

广州市建设用地集约利用评价研究

胡曼琴, 胡月明, 刘振华

(华南农业大学 信息学院, 广州 510642)

摘要:城市土地的集约利用直接关系到区域土地的可持续利用,如何衡量土地的集约利用程度是一个复杂而重要的过程。以广州市 1990—2007 年建设用地数据、各类社会经济数据为基础,构建适合广州市建设用地集约利用评价的指标体系,综合运用主成分分析和 BP 神经网络建立建设用地集约利用评价模型,计算其集约利用程度,并与前人通过模糊综合评价法得出的结论进行比较。结果表明:1990—2007 年广州市整体集约利用水平呈上升趋势,1990—1994 年、1996—1997 年处于粗放利用,1995 年、1998—2003 年处于中度集约,2004—2007 年处于高度集约。主成分分析和 BP 神经网络的评价方法与模糊综合评价法的结果平均误差为 4.37%。

关键词:主成分分析; BP 神经网络; 建设用地; 土地集约利用; 广州市

中图分类号: F301.2

文献标识码: A

文章编号: 1005-3409(2014)02-0162-05

Evaluation of Intensive Construction Land Use in Guangzhou City

HU Man-qin, HU Yue-ming, LIU Zhen-hua

(College of Informatics, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: The degree of urban intensive land utilization is directly related to the problem of the sustainable use in regional land, how to measure the degree of intensive land utilization is a complex and important process. Based on 1990—2007 Guangzhou City construction land data and various socio-economic data, an evaluation index system for intensive use of construction land was established. Integration of principal component analysis and BP neural network evaluation model were used to calculate land intensity, and compare with the result from former through fuzzy comprehensive evaluation. The results showed that the overall intensity of land use in Guangzhou City had progressively increased, the level of intensive use was at a primary stage during period from 1990 to 1994 and 1996 to 1997, in 1995 and 1998—2003 at a moderate intensive stage, in 2004—2007 at a highly intensive stage. The average error between principal component analysis, BP neural network evaluation methods and fuzzy comprehensive evaluation method is 4.37%.

Key words: principal component analysis(PCA); BP neural network; construct land; intensive land utilization; Guangzhou City

近年来,随着工业化的高度发展和城市化进程的加快,经济和人口分布的中心向城市转移,给城市用地带来了一系列复杂而紧迫的问题,如城市建成区土地利用结构不合理、存在大量的闲置土地等,而土地资源的集约利用是解决这些问题的关键所在。土地集约利用已受到政府、学者的高度重视。

国内外城市土地集约利用的相关研究主要集中在城市土地集约利用的内涵界定、评价指标体系的建立、评价方法的选择以及实现途径等方面。在评价方法的选择上,慢慢地从传统的定性分析向简单的定量

分析转型,目前基于 GIS 技术、系统动力学模型、人工神经网络、遗传算法等一些新的方法技术已在城市土地集约利用评价中得到应用和发展,特别是计算机技术和应用软件的发展,为城市的定量化研究提供了极好的应用平台,使研究进入一个新的发展阶段^[1]。周子英^[2]、王金地^[3]、宋红梅^[4]、韦仕川^[5]、翟文侠^[6]、江文亚^[7]等在近几年分别尝试新的方法对不同地方进行集约利用评价,为评价方法的发展奠定了基础。

城市土地集约利用评价方法取得了较好的研究成果,但很多数理模型和方法的弊端也显现出来,比

如模糊综合评价模型等在评价过程中具有一定的人为影响因素,线性可分问题能够给予精确的表达,而非线性不可分问题却缺乏有效的解决办法,土地集约利用评价方法中的定性和定量相结合的方法,尚未形成统一的指标体系^[8],导致研究成果没有可比性,从而影响研究成果的实用性。

本文以广州市为研究区域,综合运用主成分分析和BP神经网络,不仅消除了评价过程中主观因素的影响,而且弥补了传统的人工神经网络方法的数据量大、运算时间长的缺陷,有助于丰富建设用地集约利用评价的实例研究和方法分析。

1 研究区概况及数据来源

广州市位于 $22^{\circ}26'—23^{\circ}56'N, 112^{\circ}57'—114^{\circ}13'E$,地处珠江入海口,范围包括天河区、白云区部分、海珠区、越秀区、荔湾区、黄浦区部分、番禺区部分、萝岗区部分和增城、从化两个地级市,地势由东北向西南倾斜,土地总面积 $7\,286.551\text{ km}^2$ 。随着社会经济的快速发展和城市化进程的加快,广州市聚集了大量的外来人口,人口、经济与土地资源矛盾日益突出,土地资源严重短缺。

本文数据来源于广州国土资源和房屋管理局各区域分局公布的1990—2007年土地数据,广州市志城建卷及广州市统计年鉴,中国宏观数据挖掘分析系统(<http://number.cnki.net/cyfd>),广州市环境质量报告书。

2 研究方法

2.1 BP神经网络

BP神经网络是反向传播算法的变形,它弥补了反向传播算法速度慢的特点,使得整个算法实用化。最基本的BP神经网络由输入层、隐含层和输出层组成,每层有若干个互不连接的神经元节点,相邻两层节点通过连接权连接。神经网络的每一个节点称为神经元,输入层各神经元的主作用是接收来自外界的输入信息,并传给中间层的神经元。中间的隐含层负责处理内部信息,通过一系列的算法,完成自主学习,最后把结果传递到输出层。输出层向外界传递最终的结果和数字信息。网络训练的每个样本中包括的输入向量与期望输出值之间的偏差通过调整输入节点和隐含层节点之间的权值实现,使得偏差沿梯度方向下降。经过反复地学习和训练,确定权值,达到允许的范围,停止训练。

利用BP神经网络建立土地集约利用评价模型,是根据BP神经网络的映射原理。假设土地集约度

与土地集约指标体系之间存在着某种映射关系,BP神经网络就是在输入和输出过程中建立非线性映射关系,实现最终值的最优逼近^[9]。

2.2 基于主成分分析的BP神经网络

主成分分析是一种常用的统计方法,通过构造原始指标的适当线性组合,产生一系列互不相关的综合性指标,从中选出综合指标,并且使他们尽可能多的含有原始指标所含有的信息,用较少的指标解释原来的资料信息^[10]。

通过主成分分析,去除指标体系中贡献率小的指标,把主成分作为神经网络的输入层神经元,有效地保留数据信息,同时也减少神经元的个数,增强网络的性能(如神经网络的学习收敛速度及拟合过程等),改善评价结果。在进行土地集约利用评价过程中,把评价指标体系作为神经网络的输入层,对应的城市土地集约利用度作为输出层,采用主成分分析法,保留指标信息的前提下,获取较少输入层,实现对指标数据降维化处理。

3 应用和结果分析

3.1 基于主成分分析获取神经网络评价指标

3.1.1 评价指标体系的建立 在选取指标的过程中,为了既要全面反映城市土地集约利用的特点,又要保证数据的可采集性,不损害未来发展潜能,必须遵循全面性和主导性原则、定量与定性原则、可操作性原则和可持续利用原则。鉴于本研究区域位于广州市,依据城市发展的特点,结合现阶段众多学者对广州市建设用地集约利用评价的研究,从用地结构合理性、土地使用效益强度、土地投入强度、土地可持续利用度4个方面构建包含城市人均道路面积、城市人均居住面积、人口密度、人均GDP、建成区地均GDP、建成区绿地覆盖率、地均固定资产投资、房地产投资比重、建设用地增长弹性系数、工业固体废渣综合处理率、工业二氧化硫浓度11个指标(表1)。

3.1.2 指标的无量纲化 由于每个评价指标的量纲不同,而且其数据变化的范围很大,必须对各指标进行无量纲化处理,无量纲化处理的方法有很多,有比重法、阈值法等,本文主要采用极差正规化法对原始数据进行标准化处理,标准化后的数据分布于 $[0, 1]$ 内,其表达式如下:

$$X_{ij}^* = \frac{X_{ij} - \min(X_j)}{\max(X_j) - \min(X_j)}$$

式中: X_{ij}^* ——标准化后的数据; X_{ij} ——原始值。对于逆向指标,首先对其正向化处理然后利用极差正规化法进行标准化,正向化处理方法为指标值取倒数。

表 1 广州市建设用地集约利用评价指标体系

目标层	准则层	指标层
建设用地集约利用评价	用地结构合理性	城市人均道路面积
		城市人均居住面积
		人口密度
	土地使用效益强度	人均 GDP
		建成区地均 GDP
		建成区绿地覆盖率
	土地投入强度	地均固定资产投资
		房地产投资比重
		建设用地增长弹性系数
		工业固体废渣综合处理率
土地可持续利用度	工业二氧化硫浓度	

3.2 主成分分析获取的神经网络输入层

通过 SPSS 对归一化后的指标进行主成分分析, 计算相关系数矩阵、特征值、特征向量, 提取 $\lambda \geq 1$ 的作为主成分, 共两个, 累积贡献率可以达到 88.06%, 即这个因子可以包含所有指标中 88.06% 的信息, 主成分的载荷矩阵见表 2, 主成分得分见表 3。由表 2 可以看出第一主因子在人均地区生产总值、建成区地均 GDP、人口密度、城市人均道路面积、城市人均居住面积、建成区绿化覆盖率、人均绿地面积、工业固体废渣综合处理率、房地产投资占全部投资比重上载荷大, 第二主因子在工业 SO_2 浓度、建设用地增长弹性系数上载荷大。

表 2 主成分载荷矩阵

项目	主成分	
	1	2
人均地区生产总值	0.98	0.08
建成区地均 GDP	0.99	-0.05
人口密度	0.99	-0.06
房地产投资占全部投资比重	0.76	-0.47
城市人均道路面积	0.96	0.16
城市人均居住面积	0.97	0.13
建成区绿化覆盖率	0.97	-0.01
人均绿地面积	0.77	0.39
建设用地增长弹性系数	0.34	0.77
工业固体废渣综合处理率	0.93	-0.08
工业 SO_2 浓度	-0.51	0.71

3.3 广州市建设用地集约利用评价分级标准

调查广东省其他与广州市经济发展水平相似的、城市规模相当的 9 个城市建设用地集约利用评价选取的 11 个指标, 其中人均居住面积、人口密度、人均 GDP、建成区绿地覆盖率、工业固体废渣综合处理率、工业 SO_2 浓度采用有关国家标准, 其他指标分别以 9 个城市的集约利用评价指标值的最大值和最小值作为指标评价级别的上限和下限, 平均值作为集约和中度集约的分界, 建立评价指标的分级标准(表 4,

5)。其中城市人均居住面积、建设用地增长弹性系数、工业 CO_2 浓度为逆向指标。

表 3 主成分得分

年份	主成分 1	主成分 2	年份	主成分 1	主成分 2
1990	-4.03	-0.71	1999	-0.09	-0.29
1991	-3.71	-3.54	2000	0.10	-0.83
1992	-3.06	0.41	2001	1.02	-0.64
1993	-2.17	0.74	2002	1.64	0.01
1994	-2.50	1.12	2003	2.74	-0.22
1995	-2.26	0.52	2004	2.72	0.73
1996	-2.19	0.81	2005	3.81	0.01
1997	-1.12	0.85	2006	4.30	-0.24
1998	-0.14	-0.07	2007	4.94	-0.07

表 4 建设用地集约利用评价分级标准

评价指标	高度集约	中度集约	粗放利用
人均地区生产总值	>672163	67163~38600.5	<38600.5
建成区地均 GDP	>77523	77523~51347.2	<51347.2
人口密度	>1460	1460~919	<919
房地产投资占全部投资比重	>33.5	33.5~29	<29
城市人均道路面积	15~11	11~7	<7
城市人均居住面积	<24.95	28.08~24.95	>31.20
建成区绿化覆盖率	>38.65	38.65~30	<30
人均绿地面积	>9	9~6.3	<6.3
建设用地增长弹性系数	<2.9	2.9~4.2	>4.2
工业固体废渣综合处理率	100~85.01	85.01~70.02	<70.02
工业 SO_2 浓度	<0.03	0.03~0.06	>0.06

表 5 建设用地集约利用指数分级标准

集约利用水平	分值
粗放利用	<0.3
中度集约	0.3~0.7
高度集约	0.7~1.0
过度利用	>1.0

3.4 BP 神经网络训练

根据表 4 给出的分级标准, 对每级进行随机插值生成 10 个样本, 总共 30 个样本, 将每个学习样本的指标值进行归一化处理, 对其进行主成分分析, 选取两个主成分, 计算出主成分得分得出最后的结果。将主成分得分值与相应的结果组成样本对(表 6), 输入构造好的神经网络中进行训练。

3.5 研究区内 BP 神经网络的评价结果及分析

对数 S 型函数具有非线性放大系数功能, 可以把输出值变换成(0,1)的输出, 因此本文采用 S 型转移函数构造神经网络。采用结构体及链表来建立神经网络的结构, 权值用伪随机函数随机产生, 采用学习效率自适应调整算法优化源程序, 以减少学习次数。在训练时, 学习率为 0.1, 冲量系数为缺省值 0.3, 结束学习的条件为检验误差小于 0.1。

表 6 训练样本

样本	主成分 1	主成分 2	目标值	样本	主成分 1	主成分 2	目标值	样本	主成分 1	主成分 2	目标值
1	3.90	-1.09	0.896	1	-0.32	1.14	0.594	1	-4.08	-0.73	0.302
2	4.36	-0.86	0.894	2	-0.43	1.11	0.579	2	-3.83	-0.32	0.298
3	4.15	-1.08	0.887	3	-0.38	1.17	0.587	3	-3.79	-0.49	0.293
4	3.72	0.06	0.898	4	-0.50	0.99	0.596	4	-3.07	0.25	0.289
5	3.21	0.14	0.883	5	-0.09	0.71	0.592	5	-3.24	-0.30	0.301
6	4.19	-0.22	0.892	6	0.06	0.94	0.593	6	-3.48	-0.59	0.287
7	3.31	-0.05	0.886	7	-0.03	0.95	0.590	7	-3.92	-0.88	0.284
8	3.60	-0.19	0.875	8	-0.37	0.68	0.594	8	-3.92	-0.82	0.282
9	3.74	0.03	0.889	9	0.07	1.27	0.589	9	-4.18	-0.89	0.309
10	4.76	-1.17	0.878	10	0.03	0.92	0.583	10	-3.46	-0.66	0.299

郑荣宝等^[11]利用模糊综合评判法对广州市 1990—2007 年建设用地集约利用程度进行了评价, 本文将其结果进行归一化处理(表 7), 比较两种方法得出的结果, 计算相对误差, 分析主成分分析和 BP 神经网络的评价方法的可行性。表 8 为测试结果, 表 9 为两种方法结果的相对误差。

表 7 模糊综合评价法结果

年份	集约利用度分值	年份	集约利用度分值
1990	0.108	1999	0.429
1991	0.124	2000	0.485
1992	0.154	2001	0.479
1993	0.194	2002	0.538
1994	0.213	2003	0.595
1995	0.218	2004	0.693
1996	0.255	2005	0.707
1997	0.315	2006	0.786
1998	0.363	2007	0.838

表 8 测试结果

年份	集约利用度分值	年份	集约利用度分值
1990	0.194	1999	0.498
1991	0.157	2000	0.455
1992	0.160	2001	0.502
1993	0.204	2002	0.589
1994	0.261	2003	0.606
1995	0.310	2004	0.703
1996	0.295	2005	0.798
1997	0.298	2006	0.848
1998	0.313	2007	0.793

表 9 相对误差

年份	相对误差	年份	相对误差
1990	7.9	1999	4.9
1991	2.7	2000	8.2
1992	3.8	2001	5.2
1993	5.1	2002	2.9
1994	2.3	2003	2.1
1995	4.2	2004	5.3
1996	2.1	2005	4.8
1997	3.8	2006	4.8
1998	6.2	2007	2.3

根据表 5 建设用地集约利用程度标准, 从模糊综合评价法的结果来看, 广州市建设用地集约利用水平处于整体上升趋势, 1990—1994 年的集约利用水平处于粗放利用, 1995—2004 年的集约利用水平处于中度集约, 2004—2007 年的集约利用水平处于高度集约。最低与最高相差 0.73。

从 BP 神经网络测试的结果来看, 广州市建设用地集约利用水平趋势明显, 基本处于上升趋势, 1990—1994 年的集约利用水平处于粗放利用, 1995 年处于中度集约, 而 1996—1997 年又处于粗放利用, 在 0.3 附近上下波动, 同模糊综合评价法的结果有些出入, 1998—2003 年的集约利用水平处于中度集约, 2004—2007 年的集约利用水平处于高度集约。最低与最高相差 0.654。和模糊综合评价法相比, 相对误差最高达 8.2%, 最低 2.1%, 平均相对误差为 4.37%。

4 结论与讨论

(1) 1990—2007 年广州市建设用地集约利用评价结果表明, 广州市建设用地整体集约水平在不断上升, 1996—1997 年稍有下降, 但是不明显。分析各指标可知, 其原因主要体现在人均地区生产总值、建成区地均 GDP 和人口密度三项指标, 三项指标在主成分载荷矩阵中系数最高。同时, 城市的聚集效应使得城市用地紧张, 集约程度相对提升。

(2) 本文利用主成分分析来获取主要评价指标, 作为神经网络输入层, 减少了输入神经元的个数, 减少了评价者主观的判断和工作量, 提高了评价的合理性和效率, 为土地评价方面的研究提供了一种新思路; 采用神经网络进行评价, 利用神经网络的自主学习能力和容错能力, 提高评价效率。主成分分析和神经网络结合使用, 对传统的人工神经网络评价方法进一步改善, 输入变量减少了 85%。

(3) 由于统计数据本身存在一些缺陷, 相关部门

能够提供的数据跟本文需要的数据有一定的出入,有些方面的指标选取上还不尽合理,如城市土地容积率、建筑密度等,结果受到一定的限制,在主成分分析中,因子结构尚不明确,导致结果具有一定的偶然性。如何建立一套规范有效的评价指标体系和方法,如何完全消除主观因素的影响使得结果合理,同时又要深刻体现城市土地集约利用的内在机理、时空特征及变化规律等等都有待进一步的研究。

(4) 随着广州市经济的快速发展,其建设用地不断增加,城市的聚集效应比较明显,建设用地集约程度相对提升。过度集约就会导致城市紧张,带来各种不利的影 响,阻碍城市的可持续发展,如何把握这个度,是后续城市土地集约利用评价需要深入探讨的一个话题。

参考文献:

- [1] 邵晓梅,刘庆,张衍毓. 土地集约利用的研究进展及展望[J]. 地理科学进展,2006,25(2):85-95.
- [2] 周子英,朱红梅,谭洁,等. 基于人工神经网络的长株潭城市土地集约利用评价[J]. 湖南农业大学学报,2008,9(6):71-74.
- [3] 王金地,欧名豪,胡传景. 基于 FUZZY 的城市土地集约

(上接第 161 页)

参考文献:

- [1] 甄霖,曹淑艳,魏云洁,等. 土地空间多功能利用:理论框架及实证研究[J]. 资源科学,2009,31(4):544-551.
- [2] 杨勇,任志远. 基于 GIS 的关中地区土地利用/覆盖变化对比研究[J]. 干旱区资源与环境,2013,27(5):40-45.
- [3] 胡金龙,周志翔,王金叶,等. 1986—2006 年桂林市景观格局演变分析[J]. 水土保持研究,2013,20(2):48-52.
- [4] 春风,银山. 基于 RS 与 GIS 的鄂托克旗景观格局动态变化分析[J]. 水土保持研究,2012,19(5):100-104.
- [5] 刘延国,王青,王军. 官司河流域土地覆被景观稳定性及其环境效应[J]. 水土保持研究,2012,19(3):166-169.
- [6] 李谢辉,王磊. 河南省土地利用/覆盖景观格局变化分析[J]. 水土保持研究,2012,19(5):83-89.
- [7] 崔爽. 基于 RS 和 GIS 的深圳市景观格局时空变化研究[J]. 地理空间信息,2011,9(3):133-135.
- [8] 唐秀美,陈百明,路庆斌,等. 城市边缘区土地利用景观格局变化分析[J]. 中国人口·资源与环境,2010,20(8):159-163.
- [9] 郭丽英,王道龙,邱建军. 环渤海区域土地利用景观格局变化分析[J]. 资源科学,2009,31(12):2144-2149.
- [10] 汪雪格. 吉林西部生态景观格局变化与空间优化研究[D]. 长春:吉林大学,2008.
- [11] 郑新奇,付梅臣. 景观格局空间分析技术及其应用

利用评价:以扬州市为例[J]. 国土资源科技管理,2008,25(1):29-34.

- [4] 宋红梅,侯湖平,张绍良,等. 基于熵值法的城市土地集约利用评价:以徐州市为例[J]. 资源开发与市场,2007,23(2):116-118.
 - [5] 韦仕川,黄朝明,尧德明. 基于 GIS 和多目标综合评价模型的开发区土地集约利用评价:以洋浦经济开发区为例[J]. 贵州农业科学,2011,39(3):125-130.
 - [6] 翟文侠,黄贤金,张强,等. 基于层次分析的城市开发区土地集约利用研究:以江苏省为例[J]. 南京大学学报:自然科学版,2006,42(1):96-102.
 - [7] 江文亚,郑新奇,杨伶俐. 村镇建设用地集约利用评价研究[J]. 水土保持研究,2010,17(3):165-170.
 - [8] 赵小凤,黄贤金,陈逸,等. 城市土地集约利用研究进展[J]. 自然资源学报,2010,25(11):1980-199.
 - [9] 赵姚阳,濮励杰,胡晓添. BP 神经网络在城市建成区面积预测中的应用:以江苏省为例[J]. 长江流域资源与环境,2006,15(1):14-18.
 - [10] 刘珂. 基于主成分分析的 BP 神经网络在城市建成区面积预测中的应用:以北京市为例[J]. 地理科学进展,2007,26(6):130-137.
 - [11] 郑荣宝,陈美招. 广州市建设用地集约利用评价与预警研究[J]. 土壤通报,2012,43(1):107-113.
- [M]. 北京:科学出版社,2010.
- [12] 吴莉,侯西勇,徐新良,等. 山东沿海地区土地利用和景观格局变化[J]. 农业工程学报,2013,29(5):207-216.
 - [13] 齐杨,邹建国,李建龙,等. 中国东西部中小城市景观格局及其驱动力[J]. 生态学报,2013,33(1):275-285.
 - [14] 春风,银山. 基于 RS 与 GIS 的鄂托克旗景观格局动态变化分析[J]. 水土保持研究,2012,19(5):100-104.
 - [15] 薛剑,郇文聚,杜国明,等. 基于遥感的现代与传统农业区域土地利用格局差异分析[J]. 农业工程学报,2012,28(24):245-251.
 - [16] 胡玉福,邓良基,张世熔,等. 基于 RS 和 GIS 的西昌市土地利用及景观格局变化[J]. 农业工程学报,2011,27(10):322-327.
 - [17] 张本昫,申怀飞,郑敬刚,等. 河南省土地利用景观格局分析[J]. 资源科学,2009,31(2):317-323.
 - [18] 齐伟,曲衍波,刘洪义,等. 区域代表性景观格局指数筛选与土地利用分区[J]. 中国土地科学,2009,23(1):33-37.
 - [19] 韩海辉,杨太保,王艺霖. 近 30 年青海贵南县土地利用与景观格局变化[J]. 地理科学进展,2009,28(2):207-215.
 - [20] Riitters K H, O'neill R V, Hunsaker C T, et al. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics[J]. Landscape Ecology,1995,10(1):23-39.