化最快的地类 (4.99‰), 也是变化的主要类型, 面积增长了  $14.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; 其次是灌木林 (3.95‰), 面积增长了  $11.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$ ; 从减少的趋势来看, 山地雨林和热带季节性雨林是面积减少最快的地类, 分别减少了  $8.4 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (-2.91‰) 和  $8.3 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (-2.90‰), 其次是轮歇地, 面积减少了  $6.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (-2.32‰), 亚热带常绿阔叶林减少了  $4.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$  (-1.63‰)。

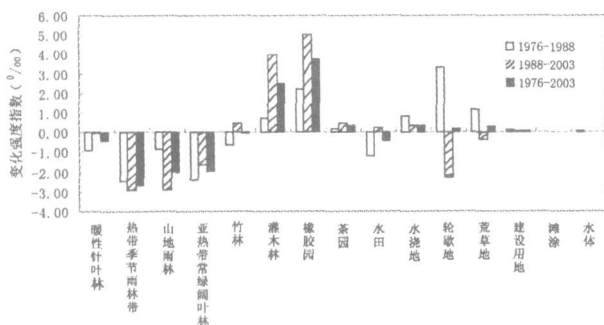


图 1 西双版纳土地利用类型年变化强度比较

Fig. 1 Comparison of change of land use in Xishuangbanna

## 2.2 土地利用类型之间的转化

1976~1988 年间, 各土地利用类型间发生着较为明显的转移变化 (表 2 表 3)。面积发生转移较激烈的地类有灌木林 (只有 21.86% 保持不变)、荒草地 (30.77% 保持不变) 和轮歇地 (33.24% 保持不变), 这种变化与研究区盛行的刀耕火种的传统耕作方式相关。刀耕火种一直是该地区最活跃耕作方式且不断扩大, 由此造成轮歇地、灌木林间发生激烈转化, 尤其是灌木林转化为轮歇地的概率较高 (26.81%), 同时热带季节雨林、山地雨林和亚热带常绿阔叶林受到不同程度的破坏, 主要转化为轮歇地、灌木林地和橡胶园。保留概率较高的有山地雨林 (77.68% 保持不变)、亚热带常绿阔叶林 (76.34% 保持不变) 和橡胶园 (64.47% 保持不变)。面积增加明显的地类中, 轮歇地面积的扩大有 20.69% 来源于灌木林、18.92% 来源于亚热带常绿阔叶林、10.76% 来源于热带季节雨林和 10.43% 来源于山地雨林; 橡胶园面积的增加有 37.31% 来源于热带季节性雨林, 17.45% 来源于轮歇地。

1988~2003 年间, 土地利用类型间的转化方向更趋于单向性, 主要表现为轮歇地、热带季节雨林、山地雨林向橡胶园转化。面积发生转移较激烈的地类有轮歇地 (只有 34.16% 保持不变)、热带季节雨林 (36.49% 保持不变)、灌木林 (40.86% 保持不变), 在此期间转移概率最高的是热带季节性雨林向橡胶园的转移, 转移百分比达 33.82%。而保留概率较高的有橡胶园 (83.09% 保持不变)、亚热带常绿阔叶林 (81.68% 保持不变)。面积增加明显的地类中, 橡胶园面积的增加有 23.87% 来源于热带季节性雨林, 22.70% 来源于轮歇地; 灌木林面积的增加有 21.60% 来源于轮歇地、21.37% 来源于亚热带常绿阔叶林和 14.60% 来源于山地雨林。

## 2.3 土地利用类型空间格局变化

### 2.3.1 斑块类型的面积变化特征

平均斑块面积 (AREA\_MN) 在景观尺度上可为生境破碎化指数, 因为一种斑块类型, 如果其平均斑块大小比其他斑块类型更小, 显然可视为其破碎化程度更高<sup>[12]</sup>。对面积占优势的斑块类型进行分析, 斑块数、平均斑块面积的变化 (表 4) 表明, 1976~2003 年间, 热带季节雨林、山地雨林斑块数皆表现为增加, 平均斑块面积减少, 尤其是热带季节雨林的面积由  $90.6 \text{ hm}^2$  减小到  $18.9 \text{ hm}^2$ , 这种变化表明两种斑块类型破碎化程度加大; 亚热带常绿

阔叶林斑块数在前一时段增加后一时段减少, 平均斑块面积则前一时段减小后一时段基本保持不变, 因此亚热带常绿阔叶林前一时段存在斑块破碎化状态, 后一时段则呈现出一定的空间集聚。橡胶园斑块数增多, 同时平均斑块面积不断变大, 是所有类型中平均斑块面积增大最明显的地类, 表现出橡胶园面积的扩大及空间集聚加强; 灌木林和轮歇地的斑块数皆表现为减少而平均斑块面积增大, 二者都体现了空间集聚加强。

2.3.2 斑块类型形状变化特征

选用周长-面积分维数 (PAFRAC) 分析斑块类型形状变化 (图 2)。PAFRAC 可体现斑块类型几何形状的复杂性及破碎度, 对二维空间景观斑块, 当斑块边界形状类似正方形 (矩形) 时, PAFRAC 趋于 1, 当斑块边界形状极为复杂时, PAFRAC 趋于 2 一般

人类干扰形成的斑块几何形状较为规则, 易出现相似的斑块形状<sup>[13]</sup>, 因此在本研究中建设用地的 PAFRAC 值表现出最低。研究时段内热带季节雨林、山地雨林、灌木林的 PAFRAC 值变小明显, 体现了人类活动干扰对这些自然景观的斑块类型的影响显著; 轮歇地的 PAFRAC 值也表现为减小, 这主要是其小斑块不断聚集成大斑块引起的, 其破碎化程度减小。橡胶园的 PAFRAC 值在研究前一时段减小而后一时段增大, 前一时段橡胶园种植多分布在低海拔及占用较平坦区域的农业用地, 斑块类型形状较规则、简单; 后一时段由于橡胶种植业的高速发展尤其是民营橡胶种植的发展, 大量占用热带雨林和轮歇地及向高海拔山地发展, 导致橡胶园斑块形状的复杂化。亚热带常绿阔叶林的 PAFRAC 值在研究时段内有一定减小, 这也是人类活动干扰的结果。

表 2 西双版纳 1976 ~ 1988 年土地利用动态变化转移矩阵 (转移百分比, %)  
Table 2 Land use change matrix in X shuangbanna from 1976 to 1988

地类	1988 年														
	荒草地	建设用地	水田	茶园	橡胶园	灌木林	水体	滩涂	水浇地	轮歇地	暖性针叶林	热带季节雨林	山地雨林	亚热带常绿阔叶林	竹林
荒草地 A	30.77	0.04	0.60	4.71	0.60	28.59	0.03	0.00	0.62	21.73	0.18	0.14	1.80	9.88	0.31
B	17.90	0.54	0.42	40.32	0.30	4.41	0.15	0.07	0.77	2.78	0.13	0.03	0.23	0.55	1.11
水田 A	0.34	1.97	48.15	1.04	7.63	2.81	0.93	0.08	12.12	20.77	0.10	1.08	1.53	1.39	0.04
B	0.43	65.16	73.37	19.22	8.32	0.93	9.78	4.85	32.17	5.72	0.15	0.56	0.43	0.17	0.32
橡胶园 A	0.04	0.22	3.65	0.00	64.47	2.60	0.83	0.06	6.34	17.21	0.00	4.00	0.41	0.01	0.16
B	0.01	2.01	1.54	0.00	19.44	0.24	2.41	1.03	4.65	1.31	0.00	0.58	0.03	0.00	0.34
灌木林 A	9.05	0.03	0.82	0.07	2.28	21.86	0.22	0.02	0.77	26.81	1.83	5.40	8.55	21.51	0.78
B	31.78	2.34	3.51	3.60	6.98	20.38	6.36	2.50	5.72	20.69	8.01	7.87	6.74	7.24	16.92
水体 A	0.08	0.44	2.55	0.02	2.88	3.19	54.55	9.86	6.75	6.01	0.16	11.10	0.92	0.66	0.81
B	0.01	1.13	0.30	0.02	0.24	0.08	43.78	44.01	1.37	0.13	0.02	0.44	0.02	0.01	0.48
滩涂 A	0.21	0.84	4.08	0.00	2.09	2.30	29.60	33.16	11.72	6.28	0.00	7.22	0.73	1.78	0.00
B	0.00	0.33	0.07	0.00	0.03	0.01	3.74	23.29	0.37	0.02	0.00	0.05	0.00	0.00	0.00
1976 年 水浇地 A	0.05	1.74	24.18	0.01	6.83	2.07	1.40	0.06	47.67	13.33	0.07	1.28	0.66	0.33	0.32
B	0.01	8.06	5.15	0.02	1.04	0.10	2.05	0.51	17.69	0.51	0.02	0.09	0.03	0.01	0.35
轮歇地 A	7.40	0.13	1.48	0.27	5.97	20.71	0.48	0.09	2.00	33.24	0.44	5.21	7.44	13.71	1.43
B	24.86	11.19	6.03	13.20	17.45	18.47	13.35	14.33	14.24	24.53	1.85	7.26	5.61	4.41	29.63
暖性针叶林 A	0.18	0.01	0.07	0.04	0.00	6.21	0.07	0.00	0.05	9.29	33.66	1.26	7.93	41.12	0.12
B	0.20	0.29	0.09	0.67	0.00	1.88	0.70	0.00	0.11	2.33	47.79	0.59	2.03	4.50	0.82
热带季节雨林 A	0.08	0.05	0.88	0.00	12.98	9.13	0.38	0.02	2.52	14.82	0.26	57.88	0.17	0.00	0.83
B	0.27	4.68	3.52	0.00	37.31	8.01	10.47	3.67	17.63	10.76	1.08	79.35	0.12	0.00	16.87
山地雨林 A	0.31	0.01	0.26	0.15	0.90	8.69	0.04	0.00	0.11	9.94	1.20	0.05	77.68	0.24	0.42
B	1.50	1.63	1.50	10.39	3.74	11.01	1.44	0.15	1.07	10.43	7.14	0.10	83.26	0.11	12.47
亚热带常绿阔叶林 A	2.01	0.00	0.24	0.07	0.04	11.10	0.03	0.00	0.07	7.62	2.40	0.00	0.03	76.34	0.05
B	22.69	1.38	3.33	12.43	0.42	33.31	2.56	0.29	1.69	18.92	33.72	0.00	0.08	82.74	3.31
竹林 A	0.80	0.12	2.35	0.02	13.31	10.82	0.95	0.28	2.90	20.87	0.19	18.19	15.36	6.94	6.90
B	0.32	1.25	1.16	0.12	4.72	1.17	3.22	5.29	2.50	1.87	0.10	3.07	1.40	0.27	17.37

注:  $A_{ij}$  行为 1988 年第  $i$  种土地利用类型转变为 2003 年第  $j$  种土地利用类型的比例;  $B_{ij}$  行为 2003 年第  $j$  种土地利用类型中由 1988 年的第  $i$  种土地利用类型转变而来的的比例。

表 3 西双版纳 1988 ~ 2003年土地利用动态变化转移矩阵 (转移百分比, % )

Table 3 Land use change matrix in X ishuangbanna from 1988 to 2003

地类	2003年														
	荒草地	建设用地	水田	茶园	橡胶园	灌木林	水体	滩涂	水浇地	轮歇地	暖性针叶林	热带季 节雨林	山地 雨林	亚热带常 绿阔叶林	竹林
荒草地 A	57.64	0.01	0.17	1.41	0.30	30.94	0.21	0.00	0.02	0.15	0.01	0.05	0.55	8.15	0.40
B	68.97	0.11	0.19	4.95	0.09	5.56	1.69	0.00	0.03	0.04	0.01	0.05	0.18	0.84	1.11
建设用地 A	0.17	46.05	23.42	0.50	5.01	2.17	0.79	1.13	11.32	7.01	0.00	1.38	0.25	0.67	0.13
B	0.01	29.57	0.96	0.07	0.06	0.01	0.24	1.52	0.92	0.08	0.00	0.05	0.00	0.00	0.01
水田 A	0.12	1.19	65.56	0.54	4.99	2.97	0.36	0.04	12.80	8.75	0.00	1.46	0.74	0.42	0.06
B	0.12	16.54	58.38	1.57	1.20	0.44	2.35	1.13	22.56	2.06	0.00	1.10	0.19	0.04	0.13
茶园 A	0.26	0.51	5.69	69.60	1.19	7.51	0.05	0.12	0.00	10.32	0.12	0.00	2.63	2.00	0.02
B	0.02	0.59	0.42	16.66	0.02	0.09	0.02	0.28	0.00	0.20	0.01	0.00	0.06	0.01	0.00
橡胶园 A	0.08	0.10	1.91	0.13	83.09	2.55	0.28	0.03	2.31	4.98	0.00	2.79	1.19	0.27	0.30
B	0.11	1.90	2.38	0.51	27.96	0.53	2.48	1.24	5.69	1.64	0.00	2.93	0.44	0.03	0.97
灌木林 A	5.40	0.03	0.53	1.01	8.51	40.86	0.08	0.02	0.34	16.14	0.91	1.58	3.76	19.58	1.26
B	24.34	2.01	2.18	13.35	9.39	27.69	2.23	2.65	2.71	17.39	4.31	5.45	4.52	7.61	13.13
水体 A	0.00	0.22	5.38	0.07	5.69	4.69	65.42	5.23	4.79	2.32	0.18	2.03	1.00	0.98	1.98
B	0.00	0.46	0.70	0.03	0.20	0.10	61.47	22.30	1.23	0.08	0.03	0.22	0.04	0.01	0.66
1988 年 滩涂 A	0.59	1.25	6.09	0.07	9.18	1.62	16.15	47.87	13.07	1.98	0.00	1.54	0.07	0.15	0.37
B	0.02	0.46	0.14	0.01	0.06	0.01	2.73	36.71	0.60	0.01	0.00	0.03	0.00	0.00	0.02
水浇地 A	0.10	3.05	24.40	0.02	23.36	2.24	1.10	0.40	36.84	6.08	0.02	1.77	0.18	0.15	0.29
B	0.05	24.42	12.48	0.03	3.23	0.19	4.07	6.81	37.28	0.82	0.01	0.77	0.03	0.01	0.38
轮歇地 A	0.04	0.18	3.51	1.68	17.04	26.39	0.36	0.10	2.11	34.16	0.70	1.80	3.05	7.37	1.52
B	0.20	13.97	17.31	26.86	22.70	21.60	12.99	15.65	20.56	44.45	4.03	7.47	4.43	3.46	19.20
暖性针叶林 A	0.00	0.00	0.02	0.73	0.06	6.33	0.05	0.00	0.00	2.35	89.93	0.01	0.04	0.10	0.36
B	0.00	0.00	0.02	2.06	0.01	0.92	0.34	0.00	0.01	0.54	91.21	0.01	0.01	0.01	0.80
热带季节雨林 A	0.05	0.11	0.67	0.01	33.82	15.02	0.37	0.11	0.98	9.37	0.00	36.49	0.08	0.00	2.92
B	0.15	4.69	1.75	0.10	23.87	6.51	6.91	9.23	5.05	6.45	0.00	80.31	0.06	0.00	19.54
山地雨林 A	0.17	0.05	0.40	0.17	6.76	18.22	0.03	0.00	0.25	8.99	0.01	0.07	62.98	0.06	1.84
B	0.90	3.99	1.93	2.70	8.82	14.60	0.98	0.79	2.35	11.45	0.05	0.27	89.54	0.03	22.75
亚热带常绿阔叶林 A	0.39	0.00	0.08	0.85	0.52	11.39	0.02	0.00	0.03	4.66	0.01	0.00	0.02	81.68	0.36
B	4.92	0.80	0.88	31.06	1.57	21.37	1.24	0.11	0.60	13.89	0.17	0.00	0.06	87.91	10.54
竹林 A	0.99	0.18	1.72	0.09	17.33	13.58	0.21	0.27	1.21	19.38	0.80	9.07	8.66	2.59	23.94
B	0.19	0.48	0.30	0.05	0.82	0.40	0.26	1.58	0.42	0.90	0.16	1.34	0.45	0.04	10.75

表 4 1976年、1988年、2003年土地利用类型斑块特征

Table 4 Patchiness of different land use in 1976 1988 and 2003

地类	斑块数 NP			平均斑块面积 AREA_MN (m <sup>2</sup> )		
	1976	1988	2003	1976	1988	2003
暖性针叶林	61	614	550	1 183.5	82.9	91.1
热带季节雨林	2 306	2 852	3 668	90.6	53.5	18.9
山地雨林	2 634	3 126	3 820	114.7	90.1	51.9
亚热带常绿阔叶林	3 318	4 230	3 886	215.6	156.0	157.8
竹林	6 202	1 931	3 079	4.2	5.3	7.4
灌木林	22 269	21 934	14 862	10.0	10.9	23.7
橡胶园	1100	3106	4 592	19.9	23.4	47.1
茶园		246	2 176		17.5	8.3
水田	2 338	1 443	2 247	33.9	36.1	26.0
水浇地	1 631	2 893	2 499	6.8	10.4	11.8
轮歇地	15 863	14 752	10 503	13.4	19.5	21.1
荒草地	1 098	1 684	1 370	33.5	37.5	38.6
建设用地		496	461		4.8	8.1
滩涂	161	159	324	5.6	8.7	5.5
水体	327	748	634	18.6	10.1	12.7

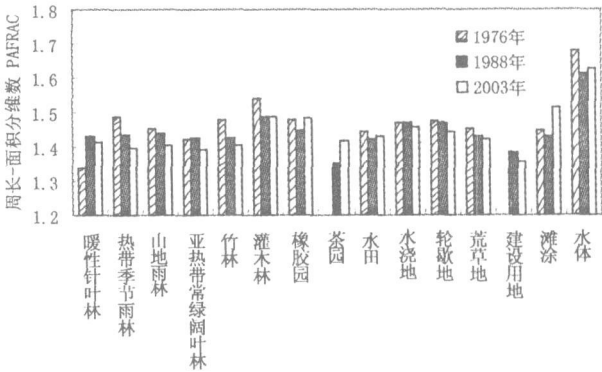


图 2 斑块类型形状指数比较

Fig 2 The shape index of patches and their changes over time

2.3.3 斑块类型分布格局变化

选用斑块类型的散布与并列指数 ( IJI)、相似邻近性指数 ( PLADJ) 分析斑块类型的聚集度与分离

度。IJI是描述景观空间格局的重要指标,当它取值小时说明斑块类型*i*仅与少数几种其他类型相邻接。橡胶园的 IJI值(图 3)表现为明显增大,尤其在后一时段,而热带雨林的 IJI值持续降低,这说明橡胶园面积不断扩大,增大了与其他斑块类型的邻接机会,而橡胶园的扩大占用了大片的热带季节雨林,这样就增大了热带季节雨林与橡胶园的邻接概率,

减少与其他斑块类型的相邻,因此热带季节雨林的 IJI不断减小,体现了热带季节雨林不断趋向于片断化或岛屿化。同样轮歇地的 IJI变化表现了在前一时段由于面积的扩张,增加了与其他类型斑块的邻接,因此 IJI值增大,在后一时段由于斑块聚集且不断转化为橡胶园后总面积减小,减少与其他斑块类型的相邻,使得 IJI值下降。

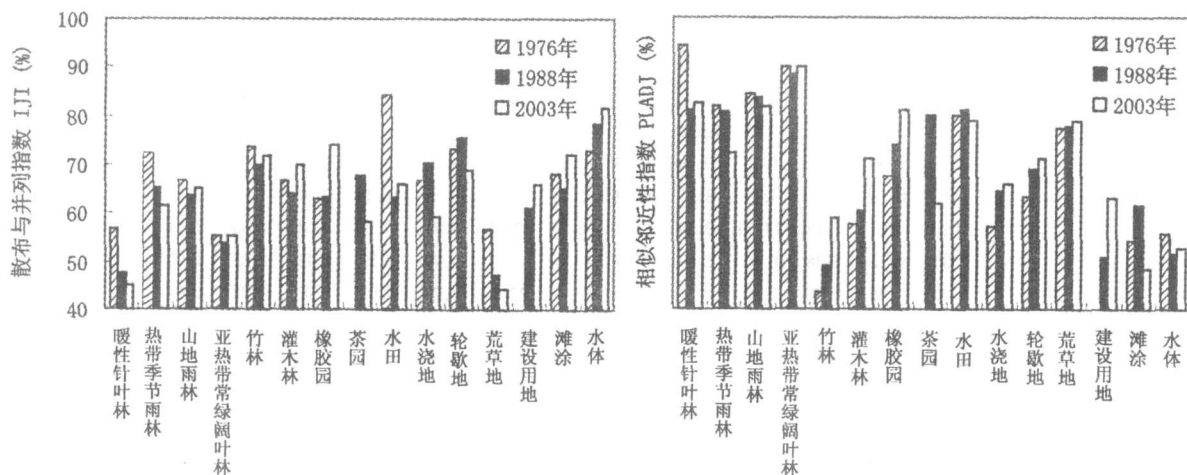


图 3 斑块类型散布与并列指数 (IJI)和相似邻近性指数 (PLADJ)

Fig. 3 Interspersion and juxtaposition Index and percentage of like adjacencies

PLADJ用于度量同一类型斑块的聚集程度,同一类型的斑块极度分散则 PLADJ趋于 0 而当同一类型的斑块较聚集时 PLADJ值增大。亚热带常绿阔叶林在研究时段内, PLADJ表现为最大(见图 3),而且基本没有发生变化,说明该斑块类型分布一直较集中成片;热带季节雨林、山地雨林的 PLADJ值研究前一时段相对保持较高,后一时段不断减小,表明两斑块类型研究前一时段分布较聚集,后一时段由于人类干扰强烈引起斑块破碎化,比较分散,尤其热带季节雨林 1976 ~ 1988 年间聚集度指数变化幅度较小从 81.5% 到 80.5%,而 1988 ~ 2003 年间聚集度指数值迅速减小到 72.53%,说明了对热带季节雨林的干扰主要发生在后一时段。橡胶园、轮歇地、灌木林在研究初期 PLADJ均较小,表现出斑块类型分布较分散,随后其值不断增大,尤其橡胶园从 1976 的 67.6% 增大到 2003 年的 80.9%,表现出由于面积扩张,使得原来分散分布的橡胶园相互连接,形成大面积的斑块,分布呈现聚集。

#### 2.3.4 景观类型多样性比较

1976 ~ 2003 年,研究区土地利用景观类型的

香农多样性指数 (SHDI)、辛普生多样性指数 (SDI)、变形辛普生多样性指数 (MSDI) 呈现上升趋势(表 5),表明该区景观类型多样性增加,但引起这种增加的原因在不同研究时段又不同,这是因为斑块类型增加或各斑块类型所占面积比例趋于相似时都可引起多样性值的增加,1988 年、2003 年的斑块类型比 1976 年增加了两种,斑块丰富度的增加可能是影响景观多样性增大的一个原因,但 1988 年、2003 年间斑块丰富度并没有改变,景观多样性继续增加则可能与各斑块类型的面积变化相关。从景观水平最大斑块指数变化来看,1976 年其值为 10.61%,而 1988 年、2003 年降到了 3.38%、3.62%,这说明轮歇地、橡胶园、灌木林等地类面积的不断扩张,以及原来占面积优势的热带季节雨林、山地雨林和亚热带常绿阔叶林面积减小及破碎化,导致各斑块类型的平均面积差异减小,各斑块类型所占面积比例趋于均匀的结果,这表明本区土地利用向着多样化、均匀化的方向发展。香农均匀性指数 (SHEI) 变化与上述几个指数的变化趋势有所不同,其变化表现为 2003 年 > 1976 年 > 1988 年;一般 SHEI 为 1 时景观

有最大多样性, SHEI值较小时优势度则较高, 反映景观受一种或几种优势斑块类型所支配。这可从不同时期各斑块类型的面积百分比变化得到解释, 1976年面积百分比 > 10% 的类型有 5种地类, 1988年有 4种, 2003年有 5种, 1988年优势斑块明显, 因此 SHEI偏小; 2003年 SHEI达最大, 可能还与面积所占比例较小的斑块类型如建设用地、茶园景观百分比在增加相关联, 也进一步表明该区土地利用类型向着均匀化发展。

表 5 1976年、1988年、2003年景观多样性比较

Table 5 Comparison of landscape diversity in 1976 1988 and 2003

景观指数	1976年	1988年	2003年
香农多样性指数 SHDI	1. 887 1	1. 968 0	2. 029 7
辛普森多样性指数 SIDI	0. 794 1	0. 810 9	0. 822 8
变形辛普森多样性指数 MSIDI	1. 580 3	1. 665 5	1. 730 2
香农均匀性指数 SHEI	0. 735 7	0. 726 7	0. 749 5

### 3 结论与讨论

1976 ~ 2003年间西双版纳土地利用/土地覆被变化主要以森林砍伐转变为农业用地为特点, 这种变化与世界许多热带地区土地利用变化状况较相似<sup>[14]</sup>。本区土地利用/覆被变化的主要趋势表现为轮歇地面积的扩张以及随后橡胶种植业的发展, 使大面积的热带季节雨林、山地雨林、亚热带常绿阔叶林受到破坏。全区热带季节雨林、山地雨林面积减少最为激烈, 破碎化严重, 其空间分布趋于岛屿化。而作为人工景观的橡胶园面积显著增加且分布趋于聚集, 优势地类灌木林、轮歇地也体现了面积不断扩大、空间分布呈现聚集。

土地利用/土地覆被变化是人类活动作用于自然资源与环境的一种最为显著的表现形式, 其发生、发展一方面受到区域自然地理环境背景的直接控制, 另一方面也受到人类活动的干扰。从 27 a这较短的时间尺度来看, 政策引导和调控下的人类活动是导致本区土地利用/土地覆被变化的主要原因。

西双版纳是一个多民族的山区, 少数民族在长期的生产、生活中同森林资源结成了非常密切的关系, 他们较喜欢选择一定坡度的山地进行开垦种植。这种传统的耕作方式——刀耕火种在人口较少、土地资源充足(即有 10~ 20 a较长的休闲期)的时期, 由于保证了植被群落的演替以及土壤养分的充分恢

复, 能够良性循环发展, 是一种可持续发展的土地利用方式。但随着人口的不断增加以及轮歇地被橡胶种植园大量占用, 人、地之间的矛盾加剧, 因此对土地资源需求不断上升, 西双版纳轮歇农业的轮歇周期明显缩短<sup>[15]</sup>, 已不足以维持该系统的良性循环, 成为一种破坏土地利用可持续发展的主要因素。1976年以前, 由于政策上的原因, 对西双版纳土地资源的开发利用采取片面强调“以粮为纲”、毁林种粮, 以及橡胶林地扩种政策, 使原始植被遭到破坏, 森林覆盖率急剧下降, 这种现象持续延伸, 在 1980 ~ 1982年的 3 a中, 西双版纳轮歇地面积增长较快, 毁林现象非常严重。从 1983年起在政策的调控下, 压缩轮歇地面积, 毁林受到一定抑制。然而, 由于人口的不断上涨, 如西双版纳人口在 1953年时约 22万人, 到 2000年第五次人口普查已增到 99万人, 外来人口大量流入, 造成对土地大兴垦殖不加保护, 大面积的森林变成了轮种翻耕地。由于过度垦殖, 土壤贫瘠, 原生植被难以恢复, 使大面积林地沦为荒山草地或灌丛草山, 这在我们研究中也得到了体现, 在 1988~ 2003年间灌木林面积表现出明显增加。

本区土地利用变化的另一个主要特点是橡胶种植园不断扩大, 成为主导本区土地利用变化的重要因素。自 1956年西双版纳第一批橡胶国营农场成立以来, 西双版纳橡胶种植经历几次高峰期, 尤其改革开放后发展迅速。统计显示, 1978至 1990年 13 a间, 年均种植橡胶是 1956~ 1977年间的 4. 5倍; 其后, 民营橡胶种植蓬勃发展, 至 2003年橡胶种植面积已占全区总面积的 11. 3 % (本研究结果), 其扩张占用了大量热带季节雨林、轮歇地以及山地雨林。尤其在 1988~ 2003年, 橡胶种植几乎占据了所有低海拔的能植胶区, 随后的扩张不得不向高海拔发展, 导致山地雨林成为这一时段面积减少最快的类型(本研究结果)。据我们 2004年底对西双版纳的野外调查, 看到西双版纳的橡胶种植正处于又一次高峰期, 在能植胶区除自然保护区和国有林外几乎都已开垦种上了橡胶幼苗, 而且橡胶种植已扩张到海拔 1 200 m 上。橡胶种植业的发展, 虽然有助于当地的经济发展, 但研究发现这种单一结构的经济林发展过快与当地环境退化极相关, 体现在西双版纳雾日近几十年来呈现减少趋势, 同时加重了水土流失<sup>[7, 8]</sup>。大量研究还显示, 单一人工经济林的生态效益从长远考虑是不能与当地天然林相提并论的。因此, 在对本区土地利用管理、规划上要注意对



经济作物的种植和发展,防止其进一步对自然生态系统的冲击和破坏。

土地利用/覆被格局的变化势必引起一系列的生态效应。大面积的森林被毁,从局部来说,导致小气候条件恶化、水土流失等,从全球范围来说,将导致大气温室气体浓度特别是  $\text{CO}_2$  浓度升高,从而直接导致全球变暖、生物多样性降低等。由于对森林的砍伐,本区有林地尤其是热带季节雨林破碎化严重,其分布趋向于岛屿化和片断化,由此带来的边缘效应加强,表现出受影响的森林面积远大于毁林面积。已有研究表明热带雨林片断化后,林内与林外之间的小气候环境差异和对林外的气候变化的缓冲作用都明显减弱,这种变化影响了森林结构及物种组成<sup>[16-17]</sup>。在热带雨林片断化后,由于边缘效应和林内生境在一定程度上干暖化,其植物区系成分发生了变化,阳性先锋植物和藤本植物等的侵入,导致其优势度增大,而一些喜荫湿的荫生植物、群落顶级树种及附生植物种数减少、优势度下降<sup>[18]</sup>。热带雨林片断化还使许多动植物种群减少甚至灭绝,亚洲象、印支虎等几种珍稀兽类在西双版纳数量的减少,主要原因就是森林植被面积减少及栖息地破碎化引起的。同时热带季节雨林、山地雨林大面积被毁转变为橡胶林,单一化的橡胶园对生物多样性影响较大,不利于生物多样性的保护<sup>[19]</sup>。本区轮歇地、灌木林相互间的转换也较为激烈,随着人口增长、经济发展以及轮歇地面积减少,灌木林地不断扩大,西双版纳地区轮歇地的休闲期已缩至 3~5 a,而研究表明丢荒 3~5 a 的轮歇地,土壤微生物和土壤养分状况尚处在较低水平,土壤和植被尚未恢复,反复烧垦将导致土壤退化,如此反复下去,将导致荒芜土地进一步扩大,生态环境恶化<sup>[15]</sup>。因此本区在发展经济的同时应该同时兼顾土地利用、生态环境的可持续发展,注意运用景观生态学方法合理规划、利用土地。

## 参考文献 (References)

- [1] Achard F, Eva H D, Stibig H J, *et al.* Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests [J]. *Science*, 2002, 297: 999~1002
- [2] Brown G B. Effects of land use on the climate of the United States [J]. *Climatic Change*, 1997, 37: 449~486
- [3] Laurance W F, Laurance S G, Delanönica P. Tropical forest fragmentation and greenhouse gas emissions [J]. *Forest Ecology and Management*, 1998, 110: 173~180
- [4] Steininger M N, Tucker C J, Ersts P, *et al.* Clearance and fragmentation of tropical deciduous forest in the Tierras Bajas, Santa Cruz, Bolivia [J]. *Conservation Biology*, 2001, 15: 856~866
- [5] Cao M, Zhang J H. Tree species diversity of tropical forest vegetation in Xishuangbanna, SW China [J]. *Biodiversity and Conservation*, 1997, 6: 995~1006
- [6] Zhu H, Xu Z F, Wang H, *et al.* Tropical rain forest fragmentation and its ecological and species diversity change in Southern Yunnan [J]. *Biodiversity and Conservation*, 2004, 13: 1355~1372
- [7] Huang Yuren, Huang Yusheng, Li Zhihua, *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]
- [8] Wang Huihai, Ma Weijun, Deng Chuizhang. The relationship between exploitation of tropical rain forest and water-soil conservation [J]. *Scientia Silvae Sinicae*, 1982, 18 (3): 245~257 [汪汇海, 马渭俊, 邓纯章. 滇南热带雨林的开发利用与水土保持的相互关系 [J]. *林业科学*, 1982, 18 (3): 245~257]
- [9] Wang Xianlan, Bao Yuhai. Study on the methods of land use dynamic change research [J]. *Progress in Geography*, 1999, 18 (1): 81~87 [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]
- [10] Zhu Huiyi, Li Xubin. Discussion on the index method of regional land use change [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58 (5): 643~650 [朱会义, 李秀彬. 关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论 [J]. *地理学报*, 2003, 58 (5): 643~650]
- [11] Shi Peijun, Chen Jin, Pan Yaoshong. 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]
- [12] Kammerbauer J, Ardon C. Land use dynamics and landscape change pattern in a typical watershed in the hillside region of central Honduras [J]. *Agriculture Ecosystems and Environment*, 1999, 75: 93~100
- [13] Wang Xianli, Xiao Duning, Bu Rencang, *et al.* Analysis on landscape patterns of Liaohe Delta wetland [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1997, 17 (3): 317~323 [王宪礼, 肖笃宁, 布仁仓, 等. 辽河三角洲湿地的景观格局分析 [J]. *生态学报*, 1997, 17 (3): 317~323]
- [14] Houghton R A. Temporal patterns of land-use change and carbon storage in China and tropical Asia [J]. *Science in China*, 2002, 45 (suppl): 10~17
- [15] Zhang Ping, Chen Aiguang, Liu Hongnao. A discussion on wildland agriculture in Xishuangbanna [J]. *Resource Science*, 1999, 21 (6): 47~50 [张萍, 陈爱国, 刘宏茂. 论西双版纳的轮歇农业 [J]. *资源科学*, 1999, 21 (6): 47~50]
- [16] Ma Youxin, Liu Yuhong, Zhang Keying. On microclimate edge effects of tropical rainforest fragments in Xishuangbanna [J]. *Acta Phytocologica Sinica*, 1998, 22 (3): 250~255 [马友鑫, 刘玉洪, 张克映. 西双版纳热带雨林片断小气候边缘效应的初步研究 [J]. *植物生态学报*, 1998, 22 (3): 250~255]
- [17] Williams-Lin G, Dominguez-Gastel D, Garcia-Zurita M E, *et al.*

- croenvironment and floristics of different edges in a fragmented tropical rainforest [J]. *Conservation Biology*, 1998, 12(5): 1091 ~ 1102
- [18] 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]
- [19] Li Hongmei, Xu Zaifu, Chen Aiguo. An assessment of impacts of land use on plant biodiversity in Xishuangbanna, southwest China [J]. *Acta Phytocologia Sinica*, 1998, 22(6): 518~522 [刘宏梅, 许再富, 陈爱国. 西双版纳土地的不同管理方式对植物多样性的影响评价探讨 [J]. 植物生态学报, 1998, 22(6): 518~522]

## Land Use/Land Cover Dynamic Change in Xishuangbanna Based on RS and GIS Technology

LI Hongmei, MA Youxin, GUO Zhongfeng, LU Wenjun

(Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, the Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China)

**Abstract** Xishuangbanna located in the watershed of upper Mekong River is the northern margin of the tropical zone in South-East Asia. It maintains large areas of tropical rain forest. Like most tropical rainforest region all over the world, with population pressure and economy development the land use/land cover has been changed. While tropical forest loss is recognized as a global problem, little is known on a local scale about the complex relationships between environmental, economic, social and policy factors that induce changes in land use patterns. The spatial and temporal change patterns in land use were quantified by interpreting Landsat images from 1976, 1988, and 2003 and using geographical information system, and various landscape metrics were calculated by using the spatial pattern analysis software (FRAGSTATS) at class and landscape levels. During the past 27 years, the forest types are the main dominant type in the landscapes, with the subtropical evergreen broadleaf forest being the most significant. However, the rate and the intensity of land use and land cover change were very high. There was a decrease in tropical seasonal rain forest, mountain rain forest, subtropical evergreen broadleaf forest and warm conifer forest area and increase in area under rubber plantations and shrublands between 1976 and 2003. Fallow lands increased drastically during the first half (1976~1988) of the study period and decreased in the other half (1988~2003). Conversion of shrublands, subtropical evergreen broadleaf forest and tropical seasonal rain forest into fallow land contributed to the rapid increase in fallow lands cover during the first half of the study period, while conversion of tropical seasonal rain forest and fallow lands into rubber plantations contributed to the rapid increase in rubber plantations during the second half. The results of landscape spatial pattern analysis showed that the patterns and components of land use in this study area have changed typically by human activities. The pattern of land use has become more diverse and homogeneous in the study area. The dramatic activities of swidden agriculture and expansion of rubber plantations are the main reasons induced pattern of land use change. The overspreading of rubber plantations and shrublands made tropical seasonal rain forest and mountain rain forest become more fragmented, the number of the patches increased, the patches sizes become smaller and the shape of patch become more simplified. All of these changes in landscape pattern would lead to the deterioration of the region environment and biodiversity loss.

**Key words** Land use/land cover, landscape pattern, dynamic change, ecological effect, Xishuangbanna