

岷江上游土地利用/覆被变化及其驱动力*

赵永华^{1,2,3} 何兴元^{1**} 胡远满¹ 常禹¹(¹中国科学院沈阳应用生态研究所 沈阳 110016; ²长安大学地球科学与国土资源学院, 西安 710054; ³中国科学院研究生院, 北京 100039)

【摘要】 岷江上游具有自然环 境复杂性、生态系统脆弱性、经济发展边缘性、社会文化过渡性等特性, 其土地利用/土地覆盖变化的特点可以代表我国西南山地土地资源及利用中所存在 的普遍问题. 林地和草地是岷江上游地区的主要土地利用类型. 从 1974 ~ 2000 年间各个土地利用类型均发生了不同程度的变化, 林地面积持续减少, 其它类型面积均有不同程度的增加. 类型间面积变化均为双向, 主要发生在有林地、灌木林地、经济林地、草地、居民用地和耕地之间, 且主要在林地和草地两个类型之间. 其中 1974 ~ 1986 年变化大于 1986 ~ 2000 年. 人口和经济是该区土地利用变化的主要驱动因素. 自实施天然林保护工程和退耕还林还草工程以来, 该区土地利用状况有所好转, 正在向好的方向发展.

关键词 岷江上游 驱动力 土地利用 土地覆被

文章编号 1001-9332(2006)05-0862-05 中图分类号 S157.1 文献标识码 A

Land use and land cover changes and driving forces in the upper reach of Minjiang River. ZHAO Yonghua^{1,2,3}, HE Xingyuan¹, HU Yuanman¹, CHANG Yu¹ (¹Institute of Applied Ecology, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110016, China; ²College of Earth Science and Land Resources Management, Chang'an University, Xi'an 710054, China; ³Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2006, 17(5): 862 ~ 866.

The upper reach of Minjiang River is the representative of mountainous area in Southwest China in the aspects of natural environment, ecosystem structure, economic development, and social culture. The characteristics of the dynamic changes of its land use and land cover stood for the common questions occurred in the land resources and usage of this area. Woodland and grassland are the main types of land use and land cover, and many changes in land use/cover types happened from 1974 to 2000. Among forestland, shrub land, economic forestland, grassland, cropland and resident land, changes mainly happened between woodland and grassland, and all occurred bilaterally. The area of forestland changed mostly and kept decreasing from 1974 to 2000, while that of other land types increased. The changes of land use and land cover happened between 1974 and 1986 were larger than those happened between 1986 and 2000. Population and economy were the main driving factors for the changes of land use and land cover in the upper reach of Minjiang River. Since the programs of Natural Forest Protection and Withdrawing Cropland to Woodland and Grassland carried into execution, the land use and land cover have changed rationally.

Key words Upper reach of Minjiang River, Driving force, Land use, Land cover.

1 引言

近年来我国对土地利用/土地覆盖变化(LUCC)的研究取得很大进展, 不但在宏观尺度上进行了全国性主要热点问题研究, 还对一些典型生态类型区和典型经济发展地区土地利用现状、变化、问题及相关的驱动力进行了探讨^[3, 5, 7, 9-10, 12-15]. 岷江上游有着得天独厚的森林资源和牧业资源, 是四川省乃至全国主要用材林生产基地和长江上游水源区, 也是成都平原和岷江中下游地区绿色水库和生态屏障^[4]. 随着地区经济的发展和人类活动的加剧, 坡耕、滥伐、过牧等对该地区生态环境造成极大破坏, 水土流失日益严重.

利用 3S 技术研究该区土地利用/土地覆被变化特征及规律, 可为该区土地利用动态监测系统建立奠定基础, 并为优化区域土地利用结构、改善生态环境和土地资源永续利用提供依据.

2 研究地区与研究方法

2.1 自然概况

岷江是长江上游重要支流之一, 其上游地区位于青藏高原东缘高山峡谷地带, 指自源头弓杠岭至都江堰之间的河段, 长 341 km, 流域面积 $2.4 \times 10^4 \text{ km}^2$, 天然落差 3 570 m; 在行政区域上主要包括四川省阿坝藏族羌族自治州的文川、

* 国家重点基础研究发展规划资助项目(2002CB111506).

** 通讯联系人. E-mail: hexy@iae.ac.cn
2005-05-24 收稿, 2006-02-11 接受.

理县、茂县、松潘、黑水等 5 县。区内地貌类型以中、高山地为主, 山地与峡谷交错分布。流域年均气温为 5~12℃, 南部大于 10℃ 年积温为 3 143~4 033℃, 北部为 1 148~2 319℃; 年降水量 500~600 mm, 降水量 80% 集中在 5~10 月。植被呈垂直带状分布: 海拔 1 300~2 200 m 河谷底部至谷坡 300 m 之间, 为干旱河谷灌丛; 1 600~2 000 (2 200) m 阴坡及沟谷, 为常绿落叶与落叶阔叶混交林; 2 000 (2 200)~3 600 m 为亚高山针叶林; 海拔 3 600~3 800 m 以上为高山灌丛草甸^[17]。土壤类型有褐土、棕壤、暗棕壤、灌丛草甸土、草甸土、亚高山草甸土、高山草甸土和高山寒漠土。

2.2 研究方法

2.2.1 图象处理

根据 1974 年的 MSS、1986 年的 Landsat TM 和 2000 年的 Landsat ETM+ 数据, 以 1:10000 地形图为依据, 按照标准分幅应用二次多项式分别进行几何校正, 控制点中误差在 1 个像元以内。再根据统计资料、地形图及各种专题图件, 结合野外考察资料, 建立该区域解译标志; 应用图像处理软件 Erdas Imagine, 采用人机交互式监督分类方法进行解译, 并通过野外验证对其精度进行评价。在 ArcGIS 软件的支持下, 统计生成不同时期土地利用/覆被变化图, 通过空间叠加分析, 得到该区域土地利用与覆被变化的动态变化信息, 生成相关专题图。

2.2.2 动态分析

为了能够说明土地利用状态在时间轴上发生的一系列变化, 引入单一土地利用动态公式^[6], 即研究土地利用数量、方式和强度随时间发生的变化, 选择要素是时段内土地利用类型变化情况及土地类型动态度。

$$LUDI = \frac{U_b - U_a}{U_a} \times \frac{1}{T} \times 100 \quad (1)$$

式中, $LUDI$ 为研究时段 T 内某一土地利用类型的动态度; U_a 、 U_b 分别为研究初期及研究末期某一土地利用类型的数量; T 为研究时段。

单一土地利用动态度双向模型可以更好地表示土地利用变化的过程和方向^[11], 作为单一土地利用动态变化的补充, 能够更清楚地表示土地利用双向变化情况。

$$K_i = \frac{\sum U_{ij} + \sum U_{ji}}{U_i \times T} \times 100\% \quad (2)$$

式中, K_i 为第 i 类土地利用类型在某一时段内土地利用动态变化的双向指标, 即土地利用动态变化的双向变化率 (以年为单位), $\sum U_{ij}$ 为在该时段内第 i 类土地利用类型变为其它类型的土地面积总和, $\sum U_{ji}$ 为其它土地利用类型变为第 i 类土地利用类型的总和, U_i 为研究时段开始时第 i 类土地利用类型的面积, T 为研究时段的长度。

土地利用偏离度是指由于人类的活动而导致偏离原来土地利用类型的程度。土地利用偏离度 = (各种居民用地 + 耕地 + 经济林地 + 人工林地) / 土地总面积。

驱动力定量分析主要应用 SPSS 统计分析软件对所收集整理的统计数据进行主成分分析获得。分析前对原始数据进行整理归类和标准化。

3 结果与分析

3.1 土地利用特征

岷江上游地区土地利用方式主要以传统的林业和牧业为主, 林地面积在 3 个时期 (1974/1986/2000) 分别占总面积的 71.94%、70.61% 和 69.25%, 而草地面积分别占总面积的 20.64%、21.38% 和 22.52%。3 个时期林地和草地面积均高于 91%, 是该区最大土地利用类型, 二者共同控制着岷江上游生态环境变化方向、强度及土地利用变化格局, 其质量好坏直接关系到该区的生态安全、人们的生活方式、区域经济的发展、繁荣和经济结构的调整。在 3 个时期中, 有林地面积占林地面积的 76.27%、72.47% 和 68.68%, 占总面积的 54.87%、51.17% 和 47.56%。其它土地利用类型斑块镶嵌在林地和草地基质中, 河流作为廊道, 构成了典型的斑块-廊道-基质景观。

3.1.1 土地利用动态变化

从表 1 可以看出, 在 1974~2000 年间, 有林地面积持续减少, 也是唯一减少的土地类型, 是其它土地利用类型面积增加之源。其第 1 阶段的动态变化程度 (-0.56) 高于第 2 阶段 (-0.50), 说明第 1 阶段的变化比第 2 阶段更为剧烈。而耕地、草地、居民用地、灌木林地和经济林等土地利用类型面积均有不同程度的增加。尽管草地的动态度小, 但由于其面积基数大, 面积增加量也就最大, 居民用地的面积基数小, 其增加量也就最小。耕地、灌木林地和经济林 3 种土地类型在第 1 阶段的增加幅度均高于第 2 阶段, 而草地和居民用地在第 2 阶段的增加量则高于第 1 阶段。

表 1 土地利用动态变化

Table 1 Dynamic change for land use and land cover

	耕地 Cropland	草地 Grassland	居民用地 Resident land	有林地 Forestland	灌木林地 Shrubland	经济林 Economic forest
1974~1986	2.27	0.30	1.05	-0.56	1.11	3.73
1986~2000	0.51	0.38	2.04	-0.50	0.78	2.87

3.1.2 土地利用动态双向变化与偏离度

土地利用动态双向变化指标能够表现土地利用相互变化的情况。在两个时段里, 各个类型的土地利用双向变化指标值都高于单一土地利用动态度值, 表明各土地利用类型在两个时段内都发生了类型间的相互转变, 即各种土地利用类型均有不同程度的转出; 同时又有其它土地利用类型的转入, 处在一种动态变化过程之中。除耕地外, 其余几种土地利用类型在下一个时间段 (1986~2000 年) 发生双向变化程度

要比前一个时间段(1974~1986)更剧烈;而耕地第1阶段的双向变化要比第2阶段大,是第2阶段的双倍多,但总体增加趋势有所减缓。在发生变化各土地利用类型中,经济林动态双向变化最剧烈,草地双向变化最小(表2)。

表2 土地利用双向变化情况

Table 2 Bilateral change for land use and land cover

	耕地 Cropland	有林地 Forestland	灌木林地 Shrubland	经济林 Economic forest	草地 Grassland	居民用地 Resident land
1974~1986	3.41	0.67	2.08	3.98	0.45	1.36
1986~2000	1.44	0.84	2.13	4.16	0.77	2.18

根据1974、1986和2000年的土地利用偏离度计算结果可知,其偏离度从1974年的2.55%增加到1986年的3.29%,到了2000年,其偏离度增加到3.70%,说明在岷江上游地区人文景观所占比例逐年增加,人类对自然环境改造强度呈现增加趋势。

3.2 土地利用变化的驱动力

3.2.1 定性描述 1949年以前,岷江上游虽有30余年木材采伐史,但由于交通运输条件差,森林采伐量一直低下。真正大规模森林开采始于20世纪50年代末,各森林工业局相继成立,如川西、松潘、黑水、毛尔盖森林工业局,专业采伐队也随之进入该林区,并且还专门对岷江河道进行了疏浚。因此,其木材输出量和林业产值仍然很低。到了20世纪60年代末,各县公路相继贯通,森林开采成为各县的主要经济来源。20世纪70年代后期和80年代,各林区专用道建成,并且还增设了索道等先进运输工具,木材集运能力大幅提高,采伐量与林业产值成倍增长,其间森林面积和林木资源量大幅度下降。20世纪80年代到90年代中后期十几年里,岷江上游又出现一个森林资源开采的热潮。除汶川经济多样性较好外,其他各县均出现了“木头财政”现象,森林资源进一步遭到破坏;到1998年国家颁布天然林禁伐令,岷江上游可开采森林资源已基本丧失^[2]。为片面追求经济发展,该区对木材资源进行了掠夺性采伐,且没有及时地对砍伐迹地的次生林进行合理的规划和再生利用,导致森林面积持续下降。

草地是该区畜牧业发展的基础。其面积大小、质量好坏及管理措施等均制约着畜牧业的合理发展。该区草地面积增加也相当大,主要是由林地转化而来。草地面积总体上增加,但增加的都是些低覆盖度草地,高覆盖度草地较少,牧草质量和产量都较低,主要是当地人为了满足生活水平提高的要求,开垦

利用牧业资源和超载放牧,忽视了优质牧草的培育和保护,草场退化严重,导致草地面积扩大而畜牧产业水平却较低。由表3可以看出,在1995~2000年间,该区牲畜总头数是增加的,平均超载率在20%左右,说明为满足牲畜所需草量及饲养更多牲畜,大量林地特别是灌木林地转变成草地,而大量的超载率势必导致草地资源的进一步恶化,水土流失加剧,干旱河谷进一步扩大,给区域生态环境恢复带来了极大的难度。

表3 岷江上游1995~1999年间牲畜数^[1]

Table 3 Livestock number in the upper reach of Minjiang River (1995~1999)

项目 Item	1995	1997	1998	1999
总头数 Total number	611 280	650 869	667 104	665 968
折合牛单位 Cattle unit converted	316 592	343 280	359 363	366 490
超过理论载畜量 Amount over the theoretical livestock limit(%)	13.9	23.5	29.3	21

耕地是人类粮食和部分经济的主要来源地。耕地面积与人口数量有直接关系。1986~2000年间,岷江上游地区的人口自然增长率始终在10%左右,人均消费水平稳步增加^[8],1995~2000年间就增加了近10 000人,农业人口增加了近5 000人。尽管人口压力看上去并不大,但由于特殊的地形地貌特征,山高坡陡,土壤瘠薄,其传统的耕作方式并没有从根本上改善,可耕种土地少,这就增加了该区域的人地矛盾,迫使人们开垦大量的林地、草地及荒地以扩大耕地面积、提高粮食产量和满足生活需要,也导致了该区耕地面积有所增加,且主要增加在一些坡耕地和对原有耕地四周的开垦。人口发展在导致耕地紧张的同时也导致了居民用地的增加。人口增加,户数增加,需要更多的建筑用地、建筑材料、道路、燃料等,人类必须努力提高土地利用程度,以满足不断增加的人口和不断提高的消费水平需要。这些恰恰要以牺牲其它土地利用类型为代价,即当现有土地覆被结构的土地利用效益不能满足现有人口和市场需要时,人们会在系统内自然条件允许的地方改变土地覆被现状、加大土地利用投入,以提高土地利用程度来满足生活和生产的需要。近年来,受西部大开发战略的影响,区域经济快速发展,人们对生活水平和质量要求越来越高,这就要求有更多资源来满足其需要,因此居民用地面积增加也在情理之中。

岷江上游是多种果品和经济作物适生区域,20世纪80年代兴起的经济作物种植高潮促使大

量优质耕地转变成经济林地, 至今该区河谷阶地和山间台地上仍然分布着大量的苹果园; 同时也有部分荒山、草坡被开垦为经济林地, 种植花椒等经济作物. 在 20 世纪 80 ~ 90 年代中后期, 由于水果、干果等经济作物市场看好, 各种果业成为该县地方经济与农户增收的重要手段, 经济利益促使农民去大量种植经济林. 随着产业结构调整, 加之近年来该区苹果品种逐渐老化, 价格低廉, 花椒产量下降和病害, 经济林增加的趋势必然会有所下降.

3.2.2 定量分析 通过计算获得了各主成分的得分(表 4)和因子权重值(表 5). 通常当主成分的累计贡献率达到 75% 时, 就具有很好代表性^[16]. 由表 4 可知, 前两个主成分的贡献率达到了 88.4%, 大于 75% 的累计贡献率阈值, 因此第 1 和第 2 主成分完全可以代表全部成分. 第 1 主成分的累计贡献率远远超过了第 2 主成分, 因此第 1 主成分对整个分析的贡献要远大于第 2 主成分. 在第 1 主成分中 14 个影响因子都有分布, 但却有着明显的差别. 其中, 人口和户籍变化对整个岷江上游地区土地利用变化影响最大, 其次是农林牧产值即经济因素.

表 4 各主成分贡献率

Table 4 Total variance of different principal components

主成分 Component	得分 Score	贡献率 Percent of variance (%)	得分 Score	累计贡献率 Percent of accumulated variance (%)
1	10.1	71.9	10.1	71.9
2	2.3	88.5	2.3	88.4
...
14	0.0	100.0		

表 5 主成分各因子矩阵

Table 5 Component matrix of different factors

因子 Factor	第 1 主成分 First component	第 2 主成分 Second component
总户数 Total household	0.983	-0.106
总人口 Total population	0.994	-0.077
农业人口 Agri-population	0.853	0.426
乡村人口 County population	0.982	0.102
乡村户数 County household	0.990	-0.076
人口自然增长率 Natural increasing rate of population	-0.350	0.862
复种指数 Cropping index	0.629	0.238
粮食亩产量 Food amount per unit of area	0.496	0.793
农村经济总收入 Total economy income in county	0.925	-0.304
农业总产值 Total value of agriculture	0.932	0.113
林业总产值 Total value of forestry	0.783	-0.370
牧业总产值 Total value of livestock	0.954	-0.160
人均纯收入 Net income per person(yuan)	0.918	-0.288
人均粮食 Food amount per person(kg)	-0.762	-0.570

人口、户籍和经济增长的驱动作用具有阶段性和发展性. 在人口增长率较高的工业化初期, 人口增长是土地利用变化的最基本驱动力, 而经济增长则为这一驱动力提供了强有力的支撑, 人口增长导致了户籍的增加, 从而创造了对土地的需求, 而经济水平的提高则使这一需求转变为有效需求, 共同推动土地利用的不变化; 在人口数量稳定、人口素质不断增强、户籍稳定及生产力水平不断提高的情况下, 人类有能力在现有土地覆被的状况下提高土地利用的效益, 满足人类的消费与发展需求, 此时经济增长的驱动作用要高于人口和户籍.

4 结 语

林地和草地是岷江上游主要的土地利用类型. 在 1974 ~ 2000 年间, 岷江上游地区的有林地面积逐年减少, 耕地、草地、居民用地、经济林和灌木林地面积逐年增加. 各土地利用类型之间均存在着相互转化, 其中耕地和经济林地这两种类型无论是动态度还是双向变化均最大, 说明这两种类型最经常受到人类活动的干扰. 在国家政策引导下, 经济增长、人口和户籍变化是该区土地利用变化的主要驱动力, 但它们也有阶段性和发展性. 土地类型的变化同时带来了一些环境问题, 因此必须采取积极的措施和对策, 如提高全民的文化水平、依靠科学技术进行土地利用结构调整、制定有效的政策体系、加强生态补偿机制建设等从根本上改变这种局面, 逐步实现岷江上游生态环境的恢复, 充分发挥岷江上游的绿色水库和生态屏障作用.

参考文献

- Chen W-N(陈文年), Wu N(吴宁), Luo P(罗鹏). 2002. Grassland resource and mountain pastoralism development on the upper reaches of Minjiang River. *Res Environ Yangtze Basin*(长江流域资源与环境), 11(5): 446 ~ 450(in Chinese)
- Fan H(樊宏), Zhang J-P(张建平). 2002. Study on land use/cover in arid valley of upper Minjiang watershed. *J Des Res*(中国沙漠), 22(3): 273 ~ 278(in Chinese)
- Guo L(郭沫), Yu S-X(余世孝). 2005. Spatial-temporal changes of Taishan Mountains scenery area landscape patterns. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 16(4): 641 ~ 646(in Chinese)
- Guo Y-M(郭永明), Tang Z-X(汤宗祥). 1995. Prevention and control of soil erosion in the upper reaches of the Minjiang River. *Mount Res*(山地研究), 13(4): 267 ~ 272(in Chinese)
- Li W-F(李卫锋), Wang Y-L(王仰麟), Peng J(彭建), et al. 2004. Landscape spatial changes in Shenzhen and their driving factors. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 15(8): 1403 ~ 1410(in Chinese)
- Liu J-Y(刘纪远), Buheasier(布和斯尔). 2000. Study on spatial-temporal feature of modern land-use change in China: Using remote sensing techniques. *Quater Sci*(第四纪研究), 20(3): 229 ~ 239(in Chinese)
- Song D-M(宋冬梅), Xiao D-N(肖笃宁), Zhang Z-C(张志城), et

- al. 2003. Landscape changes of Minqin oasis in Gansu Province and its driving force. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **14**(4): 535 ~ 539(in Chinese)
- 8 Statistic Bureau of Sichuan Province(四川省统计局). 1985 ~ 2000. The Statistic Annual of Sichuan Province. Beijing China Statistics Press (in Chinese)
- 9 Tian Z-Q(田自强), Zheng B-H(郑丙辉), Wang W-J(王文杰), et al. 2004. Dynamic analysis of land use and land cover in mid-eastern China during 1988 ~ 2000. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **15**(12): 2297 ~ 2303(in Chinese)
- 10 Wan R-R(万荣荣), Yang G-S(杨桂山). 2005. Changes of land use and landscape pattern in Taihu Lake Basin. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **16**(3): 475 ~ 480(in Chinese)
- 11 Wang H-Z(王宏志), Li R-D(李仁东), Wu H-H(毋河海). 2002. Bilateral change dynamic degree model for land use and its application to the land use study of in suburban areas of Wuhan. *Remote Sens Land Resour*(国土资源遥感), **52**(2): 20 ~ 23(in Chinese)
- 12 Wang T(王涛). 2000. Research on desertification and control to its calamity in the large-scale development of the western China. *J Des Res*(中国沙漠), **20**(4): 345 ~ 348(in Chinese)
- 13 Yu D-Y(于德永), Hao Z-Q(郝占庆), Jiang P(姜平) et al. 2004. Landscape pattern variation of forest resources in typical forest zone of Changbai Mountains. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **15**(10): 1809 ~ 1814(in Chinese)
- 14 Zhang J-P(张建平), Wang D-J(王道杰), Yang Z(杨忠), et al. 2001. Studies on the increase and decrease of forest area and eco-environmental change in Yuanmou dry-hot valley. *J Des Res*(中国沙漠), **21**(1): 79 ~ 87(in Chinese)
- 15 Zhao W-Z(赵文智), Cheng G-D(程国栋). 2000. The impacts of land utilization on earth land ecosystem and the strategies. *J Des Res*(中国沙漠), **20**(4): 369 ~ 374(in Chinese)
- 16 Zhao Y-H(赵永华), Lei R-D(雷瑞德), Jia X(贾夏), et al. 2003. Quantitative analysis on sharp-tooth oak stands in Qinling Mountains. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), **14**(12): 2123 ~ 2128(in Chinese)
- 17 Zhao YH, He XY, Hu YM, et al. 2005. Landscape pattern changes in the upper valley of Min River. *J For Res*, **16**(1): 31 ~ 34

作者简介 赵永华,男,1975年生,博士.主要从事景观生态、土地利用和城市森林研究,发表文章9篇. E-mail: navyzhyh@126.com; navyzhyh@hotmail.com

责任编辑 肖红
