

# 城市土地利用结构影响因素的通径分析 ——以重庆市为例

鲁春阳<sup>1</sup>, 文 枫<sup>1</sup>, 杨庆媛<sup>2</sup>

(1. 河南城建学院, 河南 平顶山 467001; 2. 西南大学地理科学学院, 重庆 400715)

**摘要:** 精确刻画城市用地结构与影响因素间的直接和间接效应对城市土地利用宏观调控和用地结构优化具有重要的意义。采用通径分析法, 对重庆市城市土地利用结构与影响因素之间的关系进行定量厘定, 结果表明: ①人口增长对居住用地比例的直接效应最大(0.446), 其通过经济发展、产业结构变化和交通基础设施发展的间接效应分别为-0.189、0.221、-0.042; 经济发展、产业结构变化通过人口增长对居住用地的间接效应较大(0.420、0.309)。②产业结构变化、经济发展对工业用地比例的直接效应为-1.357和1.236, 对公共服务用地比例的直接效应为1.387、-1.100; 人口增长通过经济发展对工业用地比例和公共服务用地比例的间接效应分别为1.163、-1.036, 作用方向相反。③经济发展、交通基础设施发展和产业结构变化是影响绿地比例的重要因素; 人口增长通过经济发展后的间接效应(0.451)显著于直接效应(-0.117)。④经济发展、产业结构变化和人口增长及三者的耦合作用是影响城市用地结构的主要因素。

**关键词:** 城市土地利用结构; 影响因素; 通径分析; 重庆市

**中图分类号:** F301      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1000-0690(2012)08-0936-08

城市土地利用结构是城市各种功能用地的比例和空间结构及其互相影响、互相作用的关系。根据“结构-功能”理论, 城市土地利用结构一定程度上决定了城市功能的发挥及用地效益的提升。一直以来, 城市土地利用结构都是城市土地利用及城市规划研究的核心内容之一<sup>[1-3]</sup>。中国学者关于城市土地利用结构的研究主要集中在结构的动态变化及驱动机制<sup>[4]</sup>、结构利用效益<sup>[5]</sup>、结构合理性<sup>[6,7]</sup>等领域, 部分学者对全国、省域及城市建设用地结构变化驱动力<sup>[8-12]</sup>及模式<sup>[13,14]</sup>进行了分析。在城市土地利用结构影响因素的研究方面, 大多学者运用主成分分析、空间统计学等<sup>[15-17]</sup>, 从不同视角将城市用地结构的影响因素归结为经济发展、人口增长、城市化、基础设施、产业结构、科技进步、制度等, 但是没有精确测度影响因素与城市用地结构之间的关系, 对影响因素的归纳总结还不够充分。目前, 已有学者运用通径分析法用于研究土壤积盐的影响因素<sup>[18]</sup>、城市建设用地扩张的影响

因素<sup>[19]</sup>、军校医学生心理应激影响因素<sup>[20]</sup>及质量管理体系绩效影响因素<sup>[21]</sup>等领域中, 取得了较好的效果。因此, 本文在剖析城市用地结构变化影响因素的基础上, 试图采用通径法定量厘定这些影响因素对城市用地结构的作用强度。

## 1 数据来源与方法

### 1.1 区域概况

重庆市位于 28°10' N~32°13' N, 105°11' E~110°11' E 之间, 幅员面积 8.24×10<sup>4</sup> km<sup>2</sup>, 地处较为发达的东部地区和资源丰富的西部地区的结合部, 是中国五大中心城市之一。重庆自 1997 年直辖以来, 城市发展迅速, 城市土地利用发生剧烈的变化。1997 年城市建成区面积 282.51 km<sup>2</sup>, 城市呈“极核式”布局; 到 2007 年, 城市建成区面积达 667.45 km<sup>2</sup>, 增长了 136.26%, 年均增加 34.99 km<sup>2</sup>, 城市呈“分散集团式”和“集中型同心圆式”组合成的复合式空间格局; 而同期非农业人口增加了

**收稿日期:** 2011-06-16; **修订日期:** 2011-08-19

**基金项目:** “十一五”国家科技支撑计划(2006BAJ14B04-02)资助。

**作者简介:** 鲁春阳(1979-), 女, 河南平顶山人, 博士, 讲师, 主要从事土地资源管理、区域规划与区域经济的研究。E-mail: luchunyang1223@163.com

**通讯作者:** 杨庆媛, 教授。E-mail: yizyang@swu.edu.cn

33.23%,城市用地扩展系数达1.57,大于中国城市规划设计院得出的全国城市用地扩展弹性系数合理值1.12,说明重庆市城市用地扩张过快;且已有的研究表明<sup>[22]</sup>,重庆市城市用地扩张过程中,紧凑程度呈逐年下降的趋势。根据《重庆市统计年鉴》(2009),2008年全市常住人口2 839万人,城镇化率为49.99%。同期全市实现GDP 5 096.66亿元,一、二、三产业结构比例为11.3:47.7:41.0,第二产业占主导地位。

## 1.2 数据来源

研究数据为1997~2007年间的《中国城市统计年鉴》、《中国城市建设统计年鉴》、《重庆市统计年鉴》。利用统计资料选取城市土地利用结构及其影响因素的相关指标。

## 1.3 方法

### 1.3.1 土地利用结构均衡度和均衡度

城市土地利用系统是一个复杂的开放系统,城市土地利用的结构特征可以用信息熵来表示<sup>[23]</sup>。假定一个城市土地总面积为 $S$ ,根据职能土地可分为 $n$ 种类型,每种类型用地面积为 $S_i$ ,则有, $S = \sum_{i=1}^n S_i$ ,各类型土地占城市土地面积的比例为 $P_i = S_i/S$ ,根据信息熵概念得到城市土地利用结构信息熵公式: $G = -\sum_{i=1}^n P_i \ln P_i$ ,式中, $G$ 为信息熵,也叫多样性指数,用于反映城市土地利用结构的分异程度,熵值越高表明土地职能类型越多,各类用地趋于稳定,均匀。

由于按照实际职能计算的信息熵没有考虑城市土地职能数量的影响,因此有必要引入均衡度的概念。根据信息熵公式构造出土地利用结构的信息熵公式: $J = H/H_m = -\sum P_i \log P_i / \log N$ ,式中, $J$ 表示土地利用均衡度,它是实际信息熵与最大信息熵之比。显然,由于 $H \leq H_m$ , $J$ 值介于0~1之间, $J$ 值越大,表明城市土地利用的均质性越强。

### 1.3.2 主成分分析

主成分法能够将大量、繁杂的原始指标、数据简化为少量的综合指标,实际上是原有变量的线性组合<sup>[24]</sup>。由于影响城市用地结构的因素很多,为了消除变量量纲不同的影响,首先对变量进行标准化处理,计算公式为: $\bar{x}_{ij} = (x_{ij} - \lambda) / \delta$ ,式中, $\bar{x}_{ij}$ 为标准化值, $x_{ij}$ 为实际值, $\lambda$ 为平均值, $\delta$ 为标准差。将标准化的数据导入SPSS软件中进行主成分分

析,提取因子总体方差贡献率达到或超过85%的因子,其他因子可以不考虑。

### 1.3.3 通路分析

通路分析是研究自变量之间、自变量与因变量之间相互影响关系,描述各个自变量对因变量的直接和间接影响程度<sup>[25]</sup>。它克服了多元相关分析中任意2个变量线性相关程度中由于包含其他变量的影响成分的片面性,也克服了多元回归分析中由于偏回归系数带有单位,使得原因对结果的效应不能直接比较的缺陷。通路分析是简单相关系数的继续,在多元回归的基础上将相关系数加以分解,通过直接通路、间接通路分别表示某一变量对因变量的直接作用、通过其他变量对因变量的间接作用效果。通路图可以直观地表示变量间的相互影响关系(图1),设有 $n$ 个自变量,这些变量间的相关系数为 $r_{ij}$ ,各自变量与因变量 $Y$ 之间的相关系数可以构成求解通路系数的标准化正规方程(式1)。其中,当 $i=j$ 时, $r_{ij}Q_j$ 为直接通路系数,当 $i \neq j$ 时, $r_{ij}Q_j$ 为间接通路系数。

$$\sum_{j=1}^n r_{ij} \times Q_j = r_{iy} \quad (i=1,2,\dots,n) \quad (1)$$

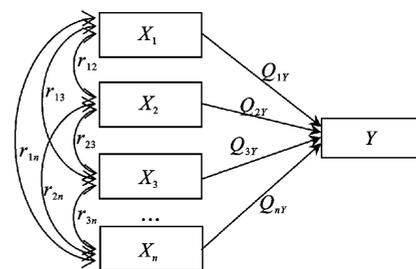


图1 自变量与因变量的通路图

Fig. 1 The graph of path analysis

## 2 结果分析

### 2.1 城市用地结构分析

据《中国城市建设统计年鉴》城市建设用地包括居住用地、公共设施用地、工业用地、仓储用地、对外交通用地、道路广场用地、市政公用设施用地、绿地和特殊用地共9类。借助以上城市建设用地分类数据,计算重庆市1997~2007年城市用地结构的信息熵和均衡度(表1)。

由表1可知,直辖以来,重庆市居住用地、道路广场用地和绿地所占比例呈上升趋势;公共设施用地、工业用地、仓储用地、对外交通用地和特殊

表1 重庆市城市土地利用结构及信息熵和均衡度

Table 1 The changes of urban land use structure, information entropy and equilibrium degree in Chongqing

年份 (年)	居住用地 (%)	公共设施 用地(%)	工业用地 (%)	仓储用地 (%)	对外交通 用地(%)	道路广场 用地(%)	市政设施 用地(%)	绿地 (%)	特殊用地 (%)	信息熵 (G)	均衡度 (J)
1997	34.76	12.36	25.23	3.78	3.76	9.28	2.44	3.96	4.43	1.80	0.82
1998	35.83	12.00	24.06	3.64	4.44	9.09	2.34	4.37	4.23	1.80	0.82
1999	36.05	12.02	23.78	3.59	4.59	9.09	2.37	4.35	4.17	1.80	0.82
2000	29.44	19.79	19.66	5.01	7.55	6.76	2.47	4.93	4.38	1.90	0.87
2001	34.90	16.71	18.96	5.91	6.67	6.12	2.58	5.30	2.87	1.85	0.84
2002	34.73	16.00	19.15	4.71	5.85	6.54	2.55	6.88	3.59	1.86	0.85
2003	34.56	14.36	21.47	4.25	6.00	6.67	2.36	6.75	3.58	1.85	0.84
2004	31.81	13.86	20.95	4.40	6.09	6.75	2.74	9.58	3.83	1.90	0.87
2005	36.83	10.43	21.44	3.15	7.61	7.43	2.81	7.98	2.31	1.82	0.83
2006	37.60	10.58	19.88	2.50	3.35	13.76	2.65	7.56	2.12	1.78	0.81
2007	36.82	10.52	20.52	2.38	3.20	14.72	2.57	7.19	2.06	1.77	0.81

用地所占比例呈下降趋势;市政公用设施用地比例变化不大。整体上,重庆市城市用地结构呈以下特征<sup>[26]</sup>:①居住用地比例偏高。根据《城市用地分类与规划建设用地标准》(GBJ137-90)(以下简称《标准》),2007年重庆市居住用地比例超出《标准》上限4.82%。近年来,重庆市加大城市居住环境改善的力度,居住用地面积大幅增加,但居住类型仍以高密度住宅为主,廉租房和保障性住房用地面积不足;②公共设施用地比例偏低。根据《城市公共设施规划规范》(GB50442-2008),超大城市公共设施用地规划比例介于10.0%~13.2%之间,2007年重庆市公共设施用地比例仅为10.52%,与重庆市作为五大“中心城市”之一需具备完善的公共服务能力尚有一定差距。③绿地严重不足。根据《标准》,绿地面积一般占城市面积的8%~15%,2007年重庆市绿地比例仅为7.19%,不足《标准》的下限,差距十分明显。

重庆市城市土地利用信息熵在波动中略有下降,均衡度的值呈下降趋势。重庆市城市用地结构变动经历了两个明显的阶段:1997~2000年是重庆市土地利用开发的剧变阶段,城市各职能类型土地增长明显不同,变动最为显著的是居住用

地、公共设施用地、工业用地、对外交通用地和道路广场用地,而特殊用地、绿地、市政设施用地和仓储用地变动较小;2000年以后,居住用地、道路广场用地、绿地平稳增长,公共设施用地比例呈下降趋势,其它用地变化不大。

为了研究城市土地利用结构驱动因素的需要,将变化不大的对外交通用地和市政公用设施用地剔除。把剩余的7类用地进行共线诊断,考虑到城市的基本功能包括生产功能、生活功能、公共服务功能和生态功能,在城市各功能用地中,居住用地、工业用地、公共服务用地(公共设施用地+道路广场用地)、绿地表征城市的生产功能、生活功能、公共服务功能和生态功能,分别用 $L_1, L_2, L_3, L_4$ 表示,其标准化值和信息熵的标准化值见表2。

## 2.2 城市用地结构影响因素分析

影响城市土地利用结构的因素很多,既有自然地理环境因素,也有经济因素、人口增长、产业结构、交通基础设施发展、技术进步和政策因素等<sup>[27]</sup>。由于城市中各种生产和消费活动都是城市用地的需求者,都能引致城市用地结构的变化,因此,城市用地结构主要是由市场需求决定的。政策和技术等因素对土地利用结构的影响会体现在其他社

表2 城市用地结构指标

Table 2 The indices of urban land use structure

指标	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
$L_1$	-0.0367	0.4145	0.5062	-2.2767	0.0203	-0.0515	-0.1205	-1.2803	0.8335	1.1589	0.8323
$L_2$	-0.2548	-0.4821	-0.4761	1.7714	0.2345	0.1184	-0.5065	-0.6815	-1.8145	0.8593	1.2319
$L_3$	1.8236	1.2711	1.1372	-0.8076	-1.1421	-1.0519	0.0446	-0.1997	0.0326	-0.7054	-0.4024
$L_4$	-1.2800	-1.0513	-1.0588	-0.7380	-0.5354	0.3481	0.2720	1.8444	0.9553	0.7250	0.5187

会经济活动中,鉴于这些因素不易直接观测和量化,本文重点从经济发展、人口增长、产业结构和交通基础设施发展四个方面考察城市用地结构的影响因素。

### 2.2.1 经济发展

经济发展是影响区域土地利用结构变化的重要因素,主要从土地在产业内与产业间调整等方面影响土地利用数量、性质和空间的变化<sup>[28]</sup>。一方面,经济发展使土地利用结构发生变化,经济发展必然对城市各功能性用地产生巨大需求,促使城市规模在不断扩张的同时,城市内部用地结构也不断进行重组;另一方面经济发展还将导致土地利用方式与手段、文化观念、管理策略等变化,进一步影响土地利用类型及程度的变化<sup>[29]</sup>。本文中经济发展侧重于经济总量和经济发展充分性的提高,经济结构则在下面进行专门分析。故选取GDP、人均GDP、城市居民人均可支配收入、固定资产投资额、房地产开发投资额、社会消费品零售总额、工业增加值、实际利用外资额、工业经济效益综合指数、居民消费价格指数、商品零售价格指数共11个指标,分别用 $E_1 \sim E_{11}$ 表示。运用主成分分析法对这11个指标进行降维,得到2个主成分 $X_{1E}$ ,  $X_{2E}$ (式2、式3),其累计贡献率达95.66%。依据公式1,2计算主成分值,再与各主成分对应的特征值所确定的权重进行加权求和,得到主成分组合值 $X_E$ ,结果见表3。

$$\begin{aligned} X_{1E} = & 0.9577E_1 + 0.8600E_2 + 0.9297E_3 + 0.9114E_4 \\ & + 0.9311E_5 + 0.9319E_6 + 0.9131E_7 + 0.4516E_8 \\ & + 0.8834E_9 + 0.2892E_{10} + 0.3801E_{11} \end{aligned} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} X_{2E} = & 0.3480E_1 + 0.4605E_2 + 0.3684E_3 + 0.3958E_4 \\ & + 0.3613E_5 + 0.3566E_6 + 0.4037E_7 + 0.7730E_8 \\ & + 0.3527E_9 + 0.9268E_{10} + 0.9066E_{11} \end{aligned} \quad (3)$$

### 2.2.2 人口增长

人口是影响城市土地利用结构变化最有活力的因素之一。具体而言,它从土地利用的数量结构、方式和产品需求等方面引致土地利用强度及土地利用结构的变化<sup>[30]</sup>。城市人口的增加,一方面加大了对住房和基础设施用地的需求,从而推动住宅和基础设施用地规模的扩大;另一方面,随着城市居民人均收入水平的提高,对改善生活品质的要求不断提升,必然增加对道路广场用地、绿地等公共设施用地的需求,其诉求也相应地改变土地利用的类型及结构<sup>[31]</sup>。选取城市人口数量( $X_p$ )来表示其对城市用地结构的影响。其标准化值见表4。

### 2.2.3 产业结构

城市产业结构是决定城市经济功能和城市性质的内在因素。在某种程度上,城市经济的发展是通过城市产业结构的不断变革与升级完成的。产业结构的质态转变首先通过相应的土地利用变化得到反映,体现在土地资源在各产业、部门间的重新分配和组合,因此,城市产业布局结构的调整方式直接决定着城市用地置换的方向。本文选择二产产值比重、三产产值比重、三产二产比3个指标反映产业结构,分别用 $I_1$ 、 $I_2$ 、 $I_3$ 来表示,进行主成分分析,其第1主成分(式4) $X_{I1}$ 贡献率达98.87%,则第1主成分即是产业结构的组合值 $X_I$ ,见表5。

$$X_{I1} = -0.9907E_1 + 0.8840E_2 + 0.9983E_3 \quad (4)$$

表3 经济发展因素主成分值及组合值

Table 3 Principal component values and its combination value of economic development

	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
$X_{1E}$	-1.7694	-0.4402	-0.6549	-0.1993	-0.6906	-0.2158	-0.0388	-0.0085	0.9860	1.2753	1.7560
$X_{2E}$	1.8612	-1.2787	-0.7057	-1.4298	0.1424	-0.3710	-0.0799	0.8071	-0.3878	0.3014	1.1408
$X_E$	-1.3856	-0.5288	-0.6603	-0.3293	-0.6025	-0.2322	-0.0431	0.0777	0.8408	1.1723	1.6909

表4 人口增长因素值

Table 4 Influencing factor value of population increase

	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
$X_p$	-1.6924	-0.6648	-0.6402	-0.4435	-0.4191	-0.0646	0.1632	0.0038	0.0489	1.8265	1.8821

表5 产业结构组合值

Table 5 Combination value of industrial structure

	1997年	1998年	1999年	2000年	2001年	2002年	2003年	2004年	2005年	2006年	2007年
$X_I$	-1.8727	-0.3052	-0.0725	0.0246	0.3325	0.3363	-0.8485	-1.0505	1.2286	1.5361	0.6912

2.2.4 交通基础设施发展

随着科技水平的提高,服务于城市生产生活的交通基础设施对城市用地扩展方向产生重大影响。从水运时代到铁路的出现,以至到现代轨道交通及快速交通的发展,不仅提高了人们出行的效率,也将城市空间向高空和地下推进,对城市用地的空间布局产生深刻影响,如在轨道交通停站周围一定范围内,极大地带动了居住用地、服务业及公共设施用地的的发展。本文选择人均铺装城市道路长度、人均客运量、人均货运量来研究交通基础设施发展,分别以  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  表示,进行主成分分析,其 1, 2 主成分(式 5, 式 6) 累计贡献率为 94.73%, 以各主成分特征值确定的权重进行加权求和,得到交通基础设施发展的组合值  $X_T$ , 见表 6。

$$X_{1T} = -0.0071 T_1 + 0.9088 T_2 + 0.9284 T_3 \quad (5)$$

$$X_{2T} = -0.9877 T_1 - 0.3249 T_2 + 0.2702 T_3 \quad (6)$$

2.3 城市用地结构影响因素的通径分析

根据式 1 分别建立  $G$ 、 $L_1$ 、 $L_2$ 、 $L_3$ 、 $L_4$  与  $X_E$ 、 $X_P$ 、 $X_I$ 、 $X_T$  之间的通径分析, 结果见表 7, 表中带星号的数

据是自变量与因变量的直接通径系数, 其它为间接通径系数。

1) 人口增长对居住用地的直接效应最大(0.446), 其通过  $X_E$ 、 $X_I$ 、 $X_T$  的间接效应为 -0.189、0.221、-0.042, 各效应差异较大。产业结构的直接效应为 0.319, 通过  $X_E$ 、 $X_P$ 、 $X_T$  的间接效应为 -0.144、-0.309、0.075。经济发展的直接效应为 -0.201, 通过  $X_P$ 、 $X_I$ 、 $X_T$  的间接效应为 0.420、0.229、-0.019。交通基础设施的直接效应为 0.161, 通过  $X_E$ 、 $X_P$ 、 $X_I$  的间接效应为 0.023、-0.117、0.149。经济发展和产业结构对居住用地的间接效应最大。

2) 产业结构对公共服务用地的直接效应最大(1.387), 其通过  $X_E$ 、 $X_P$ 、 $X_T$  的间接效应为 -0.791、-0.041、-0.079, 各效应差异较大。经济发展的直接效应为 -1.100, 其通过  $X_P$ 、 $X_I$ 、 $X_T$  的间接效应为 -0.056、0.997、0.026, 各效应差异较大。交通基础设施的直接效应为 -0.226, 通过  $X_E$ 、 $X_P$ 、 $X_I$  的间接效应为 0.127、0.016、-0.489。人口因素对公

表 6 交通基础设施发展主成分及组合值

Table 6 Principal component values and its combination value of transport infrastructure

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
$X_{1T}$	2.3590	-0.5165	-0.3564	-0.3066	0.2967	-0.0866	-0.5734	0.5513	0.7119	-1.5643	-0.5152
$X_{2T}$	-0.5335	-1.4271	-1.4700	-1.2628	0.3974	0.2901	0.4302	1.2986	0.9034	0.8457	0.5279
$X_T$	1.1893	-0.8847	-0.8067	-0.6933	0.3374	0.0658	-0.1675	0.8535	0.7894	-0.5897	-0.0934

表 7 城市不同类型用地比例通径系数

Table 7 Path coefficients of urban different land use type

用地类型	变量名	$X_E$	$X_P$	$X_I$	$X_T$
居住用地	$X_E$	-0.2009	0.4202	0.2295	-0.0186
	$X_P$	-0.1892	0.4464*	0.2213	-0.0422
	$X_I$	-0.1445	0.3094	0.3192*	0.0749
	$X_T$	0.0232	-0.1173	0.1489	0.1606*
公共服务用地	$X_E$	-1.1001*	-0.0561	0.9976	0.0261
	$X_P$	-1.0356	-0.0596*	0.9618	0.0594
	$X_I$	-0.791	-0.0413	1.3874*	0.0796
	$X_T$	0.1272	0.0157	-0.4888	-0.2259*
工业用地	$X_E$	1.2356*	-0.6184	-0.9761	0.0429
	$X_P$	1.1631	-0.6570*	-0.9411	0.0976
	$X_I$	0.8884	-0.4554	-1.3576*	0.1308
	$X_T$	-0.1429	0.1727	0.4783	-0.3713*
绿地	$X_E$	0.4790*	-0.1169	0.2654	-0.0515
	$X_P$	0.4509	-0.1242*	0.2559	-0.117
	$X_I$	0.3444	-0.0861	0.3692*	-0.1568
	$X_T$	-0.0554	0.0326	-0.1301	0.4452*

注: \*表示数据是自变量与因变量的直接通径系数; 其他为间接通径系数。

共服务用地的直接效应最小(-0.059),其通过 $X_6$ 、 $X_1$ 、 $X_7$ 的间接效应为-1.036、0.962、0.059,人口因素通过经济发展和产业结构的间接效应明显大于其直接效应。

3) 从直接效应看,产业结构对工业用地的直接效应最大(-1.357),其通过 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_1$ 的间接效应为0.888、-0.455、0.131,各效应差异较大。经济发展的直接效应为1.236,其通过 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_1$ 的间接效应为-0.618、-0.976、0.043,各效应差异较大。人口因素的直接效应为-0.657,其通过 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_1$ 的间接效应为1.163、-0.941、0.097,人口因素通过经济发展和产业结构的间接效应明显大于其直接效应。交通基础设施的直接效应最小(-0.3713),通过 $X_6$ 、 $X_7$ 、 $X_1$ 的间接效应为-0.143、0.173、0.478。

4) 经济发展和交通基础设施对绿地的直接效应较大(0.479、0.445),经济因素的间接效应为-0.117、0.265、-0.052,各效应差异较大;交通基础设施的间接效应为-0.055、0.033、-0.130。产业结构的直接效应为0.369,其间接效应为0.344、-0.086、-0.157。人口增长是直接效应为-0.124,其间接效应为0.451、0.256、-0.117,人口增长对绿地的直接效应虽不明显,但通过经济发展,刺激对绿地的需求增加,其间接作用较大。

5) 从直接通路系数看,产业结构和经济发展对公共服务用地和工业用地的影响较大;人口增长对居住用地比例的影响较大;经济发展和交通基础设施发展对绿地比例的影响较大。就间接通路系数看,人口增长对居住用地比例影响最大(0.420),经济发展对公共设施用地、工业用地和绿地的比例影响最大,其影响强度分别为-1.036、1.163、0.451,但作用方向有别。

6) 不同类型用地的影响因素作用规律不同。经济发展与工业用地和绿地的比例呈正相关,与居住用地和公共服务用地比例呈负相关;人口增长与居住用地比例呈正相关,与工业用地、公共服务用地和绿地的比例呈负相关;产业结构变化与工业用地比例呈反向变化特征,与公共服务用地、绿地和居住用地的比例呈相关。交通基础设施发展于居住用地和绿地的比例呈正向作用,与工业用地和公共服务用地的比例呈负向作用。

### 3 结论与讨论

通过以上分析,可以得出以下结论:

1) 人口增长对居住用地比例影响最大,直接效应为0.446,其通过经济发展、产业结构和交通基础设施发展的间接效应为-0.189、0.221、-0.042,可见人口增长通过产业结构的间接作用,促进居住用地比例的增加。重庆市居住用地比例已经超出《标准》上限,因此,政府在制定产业政策时,应与区域居住用地的实际需求有机结合,适度安排房地产业的发展规模和速度。经济发展、产业结构通过人口增长对居住用地的间接效应较大(0.420、0.309),由于经济发展吸引更多的农村剩余劳动到城市集聚,相应地对居住用地刚性需求增加。综上,人口增长、产业结构、经济发展及三者的耦合是影响居住用地比例的重要因素。

2) 产业结构和经济发展对工业用地比例和公共服务用地比例影响最大,但作用方向相反。产业结构和经济发展对工业用地比例的直接通路系数分别为-1.357、1.236;对公共服务用地的直接通路系数分别为1.387、-1.100。目前重庆市产业结构中工业经济仍占主导地位,第三产业处于快速发展阶段,随着产业结构调整步伐的加快,主城区中工业企业逐渐搬离城市中心,让位于对区位条件敏感的第三产业,如金融业、保险业等,这些产业的发展,对城市公共服务能力提出了更高的要求,相应地公共服务用地比例应提高。简言之,重庆市在今后的产业结构调整 and 经济发展过程中,应适当的增加公共服务用地比例,降低工业用地比例

3) 经济发展、交通基础设施发展和产业结构对绿地比例的影响较大,其直接通路系数分别为0.479、0.445、0.369,差距不大。人口增长对绿地的直接效应并不明显,但通过经济发展后的间接效应更加明显(0.451),如大量的农村富余劳动力进城,不仅促进城市经济的发展,且随着其收入水平的提升,对生活品质要求也越来越高,一定数量的绿地是城市良好生活质量的重要保障。

4) 经济发展、人口增长、产业结构变化和交通基础设施发展对城市各功能性用地的直接和间接作用强度、作用方向不同。因此,在调整城市用地结构时,应解决好以下3个问题:一是保证城市经济发展必须的各功能性用地,如工业用地、绿地等,同时必须为日益增加的城市人口提供基本的居住场所和公共服务保障体系。二是从产业结构优化入手调整土地利用结构,产业结构对各功能

性用地的直接和间接效应都较为显著,但作用方向不用。如通过“退二进三”、“退城进园”等产业结构调整政策,可以降低工业用地比例,增加公共服务用地、绿地和居住用地的比例。同时处理好产业结构变化与经济发展、人口增长和交通基础设施发展之间的耦合作用对城市用地结构的影响。三是建设城市现代交通网络体系时,要保证城市公共服务空间的均质化,促进整体功能的提升和用地集约水平的提高。

由于经济现象之间关系错综复杂,出于对现有经济现象认识的局限,在设定模型时不可能把影响城市用地结构的所有因素都考虑进去,所以应进一步计算遗漏变量和误差项对城市用地结构的剩余通径效应系数  $P_y = \sqrt{1 - (r_{1y}Q_{1y} + r_{2y}Q_{2y} + \dots + r_{my}Q_{my})}$ , 如剩余通径效应系数较小,说明通径分析已经把握了影响城市用地结构的主要变量,否则表示通径分析可能漏掉了某些主要因素,需进一步寻找别的影响因素。本文对居住用地比例、公共服务用地比例、工业用地比例和绿地比例影响因素通径分析的剩余系数  $P_i$  分别为 0.231、0.217、0.203、0.307,这说明还有一些对城市用地结构有影响的因素没有被考虑,特别是短期内国家宏观经济政策和土地政策的重大调整等,都会对城市用地结构产生影响。因此,今后有必要加强这方面的研究,同时也有必要对我国不同地域、不同规模、不同职能城市用地结构的利用特点及影响因素进行探索。

## 参考文献:

- [1] George Galster. Wrestling sprawl to the ground: defining and measuring an elusive concept[J]. *Housing Policy Debate*, 2001, 12: 681-717.
- [2] Sutton P C. A scale-adjusted measure of "Urban sprawl" using nighttime satellite imagery[J]. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 8: 353-369.
- [3] Chris Davis, Tim Schaub. A trans boundary study of urban sprawl in the Pacific Coast region of North America: The benefits of multiple measurement methods[J]. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 2005, 7: 268-283.
- [4] 袁丽丽. 城市化进程中城市用地结构演变及其驱动机制分析[J]. *地理与地理信息科学*, 2005, 21(3): 51-55.
- [5] 宋吉涛, 宋吉强, 宋敦江. 城市土地利用结构相对效率的判别性分析[J]. *中国土地科学*, 2006, 20(6): 9-15.
- [6] 郑新奇, 孙元军, 付梅臣, 等. 中国城镇建设用地结构合理性分析方法研究[J]. *中国土地科学*, 2008, 22(5): 4-10.
- [7] 孙元军, 郑新奇, 常伟倩. 基于 Weka 的城市建设用地结构特征挖掘分析[J]. *计算机工程与应用*, 2008, 4(27): 231-235.
- [8] 边学芳, 吴群, 刘玮娜. 城市化与中国城市土地利用结构的相关分析[J]. *资源科学*, 2005, 27(3): 73-78.
- [9] 章波, 濮励杰, 黄贤金. 城市区域土地利用变化及驱动机制研究——以长江三角洲地区为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(1): 28-33.
- [10] 张新长, 张文江. 城市土地利用时空结构演变的驱动力研究[J]. *中山大学学报(自然科学版)*, 2005, 44(1): 117-120.
- [11] 何毓荣, 徐祥明, 吴晓军. 成渝经济区的耕地土壤质量特点及保护对策[J]. *地理科学*, 2009, 29(3): 375-380.
- [12] 张洁. 东京城市土地利用结构分析及其对中国大城市的启示[J]. *经济地理*, 2004, 24(6): 812-815.
- [13] 姚士谋, 陈爽, 吴建楠. 中国大城市用地空间扩展若干规律的探索——以苏州市为例[J]. *地理科学*, 2009, 29(1): 15-21.
- [14] 曾忠平, 卢新海. 武汉城市用地结构演变模式研究[J]. *中国土地科学*, 2009, 23(3): 44-48.
- [15] 陈志. 武汉市土地利用结构信息熵演变及动力分析[J]. *湖北大学学报(自然科学版)*, 2006, 28(3): 317-320.
- [16] 章波, 濮励杰, 黄贤金. 城市区域土地利用变化及驱动机制研究——以长江三角洲地区为例[J]. *长江流域资源与环境*, 2005, 14(1): 28-33.
- [17] 曾钢, 焦萧黎. 信息熵与分型理论在城市土地利用结构合理性分析中应用[J]. *科协论坛*, 2007, 4(下): 7-8.
- [18] 毛任钊, 张妙仙, 张玉铭. 海河低平原盐渍涝洼区表层土壤积盐影响因素通径分析[J]. *中国生态农业学报*, 2004, 12(2): 50-53.
- [19] 梅昀, 邓胜华. 基于通径分析的城市建设用地扩张研究——以武汉市为例[C]. 2009年中国土地学会学术年会论文集, 263-270.
- [20] 师晓宁, 刘晓虹, 徐燕, 等. 军校医学生心理应激影响因素的通径分析[J]. *心理科学*, 2005, 28(1): 76-79.
- [21] 赵玉忠, 何桢. 质量管理体系绩效影响因素的通径分析[J]. *统计与决策*, 2008, 24: 173-174.
- [22] 郭莉滨, 杨庆媛, 郝府祥. 重庆城市土地利用空间演化机制及对策研究[J]. *西南师范大学学报(自然科学版)*, 2005, 30(3): 73-76.
- [23] 曾钢, 焦萧黎. 信息熵与分型理论在城市土地利用结构合理性分析中应用[J]. *科协论坛*, 2007, 4(下): 7-8.
- [24] 卢纹岱. SPSS for Windows 统计分析[M]. 北京: 电子工业出版社, 2004.
- [25] MAO Renzhao, Fitzpatrick R W, Liu Xiaojing, et al. Chemical properties of selected soils from the North Plain[C]//McVicar T. R., Li Rui, et al. *Regional Water and Soil Assessment for Managing Sustainable Agriculture in China and Australia*. ACIAR Monograph NO. 84, 2002, 173-186.
- [26] 鲁春阳, 杨庆媛, 文枫. 城市化与城市土地利用结构关系的协整检验与因果分析——以重庆市为例[J]. *地理科学*, 2010, 30(4): 551-57.
- [27] 鲁春阳, 杨庆媛, 靳东晓, 等. 中国城市土地利用结构研究进展

- 及展望[J].地理科学进展,2010,**29**(7):861~868.
- [28] 闫小培,毛蒋兴,普军.巨型城市区域土地利用变化的人文因素分析——以珠江三角洲地区为例[J].地理学报,2006,**61**(6):613~623.
- [29] 刘 钢,冉瑞平,胡玉福.基于RS和GIS的攀枝花市土地利用变化驱动力分析[J].四川农业大学学报,2010,**28**(2):258~264.
- [30] 樊 杰,许豫东,邵阳.土地利用变化研究的人文地理视角与新命题[J].地理科学进展,2003,**22**(1):1~10.
- [31] 吴喜慧,李卫忠.基于QuickBird遥感影像的土地利用变化及驱动力研究[J].西北林学院学报,2010,**25**(6):216~221.

## Path Analysis on the Influencing Factors of Urban Land Use Structure: A Case Study of Chongqing

LU Chun-yang<sup>1</sup>, WEN Feng<sup>1</sup>, YANG Qing-yuan<sup>2</sup>

(1. Urban Construction college of Henan University, Pingdingshan, Henan 467001, China; 2. School of Geographical Sciences, South West University, Chongqing, 400715, China)

**Abstract:** It is significant to quantitatively analyze the direct and indirect effects of driving factors on urban land use structure for macro-control and optimization of urban land use. Method of path analysis was employed. The results indicate: 1) Direct effect of population growth to the proportion of residential is 0.446, the indirect effects are -0.189, 0.221, -0.042 through economic development, industrial structure change and transport infrastructure development; the indirect effects of economic development, industrial structure change are 0.420, 0.309 through population growth. 2) The direct effects of industrial structure change and economic development to the proportion of industrial are -1.357, 1.236, respectively; the direct effects to the proportion of public service land are 1.387, -1.100; the indirect of population growth to the proportion of industrial land and public service land are 1.163, -1.036 through economic development, but the effect direction is opposite. 3) economic development, transport infrastructure development and industrial structure change are the main driving factors of the proportion the green space; the indirect (0.451) is bigger than the indirect effect (-0.117) of population growth to the proportion of green space through economic development. 4) economic development, industrial structure change, population growth and their coupling effect are the main driving factors of urban land use structure.

**Key words:** urban land use structure; influencing factors; path analysis; Chongqing