

城市土地利用时空结构演变的驱动力研究^{*}

张新长¹, 张文江²

(1. 中山大学遥感与地理信息工程系, 广东 广州 510275;

2. 中山大学电子与通讯工程系, 广东 广州 510275)

摘要: 以广州市海珠区近 11 年来与城市土地利用有关的社会经济统计数据为依据, 在 GIS 分析基础上利用主成分分析方法, 分析该区土地利用变化的总体趋势和驱动因子, 找出一些具有代表性的、不改变系统基本规律的主要因素进行分析, 以达到利用少数变量来分析整个系统目的。分析结果表明: 影响该区土地利用的主要因素为经济发展动态因素和社会系统因素。

关键词: 城市土地利用; 驱动力; 主成分分析

中图分类号: F061.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2005) 01-0117-04

为了弄清楚城市土地利用时空结构演变的规律性, 找出导致各种土地利用随时间变化的根本驱动力是什么的关键在于如何利用科学的方法对整个城市土地利用这样一个复杂的系统工程进行全面的分析, 提取城市发展过程中各种影响因素, 利用一定的数学模型对这些因素进行筛选, 保留主要因素, 剔除次要因素, 从而对影响城市土地利用和导致各类用地发生变化的各项指标有一个宏观的把握, 并在此基础上对城市的未来土地利用趋势进行预测, 才能够制定科学合理的土地利用和规划方针。

本文以广州市海珠区近 11 年来与城市土地利用有关的社会经济统计数据为依据, 在前期 GIS 技术应用研究的基础上, 利用主成分分析方法, 分析该区内土地利用变化的总体趋势和驱动因子, 找出一些具有代表性的、不改变系统基本规律的主要因素进行分析, 以达到利用少数变量来分析整个系统目的。

1 研究方法

以研究区域内不同的土地利用类型为统计单元, 分析广州市海珠区上世纪 90 年代以来土地利用情况, 以 1991—2001 年的社会经济统计数据为原始变量, 应用主成分分析方法分析哪些因素是导致研究区内土地利用时空结构演变的主要的驱动力因子。

本文研究所用社会经济统计数据来自于各年度的《广州市统计年鉴》和广州市房产与国土资源局

和海珠区房产与国土资源局。

2 数学模型与实例分析

2.1 主成分分析模型

主成分分析法是多元统计分析中的一种方法, 其基本思想是要在力保数据信息丢失最小的原则下, 对高维空间进行降维处理, 即在保证数据信息损失最小的前提下, 经线性变换和舍弃一小部分信息, 而以少数的综合变量取代原始采用的多维变量。主成分分析的具体步骤为:

(1) 对原始数据进行标准化处理, 以消除各指标量纲不同和量级差异的影响。

$$x_{aj} = \frac{x_{aj} - \bar{x}_j}{s_j}$$

其中, $\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_a x_{aj}$; $s_j^2 = \frac{1}{n} \sum_a (x_{aj} - \bar{x}_j)^2$; $a = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, p$ 。

(2) 计算相关系数矩阵 R

$$R_{ij} = \frac{1}{n} \sum_a \bar{x}_{aj} \bar{x}_{ai}$$

由相关系数矩阵可以看出各指标彼此的相关程度。

(3) 计算特征值和特征向量

根据特征方程 $|R - \lambda I| = 0$ 计算特征值, 即解 $r_n \lambda^p + r_{n-1} \lambda^{p-1} + \dots + r_1 \lambda + r_0 = 0$ 的特征多项式, 求 $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p$, 并使 λ_i 按大小排列, 即 $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_p \geq 0$, 求出关于特征值 λ_k 的特征向量,

$$I_k = (I_{k1}, I_{k2}, \dots, I_{kp})^T,$$

^{*} 收稿日期: 2004—03—25

基金项目: 国家“985”GIS 与遥感地学应用科技创新平台资助项目; 国家自然科学基金资助项目 (40471106, 40101024); 测绘遥感信息工程国家重点实验室开放基金资助项目 (WKL020302)

作者简介: 张新长 (1957 年生), 男, 博士, 教授; E-mail: eeszc@zsu.edu.cn

$RI_k = \lambda_k$

(4) 计算贡献率 λ_k/λ_i 和累积贡献率 $\sum\left(\lambda_j\backslash\sum\lambda_i\right)$ ，并确定主成分

一般选取累积贡献率达 70% ~ 90% 的特征值 $\lambda_1, \lambda_2, \cdots, \lambda_m (\lambda_m \leq p)$ 对应的主成分。

(5) 计算主成分因子负荷矩阵

$P(z_k, x_i) = \lambda_k I_{ki}$

$i = 1, 2, \cdots, p; k = 1, 2, \cdots, m$

主成分因子负荷量为主成分 z_k 与变量 x_i 之间的相关系数。

总体来说影响城市土地利用变化的主要因素有自然因素和社会因素两类。但从这两大类因素中却可以分解出众多的影响土地利用发生变化的指标，这些指标不仅与因变量用地面积之间存在着相关关系，而且相互之间也存在耦合关联。如果用单纯的相关分析，必然存在一定的误差冗余。主成分分析可以将若干个自变量压缩成几个独立成分，以此来减弱自变量之间的相互干扰。同时主成分分析方法可以把影响城市土地利用的众多指标进行线性组合，使原始变量减少为有代表意义的少数几个新的变量，以少数几个指标来代替多个指标，既能更集中更典型地表明研究对象的特征，也能避免大量重复的工作^[1]。

2.2 研究区分析

从海珠区土地利用时空结构演变的实际情况看，自然因素影响相对恒定，社会经济活动是导致该区近年来土地利用发生变化的主要原因，因此进行主成分分析时，自变量全部选取了社会经济统计

数据。根据主成分分析方法的思路和要求，以及现有的资料情况，选择了 1991—2001 年序列资料作为分析的原始变量，共选取 11 个因子，这些统计数据是在更多的统计数据中根据综合考虑影响城市土地利用时空结构演变过程中的影响关系进行筛选出来的，有一定的代表意义（如表 1 所示）。

应用统计数据处理分析软件对以上数据进行计算可以得出相关系数矩阵、特征值、主成分贡献率和累计贡献率（见表 2、见表 3 所示）。

从相关系数矩阵（表 2）可以看到 11 个影响因子中存在着不同程度的相关性，但其中 X_1 和 X_8 、 X_4 和 X_5 有极大的相关性，其相关系数分别为 0.99 和 0.98。同时按照主成分分析的要求，一般选取累计贡献率达 70% ~ 90% 的特征值对应的主成分即可。

从表 3 中可以看出前 3 个主成分的累计贡献率已经达到 89.50%，用他们足以代表原始因子所代表的绝大部分信息，因此本文选取第一、第二、第三主成分。

主成分负荷量是主成分与变量之间的相关关系，由表 4 可以看出，第一主成分与 X_4 （财政收入）和 X_8 （城市建设固定资产投资额）有较大的正相关，说明非农业人口的增长，必然会带来财政收入和城市建设固定资财投资额的增加，这两个要素与社会经济发展程度紧密联系。同时第二主成分与 X_1 （非农业人口）和 X_5 （人均年收入）有较大的正相关性，说明工业总产值的增长必然会需要大量的非农业人口，同时使人均年收入提高，这两个

表 1 主成分分析原始变量数据¹⁾

Tab 1 The statistic data of principal components analysis

项目	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001
X_1	62.70	63.80	64.28	66.10	67.15	68.24	69.57	70.47	72.13	74.01	75.76
X_2	10000	16193.1	270102	334252	473541	439084	504050	664428	620600	632704	2027662
X_3	11000	12232	8094	10045	19798	19018	21783	34157	21100	20493	15679
X_4	15475	20300	36500	44121	51180	61416	73699	92124	98325	64113	76242
X_5	3603	3950	5057	7434	8793	10152	10492	11436	13239	15416	20861
X_6	33451	36664	71788	80626	98505	15024	15783	23000	19994	22236	25784
X_7	105000	147027	255438	258879	285420	299680	345277	393615	440213	557855	1171653
X_8	11129	14951	43587	57800	95300	91600	71003	66763	86899	135540	1220063
X_9	7850	9800	10452	13300	20900	11800	21538	28526	25449	42424	839459
X_{10}	320	1078	3028	3032	3652	3096	2222	2492	3868	3917	1985
X_{11}	47000	77200	152000	186700	236900	341950	298840	343228	363774	409164	439562

1) 区内非农业人口(X_1 : 万人)、工业总产值(X_2 : 万元)、农业总产值(X_3 : 万元)、财政收入(X_4 : 万元)、人均年收入(X_5 : 元)、出口产品总值(X_6 : 万元)、社会消费品零售总额(X_7 : 万元)、城市建设固定资产投资额(X_8 : 万元)、房地产开发投资额(X_9 : 万元)、实际利用外资金额(X_{10} : 万美元)、乡镇企业总产值(X_{11} : 万元)。

表 2 相关系数矩阵
Tab 2 Matrix of related coefficients

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
X_1	1										
X_2	0. 81	1									
X_3	0. 79	0. 82	1								
X_4	0. 71	0. 68	0. 83	1							
X_5	0. 92	0. 86	0. 72	0. 98	1						
X_6	0. 66	0. 71	0. 63	0. 81	0. 87	1					
X_7	0. 93	0. 85	0. 57	0. 63	0. 78	0. 71	1				
X_8	0. 99	0. 84	0. 62	0. 65	0. 74	0. 84	0. 61	1			
X_9	0. 54	0. 53	0. 64	0. 74	0. 78	0. 86	0. 79	0. 69	1		
X_{10}	0. 83	0. 79	0. 74	0. 76	0. 71	0. 82	0. 65	0. 77	0. 85	1	
X_{11}	0. 54	0. 67	0. 84	0. 86	0. 75	0. 64	0. 75	0. 76	0. 45	0. 53	1

表 3 特征值、贡献率和累积贡献率
Tab 3 Peculiar value, contributed rate and accumulative contributed rate

主成分	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
特征值	6. 33	2. 12	0. 99	0. 65	0. 43	0. 22	0. 11	0. 08	0. 02	0. 01	0. 001
贡献率/%	57. 36	20. 45	11. 68	4. 36	2. 17	1. 24	1. 02	0. 85	0. 44	0. 30	0. 14
累计贡献率/%	57. 36	77. 81	89. 50	93. 85	96. 02	97. 26	98. 27	99. 12	99. 56	99. 86	100. 00

表 4 各主成分因子负荷矩阵
Tab 4 Loaded matrix of principal component factors

主成分因子	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9	X_{10}	X_{11}
1	0. 62	0. 73	0. 66	0. 98	0. 74	0. 17	0. 25	0. 90	- 0. 16	0. 24	0. 48
2	0. 95	0. 24	0. 75	0. 16	0. 90	0. 32	0. 39	0. 51	0. 64	0. 58	0. 42
3	0. 13	0. 26	0. 34	0. 47	0. 39	0. 10	0. 10	0. 20	0. 07	0. 16	0. 25

因素与社会系统有紧密的联系。据此，可以说引起研究区域的土地利用变化的驱动力主要可归纳为经济发展动态因素和社会系统动态因素这两类。

3 结论与评价

3.1 经济发展的动态因素

从与第一主成分紧密相关的两个因子：财政收入和城市建设固定资产投资额来看，经济系统中的动态因素对于土地利用变化的影响非常显著。从1991年到2001年，海珠区的经济实力增长非常快，财政收入以每年平均20.4%的速度增长，同时城市建设固定资产投资额也以较大的年均比例增长，从1991年的11129万元增加到2001年的1220063万元，国家基本建设项目增加，区内城市改造工程比较多，城市化加快，乡镇企业兴起，很多农用地被征用，由于大量的企业开始出现，吸引了大量外来工涌入，使得很多农民也逐渐把主业从种田转向做生意和建房并出租为主要的的生活来源。经济的高

速发展加剧了周边农用地及其它土地利用类型向城市建设用地的转变，特别是向城镇用地转变。近些年，由于广州交通条件的改善，路桥建设速度快，因此很多房地产开发商已经并逐渐进入海珠区，房地产投资大幅度增加，1995年为1993年的2倍，2001年为1995年的4倍。同时，一大批商业零售大企业也入驻海珠区，这些因素都直接或间接地引起海珠区用地结构发生了巨大的变化。这充分说明，随着经济的快速发展，城市化进程加快，大量园地、耕地和其他农用地被占用，同时经济发展带动了一系列产业的出现和发展，比如服务业、房地产业、交通业等，也需要占用大量的土地。

3.2 社会系统因素

与第二主成分紧密相关的两个因子是区内非农业人口和人均年收入，人口是社会系统的重要组成部分和量化指标。随着经济的快速发展，人们的收入有了大幅度的增加，同时由于人口政策的控制使得区内的总人口增加速度不是很快，因此人均每年

可利用资金有了很大增长。海珠区从 1991 年到 2001 年,人均年收入从 3603 元增加到 20861 元,几乎增加了 5 倍。经济的发展推动了人们生活水平和消费水平的提高,社会消费品零售总额从 1991 年的 105000 万元增加到 2001 年的 1171653 万元。随着人们的购买力大大增强,对于耐用消费品比如住房、汽车等的需求也大大增加,从而刺激了房地产业和交通业的发展。而这两个行业的发展就意味着需要大量城市建设用地,从而也就导致区内的土地利用时空结构发生了很大的改变。

另外,由于外来人员的大量进入而导致经济生活上的变化也越来越大^[2,7]。随着改革开放的深入,海珠区的产业结构发生了巨大的变化,因此在用人机制和员工构成上也日趋多样性。过去该区私营和民营企业很少,绝大多数单位的员工均为当地居民,而随着一些外来资金的进入,各种性质的企业日益增多,雇员也来自全国各地,使得海珠区的常住人口构成变得复杂,这些外来人员中已经有相当一部分虽然不具有当地的户口,但有的已经在海珠区生活多年,已经完全融入了当地的生活,并且投资置业,从耐用消费品到生活日用品的消费都和当地居民没有什么区别,而且外来人员中不乏高学历者,他们的收入和消费购买能力均不低于当地居民。可以估计,随着海珠区自身经济政策的调整和优化,将会有越来越多的外来人员进入该区,由他们的劳动和消费而引起的资金总量的变动,将是海珠区土地利用时空结构进一步发生变化的一个不可忽视的因素。本文没有将该因素列入主成分分析中是因为这方面的数据非常缺乏,仅有最近二三年的数据,时间序列太短,不具有说服力,而且会影响对其他因素的评价。

需要指出的是:土地利用及其时空结构的演变是一个相当复杂的过程,同时受到自然、社会、经

济等诸多因素的影响,这些因素彼此交互,相辅相成。由于地理位置与社会经济环境的不同,不同区域的土地利用驱动机制存在着一定的差异^[3]。所以驱动力的分析并不是一劳永逸的,不同时期影响一个地区土地利用变化的因素可能会不同,因为经济的发展速度,不同时期的方针政策等都是不一致的,相应的驱动力因素也会发生改变^[4-6]。比如对于珠江三角洲的众多中小城镇,外来人员甚至已经超过当地在籍人口的数倍,那么这一部分人的经济活动将对当地的土地利用水平和结构产生很大影响。因此必须在把握各研究区域的土地利用变化特征的基础上研究土地利用变化的驱动力机制^[8,9]。

参考文献:

- [1] 林志垒. 主成分分析、聚类分析在耕地适宜性评价中的应用[J]. 甘肃教育学院学报(自然科学版), 2001, 15(2): 40—46.
- [2] 徐涵秋. 基于城镇空间区域扩展分析的城市化进程评估[J]. 城市发展研究, 2002(4): 31—41.
- [3] 邵晓梅, 杨勤业, 张洪业. 山东省耕地变化趋势及驱动力研究[J]. 地理研究, 2001, 20(3): 298—305.
- [4] 朱会义, 李修彬. 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.
- [5] LAMBIN E F, BAAULIES X, BOCKSTAEL N. Land use land cover change[C]. Implementation Strategy. IGBP report No. 48. IHDP report No. 10, 1999.
- [6] 李兵营. 城市空间结构演变动力浅析[J]. 青岛建筑工程学院学报, 1998, 19(3): 14—19.
- [7] 李春侠, 陈朝隆, 黄小岚. 非常住人口与大城市边缘村镇土地利用规划的关系[J]. 华南师范大学学报(自然科学版), 2002, 26(1): 123—128.
- [8] 王铮, 邓悦, 宋秀坤, 等. 上海城市空间结构的复杂性分析[J]. 地理科学进展, 2001, 20(4): 331—340.
- [9] 张新长, 杨大勇, 潘琼, 等. 城市边缘区耕地变化的发展预测分析研究[J]. 中山大学学报(自然科学版), 2002, 41(3): 104—108.

Driving Forces of Spatio temporal Structure Evolution for Urban Land use

ZHANG Xin chang¹, ZHANG Wen jiang²

(1. Department of Remote Sensing and GIS Engineering, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Department of Electronic and Communication Engineering, Sun Yat sen University, Guangzhou 510275, China)

Abstract: Based on GIS and principal components analysis, the statistic data of social economy related to urban land use from 1991 to 2001 in the Haizhu district of Guangzhou are analyzed for determining the primary factors influencing spatial temporal structure evolution of urban land used. The results show that economic development and social system change are the major factors affecting land use in the studied district. The result will benefit the planning management of urban land use of developed districts in China in the future.

Key words: urban land use; driving forces; principal components analysis