

漫湾水电站库区土地利用变化社会经济因子的多变量分析

周 庆, 张志明, 欧晓昆*, 杨明玉

(云南大学生态学与地植物学研究所, 昆明 650091)

摘要: 使用 1991、2001 和 2004 年 3a 遥感影像数据, 测定了漫湾水电站库区土地利用变化并利用多变量分析法定量分析了引起变化的驱动力。首先应用 GIS 和 RS 技术对漫湾水电站库区土地利用变化和社会经济数据进行空间尺度匹配, 然后利用典范对应分析法(CCA)对各类型的土地利用变化与社会经济因素的相关性进行分析。研究发现, 1991—2001 年间, 土地利用转移频繁与多个社会经济因子有紧密联系。人口(POP)、粮食总产量(GYC)、农业人口(A-POP)和人均耕地面积(PCAL)与土地利用变化转移之间有显著的相关性。而许多土地利用转移类型都与各个社会经济因素有紧密联系。2001—2004 年期间, 农业人口(A-POP)、粮食总产量(GYC)和畜牧业产值(LSP)与土地利用变化之间有显著的相关性。但土地利用转移类型中只有少数地类与农业人口(A-POP)、粮食总产量(GYC)和畜牧业产值(LSP)相关性显著; 除此之外, 其他土地利用变量与社会经济因子的相关性不明显。总的看来, 从 1991—2004 年间土地利用变化都与农业人口(A-POP)和粮食总产量(GYC)有明显的相关性, 说明该区域内农业人口(A-POP)和粮食总产量(GYC)的变化是驱动土地利用变化主要因素之一。该研究方法对土地利用变化驱动力的研究具有借鉴作用。

关键词: 土地利用变化; 驱动力; 量化; 漫湾水电站; CCA

Multivariable analysis of socio-economic factors to drive the land-use changes in the area of Manwan Dam

ZHOU Qing, ZHANG Zhiming, OU Xiaokun*, YANG Mingyu

Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China

Abstract: Human activities are the one of major causes for land-use changes. The objective of this study is to detect the land-use changes in the area of Manwan hydropower station by using multitemporal satellite image data, and the relationships between land-use changes and socio-economic factors were analyzed by using multivariate analysis. In order to achieve this objective, three different periods' land-use maps were derived from the Landsat image data which acquired in 1991, 2001, and 2004. Moreover, the universal kriging interpolation was use to make the text file of socio-economic data into continuous surfaces raster data. A spatial database of land-use changes combining with socio-economic factors was built in ArcView program. With the help of multivariate analysis of CCA ordination method, the relationships between land-use changes and socio-economic factors in the study area were conducted. The results show that the land-use changes are correlated with socio-economic drivers both from 1991 to 2001 and from 2001 to 2004. Between 1991 and 2001, the land-use changes are strongly correlated with population (POP), gross yield of corps (GYC), population of agriculture people (A-POP), and per capita arable land (PCAL). However, A-POP, GYC, LSP were identified as the main factors for land-use from 2001 to 2004 in the study area. The results also indicated that the multivariate analysis method can be adopted for the study of other types of land use change and in other regions.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(40901097); 国家重点基础研究发展计划资助项目(973 项目)(2003CB415102)

收稿日期: 2008-03-18; **修订日期:** 2009-11-17

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: xkou@ynu.edu.cn

Key Words: land use changes; driving forces; quantitative; Manwan hydropower station; CCA

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原因之一,其不仅带来地表景观结构的巨大变化,而且影响景观的物质循环和能量流动,对区域生物多样性和重要生态过程影响深刻^[1-4]。LUCC是由复杂的自然环境因子和人类社会因子等共同作用的结果^[5-7]。研究LUCC的起因、过程和效应是当前景观生态学的十大研究论题之一^[8]。近些年来,许多学者针对LUCC的驱动力开展了大量的研究^[9-11]。尤其是土地利用和覆盖变化与社会经济因子间的关系研究已经引起了人们的广泛关注^[12-14]。深入分析土地利用变化是认识土地利用与土地覆被变化规律、预测未来土地利用变化趋势和制定土地可持续利用决策的基础。

在分析社会经济或环境因素作用于LUCC的过程中,许多研究都是通过回归分析的方法来探讨^[13,15-17]。回归分析法能够很好的将多年经济统计数据与LUCC数据结合起来分析其相关关系,但是回归分析法主要是分析变量之间的线性关系,然而LUCC与社会经济因子之间的关系并非是线性关系。此外该方法在分析具有空间关系的因变量与自变量,尤其是具有多个因变量和自变量时具有一定局限性。

多变量分析法能够直接分析多个自变量与因变量之间的关系,该方法已被少数学者应用于LUCC的驱动力研究中^[9,12,18]。其中非线性的典范对应分析法(CCA)是将排序和多元回归结合起来,是一种直接排序方法^[19-20]。该方法在植被生态学中得以广泛应用^[21]。本文将该方法运用于漫湾库区土地利用变化的社会经济驱动力分析。从而为水利水电工程库区土地的合理利用和库区生态环境的保护提供科学依据,并为其他梯级电站库区土地资源的合理利用和科学管理提供参考,以促进区域土地资源的可持续利用。也为探讨土地利用转移变化的社会经济驱动因子提供了一个定量研究案例。

1 研究区概况

漫湾水电站是澜沧江流域梯级水电开发建设的第一级电站,1985年动工兴建,1993年建成发电。漫湾水电站最大坝高132m,坝址位于澜沧江中游,云南省的云县与景东县交界处的漫湾镇上游附近,约24°25′—24°40′N,100°05′—100°25′E。文中所指漫湾电站库区范围与王忠泽等^[22]所定义的库区范围大致相同,即指电站水库所涉及的澜沧江河段两岸分水岭以内的区域,包括南涧和景东县境内无量山山脊线以西以南,云县和凤庆县境内澜沧江与坝址下游山脊线以北地区,上游到小湾电站附近(图1),面积约809 km²。

漫湾地区分属热带和亚热带气候,植被主要是热带和亚热带类型。河岸边有许多木棉(*Bombax ceiba*)以及青冈属(*Cyclobalanopsis*)、石栎属(*Lithocarpus*)和樟科(*Lauraceae*)等为优势的阔叶林;也有以思茅松(*Pinus kesiya* var. *langbianensis*)为优势的暖热性针叶林。山腰为阔叶林及针阔混交林。自水库蓄水后,水动力条件发生明显变化,原自然河流生态系统为河道型水库生态系统所替代,使库区的生境特点有所改变,如水深加大,流速减小,水温提高;泥沙大量淤积;水质发生明显变化,轻度污染已经出现;水生生物区系组成发生显著变化等^[18]。

该地区经济以农业为主,主要农作物为水稻、玉米、小麦、豆类等粮食作物,以及油菜、甘蔗、茶叶、烤烟等经济作物。

2 研究方法

2.1 影像图的处理

本研究利用 Idrisi 软件,结合野外调查的 GPS 点作为地表特征参照对本研究区 3 个时段的 LANDSAT TM

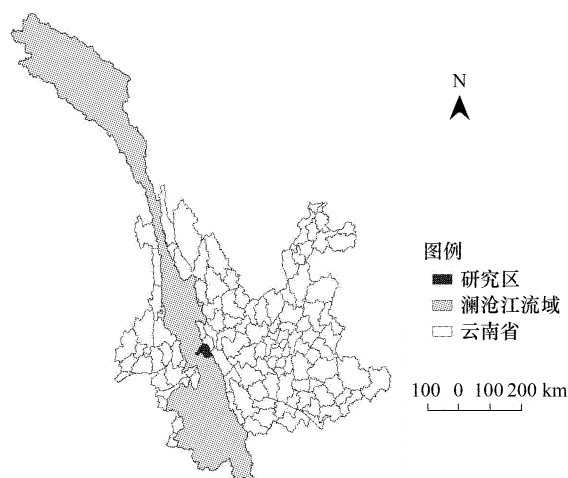


图1 研究区位置图

Fig.1 Location of the study area

影像(像元大小 $30\text{m} \times 30\text{m}$)(1991, 2002, 2004), 进行监督分类。根据研究区地类情况, 该土地利用图主要分为水域、林地、建筑用地(城乡居民用地)、未利用地、耕地和灌草丛共 6 个类型。其总体精度分别为 96.66%、94.68%、89.4% 的土地利用图。然后在 Idrisi 软件的支持下分别生成土地利用变化转移影像图(图 2 和图 3)。

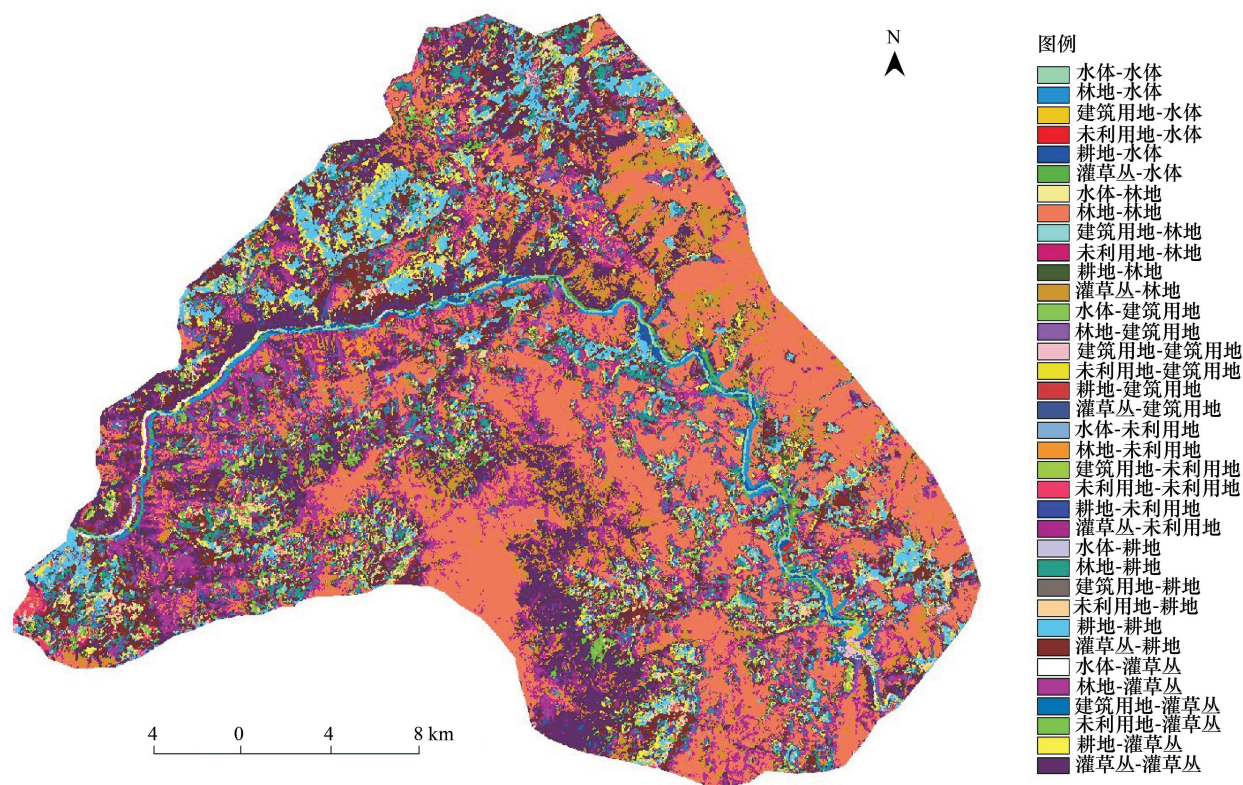


图 2 1991—2001 年土地利用变化转移图

Fig.2 Land-use transitions from 1991 to 2001

本文旨在探讨该水电站库区土地利用变化的内在因素, 因此只对土地利用动态变化类型进行分析。由于 1991—2001 年间是电站大坝建设完成到库容稳定阶段, 因此在分析过程中, 6 类稳定变化类型(如水体到水体、耕地到耕地、建筑用地到建筑用地、未利用地到未利用地、耕地到耕地以及灌草丛到灌草丛的转移)不予考虑; 此外, 建筑用地转移为未利用地的面积相对较少, 也不予考虑。而 2001—2004 年间由于库容稳定; 因此, 除 6 类稳定变化类型外, 水体与其他土地利用类型的转移不予考虑; 同样, 建筑用地转移为未利用地的面积相对较少, 也不予考虑。最终, 筛选出用于分析驱动因子的土地利用转移变量及取样数量如表 1 所示。

最后, 提取各土地利用变化转移类型的样本。其原则是: 随机取样, 总数不得超过 500 个斑块样本(因 Canoco 4.0 版本的典范对应分析模块最大变量只允许 ≤ 500 个); 因此, 根据各类型斑块数的多少, 每个类型取样数量在 8—45 个不等(表 1)。

2.2 社会经济数据的选取与处理

2.2.1 社会经济数据的选取

为分析土地利用变化的驱动因子, 收集了本研究区涉及到的 4 个县(云县、景东县、南涧县和凤庆县), 共 53 个乡镇的社会经济数据。由于这 4 个县工业不发达, 农业是其主要经济来源, 所以主要选取了一些农业经济指标来代表当地经济发展状况, 此外根据实地调查发现人口变化和迁移也是引起当地 LUCC 变化的一个重要原因, 因此本研究选取了 8 个人口和社会经济数据指标(表 2)。

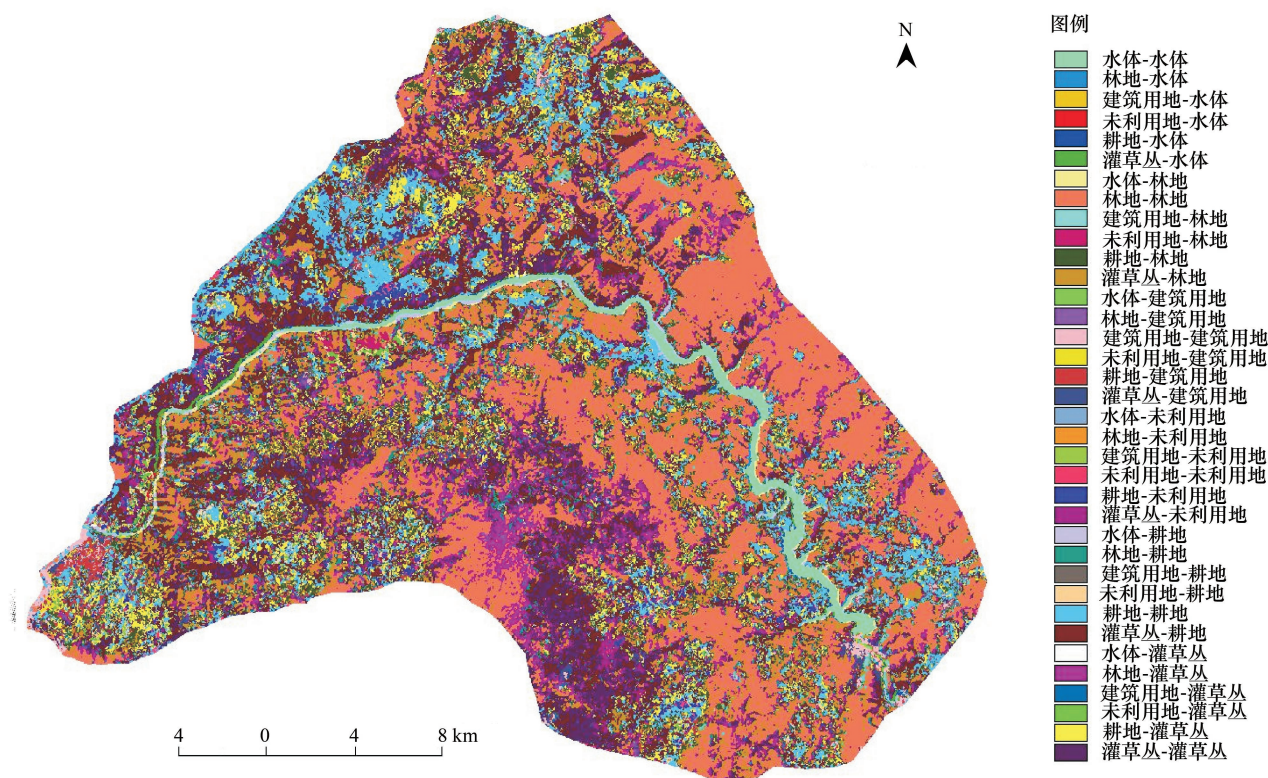


图3 2001—2004 年土地利用变化转移图

Fig.3 Land-use transitions from 2001 to 2004

表1 土地利用转移变量

Table 1 Land use variables

变量 Variables	1991—2001	数量 Number	2001—2004	数量 Number	变量 Variables	1991—2001	数量 Number	2001—2004	数量 Number
1	F→W	15	CON→F	21	2	CON→W	13	BL→F	14
3	BL→W	8	CUL→F	30	4	CUL→W	16	S→F	41
5	S→W	16	CON→F	20	6	CON→F	22	BL→CON	12
7	BL→F	26	CUL→CON	25	8	CUL→F	28	S→CON	33
9	S→F	40	F→BL	15	10	F→CON	21	CUL→BL	23
11	BL→CON	14	S→BL	24	12	CUL→CON	18	F→S	40
13	S→CON	25	CON→CUL	16	14	F→BL	16	BL→CUL	15
15	CUL→BL	15	S→CUL	45	16	S→BL	17	F→CUL	40
17	F→CUL	42	CON→S	16	18	CON→CUL	12	BL→S	14
19	BL→CUL	32	CUL→S	43	20	S→CUL	37		
21	F→S	20			22	CON→S	10		
23	BL→S	11			24	CUL→S	23		

W: 水体, F: 林地, CON: 建设用地, BL: 未利用地, CUL: 耕地, S: 灌草丛

2.2.2 社会经济数据的处理

通常,社会经济数据是基于大尺度的统计数据,如基于国家、市州和区域尺度等;而土地利用数据是基于更小尺度的空间数据,如斑块和网格单元尺度。由于尺度的不同,如何将社会经济数据与土地利用数据结合起来就成了分析土地利用变化驱动力过程中的一个主要问题。本文运用通用克里格法(universal kriging)将社会经济数据进行地理空间插值(spatial interpolation),从而在地理空间表面上构建起社会经济数据的连续分

布,使社会经济数据与土地利用数据的空间尺度相符。然后在 Arcview 中建立土地利用变化的空间数据库,该数据库将土地利用变化的斑块与社会经济因子变化结合起来,该数据库将用于 CCA 排序分析。

表 2 社会经济数据属性表
Table 2 Explanatory socio-economic variables

数据变量 Variables	缩 写 Abbreviation	数据变量 Variables	缩 写 Abbreviation
人口 Population/人 people	POP	农业人口 Population of agriculture people/人 people	
农村经济总收入 Gross income of rural economy/(10 ⁴ yuan)	GIRE	农民人均纯收入 Farmer's net income per capita/元 yuan	FNIPC
人均耕地面积 Per capita arable land/hm ²	PCAL	粮食总产量 Gross yield of crops/t	GYC
畜牧业产值 Livestock production/(10 ⁴ yuan)	LSP	茶果园面积 Areas of tea and fruit plantation/hm ²	ATFP

2.3 多变量分析法——CCA 排序

如上所述,排序已被广泛的应用于研究植被与环境因子关系^[20]。本研究首先使用去趋势对应分析 (detrended correspondence analysis, DCA) 分析环境梯度轴的长度^[23]。如果该长度值大于 4.0,则应采用非线性的单峰排序方法,如 DCA、CCA 或者 DCCA,如果该长度值小于 3.0,那么应采用线性的排序方法,如 PCA 或者 RDA^[24]。当该长度值介于 3.0 和 4.0 之间,两类排序方法都适用。

本研究 DCA 分析结果显示环境梯度轴长为大于 4.0,所以运用非线性的单峰排序方法 CCA。CCA 是目前最广泛用于植被-环境关系多元分析的方法之一,即在每一轮样方值-物种值的加权平均叠代运算后,用样方环境因子值与样方排序值作一次多元线性回归,用回归系数与环境因子原始值计算,这样得出的排序轴代表环境因子的一种线性组合,此方法被称为环境约束的对应分析 (CCA)^[19-20]。取各样方中的优势植被类型,构成植被样方矩阵用于植被-环境关系的多元分析。本文将土地利用变化类型样本等同于植被数据矩阵,将社会经济数据矩阵等同于环境数据矩阵,用于探讨土地利用变化与社会经济因子之间的相关性,并绘制出双序图 (Biplot)。此外本研究运用 Monte Carlo permutation 检验来确定哪些环境因子对植被空间格局起着显著影响作用。所有这些分析和检验采用 CANOCO4.0 来完成。表 1 和表 2 分别列出了 CCA 排序的植被类型和环境因子。

3 结果与分析

3.1 1991—2001 年间土地利用变化驱动因子分析

对各社会经济因子与土地利用变化转移类型作 CCA 排序分析的结果如表 3。并对结果作了排列检验,表中显示出各个轴与 8 类社会经济因子间的相关性强弱。其第 1 轴与人口 (POP)、粮食总产量 (GYC)、农业人口 (A-POP) 相关性显著,其相关系数分别是 -0.2846, -0.1955 和 -0.1741,都呈负相关;第 2 轴与粮食总产量 (GYC) 呈显著的正相关,同时与人均耕地面积 (PCAL) 呈显著的负相关;另外,表 3 也显示各个社会经济因子间的相关性,比如农业人口与总人口和粮食总产量之间正相关性较强。同时,表 3 也反映出 CCA 前 4 个排序轴全部特征值情况。

从图 4 中首先可以看出 POP、GYC、A-POP 和 PCAL 是引起该时期研究区内土地利用变化的主要驱动因子。同时图 4 显示出 POP、GYC、A-POP 与第 1 轴呈显著的负相关;第 2 轴与 GYC 呈显著正相关,与人均耕地面积 (PCAL) 呈显著的负相关。此外,图中也显示 8 类社会经济因子间有较好的相关性,如农业人口与总人口和畜牧业产值之间正相关性较强。而且从图中也可以看出土地利用转移类型中 T-2、T-3、T-5 三类与 GYC 存在显著的负相关,说明建筑用地、未利用地和耕地向水体的转化情况与粮食总产量 (GYC) 呈相反的增加趋势,即表明期间水电工程的建设使得大量建筑用地、未利用地和耕地向水体转化,这些变化与粮食总产量的变化呈负相关。此外根据实地调查,造成这些用地类型向水体转变的原因是由于漫湾电站水库建设和蓄水淹没

表3 1991—2001年间各CCA排序轴与社会经济因子之间的相关系数及各轴的特征值

Table 3 The correlative efficient among the ordination axes and the socio-economical factors and the eigen values of each axe from 1991 to 2001

	AX1	AX2	AX3	AX4	A-POP	FNIPC	GYC	GIRE	LSP	PCAL	POP
A-POP	-0.1741 *	0.0198	-0.124	0.1054							
FNIPC	0.0644	0.0502	-0.0273	-0.1361	-0.6005						
GYC	-0.1955 *	0.1994 *	-0.0444	0.0397	0.3067	0.1999					
GIRE	-0.0099	-0.0217	-0.0547	-0.1411	-0.5173	0.9087	-0.0025				
LSP	-0.0684	0.0144	-0.0329	-0.1478	-0.5109	0.9111	0.1564	0.9726			
PCAL	-0.0634	-0.1336 *	0.0215	-0.1744	-0.1606	0.0137	-0.4211	0.1784	0.1385		
POP	-0.2846 **	-0.0405	-0.1399	0.0663	0.8637	-0.4134	0.3674	-0.2477	-0.1973	-0.0834	
ATFP	-0.1152	0.0951	0.0536	-0.0423	-0.3504	0.1122	0.2961	0.062	0.2381	-0.2036	-0.0493
特征值 Eigen values:											
	0.169	0.097	0.076	0.064							
土地利用转移与社会经济因子的相关关系 land-use transitions-socio-economical factors correlations:											
	41.1%	31.1%	27.6%	25.4%							
土地利用转移变量的累计百分率 Cumulative percentage variance of land-use transitions:											
	0.7	1.2	1.5	1.8							
土地利用转移与社会经济因子关系变量的累计百分率 Cumulative percentage variance of land-use transitions-socio-economical factors relation:											
	31.1%	48.9%	63%	74.9%							

样本数 $n=497$, * 表示 $P<0.01$, * 表示 $P<0.05$

引起的。而 GYC 与土地利用转移类型中的 T-12 和 T-19 正相关性显著,即随着粮食总产量的增加,耕地向建筑用地转移的量以及未利用地向耕地转移的量越大,说明粮食产量的增加来源于未利用地向耕地转移面积的增加,同时随着粮食总产量的增加人民生活水平有所提高,住房、基础设施等建筑用地面积的增加一部分来源于耕地向建筑用地的转移。社会经济因子中的 A-POP 与 T-1、T-4 两类呈显著的负相关,即随着农业人口的增加,林地、耕地向水体的转化面积变小。而 T-16、T-20 和 T-22 三类土地利用转移类型与 A-POP 正相关性显著,说明灌草丛向未利用地、灌丛向耕地以及建筑用地向灌草丛的转化与期间区域农业人口的增加关系明显。同时,POP 与 T-14、T-15、T-22、T-23 土地利用变量呈显著正相关,与 T-1 和 T-4 显著负相关,表示随着区域人口的增加,林地和耕地向未利用地转移以及建筑用地和未利用地向灌丛转移的面积增加,而林地和耕地转移为水体的面积在减少;说明了期间总人口的增加是导致林地面积减少的一个主要原因。PCAL 与 T-18 和 T-21 两类呈显著正相关,表示建筑用地向耕地转移面积的增加是人均耕地面积增加的一个来源,同时随着人均耕地面积的增加,林地向灌丛转移的面积在增加,从而也说明了期间林地面积减少的原因;而 PCAL 与 T-7 和 T-17 两类呈显著负相关,表示随着人均耕地面积的增加,未利用地转移为林地以及林地转移为耕地的面积减少,说明期间人均耕地面积的增加不是得益于林地的减少,可能来源于未利用地和灌丛向耕地的转移。其他土地利

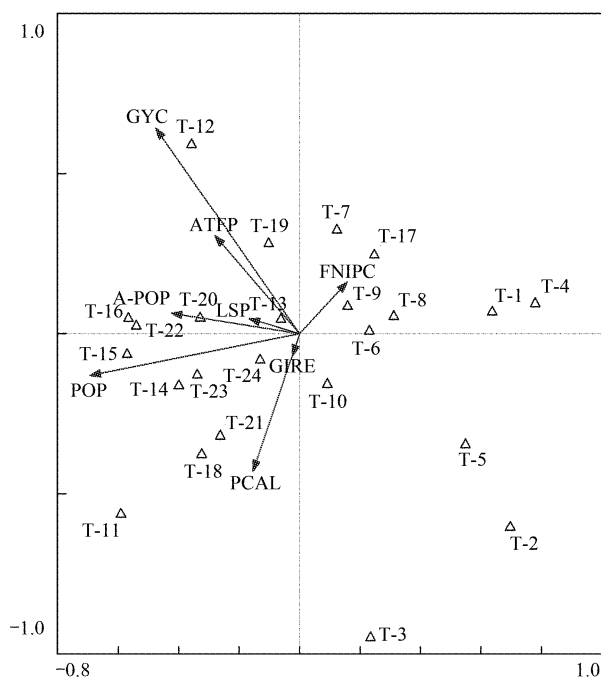


图4 1991—2001年间各土地利用变化转移类型与社会经济因子间的CCA双序图

Fig. 4 CCA ordinations of land-use transitions with eight socio-economical variables. Biplot vectors shown represent the explanatory socio-economical variables

W: 水体, F: 林地, CON: 建筑用地, BL: 未利用地, CUL: 耕地, S: 灌草丛, T-1: F→W, T-2: CON→W, T-3: BL→W, T-4: CUL→W, T-5: S→W, T-6: CON→F, T-7: BL→F, T-8: CUL→F, T-9: S→F, T-10: F→CON, T-11: BL→CON, T-12: CUL→CON, T-13: S→CON, T-14: F→BL, T-15: CUL→BL, T-16: S→BL, T-17: F→CUL, T-18: CON→CUL, T-19: BL→CUL, T-20: S→CUL, T-21: F→S, T-22: CON→S, T-23: BL→S, T-24: CUL→S

用变量与 POP、GYC、A-POP 和 PCAL 相关性不明显。

3.2 2001—2004 年间土地利用变化驱动因子分析

2001 到 2004 年间土地利用变化转移类型和社会经济因子的 CCA 排序分析结果如表 4。表中,对排序轴与社会经济因子的相关性作排列检验,表明第 1 轴与农业人口(A-POP)、粮食总产量(GYC)、畜牧业产值(LSP)之间负相关性显著;第 2 轴与各社会经济变量间的相关性不明显。另外,从表 4 中也可以看出 8 类社会经济因子之间的相关性强弱,比如通过检验的 3 个社会经济因子存在显著的正相关性。同时,表 4 也反映出 CCA 前 4 个排序轴的全部特征值。

表 4 2001—2004 年间各 CCA 排序轴与社会经济因子之间的相关系数及各轴的特征值

Table 4 The correlative efficient among the ordination axes and the socio-economical factors and the eigen values of each axe from 1991 to 2001

	AX1	AX2	AX3	AX4	A-POP	FNIPC	GYC	GIRE	LSP	PCAL	POP
A-POP	-0.3598**	0.0718	0.0317	0.0169							
FNIPC	-0.0952	0.0868	-0.1476	-0.0724	0.3891						
GYC	-0.2632*	0.0129	-0.0151	-0.0564	0.7379	0.7015					
GIRE	0.0774	-0.0493	-0.026	0.0193	-0.1299	0.4058	0.3943				
LSP	-0.2731*	0.0315	-0.0331	0.0068	0.7365	0.6728	0.9399	0.4546			
PCAL	-0.0886	-0.0214	0.0148	-0.0963	0.2442	0.5217	0.7216	0.6461	0.7033		
POP	-0.1446	0.0834	-0.0458	-0.0657	0.5194	0.7951	0.7948	0.3963	0.8171	0.8243	
ATFP	-0.1034	-0.0414	-0.013	-0.0496	0.3376	0.624	0.747	0.7935	0.7188	0.8521	0.715
特征值 Eigen values:											
	0.17	0.064	0.063	0.062							
土地利用转移与社会经济因子的相关关系 land-use transitions-socio-economical factors correlations:											
	41.2%	25.2%	25%	24.8%							
土地利用转移变量的累计百分率 Cumulative percentage variance of land-use transitions:											
	0.9	1.3	1.6	2							
土地利用转移与社会经济因子关系变量的累计百分率 Cumulative percentage variance of land-use transitions-socio-economical factors relation:											
	40.3%	55.4%	70.2%	84.8%							

样本数 $n=487$, ** 表示 $P<0.01$, * 表示 $P<0.05$

同样从双序图(图 5)中可以看出农业人口(A-POP)、粮食总产量(GYC)和畜牧业产值(LSP)是引起这个时期土地利用变化的主要因子。同时图 5 显示出 A-POP、GYC 和 LSP 与第 1 轴负相关性显著。并且农业人口(A-POP)与粮食总产量(GYC)、畜牧业产值(LSP)之间存在显著的正相关性;表明这 3 个因素相互作用,共同影响区域内的土地利用变化;而且这 3 个社会经济因子与其他因子,如总人口和农民人均纯收入的正相关性也较强。此外,从图中可以看出土地利用转移类型中 T-1、T-3、T-16、T-13 和 T-12 与农业人口(A-POP)、粮食总产量(GYC)和畜牧业产值(LSP)存在着正相关性,表明农业人口的增加是引起林地转变为建筑用地的主要原因,此外 T-3 农业用地转化为林业用地主要是由于近年来实施退耕还林政策引起的变化,此变化与农业人口变化有一定的关系。T-16、T-13 和 T-12 与农业人口的关系也很明显,农业人口的增加造成部分林业用地转变为农业用地和灌草丛。如上所述,粮食总产量和畜牧业产值与农业人口呈正相关。而 T-2、T-6、T-8、T-18 四类土地利用转移类型与农业人口(A-POP)、粮食总产量(GYC)和畜牧业产值(LSP)存在着负相关性,表示随着农业人口、粮食总产量和畜牧业产值的增加,未利用地转化为林地和建筑用地,以及建筑用地与灌草丛间的相互转化面积在减少。除此之外,其他土地利用变量与该 3 个社会经济因子的相关性不明显。

4 讨论与结论

社会经济与环境是个很复杂的系统,在分析土地利用变化与社会经济因子和环境因素之间的关系时,不可能完全包括社会经济系统和环境系统中影响土地利用变化的所有变量。因为,许多影响因素是无法获取的,还有许多因素对土地利用变化的影响程度也无法获知;再者,一些影响因素是无法量化的;这些情况都对

分析在社会与环境这个很复杂的系统作用下的土地利用变化情况提出了挑战^[25]。基于此,一些学者在关于社会经济与环境因素作用于土地利用变化方面开展了大量的研究工作,如 Xie 等^[17]以中国吴县为例探讨了该区域内耕地转移的社会经济驱动因子;Hietel 等^[12]通过对德国一高原 54a 的土地利用/覆被的监测,结合社会经济和环境因子,利用冗余度分析法,探讨了该区域土地利用变化的内在驱动因子。本文结合前人的研究成果,通过对研究区 13a 的土地利用变化转移情况的监测,探讨土地利用变化转移的内在驱动因子,并集中在社会经济方面驱动因素的探讨,利用典型对应分析模型对土地利用变化和社会经济因素的关系进行分析,其结果表明:土地利用变化转移的时间和空间特征是多维的;而且显示了每一种土地利用类型的转移与社会经济因子之间的相关性。

本文结果表明:1991—2001 年间,土地利用转移频繁与多个社会经济因子有紧密联系。如人口 (POP)、粮食总产量 (GYC)、农业人口 (A-POP) 和人均耕地面积 (PCAL) 与土地利用变化转移之间有显著的相关性。

而且许多土地利用转移类型都与各个社会经济因素有紧密联系。由此可见 1991—2001 年间随着国内社会经济的快速发展,研究区域内人类的社会经济活动比较活跃,比如地区人口不断增加,对耕地的需求加大从而对区域土地开垦的力度加强,这些人类活动都是驱动该时段内土地利用变化的主要的驱动力。表明在此期间社会经济因素是土地利用变化的主要贡献力。

2001—2004 年期间,农业人口 (A-POP)、粮食总产量 (GYC) 和畜牧业产值 (LSP) 与土地利用变化之间有显著的相关性。但土地利用转移类型中只有少数地类与农业人口 (A-POP)、粮食总产量 (GYC) 和畜牧业产值 (LSP) 相关性显著;除此之外,其他土地利用变量与社会经济因子的相关性不明显。这可能因为期间间隔时间短,各个社会经济因素对土地利用变化的驱动作用的时滞效应,因此其驱动作用在短时期内表现不明显。也有可能是随着后期 (2001—2004 年) 社会经济发展相对稳定,加之区域相关政策法规的实施,特别是农业产业结构的调整,使得人类对土地资源的作用力减弱,作用频度降低;因此 2001—2004 年间土地利用变化与社会经济活动的相关性相对较弱。

总的看来,从 1991—2004 年间土地利用变化都与农业人口 (A-POP) 和粮食总产量 (GYC) 有明显的相关性,说明该区域内农业人口 (A-POP) 和粮食总产量 (GYC) 的变化是驱动土地利用变化主要因素之一。因此未来一定年期内,漫湾库区应当在保证现有基本农田面积的情况下,加大产业结构的调整并保证产业结构调整的合理化,提高现有的耕地质量;对区域内即将实施的相关工程 and 政策法规要作充分的论证,评价其实施后将带来的土地利用变化及其影响,以实现该地区土地资源的可持续利用,缓解耕地与人口、经济发展与土地需求之间的矛盾,实现区域的可持续发展。

此外利用多变量分析法进行 LUCC 与其驱动因子关系分析是可行的,其最大的优点是能够直接分析出土地利用变化,尤其是类型转变 (A 转变成 B) 与驱动因子之间的关系,而这种关系并不一定是线性关系。这些关系的分析研究为进一步建立 LUCC 变化预测模型奠定了基础。

致谢: 本文得到唐勤教授、比利时同仁 Elke Vermoesen 的帮助,特此致谢。

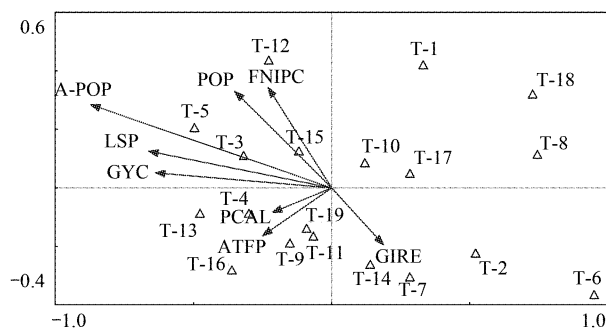


图 5 2001—2004 年间各社会经济因子与土地利用变化转移类型的 CCA 排序

Fig. 5 CCA ordinations of land-use transitions with eight socio-economical variables. Biplot vectors shown represent the explanatory socio-economical variables

W: 水体, F: 林地, CON: 建筑用地, BL: 未利用地, CUL: 耕地, S: 灌草丛, T-1: CON→F, T-2: BL→F, T-3: CUL→F, T-4: S→F, T-5: F→CON, T-6: BL→CON, T-7: CUL→CON, T-8: S→CON, T-9: F→BL, T-10: CUL→BL, T-11: S→BL, T-12: F→CUL, T-13: CON→CUL, T-14: BL→CUL, T-15: S→CUL, T-16: F→S, T-17: CON→S, T-18: BL→S, T-19: CUL→S

References:

- [1] Yadav V, Malanson G. Spatially explicit historical land use land cover and soil organic carbon transformations in Southern Illinois. *Agriculture. Ecosystems and Environment*, 2008, 123(4): 280-292.
- [2] Qing L J, Zhang Y, Xu H M, Liu X N. Study on the Effect of Land Use Change on the Eco - environment. *Scientia Geographica Sinica*, 2002, 22(4): 508-512.
- [3] Yu X X, Yang G S, Wang Y. Advances in Researches on Environmental Effects of Land Use/Cover Change. *Scientia Geographica Sinica*, 2004, 24(5): 627-634.
- [4] Jia B Q, Zhang Z Q, Ci L J, Ren Y P, Pan B R, Zhang Z. Oasis land - use dynamics and its influence on the oasis environment in Xinjiang, China. *Journal of Arid Environments*, 2004, 56: 11-26.
- [5] Lambin E F, Geist H J, Lepers E Dynamics of land use and land cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 2003, 28: 205-241.
- [6] Liu J Y, Zhang Z X, Zhuang D F, Wang Y M, Zhou W C, Zhang S W, Li R D, Jiang N, Wu S X. A study on the spatial - temporal dynamic changes of land - use and driving forces analyses of China in the 1990s. *Geographical Research*, 2003, 22(1): 1-12.
- [7] Shi P J, Jiang Y, Wang J A. Impacts of LUCC on Ecological Security. Beijing: Science Press, 2004.
- [8] Wu J G. The key research topics in landscape ecology. *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(9): 2074-2076.
- [9] Pan D, G Domon, S de Blois, A Bouchard. Temporal (1958 - 1993) and spatial patterns of land use changes in Haut - Saint - Laurent (Quebec, Canada) and their relation to landscape physical attributes. *Landscape Ecology*, 1999, 14: 35-52.
- [10] Li X B. Change of arable land area in China during the past 20 years and its policy implications. *Journal of Natural Resources*, 1999, 14(4): 329-333.
- [11] Ren Z Y, Zhang Y F. LUCC and Assessment of Ecological Security. Beijing: Science Press, 2003.
- [12] Hietel E, Walzhardt R, Otte A. Linking socio-economic factors, environment and land cover in the German Highlands, 1945-1999. *Journal of Environmental Management*, 2005, 75: 133-143.
- [13] Long H, G Tang, X Li, GK Heilig. Socio-economic driving forces of land - use change in Kunshan, the Yangtze River Delta economic area of China. *Journal of Environmental Management*, 2007, 83: 351-364.
- [14] Liu X H, Wang J F, Liu J Y, Liu M X, Meng B. Quantitative analysis approaches to the driving forces of cultivated land changes on a national scale. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 2005, 21(4): 56-60.
- [15] Lant C, T Loftus, S Kraft, D Bennett. Land - use dynamics in a southern Illinois (USA) watershed. *Environmental Management*, 2001, 28(3): 325-340.
- [16] Peppeler-Lisbach, C. Predictive modelling of historical and recent land-use patterns. *Phytocoenologia*, 2003, 33(4): 565-590.
- [17] Xie Y C, Mei Y, Tian G J, *et al.* Socio-economic driving forces of arable land conversion: A case study of Wuxian City, China. *Global Environmental Change*, 2005, 15: 238-252.
- [18] Fu B J, Zhang Q J, Chen L D, Zhao W W, Gulincik H, Liu G B, Yang Q K, Zhu Y G. Temporal change in land use and its relationship to slope degree and soil type in a small catchment on the Loess Plateau of China. *Catena*, 2006, 65: 41-48.
- [19] Ter Braak C J F. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 1986, 67: 1167-1179.
- [20] Zhang J T. Quantitative ecology. Beijing: Science Press, 2004.
- [21] Okland R H. On the variation explained by ordination and constrained ordination axes. *Journal of Vegetation Science*, 1999, 10: 131-136
- [22] Wang Z Z, Zhang X M, Jin Z Z. The ecological environment and biological resources of Manwan Hydropower Station along Lancang River in Yunnan, China. Kunming: Yunnan sciences and technology press, 2000, 6-10.
- [23] Leps Jan and Smilauer Petr, Multivariate analysis of ecological data using of CANOCO. Cambridge University Press, Cambridge, 2003.
- [24] Ter Braak C J F, milauer P. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Ithaca, NY: Microcomputer Power, 2002.
- [25] Marcucci D J. Landscape history as a planning tool. *Landscape and Urban Planning*, 2000, 49: 67-81.

参考文献:

- [2] 秦丽杰, 张郁, 许红梅, 刘湘南. 土地利用变化的生态环境效应研究——以郭县为例. *地理科学*, 2002, 22(4): 508-512.
- [3] 于兴修, 杨桂山, 王瑶. 土地利用/覆被变化的环境效应研究进展与动向. *地理科学*, 2004, 24(5): 627-634.
- [6] 刘纪远, 张增祥, 庄大方, 王一谋, 周万村, 张树文, 李仁东, 江南, 吴世新. 20 世纪 90 年代中国土地利用变化时空特征及成因分析. *地理研究*, 2003, 22(1): 1-12.
- [7] 史培军, 江源、王静爱. 土地利用/覆盖变化与生态安全响应机制. 北京: 科学出版社, 2004.
- [8] 郭建国. 景观生态学中的十大研究论题. *生态学报*, 2004, 24(9): 2074-2076.
- [10] 李秀彬. 中国近 20 年来耕地面积的变化及其政策启示. *自然资源学报*, 1999, 14(4): 329-333.
- [11] 任志远, 张艳芳. 土地利用变化与生态安全评价. 北京: 科学出版社, 2003.
- [14] 刘旭华, 王劲峰, 刘纪远, 刘明亮, 孟斌. 国家尺度耕地变化驱动力的定量分析方法. *农业工程学报*, 2005, 21(4): 56-60.
- [20] 张金屯. 数量生态学. 北京: 科学出版社, 2004.
- [22] 王忠泽, 张向明, 金振洲. 云南澜沧江漫湾水电站库区生态环境与生物资源. 昆明: 云南科技出版社, 2000, 6-10.