

滇南热带雨林区土地利用/ 覆盖变化分析

——以西双版纳勐仑地区为例

刘文俊, 马友鑫, 胡华斌, 曹 敏, 王 伟

(中国科学院西双版纳热带植物园, 云南 昆明 650223)

摘 要: 根据 1988 年和 2003 年两期卫星遥感影像的解译结果, 采用 GIS 空间分析技术, 对以勐仑为代表的滇南热带雨林区的土地利用/ 覆盖变化(LUCC) 规律及趋势进行了研究, 初步探讨了其驱动力机制和环境资源效应。结果表明, 15 a 间该区土地利用/ 覆盖状况发生了很大变化, 橡胶园以 $604.12 \text{ hm}^2/\text{a}$ 的平均速度递增, 而有林地则以 $431.17 \text{ hm}^2/\text{a}$ 的平均速度递减。橡胶园取代有林地成为优势的土地利用/ 覆盖类型, 耕地也有较大幅度减少。结合地形因子进一步分析发现, 变化最为强烈的区域正处于热带雨林适宜分布的海拔范围(900 m 以下), 橡胶园的增加与有林地和轮歇地的减少在 $15^\circ \sim 25^\circ$ 坡度范围内最大, 灌木林在陡坡地带有明显增加; 在北向坡, 有林地减少和橡胶园增加的幅度均大于其他坡向。上述变化导致了有林地的破碎化和生态环境综合服务功能的下降, 反映出地形等自然条件是该区 LUCC 的限制因子, 受市场和政策影响的人类活动在此基础上对其起着显著的驱动作用。土地利用/ 趋势指数结合未来 10 a 的驱动力变化分析表明, 目前该区土地利用/ 覆盖变化仍处于活跃的态势。

关键词: LUCC; 时空变化; 热带雨林区; 西双版纳

中图分类号: F301, Q151.1

文献标识码: A

土地利用/ 土地覆盖变化(LUCC) 在全球变化过程中起着至关重要的作用^[1], 也是环境状况综合模拟和评估的关键, 因而已成为当今地学和生态学领域的热点和前沿问题^[2, 3]。近年来, 我国学者借助遥感和 GIS 手段探讨土地利用/ 覆盖变化及其生态影响的研究层出不穷, 这些研究分别涉及 LUCC 的机制^[4]、转移变化规律^[5-7], 空间分布特征^[8]以及景观格局和生态效应^[9, 10]等多个方面, 为区域生态环境评估提供了有力的支持。

位于澜沧江流域下游的云南西双版纳地区属于热带向亚热带的过渡地带, 得天独厚的自然地理条件使该区成为我国生物多样性最丰富地区之一。然而, 近几十年来由于人口增长和经济利益驱动, 该区热带森林面积锐减, 森林覆盖率由 1949 年的 69% 减少到 1980 年的 30%^[11], 取而代之的主要为橡胶

园、轮歇地或其他人工经济林等, 给当地脆弱的生态环境造成了很大的压力, 水土流失和地方气候变化等生态矛盾日益突出^[11]。这一现象得到不少学者的关注, 近年来涌现出不少基于遥感和 GIS 的有关研究^[12-14], 但其研究尺度较大, 且主要集中在植被的变化及其景观生态学效应的分析, 缺乏对区域 LUCC 整体变化过程和规律较全面和深入的探讨。本研究以勐仑镇为典型案例, 以期通过该地区来了解热带雨林区 LUCC 的时空格局和变化规律, 为热带地区资源与环境协调发展提供科学依据, 并为热带地区 LUCC 研究提供一个乡镇级案例。

1 研究区概况

研究区位于云南省南部勐腊县勐仑镇, 地处澜

收稿日期(Received date): 2004- 02- 20; 改回日期(Accepted): 2004- 06- 11。

基金项目(Foundation item): 国家科技部国际科技合作重点项目计划(2001DFDF0004- 0506) [This project was supported by the Ministry of Science & Technology, China, under the program of international collaboration for Science & Technology.]

作者简介(Biography): 刘文俊(1979-), 女, 在读硕士研究生, 研究方向为景观生态学。E-mail: liuwj@xtbg.ac.cn. [Liu Wenjun(1979-), female, presently a candidate for M. Sc. degree, major in landscape ecology.]

沧江下游, $21^{\circ}48' \sim 22^{\circ}00' \text{ N}$, $101^{\circ}9' \sim 101^{\circ}25' \text{ E}$, 海拔介于 500~1 400 m 间, 总面积 33 488 hm^2 。地貌以山原为主, 其间分布着许多沟谷盆地、低丘和低山。由于位于本区北部的哀牢山脉削弱或屏蔽了北方南下冷空气的入侵, 该区终年受西南季风控制, 属热带季风气候, 一年中有干季(雾凉季 11 月至次年 4 月)和雨季(5~10 月)之分, 年均气温 21.8°C , 年均降雨量 1 492.9 mm, 其中 80% 分布在雨季。与世界主要热带雨林地区相比, 该地区纬度偏北、海拔偏高, 表现出热量稍低, 气温年较差、日较差偏大, 降水偏少, 季节雨量分布差异显著的气候特征。区内现存有大面积热带森林, 是西双版纳国家级自然保护区的重要组成部分, 分布有热带季节雨林、热带季雨林、季风常绿阔叶林、竹木混交林、灌木林等多种森林类型。砖红壤广布于盆地与山间谷地。

辖区内有 6 个办事处(城子, 曼边, 曼俄, 大卡, 曼纳堵, 勐醒)和一个国营橡胶农场(勐醒农场)以及一个国家级科研机构(中国科学院西双版纳热带植物园)。2002 年末, 总人口约为 1.8 万。主要民族为傣族, 占总人口一半以上, 其次是哈尼族和汉族。同时外来人口所占比重也逐年增加。当地的主要农作物包括水稻、旱稻、玉米和热带水果等。自 1963 年国营橡胶农场成立以来, 橡胶种植面积不断扩大, 特别是土地承包到户以来, 民营橡胶面积也迅速增加, 橡胶种植业逐渐成为当地的支柱产业。

2 数据来源与方法

2.1 数据来源及处理

本研究所采用的资料包括 1988-02 Landsat TM 和 2003-03 Landsat ETM 卫星影像, 1:25 000 地形图、1:25 000 勐仑土地利用和行政区划图、2000 年勐仑局部地区 Ikonos 卫星影像(分辨率为 $4 \text{ m} \times 4 \text{ m}$)、1988 年勐仑局部地区的航片以及 1949 年以来的社会经济统计资料。利用 ArcView 软件矢量化勐仑镇土地利用图和地形图(均为 1:25 000), 提取行政边界和等高线(10 m), 建立 DEM。影像的几何精校正参照原有已校正影像, 在 EADAS IMAGING 下采用二次多项式几何校正模型进行。然后借助地形图、Ikonos 影像和航片等辅助数据, 结合实地勘察资料, 利用 EADAS IMAGING 对卫星影像进行监督分类。分类系统的制定主要依据《土地利用现状调查技术规程》, 同时考虑

了土地用途、经营特点、利用方式以及覆盖特征等因素作为土地利用的分类依据, 制定出勐仑地区土地利用/覆盖分类系统, 包括耕地、林地、园地、城乡建设用地和水域 5 个一级类型, 水田、旱地、果园、橡胶园、香荚兰园、特殊用地、有林地、灌木林地、迹地、居住用地、河流、滩涂 12 个二级类型和轮歇地、苗圃、园林用地 3 个三级类型。分类后处理根据区分差异性和归纳共同性原则, 进行聚类统计和去除分析, 把小于最小面积的图斑归并到邻近图斑, 得到改善的分类结果图像, 经精度检验两幅分类图 Kappa 指数均达 85% 以上。

以上数据均集成至统一的坐标体系中, 投影方式为等面积割圆锥投影, 中央经线为 105°E , 双标准纬线为 25°N 和 47°N , 所采用的椭球体为 Krasovsky 椭球体。

最后利用 ArcView 软件建立该区土地利用/覆盖变化动态数据库, 并借助其空间分析功能深入分析土地利用/覆盖变化数据, 以探讨 1988 年和 2003 年两个时期 LUCC 的转移变化规律和空间分布特点。

2.2 统计分析

2.2.1 LUCC 的变化幅度

LUCC 的变化幅度是指土地利用/覆被类型的面积变化幅度, 它反映不同地类在总量上的变化^[7]。其数学表达式为

$$R_d = (U_b - U_a) / U_a \times 100\% \quad (1)$$

式中 U_a 、 U_b 分别为研究初期 a 和末期 b 某一类型的面积, R_d 为研究时段内某一类型的变化幅度。

2.2.2 LUCC 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。同样对其进行了无量纲化处理。其表达式为

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

式中 B_{dij} 为研究前期时段 a 到研究末期时段 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 j 转移的面积, U_{bi} 为研究末期 b 地类 j 的总面积。

2.2.3 LUCC 转移率

LUCC 转移率即一定时序单元内各土地利用类型之间转换的概率, 它反映各变化时段前后土地利用类型间相互的转化情况。为方便比较, 本研究还将其做了无量纲化处理。其表达式为

$$P_{dij} = U_{bj} / U_{ai} \times 100\% \quad (3)$$

式中 P_{dij} 为研究前期时段 a 到研究末期时段 b 内地类 i 向地类 j 的转移率, U_{bj} 同上, U_{ai} 为研究末期 b 地类 i 的面积。

2.2.4 LUCC 随地形因子变化指数

地形条件对景观组分空间分布的影响问题被简化为在地形位梯度上不同景观组分出现频率问题的探讨,同时这种分布频率的可比性还受到不同地形位区段的面积差异影响景观类型的面积比重差异的影响^[8],为此我们设置了一个无量纲的指数以增强不同地形因子范围以及各地类之间的可比性。该指数如下式

$$P_{ij} = \frac{U_{bij} - U_{aij}}{\sum_{j=1}^n |U_{bij} - U_{aij}|} \times 100\% \quad (4)$$

式中 P_{ij} 为地类 i 在某地形因子(海拔等)范围 j 的变化面积占该地类发生变化的总面积(包括增加和减少的面积)的百分率, U_{bij} 为变化末期 b 用地类型 i 在某地形因子范围 j 内的面积, U_{aij} 为变化前期 a 用地类型 i 在地形因子范围 j 内的面积。

2.2.5 LUCC 趋势指数^[7]

$$P_{ss} = \frac{R_s}{R_{ss}} = \frac{\Delta U_{in} - \Delta U_{out}}{\Delta U_{in} + \Delta U_{out}}, \left| \frac{R_s}{R_{ss}} \right| \leq 1 \quad (5)$$

式中 P_{ss} 为土地利用/覆盖类型的变化趋势和状态指数, ΔU_{in} 为研究时段 a 到 b 内某地类转移为其他地类的面积, ΔU_{out} 为研究时段 a 到 b 内其他地类向该地类转移的面积, R_s 为研究时段 a 到 b 内某地类流失的面积, R_{ss} 为研究时段 a 到 b 内某地类发生变化的总面积(收入和支出两部分面积之和)。

当 P_{ss} 为 0~1 时,该土地利用/覆盖类型朝着规模增大的方向发展,该类型处于涨势状态;

当 P_{ss} 为 -1~0 时,该土地利用/覆盖类型朝着规模减小的方向发展,该类型处于落势状态;

P_{ss} 越接近 0,表明该土地利用/覆盖类型的增加或减少的速度越慢,且双向转换频繁,呈现平衡状态;

P_{ss} 越接近 1,表明该土地利用/覆盖类型增加的速度越快,呈稳步增长的态势;

P_{ss} 越接近 -1,表明该土地利用/覆盖类型减少的速度越快,呈快速减少的态势。

3 结果与分析

3.1 LUCC 的时空变化

3.1.1 各地类面积变化

在最近 15 a,勐仑地区的土地利用/覆盖状况及其结构发生了明显变化(图 1)。1988 年,各类用地中面积最大的是有林地,占总面积的近一半,其次是灌木林(17.11%)和轮歇地(13.18%),橡胶园位居第四,占 12.06%。而到 2003 年,橡胶园面积跃居各类用地之首,达 39.12%,其次才是有林地,森林覆盖率降至 29.43%,还出现了新的种植园——香蕉园和苗圃。

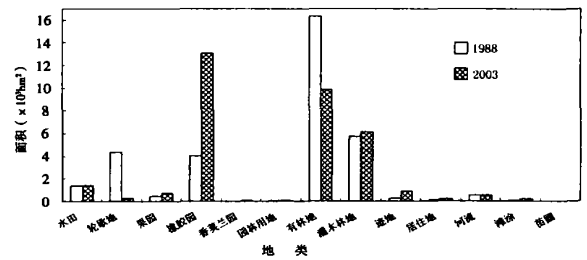


图 1 1988 和 2003 年勐仑土地利用/覆盖的比较

Fig. 1 Comparison of land use and land cover in Menglun between 1988 and 2003

果园面积增加较快,主要用于发展柚子、西番莲、香蕉、芒果等热带果树;而居住用地也成倍增长,主要表现为在勐仑镇政府所在地附近向周边耕地扩展。相比之下,农村居民点数量和范围变化都不明显。砍伐迹地也迅速增加,变化幅度达 190% 以上。特别值得关注的是,橡胶园平均增长速度高达 $604.12 \text{ hm}^2/\text{a}$ 。这些用地的增加导致了有林地急剧减少,平均减少速度达到 $431.17 \text{ hm}^2/\text{a}$ 。传统的轮歇地面积也急剧减少,2003 年仅为 1988 年的 5.6%。

3.1.2 各地类转移变化规律

据公式(2)计算出 LUCC 贡献率矩阵(表 1)。

由表 1 看出,面积增加地类主要来源于植被和耕地,表现出如下主要特点:

1. 现有橡胶种植面积主要来自于有林地,其次橡胶园本身,再次轮歇地和灌木林,此外其他各类用地向橡胶园的转移贡献率也较高。说明橡胶在近十几年的土地利用变化覆盖过程中占了绝对的主导优势。

2. 轮歇地主要来源于对灌木林的开垦,其次是有林地,保留下来的轮歇地仅占现有面积的 11.93%。

3. 现有有林地主要是保留下来的原有林地(约占 90%),其他用地向有林地转移很少。

表 1 1988~ 2003 年勐仑土地利用/ 覆盖贡献率矩阵 (%)

Table 1 Contribution matrix of land use and land cover change in Menglun from 1988 to 2003 (%)

1988	2003												
	水田	轮歇地	果园	橡胶园	香英兰园	有林地	灌木林	迹地	居住用地	园林用地	苗圃	水体	滩涂
水田	48.78	2.86	11.42	3.35	1.21	0.17	0.52	2.91	16.83	0.00	0	5.44	30.63
轮歇地	13.39	11.93	27.69	22.90	57.64	1.47	8.56	20.34	10.77	0.00	0	10.75	13.43
果园	5.96	0.14	12.84	1.17	1.42	0.07	0.25	0.66	15.03	25.48	0	5.79	9.04
橡胶园	12.17	10.17	20.04	25.09	0.00	0.84	3.03	9.48	11.35	0.00	0	5.41	2.07
有林地	5.55	25.86	12.05	31.68	18.44	88.89	44.33	45.47	1.32	0.11	0	6.68	4.03
灌木林	9.94	44.55	10.11	14.13	19.76	8.13	40.32	18.99	3.53	0.00	0	13.81	6.59
迹地	0.78	4.36	0.32	1.02	0.00	0.17	1.90	1.00	0.56	0.00	0	0.02	0.09
居住用地	1.38	0.00	0.51	0.11	0.00	0.01	0.02	0.09	37.55	1.65	0	0.22	0.92
园林用地	0.00	0.00	1.58	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.12	62.75	100	0.87	2.41
水体	1.82	0.14	3.31	0.53	1.53	0.24	0.99	1.05	1.28	7.03	0	48.42	17.15
沙滩	0.24	0.00	0.15	0.02	0.00	0.00	0.07	0.01	0.65	2.99	0	2.58	13.63

4. 灌木林地主要是由有林地转变而来,说明原有有林地在过去 15 a 间受到不同程度的破坏,由原来的密林转变为了灌木林(含疏林和矮林),部分区域的覆盖度在降低。

5. 居住用地的增加主要来源于其附近的耕地;其次是果园。现有居住用地中来自水田的占 16.83%,来自轮歇地的占 10.77%,两者合计达 27.6%。来自果园的占现有居住用地的 15.03%。

6. 迹地来自于对植被的破坏,其中有林地占 45.47%,灌木林地占 18.85%,轮歇地只占 20.34%。

7. 滩涂面积中 30.63%是由水田转变而来。主要是分布在河流沿岸的水田受到冲刷而转为沙地。

表 2 是根据公式(3) 计算出的勐仑土地利用变化转移百分率矩阵,表现出面积减少地类主要转移为种植园地和建设用地,具体特点如下:

1. 对于 1988 年的水田,到 2003 年保留下来不到一半,其余大部分都转变为了橡胶园,占了 30.79%;其次是转变为果园和建设用地,还有一部分转变为了滩涂。

2. 大部分轮歇地都转变为了橡胶园,占 67.98%,一部分(11.92%)恢复为灌木林地。

3. 橡胶园绝大部分得以保留,向其他用地的转移不显著。

4. 1988 年的迹地主要转变为橡胶园和灌木林,其次是耕地和有林地。

5. 有林地仅保留了 53.68%,25.42%转变为了橡胶园,16.68%转变为了灌木林。有林地区域 1988 到 2003 年的变化的空间分布具体可见图 2。可以看出有林地区域,尤其是保护区以外的部分在逐步被橡胶园、灌木林和果园等蚕食。

表 2 1988~ 2003 年勐仑土地利用/ 覆盖转移率矩阵 (%)

Table 2 Transition matrix of land use and land cover change in Menglun from 1988 to 2003

1988 年	2003 年												
	水田	轮歇地	果园	橡胶园	香英兰园	园林用地	有林地	灌木林	荒地	居住用地	河流	滩涂	苗圃
水田	48.12	0.50	5.77	30.79	0.05	0.00	1.17	2.24	1.80	2.53	2.14	4.90	0.00
轮歇地	4.27	0.67	4.523	67.98	0.72	0.00	3.29	11.92	4.06	0.52	1.37	0.69	0.00
果园	18.13	0.07	20.01	33.19	0.17	3.91	1.47	3.34	1.25	6.97	7.03	4.46	0.00
橡胶园	4.24	0.62	3.57	81.38	0.00	0.00	2.04	4.61	2.07	0.60	0.75	0.12	0.00
园林用地	0.00	0.00	16.18	0.00	0.00	62.93	0.00	0.00	0.00	3.40	6.92	7.80	2.77
有林地	0.48	0.39	0.53	25.42	0.06	0.00	53.68	16.68	2.46	0.02	0.23	0.06	0.00
灌木林	2.44	1.93	1.27	32.30	0.19	0.00	13.99	43.22	2.92	0.13	1.35	0.26	0.00
迹地	3.62	3.58	0.76	44.39	0.00	0.00	5.54	38.69	2.92	0.40	0.04	0.07	0.00
居住用地	15.46	0.00	2.92	11.47	0.00	0.92	1.02	1.05	0.63	63.89	0.98	1.67	0.00
河流	4.80	0.07	4.48	13.04	0.16	0.96	4.49	11.39	1.74	0.51	51.01	7.35	0.01
滩涂	5.49	0.00	1.75	4.14	0.00	3.49	0.02	7.56	0.16	2.31	23.88	51.21	0.00

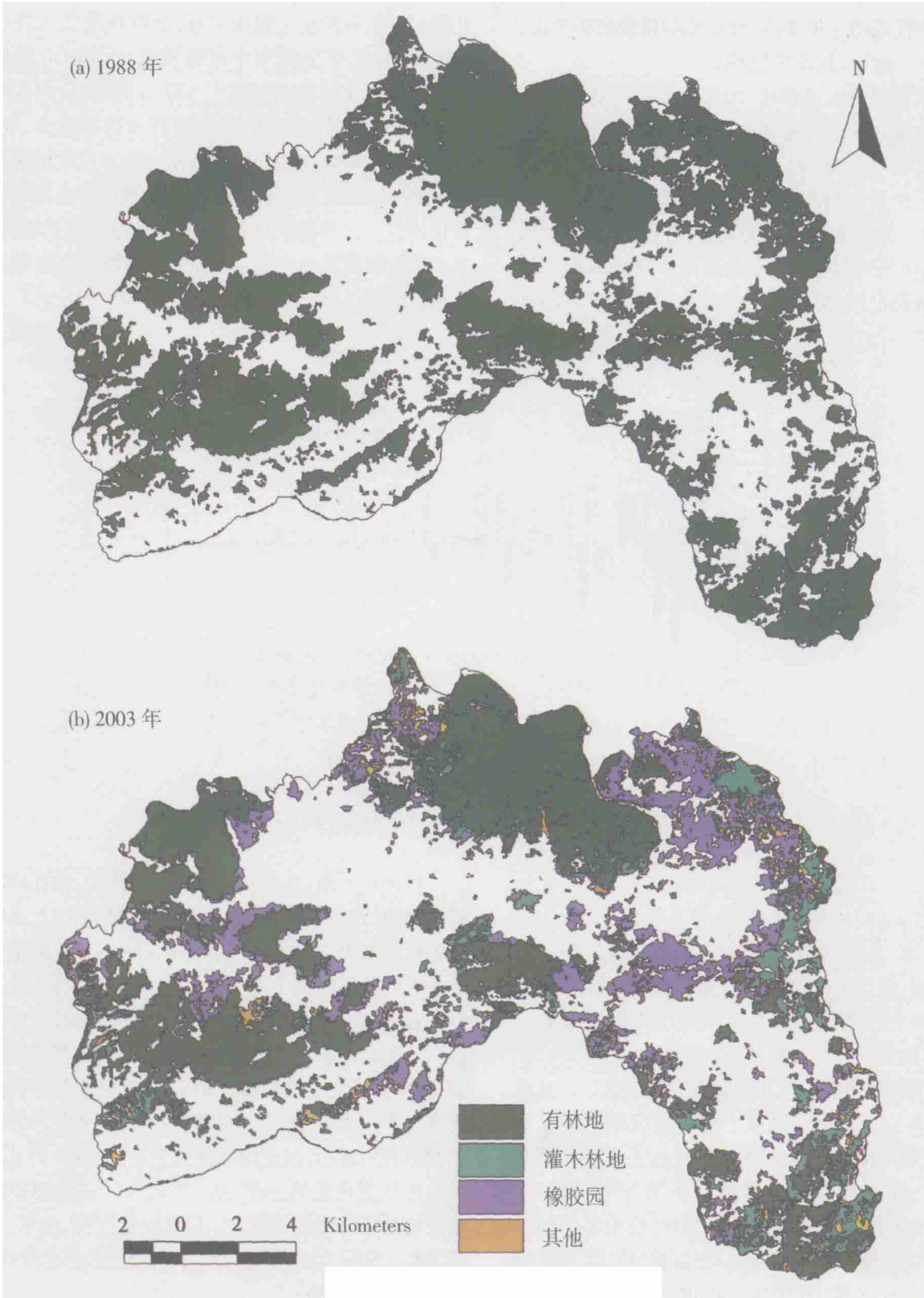


图2 15 a 间勐仑有林地区域变化情况
Fig. 2 Changes of forested area in Menglun in 15 years

3.2 LUCC 的空间分布规律

3.2.1 LUCC 与海拔的关系

土地利用/覆盖增减剧变的区域主要出现在海拔 900 m 以下范围, 橡胶园和居住用地的增加和有

林地、耕地的减少都集中于该区域。海拔大于1 000 m 的地区虽然也有相似的变化趋势, 但是已不明显 (图 3)。这说明随着海拔升高, 人类活动影响逐渐减少, 土地利用/覆盖的变化幅度也随之减小。而水

热条件较优越的中低海拔地区,原始植被破坏严重,代之以人工植被,建设用地等。

与橡胶园等用地相比,水田和居住用地尽管在各个海拔变化的绝对量较少,但是其内部的收入和支出变化仍十分显著。2003 年水田在海拔 600 m 以下的减少量占各海拔累计减少量的 71.14%,在海拔 600~700 m 范围的增量占在各个海拔累计增量的 63.08%,这说明原有水热条件较好的低海拔耕地逐渐被占用,而由稍高海拔地区的新开耕地来

补偿。与水田的变化规律相反,低海拔居住用地明显增加,且几乎全部集中在海拔低于 700 m 的地区,其中 77.30% 在海拔低于 600 m 的地区;而在海拔大于 1 300 m 的地区,其面积甚至稍有减少。水田和居民地增减变化的这种空间上的对应性说明居住用地面积的扩大是以牺牲低海拔地区的耕地面积为代价的。另外灌木林和迹地在中高海拔上增加。滩涂增加幅度虽然很大,但因为其基数较小而使其重要性降低。

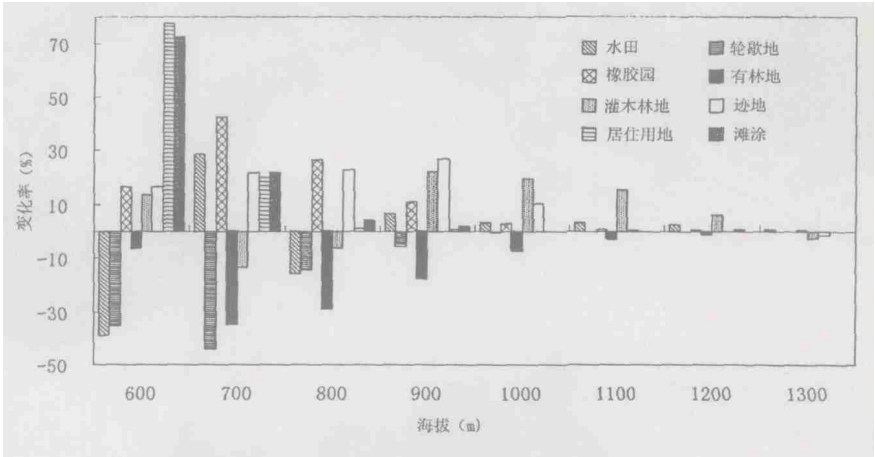


图 3 勐仑不同海拔范围主要地类的变化

Fig. 3 Altitudinal variation in main types of land use and land cover in Menglu

(注: 由于地类较多, 图中仅给出规律性较明显几种地类, 海拔大于 1 300 m 范围由于变化率太小也未给出)

3.2.2 LUCC 与坡度的关系

由公式(4) 计算出的结果列于表 3。由表 3 看出, 橡胶园、果园、香荚兰园和迹地的增量随坡度变大而增加, 直至 15°~25° 范围达到最大, 而后降低。而有林地和轮歇地的减少量表现出与其对应的规律: 两者面积在各个坡度范围内都减少, 在 15°~25° 范围减少得最多, 15° 以上坡度范围减少量接近总减少量 80%。水田在坡度较小的平坦区域有明显的减少, 坡度 < 6° 的区域减少的面积占了总变化量的 53.58%, 而在 6° 以上的区域有不同程度的增加。居住用地在各坡度范围都有所增加, 但增加的幅度表现出与水田相反的趋势。在坡度 15° 以下范围内, 其增加幅度都较大, 共占了增加总量的 72.51%, 而在 15° 以上坡度范围内增幅随坡度增加逐渐减小。灌木林总量增加主要在 15° 以上的陡坡范围内, 其增加量占总变化量的 84.35%, 在 2°~15° 坡度区域, 则有少量减少。

3.2.3 LUCC 与坡向的关系

耕地在平地、北向和东北向坡上减少, 而在向阳坡地增加, 尤以南和东南向坡较为显著(表 4), 说明耕地在逐渐由平地向山地转移的过程中, 坡向是一个较重要的限制因子。相对其他地类的变化, 橡胶园在各坡向坡地都表现出显著地增加, 尤以北向坡(含北、西北和东北)的面积增加最多(占总变化量的 37.10%), 略高于南坡(35.80%)。这种盲目扩张趋势增大了橡胶受低温寒害的风险。有林地在各坡向面积都有所减小, 以北向坡最为显著, 其减少的总面积约占总变化量的一半, 达 47.62%。迹地面积则相应地在北向坡显著增加, 其增加量达 52.31%, 说明当地开发的主要区域已转向森林覆盖较好北向坡。

3.3 LUCC 态势

由公式(5) 计算的各类用地变化趋势和状态指数(表 5)表明, 勐仑地区各地类变化趋势状态大致可分为三类:

1. 动态平衡态势: 动态平衡是指研究期内实际变化量不大或尽管收入和支出量均较大但基本持

平,从而变化的绝对量很小,变化趋势指数也较小的情况。本研究设定的变化趋势指数范围为绝对值小于 0.1。值为正,则地类面积变化方向为增加,反之则减少。水田、灌木林和园林用地均处于这一范围。

2. 准平衡态势:指变化趋势指数的绝对值处于 0.25~ 0.5 范围的地类。包括居住用地、迹地和果园。其中居住用地和迹地变化趋势之数较大,说明其增长较快,而果园增长缓慢。

3. 极端不平衡态势:指变化趋势指数绝对值大于 0.75 的地类。有林地,轮歇地变化趋势指数分别为- 0.75 和- 0.91,都趋近于- 1,说明研究时段内该类用地的面积以较快的速度减小,处于明显的非平衡态势。橡胶园变化趋势指数为 0.86,处于强烈增长的态势。

就整个研究区域而言,其综合变化趋势指数为 0.60,处于不平衡状态,说明各类用地的转换以单向转换为主(如:轮歇地向橡胶园和灌木林转移,水田向居住用地转移等)。

过去几十年橡胶价格的涨落与橡胶种植面积的变化表现出较好的对应关系。作为橡胶种植的重要

驱动因素之一的橡胶价格,自 2002 年下半年以来快速回升,至今为止已超过历史最高水平。这对橡胶

表 3 各地类不同坡度范围面积变化率(%)

地 类	坡 度					
	≤2°	2°~ 6°	6°~ 15°	15°~ 25°	25°~ 35°	> 35°
水田	- 35.32	- 18.26	11.81	16.99	12.45	5.17
轮歇地	- 11.39	- 8.51	- 25.34	- 34.13	- 17.19	- 3.44
果园	12.89	2.41	21.12	39.12	17.99	6.47
橡胶园	7.26	5.10	19.24	35.03	25.83	7.54
香荚兰园	15.22	22.50	25.71	27.64	7.81	1.13
有林地	- 4.27	- 2.44	- 14.92	- 34.06	- 31.64	- 12.67
灌木林	10.60	- 4.11	- 0.94	10.60	30.44	43.31
迹地	10.32	6.40	20.41	30.32	25.23	7.33
居住用地	24.59	21.61	26.31	16.80	8.47	2.23
园林用地	35.46	- 48.70	9.19	5.46	1.20	0.00
苗圃	100.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
水体	- 36.83	10.99	8.26	18.51	24.89	- 0.53
滩涂	37.87	20.29	15.87	13.96	7.59	4.41

表 4 各地类不同坡向范围面积变化率(%)

Table 4 Changes of land use and land cover on different slope aspects

地 类	坡 向								
	平地	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
水田	- 36.75	- 10.00	- 7.81	5.04	10.48	10.31	8.18	9.38	2.05
轮歇地	- 8.37	- 11.45	- 10.29	- 10.76	- 13.78	- 14.20	- 11.48	- 9.11	- 10.55
果园	10.54	27.63	7.64	7.33	13.03	13.50	3.42	6.53	10.37
橡胶园	5.50	12.98	12.29	11.86	13.22	12.11	10.47	9.75	11.83
香荚兰园	12.55	0.93	0.38	2.57	14.56	23.63	32.22	10.25	2.90
有林地	- 3.33	- 17.07	- 12.64	- 8.22	- 7.22	- 8.02	- 10.75	- 14.85	- 17.91
灌木林	3.21	14.85	3.68	- 11.24	- 17.36	- 7.76	1.74	17.01	23.15
迹地	7.89	20.33	10.29	0.89	- 2.75	- 1.07	15.02	20.07	21.69
居住用地	17.98	2.84	5.01	6.82	6.79	15.81	26.55	13.62	4.59
园林用地	32.56	4.92	1.04	2.29	- 17.65	- 10.59	- 5.40	- 15.65	9.91
苗圃	64.62	35.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
水体	- 35.97	- 2.04	- 0.09	4.73	19.45	19.19	7.39	9.25	1.88
滩涂	25.56	2.25	3.32	14.22	15.34	15.36	16.11	6.54	1.31

表 5 勐仑镇土地利用/覆盖变化趋势指数

Table 5 Trend of land use/ land cover changes in Menglun

地类	水田	轮歇地	果园	橡胶园	有林地	灌木林	迹地	居住用地	园林用地	水体	滩涂
增加用地(hm ²)	720.21	218.16	628.01	9 814.20	1 094.72	3 665.85	872.65	133.85	26.55	289.35	486.46
减少用地(hm ²)	739.50	4 384.87	369.72	752.36	7 562.34	3 253.80	292.79	45.49	26.15	260.79	29.63
变化趋势指数	- 0.01	- 0.91	0.26	0.86	- 0.75	0.06	0.50	0.49	0.01	0.05	0.89

面积的继续扩张无疑是很强的驱动。加之目前勐仑镇内适宜橡胶种植的用地尚未开发殆尽,因而若无适当的政策引导,橡胶种植面积受此驱动继续快速增加的可能性仍然很大。这必将引起有林地、灌木林等植被的进一步减少。另外,人口增加,旅游业的发展,经济的增长,也必将不断推进城市化进程。

综上,将上述因素与土地利用/覆盖变化趋势指数相结合分析,可预测未来一段时期内该区的土地利用/覆盖格局发生变化的可能性仍然很大。

4 结论和讨论

1. 近 15 a 间(1988~2003),滇南热带雨林区——勐仑地区土地利用/覆盖发生了显著变化,尤其是有林地年均递减速度达到 431.17 hm^2 ,而近年发展较快的橡胶园年均增加速度高达 604.12 hm^2 。面积增加地类主要来源于有林地和耕地,面积减少地类主要转移为橡胶园和建设用地,橡胶园的增加主要来自有林地,约占 32%。园地增加和有林地减退,加速了热带雨林的破碎化,从而减弱其生态服务功能。不过,大量轮歇地转变为具有较高水土保持能力的橡胶园,在一定程度上有利于改善当地的生态环境。

2. 勐仑地区土地利用/覆盖变化主要集中在热带雨林适宜分布范围,即海拔 900 m 以下地区,表明这一区域的人类生产活动较频繁。在水热条件较好的 600 m 以下地区,水田大量减少,而居住用地明显增加;耕地转而向较高海拔扩张。陡坡山地上有林地(热带森林)面积的减少,必将导致生态环境质量下降,从而不利于该地区的可持续发展。

3. 耕地向山地的扩张主要集中于向阳坡。橡胶园在低温寒害多发的北向坡的面积增加幅度甚至稍高于南坡,北向坡有林地面积也相应地减少。

4. 从该区土地利用/覆盖的转移变化规律和空间分布特点来看,自然条件如地形等是 LUCC 的重要的限制因子,而人类活动对其产生强烈影响,其中市场和政策是强有力的驱动因子。另外人口增长压力以及旅游业的发展对于该区的城市化进程也起了重要的作用。

5. 土地利用/覆盖格局的上述强烈变化带来了多方面的环境资源效应,其一为有林地的破碎化:2003 年较之 1988 年面积 $< 100 \text{ hm}^2$ 的森林斑块数量明显增加,而 $\geq 100 \text{ hm}^2$ 的森林斑块数目却明显

减少;1988 年最大森林斑块面积 $> 3000 \text{ hm}^2$,到 2003 年其面积已降至 3000 hm^2 以下;1988 年平均斑块面积为 44.3 hm^2 ,到 2003 年降为 11.4 hm^2 ,景观严重破碎化,野生动植物的生境也受破坏;其二,该区的生态服务功能减弱:具有较高生物多样性价值的热带森林转变为橡胶林后,其中的乔木树种和绝大多数其他生活型的树种也就丧失了,这必然大大减少当地的生物多样性,同时单位面积生物量减少;其三城镇扩张,优质耕地减少,坡耕地增加,进一步造成对有林地等植被的破坏,使水土保持能力降低,生态环境进一步恶化。

6. 将研究时段内 LUCC 的变化特征结合驱动力未来几年内的变化分析,目前该地区的土地利用/覆盖变化仍处于活跃状态,当地政府应密切关注这一趋势,并根据社会、经济实际情况制定适当的政策和措施,控制不合理的开发活动,合理规划和利用土地资源。

7. 本文所提出的贡献率指数和随地形因子变化率指数与其他指数结合,能很好地说明土地利用/覆盖的变化过程和规律。由于其已经无量纲化,因而在不同限制条件下都有较好的可比性。

致谢:本工作得到张佩芳和邓喜庆两位先生的大力帮助,沙丽清和郑征老师提供了有关资料,曹智伟和张慧同学参与了部分数据处理,云南省勐腊县土地管理局及勐仑镇政府提供了有关图件及统计数据,谨此致谢。

参考文献(References):

- [1] Meyer, W. B. and B. L. Turner II. Changes in land use and land cover: A global perspective[M]. Cambridge: Cambridge University Press. 1994.
- [2] Li Xiubin. A review of the international research on land use/land cover change[J]. *Acta Geographica Sinica*, 1996, **51**(6): 553~557. [李秀彬. 全球环境变化研究的核心领域? 土地利用/土地覆盖变化的国际研究动向[J]. 地理学报, 1996, **51**(6): 553~557.]
- [3] Liu Jiuyan, Liu Mingliang, Zhuang Dafang, et al.. Study on spatial pattern of land-use change in China during 1995~2000[J]. *Science in China (Series D)*, 2003, **46**(4): 373~384.
- [4] 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.]
- [5] Chen Siqing, Liu Jiuyan, Zhuang Dafang, et al.. Quantifying land use and land cover change in Xilin River Basin using multi-temporal landsat TM/ETM sensor data[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003,

- 58(1): 45~ 52. [陈四清, 刘纪远, 庄大方, 等. 基于 Landsat TM/ETM 数据的锡林河流域土地覆盖变化[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 45~ 52.]
- [6] Zhu Huiyi, Li Xiubin, He Shujin. Spatial-temporal change of land use in Bohai Rim[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2001, 56(3): 253~ 260. [朱会义, 李秀彬, 何书金. 环渤海地区土地利用的时空变化分析[J]. 地理学报, 2001, 56(3): 253~ 260.]
- [7] Luo Geping, Zhou Chenhu, Chen Xi. Process of land use/land cover change in the oasis of arid region[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(1): 63~ 72. [罗格平, 周成虎, 陈曦. 干旱区绿洲土地利用与覆被变化过程[J]. 地理学报, 2003, 58(1): 63~ 72.]
- [8] Yu Hong, Zeng Hui, Jiang Ziyang. Study on distribution characteristics of landscape elements along the terrain gradient[J]. *Advance in Earth Sciences*, 2001, 21(1): 64~ 69. [喻红, 曾辉, 江子瀛. 快速城市化地区景观组分在地形梯度上的分布特征研究[J]. 地理科学, 2001, 21(1): 64~ 69.]
- [9] Yan Jianzhong, Zhang Yili, Liu Linshan, et al.. Main effect of plateau traffic on land use and landscape pattern change: from Lanzhou to Golmud[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(1): 34~ 44. [阎建忠, 张锬铨, 刘林山, 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.]
- [10] Li Xiaolin, Sun Danfeng, Zhang Fengrong. Landscape pattern analysis on change in the fraction of green vegetation based on remotely sensed data in Beijing mountainous area[J]. *Journal of Mountain Science*, 2003, 21(3): 281~ 286. [李晓琴, 孙丹峰, 张凤荣. 基于遥感的北京山区植被覆盖景观格局动态分析[J]. 山地学报, 2003, 21(3): 281~ 286.]
- [11] Zhang, K. Y. The influence of deforestation of tropical rainforest on local climate and disaster in Xishuangbanna region of China[J]. *Climatological Notes*, 1986, 35: 223~ 236.
- [12] Zhang Peifang, He Weiren, He Xiang, et al.. An approach on forest spatial change in Xishuangbanna. *Acta Geographica Sinica*, 1999, 54(Suppl.): 139~ 145. [张佩芳, 郝维人, 何祥, 等. 云南西双版纳森林空间变化研究[J]. 地理学报, 1999, 54(Suppl.): 139~ 145.]
- [13] Gan Shu, He Daming, Dang Chenglin. The comparison of three case study area on landscape structure of Lancang River Basin in Yunnan Province[J]. *Journal of Mountain Science*, 2002, 20(5): 564~ 569. [甘淑, 何大明, 党承林. 澜沧江流域上、中、下游典型案例区景观格局对比分析[J]. 山地学报, 2002, 20(5): 564~ 569.]
- [14] Xu Jianchu, Zhang Peifang, Wang Yuhua. Land use and land cover in Lancang Watershed of Yunnan[J]. *Acta Botanica Yunnanica*, 2003, 25(2): 145~ 154. [许建初, 张佩芳, 王雨华. 云南澜沧江流域土地利用和覆盖变化[J]. 云南植物研究, 2003, 25(2): 145~ 154.]

Land Use and Land Cover Change in the Tropical Rainforest Region of Southern Yunnan

——A Case Study of Menglun, Xishuangbanna

LIU Wenjun, MA Youxin, HU Huabin, CAO Min, WANG Wei

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

Abstract: With the pressures of population growth and economic development, the forest coverage of Xishuangbanna, has been reduced significantly, and the ecological issues are emerging. Menglun township, one of the nature reserves of Xishuangbanna, is undergoing the same process. We took it as the case study area to give an insight into the land use and land cover change(LUCC). Based on the interpretation of Landsat TM (ETM) images (1988 and 2003) and spatial analyses with GIS technology, we summarized the transition regularities among different types of land use and land cover, and concluded that the dramatic decreases of forest ($431.17 \text{ hm}^2/\text{a}$) and fallow were mainly attributable to the expansion of rubber plantation($604.12 \text{ hm}^2/\text{a}$), and the urbanization took the main responsibility for the decrease of farmland. Spatial analysis of LUCC data with digital elevation model (DEM) revealed that the most intensive changes occurred in those areas under the latitude of 900 m where the tropical rain forest most possibly distributes. The increase of rubber plantation and the decrease of forest and fallow got the maximum on the slope of 15° to 25° , and both of them were more obvious on the north-facing slopes than on the others. The trend analysis shows that the LUCC is still in an active status.

Key words: LUCC; spatial-temporal change; tropical rainforest; Xishuangbanna