

文章编号: 1008-2786-(2009)5-579-06

岷江上游土地利用的时空分异

杨德伟^{1,2}, 张云红³, 王道杰², 江晓波², 陈国阶²

(1. 中国科学院城市环境研究所, 福建 厦门 361021; 2. 中国科学院水利部成都山地灾害与环境研究所, 四川 成都 610041;
3. 山东师范大学人口资源与环境学院, 山东 济南 250014)

摘要: 运用土地利用变化率、土地利用类型综合转换速率、土地利用结构差异度系数和信息熵等指标, 分析了岷江上游土地利用的时空分异特征。研究表明: 1986~2000年间, 岷江上游土地利用类型趋于多样化, 土地利用结构趋于均匀化, 呈现与牧草地、耕地和建筑用地挤压林地的趋势; 空间单元土地利用结构整体差异性变化不大, 土地利用系统不同程度地趋于复杂无序; 土地利用的空间生态效应与海拔梯度、人口密度变化具有一定相关性; 土地利用变化与空间生态效应变化呈现逆向关联特征; 区域开发政策、人口密度、资源分布、产业活动强度等的变动驱动了土地利用时空变化。

关键词: 土地利用; 驱动力; 生态效应; 时空分异; 岷江上游

中图分类号: F301

文献标识码: A

土地利用/土地覆被变化(LUCC)是全球环境变化的重要组成部分和主要动因之一^[1], 可持续发展的核心议题^[2], 与人类活动和生存发展息息相关。LUCC体现了人类活动变化和环境资源利用过程, 架设起了人类活动与生态环境之间的桥梁, 业已成为地理学综合研究的国际性前沿课题^[3,4]。但国内外现有研究计划大多侧重LUCC的全球变化影响和响应^[5,6], 以及时间动态分析^[7,8], 对区域生态过程的影响机理和空间分析稍显不足。部分学者已注意到地域分异及地方性分异研究可以作为LUCC研究的主要任务和有效手段^[9-11], 这为空间分异突出的岷江上游研究提供了借鉴。

20世纪以来, 岷江上游人类活动范围和强度不断加大, 导致区域土地产出能力持续降低和生态状况不断恶化。为此, 从20世纪80年代初以及1998年起, 当地先后实行了森工局转制、退耕还林工程、

天然林保护工程等一系列的生态环境保护措施, 并对当地产业结构进行了大力调整。因此, 在对长江中下游和成都平原具有特殊生态屏障作用的岷江上游, 研究区域人口资源政策变动所引起的土地利用时空变化, 具有重要的理论和实践指导意义。

1 数据和方法

1.1 研究区概况

岷江上游指岷江干流都江堰市以上的集水范围(102°59'~104°14'E, 31°26'~33°16'N), 流域面积 $2.29 \times 10^4 \text{ km}^2$, 干流全长334 km, 包括四川省阿坝藏族羌族自治州的汶川县、理县、茂县(不含土门乡)、黑水和松潘(不含白羊乡和小河乡)以及都江堰市的白沙河流域^[1]。

岷江上游作为长江上游和成都平原重要的生态

收稿日期(Received date): 2009-03-05; 改回日期(Accepted): 2009-06-15.

基金项目(Foundation item): 中国科学院西部行动计划(二期)项目(KZCX2-XB2-02-03-02)、中科院西部之光“山区小城镇可持续发展决策支持系统”项目和“十一五”国家科技支撑课题(No. 2006BA C01A 11)资助。[Supported by the Chinese Academy of Sciences within the Second Phase of the CAS Action-plan for West Development (KZCX2-XB2-02-03-02), West Light Foundation of the Chinese Academy of Sciences “geographic information system of sustainable development on towns of mountain regions” and the National Science and Technology Supporting Program in the Eleventh Five-year Plan (No. 2006BA C01A 11).]

作者简介(Biography): 杨德伟(1978-), 男, 汉族, 山东人, 博士, 主要从事区域生态经济和城市环境研究。[Yang Dewei (1978-), male, Han people, PH.D., research on regional eco-economy and urban environment.]

1) 岷江上游的幅员面积有多种数据, 本文采用2000年DEM数据计算所得的流域面积。

屏障,地质条件复杂,高山峡谷相间分布,气候、土壤、植被等自然条件和资源分布具有明显的水平和垂直分异特点^[12,13],这导致人类活动呈现明显的区域分异特征,流域农业生产亦呈立体分布形态,即随着海拔由东南向西北的递增,呈现出“林果粮-农牧林-林牧-牧业”的立体分布形态;从单个山体来看则随着山势的增高,自下而上呈现出“河谷林果粮-半山农牧-高山林牧”的立体形态^[13]。同时,人口分布则集中于岷江上游河谷和半山高半山地区,工业和城镇沿河谷和交通干道密集分布。近年来,随着人口增加和人类活动加强,以及生态环境保护政策的实施,区域人地关系呈现集中性恶化与分散性缓和相叠加的特点。

1.2 数据处理

岷江上游的空间区划方案曾有多种考虑^[13,14],但在体现自然、社会、经济系统的多重耦合性,以及岷江上游干旱河谷区、半山高半山等特殊自然-人文交汇区方面尚显薄弱。基于以上考虑,研究者结合对岷江上游三次实地考察,综合考虑地形、土地利用、产业活动、自然环境因子和人口分布等特征,将岷江上游划分为4个空间区域^[1],即:高山区(海拔 $\geq 3500\text{m}$)、亚高山区($2800\text{m} \leq \text{海拔} < 3500\text{m}$)、半山高半山地区(海拔 $< 2800\text{m}$,除去河谷部分区域)和河谷区(海拔 $< 2800\text{m}$,相对高度 $\leq 300\text{m}$,相对高度在 $300\sim 500\text{m}$ 之间的区域以坡度 $\geq 25^\circ$ 或草地耕地比例 $\geq 75\%$ 为划分指标,包括湿润和干旱河谷区)。2000年,岷江上游土地利用总面积为 $229.38 \times 10^4 \text{hm}^2$,其中,高山区和亚高山区面积最大,分别占区域总面积的52.75%和27.65%,其次是高半山地区,面积比例12.06%。河谷区面积最小,湿润河谷区与干旱河谷区的面积比例分别为3.48%和4.05%。

1.3 研究方法

1.3.1 土地利用变化率

土地利用变化率是体现土地变化类型面积增减量的指标,公式如下

$$L = \frac{A_{i+1} - A_i}{A_i} \times 100\% \quad (\text{式 } 1)$$

式中 A_i, A_{i+1} 分别表示研究期初和研究期末某一种土地利用类型的面积; L 为研究时段内某种土地利用类型面积的增减量。

1.3.2 土地利用空间分异分析方法

土地利用变化时空分异在很大程度上都反映于土地利用结构的时空分异,本文主要采用计量经济学和景观生态学中有关数量分析方法,进行土地利用时空分异的定量分析。分析指标和计算方法^[15]如下:

1. 土地利用结构差异度系数 D_j

欧氏距离系数是度量 n 维空间两点之间距离(差异)的常用系数之一,这里尝试构建反映土地利用结构差异性的欧氏距离系数 D_j , 将其用于衡量土地利用结构变化的时空分异程度, D_j 值越大, 结构差异性越大

$$D_j = \sqrt{\sum_{i=1}^m (P_{xi} - P_{yi})^2} \quad (2)$$

式中 i 为土地类型, P_{xi} 和 P_{yi} 分别为 x 类型区和 y 类型区 i 类用地所占比重, D_j 表示时相。

2. 土地利用结构信息熵 H_j

土地利用系统是一个复杂的综合系统,其内部结构的有序性可以用信息熵表示^[16,17],土地利用类型越多且比例越平均,熵值越大,系统越复杂无序。本文在计算该指标的基础上,进一步求算不同时期土地利用结构信息熵的年均变化率 R ,用以分析土地利用系统有序性的动态分异

$$H_j = - \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i \quad (3)$$

$$R = \frac{1}{n} \left(\frac{H_{j+1} - H_j}{H_j} \right) \times 100\% \quad (4)$$

式中 P_i 表示某单元第 i 种土地利用类型所占比重, m 为土地利用类型数, n 为期间年度间隔, H_j 为时相。

3. 土地利用类型综合转换速率 V

土地利用/覆被变化的实质是区域内不同用地类型间的相互转换,这里用年均综合转换速率系数表示。它有效综合了单元内各种用地类型的变化速度信息,且考虑了单元土地面积总量及结构因素, V 的大小影响着区域生态环境状况的稳定性

$$V = \frac{1}{n} \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{A_i^{j+1} - A_i^j}{A_i^j} \right)^2} \cdot \frac{A_i^j}{S} \quad (5)$$

式中 A 表示时期第 i 类用地面积, S 表示某单元土地总面积,其他同上。

2 岷江上游土地利用的时空变化特征

2.1 土地利用的动态变化特征

1) 区划方案由中科院西部行动计划二期(KZCX2-XB2-02-03-02)项目组研究制定,由中科院成都山地所计伟硕士提供技术支持。

土地利用的动态变化见表 1。岷江上游 1986~2000 年土地利用变化的总体趋势为林地大面积减少, 转化为草地、耕地和建设用地, 其中草地面积总量增加最大, 为 $12\,775\text{ hm}^2$, 其次是耕地, 这面积为 $5\,275\text{ hm}^2$, 这与 20 世纪 80 年代末以前森林砍伐所导致林地向牧草地转化和 1982 年开始的生产关系政策调整有关^[7]。从土地利用面积的空间增量分布来看, 半山高山区的林地面积减少量最大, 15 a 间为 $8\,675\text{ hm}^2$, 变化率为 -4.26% 。其次是亚高山区和高山区, 森林面积 1986~2000 年间分别减少 $5\,250\text{ hm}^2$ 和 $2\,300\text{ hm}^2$ 。这说明半山高山以上区域是岷江上游森林的集中分布和采伐区。草地分布空间变化方面, 半山高山区和亚高山区草地面积增加最大, 分别为 $7\,700\text{ hm}^2$ 和 $3\,625\text{ hm}^2$, 相应的变化率为 12.14% 和 2.22% ; 干旱河谷区草地面积减少最大, 15 a 间减少了 $1\,050\text{ hm}^2$, 变化率为 -2.78% , 主要转化为耕地。耕地成为岷江上游 1986~2000 年增加量第二大土地利用类型。除高山区外, 其他区域耕地面积都在增加, 这与人口密度和人类产业活动强度增加有较大关系。从耕地增量上来看, 亚高山区、湿润河谷区和干旱河谷区最大, 分别为 $1\,625\text{ hm}^2$ 、 $1\,375\text{ hm}^2$ 和 $1\,375\text{ hm}^2$; 从变化率上来看, 干旱河谷区、湿润河谷区和半山高山区增幅最大, 分别为 16.98% 、 14.21% 和 10.21% , 说明这些地区的农业产业活动强度在加大。高山区耕地面积 15 a 间减少了 75 hm^2 , 变化率为 -17.65% 。建设用地变化主要在湿润河谷区, 15 a 间增加了 25 hm^2 , 增幅为 14.29% 。湿地和水域面积变化较小, 这和岷江上游特殊的地形条件有关。土地利用的动

态变化除与人口增加有关外, 还与 20 世纪 80 年代末以前森工局对森林的大量采伐有关。尽管 20 世纪 80 年代末森工局开始转产, 1998 年起施行退耕还林工程、天然林保护工程和生态环境保护工程, 这在一定程度上遏制了区域生态环境恶化的势头, 但却难以一时改变区域生态系统严重受损, 牧草地、耕地和建筑用地挤压林地的形势^[7]。

2.2 土地利用的空间分异特征

2.2.1 土地利用结构差异性

根据公式 2 计算各单元的 D_j , 如表 2 所示, 按照 D_j 的整体水平及其极值情况, 分为 3 个差异性级别。两个时期大多数单元之间土地利用三类差异个数差别不大, 其中 1986 年和 2000 年属于“微小差异”、“一般差异”和“显著差异”的两两组合单元是相同的, 分别为 3 对、4 对和 3 对。可见研究期内区域整体差异性变化不是很大。

表 2 可以看出, 高山区是土地利用结构与其他区域差异性最显著的区域, 且结构差异性在 1986~2000 年基本呈现减小趋势。这可能与高山区生态正效应相关的林地、草地、湿地和水域的集中分布 (占 95% 以上), 且随着一系列的生态环境保护措施的实施面积比例不断增大, 而耕地面积比例较小有关。干旱河谷区成为土地利用结构与其他空间区域差异性一般区域, 其差异性也基本呈现减小趋势, 这主要研究期内本区比较重视环境保护, 控制人类产业活动有关系。从 D_j 结合实际来看, 高山区中与生态正效应相关的土地利用类型面积在增加, 而干旱河谷区却在减少。亚高山区与半山高山区、亚高山与湿润河谷区、湿润河谷区和半山高山区 3 对

表 1 岷江上游 1986~2000 年土地利用面积动态表

Table 1 The land use area dynamics during 1986~2000 in the upper reaches of Mijiang River

项目	区域类型	林地	草地	耕地	建设用地	湿地	水域
变化面积 (hm^2)	高山区	-2 300.00	2 375.00	-75.00	0.00	0.00	0.00
	亚高山区	-5 250.00	3 625.00	1 625.00	0.00	0.00	0.00
	半山高山区	-8 675.00	7 700.00	975.00	0.00	0.00	0.00
	湿润河谷区	-1 525.00	125.00	1 375.00	25.00	0.00	0.00
	干旱河谷区	-325.00	-1 050.00	1 375.00	0.00	0.00	0.00
变化率 (%)	高山区	-0.75	0.26	-17.65	-	0.00	0.00
	亚高山区	-1.16	2.22	8.31	0.000	-	-
	半山高山区	-4.26	12.14	10.21	0.00	-	-
	湿润河谷区	-2.36	2.39	14.21	14.29	-	0.00
	干旱河谷区	-0.70	-2.76	16.98	0.00	-	0.00

表 2 1986~2000年岷江上游土地利用结构差异性的欧氏距离系数

Table 2 The Euclidian distance coefficient of diverse land use composition in the upper reaches of Minjiang River (1986~2000)

区域类型	高山区	亚高山区	半山高山区	湿润河谷区	干旱河谷区
高山区	0.000 0	** 0.670 2	** 0.707 2	** 0.885 9	* 0.428 4
亚高山区	** 0.663 2	0.000 0	0.037 1	0.233 0	* 0.264 2
半山高山区	** 0.668 5	0.007 5	0.000 0	0.199 1	* 0.298 8
湿润河谷区	** 0.878 1	0.238 3	0.231 1	0.000 0	* 0.460 4
干旱河谷区	* 0.441 2	* 0.254 1	* 0.256 8	* 0.440 7	0.000 0

注: 根据 D_j 的平均值和极值情况, 将各单元间 D_j 划分为微小差异 ($0 < D_j \leq 0.25$, 无上标)、一般差异 ($0.25 < D_j \leq 0.50$, 上标*) 和显著差异 ($D_j > 0.50$, 上标**)三类; 斜体阴影数字部分为 2000年欧氏距离系数。

区域的土地利用结构差异不大, 这主要与这些区域气候适宜、人口密度适中以及不同土地利用类型兼备有关。

从对 D_j 的纵向比较来看, 这种区域差异性具有逐渐减小趋势, 一方面尽管 1986~2000年三类土地利用结构单元个数没变, 但多数单元 D_j 值都有所减小, 减小单元对数比例占 70%; 另一方面表现为生态状况最好的高山区土地利用结构差异性减小, 以及人口密度最大的干旱河谷区土地利用结构差异性也在减小, 这与区域发展现状基本吻合。

2.2.2 土地利用有序性

信息熵 H_j (据式 3 计算, 如图 1) 的计算结果表明, 岷江上游土地利用有序性的区域差异性较明显。根据 H_j 情况可以将分为 3 种类型: 一类岷江干旱河谷区 ($H_j \geq 0.9$), 土地利用类型复杂, 面积比例平均。二类包括亚高山区、半山高山区和湿润河谷区 ($0.6 \leq H_j < 0.9$)。这 4 个区域土地利用类型相对复杂, 面积相对平均。1986~2000 年, 4 个区域 H_j 均有增加, 说明区域土地利用类型趋于多样化, 面积趋于不均方向发展, 土地利用系统无序性增强。三类主要是高山区 ($H_j < 0.6$), 本区域土地利用类型面积比例差异较大, 森林和草地比重达 95% 以上, 系统无序性较弱。

信息熵年均变化率 R 表明 (图 2), H_j 具有一定的动态差异性。除高山区外, 1986~2000 年不同分析单元的 H_j 表现为不同程度的增加态势。半山高山区和湿润河谷区 R 值较大, 分别为 0.399 7 和 0.399 5, 干旱河谷区和亚高山区相应值为 0.154 3 和 0.130 0, 土地利用趋于无序化发展, 这与这些地区人类活动强度加大, 对土地利用占用加大有关。高山区 R 值为 -0.028 8, 土地利用趋于有序化方向发展, 这可能与随着生态环境保护力度加大, 区域各土地利用类型系统面积比例协调度增加有关。

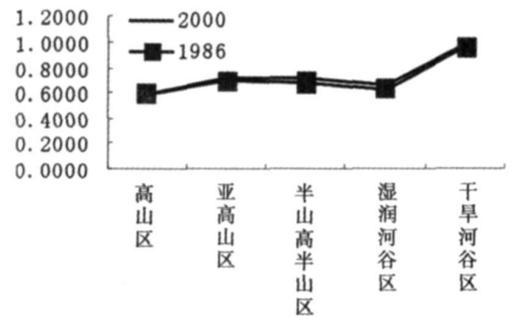


图 1 岷江上游土地利用结构信息熵

Fig. 1 The information entropy of land use composition in the upper reaches of Minjiang River

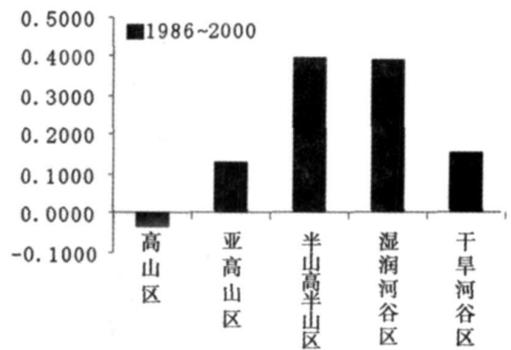


图 2 岷江上游土地利用结构信息熵年变化率

Fig. 2 The P. a. change rate of information entropy of land use composition in the upper reaches of Minjiang River

2.2.3 土地利用综合变化速率

图 3 表明, 1986~2000 年, 岷江上游土地利用部单元之间土地利用平均变化速率存在较大差异。对照 V 的平均值 0.002 7 和极值来看, 区域明显分为较快变化和较慢变化两种类型。高山区和亚高山区 V 值分别为 0.000 4 和 0.001 4, 土地利用综合变化速率较慢, 这可能与区域土地利用受到人类活动干扰强度较小有关以及 20 世纪 80 年代森工局转

制、退耕还林工程等生态环境保护措施加强有关。2000年这两个区域面积占研究区总面积的 80.40%, 这对区域生态系统稳定具有重要作用。半山高山区、湿润河谷区和干旱河谷区的土地利用综合变化速率较快, 分别为 0.004 7、0.003 6 和 0.003 6。这与本区人口集中分布 (占区域总人口的 80% 以上), 产业活动强烈, 城乡居民点和工矿用地扩张速度较快等有较大关联。

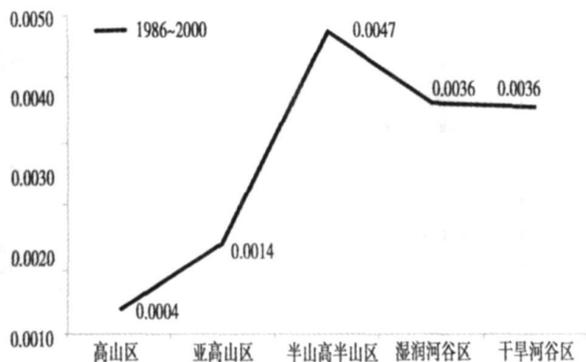


图 3 岷江上游土地利用类型综合转换速度系数

Fig. 3 Comprehensive coefficient of land use type change velocity in the upper reaches of Mijiang River

3 小结

1. 1986~2000年间, 岷江上游土地利用类型趋于多样化、土地利用结构不同程度地趋于均匀化, 土地利用变化与生态效应呈现逆向关联特征, 表现为在区域开发政策驱动下, 牧草地、耕地和建设用地对林地的不断挤压。

2. 岷江上游土地利用单元整体差异性不大, 并呈减小趋势, 但空间差异性较大。不断产生的土地利用结构信息熵流, 使得各单元土地利用系统不同程度地趋向于复杂无序, 尤其是在河谷区和半山高山区。土地利用单元平均变化速率差异较大, 半山高山区、湿润河谷区和干旱河谷区高于亚高山高山区。

3. 岷江上游土地利用结构、空间生态效应与海拔梯度、人口密度变化具有一定相关性, 表现为人口密度较大、产业活动较强烈的干旱河谷区、半山高山区与生态负效应相关的耕地、建设用地的增加, 土地利用结构差异变小, 系统有序性降低, 系统呈加速恶化趋势; 而高山区、亚高山区与环境正向效应相关的林地的减少, 系统稳定性虽然也在降低, 但呈减速

恶化趋势。

4. 区域土地利用变化的驱动力研究受到时空尺度的制约, 这已为过往研究所证实^[18, 19]。岷江上游自 20 世纪 80 年代初实行的农村生产关系调整、80 年代末进行的森工局改制、1998 年起实行的包括退耕还林工程、生态环境保护工程、天然林保护工程等一系列生态建设和环境保护政策的调整, 引起区域人口密度、产业活动强度、居民点建设程度、资源分布疏密等的变化, 进而在区域经济社会发展的诱使下导致土地利用的时空变化。

参考文献 (References)

- [1] Chen Bain ing, Liu Xinwei, Yang Hong. Review of most recent progresses of study on land use and land cover Change [J]. *Progress In Geography*, 22(1): 22~29 [陈百明, 刘新卫, 杨红. LUCC 研究的最新进展评述 [J]. *地理科学进展*, 2003, 22(1): 22~29]
- [2] Liu Yansui, Chen Bain ing. The study framework of land use cover change based on sustainable development in China [J]. *Geographical Research*, 2002, 21(3): 324~330 [刘彦随, 陈百明. 中国可持续发展问题与土地利用 覆被变化研究 [J]. *地理研究*, 2002, 21(3): 324~330]
- [3] Leng Shuying, Song Changqing, Zhao Chunian, et al. Thinkings on "tenth-five" key programmes in geography [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2000, 55(6): 751~754 [冷疏影, 宋长青, 赵楚年, 等. 关于地理学科"十五"重点项目的思考 [J]. *地理学报*, 2000, 55(6): 751~754]
- [4] Cai Yunlong. A study on land use/cover change: the need for a new integrated approach [J]. *Geographical Research*, 2001, 20(6): 645~652 [蔡运龙. 土地利用 土地覆被变化研究: 寻求新的综合途径 [J]. *地理研究*, 2001, 20(6): 645~652]
- [5] Turner B L. The sustainability principle in global agendas: implication for understanding land use/land cover change [J]. *The Geographical Journal*, 1997, 163(2): 133~140
- [6] Dale V H. The relationship between land use change and climate change [J]. *Ecological Application*, 1997, 7(3): 753~769
- [7] Fan Hong. A study on 50 a land use and cover change of watershed of upper Mijiang River [J]. *Journal of Mountain Science*, 2002, 20(1): 64~69 [樊宏. 岷江上游近 50 a 土地覆被的变化趋势 [J]. *山地学报*, 2002, 20(1): 64~69]
- [8] Li Anong, Zhou Wancun, Jiang Xiaobo. The graphical information analysis of spatial pattern change of land use/cover during Late 30 years in upper reaches of Mijiang River [J]. *Journal of Mountain Science*, 2005, 23(2): 241~247 [李安农, 周万村, 江晓波. 岷江上游近 30 年土地利用 覆被空间格局变化的图形信息分析 [J]. *山地学报*, 2005, 23(2): 241~247]
- [9] Li Xiaobing, Chen Yunhao, Wang Hong, et al. Regional distribution of land cover change amplitude in China [J]. *Scientia Geographica Sinica*, 2004, 24(3): 271~275 [李晓兵, 陈云浩, 王宏, 等. 中国土地覆盖动态变化幅度的区域分异规律 [J]. *地理科学*,

- 2004, 24(3): 271~275]
- [10] Wan Rongrong Yang Guishan. Land use change and its spatial distribution in Taihu Basin [J]. *Resources and Environment in the Yangtze Basin*, 2005 14(3): 298~303 [万荣荣, 杨桂山. 太湖流域土地利用变化及其空间分异特征研究 [J]. 长江流域资源与环境, 2005 14(3): 298~303]
- [11] Gong Jianzhou Xia Beikeng. The spatio-temporal gradient differentiation of land cover landscape in Guangzhou city since 1990 [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2007, 62(2): 181~190 [龚建周和夏北成. 1990年以来广州市土地覆被景观时空梯度分异 [J]. 地理学报, 2007, 62(2): 181~190]
- [12] Zhang Yiping Zhang Zhaohui He Yunling. Distribution of climatic elements in the upper reaches of Minjiang River [J]. *Journal of Mountain Science*, 2004 22(6): 179~183 [张一平, 张昭辉, 何云玲. 岷江上游气候立体分布特征 [J]. 山地学报, 2004, 22(6): 179~183]
- [13] Chen Guojie, Tu Jianjun Fan Hong. The Theories and Practices of Ecological Construction in the Upper Reaches of Minjiang River [M]. Chongqing: Southwest China Normal University Press, 2006 [陈国阶, 涂建军, 樊宏. 岷江上游生态建设的理论和实践 [M]. 重庆: 西南师范大学出版社, 2006]
- [14] Ye Yanqing Chen Guojie. Application and comparison of two different eco-regionalization methods in the upper M in River Basin, Sichuan, China [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(7): 2174~2182 [叶延琼, 陈国阶. 两种不同生态区划方法在岷江上游地区的应用与比较 [J]. 生态学报, 2006, 26(7): 2174~2182]
- [15] Tu Xiaosong Pu Lijie. Spatio-temporal pattern of land use change and its eco-environmental response in Suzhou-Wuxi-Changzhou region [J]. *Geographical Research*, 2008 27(3): 583~593 [涂小松, 濮励杰. 苏锡常地区土地利用变化时空分异及其生态环境响应 [J]. 地理研究, 2008 27(3): 583~593]
- [16] Tan Yongzhong Wu Cifang. The laws of the information entropy values of land use composition [J]. *Journal of Natural Resources*, 2003 18(1): 112~117 [谭永忠, 吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究 [J]. 自然资源学报, 2003 18(1): 112~117]
- [17] Chen Yanguang Liu Jisheng. An index of equilibrium of urban land-use structure and information dimension of urban form [J]. *Geographical Research*, 2001 20(2): 146~152 [陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述: 从信息熵到分数维 [J]. 地理研究, 2001, 20(2): 146~152]
- [18] Xie Hualin, Liu Lining, Li Bo, et al. Spatial Autocorrelation Analysis of Multi-scale Land Use—a case study of Wengniute in Inner Mongolia [J]. *Acta Geographica Sinica*, 2006 61(4): 389~400 [谢华林, 刘黎明, 李波, 等. 土地利用的多尺度空间自相关分析——以内蒙古翁牛特旗为例 [J]. 地理学报, 2006 61(4): 389~400]
- [19] Meng Jijun Yan Fen. Temporal and spatial variation of LUCC driving forces on the edge of metropolis—a case study of Changping district [J]. *Journal of Beijing University*, 2009, 45(2): 311~318 [蒙吉军, 严汾. 大城市边缘区 LUCC 驱动力的时空分异研究——以北京市昌平区为例 [J]. 北京大学学报 (自然科学版), 2009, 45(2): 311~318]

Spatio-temporal Variation of Land Use Changes in the Upper Reaches of Minjiang River

YANG Dewei^{1,2}, ZHANG Yunhong³, WANG Daojie², JIANG Xiaobo², CHEN Guojie²

(1. Institute of Urban Environment, Chinese Academy of Sciences, Xiamen 361021, China;

2. Chengdu Institute of Mountain Hazards and Environment, Chinese Academy of Sciences, Chengdu 610041, China;

3. Institute of Population Resources and Environment, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract The indices including land use change rate, the comprehensive transform velocity of land use modes, the difference degree and information entropy of land use structure are introduced to evaluating the spatio-temporal distribution of land use/cover change in the upper reaches of Minjiang River. The results shows as follows: (1) The land use modes towards diverse, The land use structure towards even, and grassland, farmland and building land replaces forest gradually in 1986~2000. (2) The land use structure per spatial unit change smaller totally and land use system towards orderliness to some extent. (3) The spatial ecological effect has some correlation with elevation and population density. (4) The land use change shows its converse relation with the change of spatial ecological effect. (5) The spatio-temporal changes of land use shows its relation with many factors such as regional developing policies, population density, resources distribution and industries intensity, etc.

Key words land use, driving forces, ecological effects, spatio-temporal variation, the upper reaches of Minjiang River