

广东佛山市土地利用格局与生态承载力相关性研究*

郭林 张浩 王祥荣**

(复旦大学环境科学与工程系 上海 200433)

摘要 依据 1996 年和 2002 年佛山市土地利用数据,应用土地利用数量和程度变化模型对土地利用的时间及空间动态特征进行定量分析,得出佛山市快速城市化过程中的土地利用格局;并运用因子分析法对佛山市区域生态环境承载力进行定量评价,揭示了区域生态环境承载力与土地利用格局的相关性,从而为城市土地的可持续利用提供科学依据。

关键词 佛山市 土地利用 生态承载力 相关性

Correlation between land use pattern and regional ecological carrying capacity of Foshan City, Guangdong Province.

GUO Lin, ZHANG Hao, WANG Xiang-Rong (Department of Environmental Science and Engineering, Fudan University, Shanghai 200433, China), *CJEA*, 2007, 15(5): 193~196

Abstract Land use/cover change (LUCC) is a heated research on global climate change. Based on land use data (1996 and 2002) and other related statistical data on Foshan, dynamic spatial-temporal analysis of LUCC was conducted using land use models, including land use degree, regional difference, etc. Factor analysis was then applied to quantitatively evaluate the regional ecological carrying capacity (RECC) of Foshan City. Correlations between land use patterns and RECC are revealed in the study.

Key words Foshan City, Land use, Ecological carrying capacity, Correlation

(Received Nov. 29, 2005; revised Jan. 30, 2006)

土地利用状况及其变化是全球变化研究的核心领域与热点问题^[1]。从 20 世纪 90 年代中期开始,国内众多学者在土地利用的时空变化特征、土地利用变化的动力机制以及土地利用的可持续性等方面进行了大量研究^[2~4],而对生态承载力的研究则主要侧重于其理论、指标体系和定量方法分析上,却很少涉及土地利用变化与生态环境承载力的相关性研究^[5]。本文以珠江三角洲地区快速城市化进程中的典型城市佛山市为例,通过数学建模,结合统计分析,全面分析了佛山市 1996~2002 年间土地利用的数量变化和空间变化特征,并对佛山市区域生态环境承载力进行定量研究,试图揭示区域生态环境承载力与土地利用格局的相关性,从而为区域土地可持续利用提供科学依据。

1 研究区域概况与研究方法

佛山市地处珠江三角洲腹地,介于北纬 22°38'~23°34',东经 112°22'~113°23'之间,东倚广州,南连珠海,毗邻港澳,地理条件十分优越;属亚热带季风性湿润气候,年均气温 22.1℃,年降雨量 1600~2000mm,气候温和,雨量充沛,地表水资源丰富;地貌类型多样,有低山、平原和水域,其中平原面积最多,丘陵台地次之。全市总土地面积 3848.49km²,现辖禅城区、南海区、顺德区、三水区、高明区 5 个区。

本研究以佛山市域 1996 年及 2002 年的数字化土地利用图为基础,对全市 8 大土地利用类型变化进行分析,之后利用土地利用数量和程度变化模型,对佛山市各区的土地利用变化进行比较分析,并根据模型指数将佛山市土地利用格局划分为 3 类;最后运用因子分析对佛山市区域生态承载力进行定量研究,揭示区域生态环境承载力对土地利用变化的响应。

土地利用变化包括土地利用类型的数量变化、空间变化和质量变化,且土地利用变化存在显著的地区差异性。

* 复旦大学中青年杰出人才基金项目(EX29310)资助

** 通讯作者

收稿日期:2005-11-29 改回日期:2006-01-30

根据已有的文献资料^[6],本文对土地利用类型的相对变化率进行新的阐释,在此基础上,提出了区域差异综合指数,用以比较各区域土地利用相对变化的总体效应。土地利用相对变化率和区域差异综合指数分别表示为:

$$P_j = \ln \frac{|S_{bj} - S_{aj}| \times C_{aj}}{S_{aj} \times |C_{bj} - C_{aj}|} \quad (1)$$

$$Q = \sum_j^n \left[\sqrt{S_{aj} S_{bj}} \times P_j \right] \quad (2)$$

式中, S_{aj} 、 S_{bj} 分别代表某区域某一特定土地利用类型研究初期及研究期末在本区域内的比例; C_{aj} 、 C_{bj} 分别代表全研究区某一特定土地利用类型研究初期及研究期末在全区内的比例; n 为土地利用类型数。若 $P > 0$, 说明某区域某种土地类型利用变化幅度大于全区该类土地的变化, $P < 0$ 则表示小于全区该类土地的变化, 而 $P = 0$ 则表示与全区该类土地变化同步。这里假设研究期内各土地利用类型面积发生变化, 显然这一假设客观上是成立的。

土地利用程度变化模型是一个特定区域内多种土地利用类型程度变化的综合结果, 可以反映区域土地利用的广度和深度, 定量地揭示土地利用的综合水平和变化趋势。某研究区土地利用程度综合指数、土地利用程度变化量和土地利用程度变化率可表示为:

$$L = 100 \times \sum_i^m A_i \times C_i \quad (3)$$

$$\Delta L_{b-a} = 100 \times \left[\sum_i^m A_i \times C_{ib} - \sum_i^m A_i \times C_{ia} \right] \quad (4)$$

$$R = \frac{\sum_i^m \{ A_i \times C_{ib} \} - \sum_i^m \{ A_i \times C_{ia} \}}{\sum_i^m \{ A_i \times C_{ia} \}} \quad (5)$$

式中, A_i 为研究区域内第 i 级土地利用程度分级指数; C_i 为研究区域内第 i 级土地利用程度分级面积百分比; C_{ib} 和 C_{ia} 分别为某区域 b 时间和 a 时间第 i 级土地利用程度面积百分比; m 为土地利用程度分级数。若 $\Delta L_{b-a} > 0$ 或 $R > 0$, 表示该区域土地利用处于发展时期; $\Delta L_{b-a} \leq 0$ 或 $R \leq 0$ 则表示该区域土地利用处于调整期或衰退期。

区域生态环境承载力作为衡量区域可持续发展的重要标志^[7], 决定着区域土地利用的程度水平, 而区域土地利用程度的变化也将影响生态环境承载力的大小, 两者相互影响, 相互制约, 共同决定区域经济社会的可持续发展性。在区域生态环境承载力指标的选取时, 首先要以科学、系统、可操作性和动态性为原则, 同时要充分考虑承载体与受载体之间的互动反馈方式、后效、潜力与相互替代等特点, 力求能全面反映地区生态环境承载力状况以及在时间和空间上的差异。本研究主要设计归纳了两类指标: 一类是承压类指标, 主要反映承载体的状态与发展方面的指标以及可提高承载能力的潜力类指标; 另一类是压力类指标, 主要反映人类在进行社会活动中对承载体施加的压力。区域生态环境承载力可表示为:

$$RECC = \frac{ES}{EP} \quad (6)$$

式中, ES 表示区域综合生态承压力, EP 表示区域综合生态压力。 $RECC = 1$ 是一个表征区域维持最小程度上生态平衡/稳定的临界值; 在理想状态下, $ES \gg EP$, 即 $RECC > 1$, 表示区域综合生态承压力可以消解区域综合生态压力; $ES < EP$ 时, 即 $RECC < 1$, 则表示区域综合生态压力已超出区域综合生态承压力范围。

2 结果与分析

2.1 土地利用结构及其变化

区域土地利用变化包括土地利用类型的数量变化、空间变化和质量变化, 通过分析土地利用类型数量变化的幅度和速度, 可了解土地利用的结构及其变化。1996年~2002年佛山市耕地面积一直呈下降趋势, 园地、居民点及工矿用地、交通用地变化相似, 均呈上升趋势, 林地、水域面积、未利用地变化不明显; 总体上呈现耕地数量急剧减少和建设用地(包括居民工矿和交通用地)大幅度增加的趋势。其中耕地从1996年的占地总面积26.29%下降到2002年的16.69%, 耕地面积减少369.45km², 年均递减9.6%; 而建设用地则从1996年占地总面积的18.13%增加到2002年的25.18%, 居民点及工矿用地增加面积237.45km², 年均递增6.26%。

2.2 土地利用变化区域差异分析

土地利用变化在不同地区存在明显差异,土地利用区域差异模型和程度变化模型反映了区域土地利用数量和程度相对变化的总体差异。佛山市土地利用数量变化存在明显的区域差异(表 1),从土地利用类型看,耕地相对变化率禅城、南海较大,高明最小,而居民工矿用地相对变化率南海、顺德较大,三水、高明较小,禅城最小。从区域土地利用总体变化看,南海、顺德相对变化大,三水、高明相对变化小,而禅城区相对变化最小。南海和顺德区域面积大,有相对充裕的土地资源,社会经济的发展促使土地利用发生较大变化;而禅城尽管经济实力强,但土地资源有限,且城市空间发展相对成熟,因而土地利用总体变化较小。

表 1 佛山市土地利用变化区域差异分析*

Tab.1 Analysis of regional difference of land use change in Foshan City

辖 区 District	土地利用相对变化率 Change rate of land use							区域差异综合指数 Comprehensive index of regional difference
	耕地 Cropland	园地 Garden	林地 Forest	居民工矿用地 Building and factory	交通用地 Traffic area	水域 Water	未利用地 Unused land	
南海	0.242	0.275	1.583	0.256	0.546	0.484	0.707	0.451
顺德	-0.173	0.770	0.226	0.003	0.734	0.844	2.748	0.295
三水	0.0247	-2.44	-0.534	-0.633	-1.266	2.249	0.727	-0.366
高明	-0.911	-0.164	-0.683	-0.274	-4.017	-0.274	0.894	-0.573
禅城	0.863	-0.726	1.082	-0.779	-1.287	1.702	0.902	-0.898

* 牧草地在研究区内数量极少,研究意义不大,故在区域差异分析中省去。

佛山市土地利用程度变化也存在明显的区域差异(表 2),2002 年禅城区土地利用程度最大($L=364.92$),远高于全市土地利用程度水平($L=259.60$),南海、顺德也高于全市水平,而三水、高明则低于全市水平。1996 年~2002 年间佛山市土地利用程度变化率 $R>0$,说明全市总体土地利用处于发展期;禅城、顺德、南海土地利用程度变化较大,处于较快发展期;高明土地利用程度变化不大,处于一般发展时期;而三水土地利用程度变化率 $R<0$,且变化不大,土地利用处于调整期。

表 2 1996 年和 2002 年佛山市土地利用程度综合指数及变化

Tab.2 Comprehensive index and its changes of land use degree(LUD)in Foshan City in 1996 and 2002

根据土地利用区域差异模型和土地利用程度变化模型进行综

辖 区 District	土地利用程度综合指数 Comprehensive index of LUD		土地利用程度变化量 Change of LUD	土地利用程度变化率 Change rate of LUD
	1996	2002		
全市	255.60	259.60	4.00	0.016
南海	283.71	296.19	12.48	0.044
顺德	264.38	276.84	12.46	0.046
三水	249.73	242.70	-7.03	-0.028
高明	237.28	240.22	2.94	0.012
禅城	348.70	364.92	16.22	0.047

表 3 因子负荷矩阵

Tab.3 Component matrix

项 目 Item	因子 1 Factor 1	因子 2 Factor 2	因子 3 Factor 3
人均森林面积/ m^2	-0.89	-0.11	-0.18
农田面积/ hm^2	0.15	-0.96	0.22
公路密度/ $km \cdot km^{-2}$	0.55	0.78	0.29
人均水资源拥有量/ m^3	-0.66	-0.30	-0.64
人口密度/ $人 \cdot km^{-2}$	0.29	0.83	0.46
建设用地比例/%	0.42	0.62	0.64
未开发土地比例/%	-0.86	-0.29	-0.42
农用地化肥施用量/t	-0.18	-0.98	-0.02
能耗密度/ $t(标准煤) \cdot km^{-2}$	0.19	0.84	0.46
万元 GDP 耗水量/t	-0.85	-0.46	-0.26
地表水综合污染指数	0.19	0.23	0.73
降尘量/ $t \cdot km^{-2}$	0.37	0.02	0.89
降水 pH 均值	-0.33	0.02	-0.85
城市固废无害化处理率/%	0.91	0.09	0.38
工业污水处理率/%	0.65	0.69	0.09
人均 GDP/万元	0.88	0.01	0.47

合分析,将佛山市土地利用格局划分为 3 类:一类区是禅城区,土地利用程度变化快而区域相对变化小,其特点是城市化水平高,建设用地比例高,城市发展比较成熟;二类区是南海、顺德区,土地利用程度变化快且区域相对变化大,其特点是城市化水平快速增长,耕地数量迅速减少,建设用地持续快速增长;三类区是三水、高明区,土地利用程度变化和区域相对变化都较小,其特点是城市化水平平稳增长,耕地平稳递减,建设用地平稳增加。佛山市城市化发展已进入综合快速发展时期,构成了以禅城为核心呈放射状的空间发展结构。

2.3 区域生态环境承载力分析

运用聚类分析和相关分析方法对佛山市 2002 年各项可用数据/指标进行统计分析,初步筛选出相关性较好的 16 项指标,再运用因子分

表 4 主成分因子特征值及方差累积贡献率

Tab.4 The eigenvalues of the main factors and total variance contribution

因子 Factors	特征值 Eigenvalue	所占比例/% Percent	方差累积贡献率/% Total variance contribution
1	10.40	64.98	64.98
2	3.18	19.85	84.83
3	1.35	8.45	93.28

析方法对上述指标进行因子分析处理(见表 3 和表 4)。

根据表 3 和表 4 的统计结果,各因子的方差累积贡献率超过 85%,较好地满足了因子选取原则,因而上述指标可归属为 3 个因子,分别为因子 1(自然资源及自

净因子/F1),因子 2(人类综合生产压力因子/F2),因子 3(环境污染因子/F3)。由此可以得到:

$$ES = P1 \times F1 \quad (7)$$

$$EP = P2 \times F2 + P3 \times F3 \quad (8)$$

式中, $P1$ 、 $P2$ 、 $P3$ 为各因子方差贡献率, $F1$ 、 $F2$ 、 $F3$ 为各因子得分。由式(6)~式(8)可得区域生态环境承载力的计算公式:

$$RECC = \frac{F1 \times \bar{\omega}_1}{F2 \times \bar{\omega}_2 + F3 \times \bar{\omega}_3} \quad (9)$$

利用公式(9)计算 2002 年佛山市区域生态环境承载力数值,根据数值将佛山市生态环境承载力划分为 3 个层次:一是三水区(7.194)、高明区(5.747);二是顺德(2.802)、南海区(2.865);三是禅城区(1.473)。其中生态环境承载力最低、经济产出最强的禅城区是生态环境承载力最高、经济产出相对较弱的三水区的 1/5,从区域水平上表明佛山市的总体环境——经济协调程度还不很理想,基本上属于高产出高污染高压力的粗放型产业发展模式。

2.4 区域生态承载力与土地利用变化的相关性

佛山市土地利用格局和区域生态环境承载力研究表明,禅城区土地利用程度最大,生态环境承载力最小,区域狭小、人口密集,以森林、湿地为主要特征的自然生态调控能力极为有限,从而以高流转、高消耗、高排放为特征的城市经济活动所产生的生态压力更为突出;而土地利用程度低的高明区和三水区,尽管经济水平低,在某些小区域存在着一些污染较严重的生产企业,但较丰裕的自然资源供给能力和自然净化能力使区域生态环境承载力相对值大;对于顺德和南海区,土地开发强度、经济实力、自然资源供给能力都较高,生态环境承载力总体表现处于中间层次。总体而言,土地利用程度越高、变化越快的地区,生态环境承载力相对值就越低,这是因为建设用地比例高的地区环境污染的程度就越高,且建设用地大多由耕地或灌草地转变而来,使自然生态系统对污染物的降解能力进一步减小,从而区域生态环境承载力大大降低。因此,佛山市应首先控制土地利用的开发,不断提升优化产业结构,加强对水、空气污染为重点目标的区域生态环境综合整治,使佛山市社会、经济、环境走上可持续发展道路。

3 小 结

1996 年快速城市化以来,佛山市土地利用发生了大幅度变化,总体表现为耕地数量急剧减少和建设用地大幅度增加,且建设用地对耕地的占用在耕地流失总量中占有最大比重;根据土地利用程度变化指标和土地利用变化区域差异综合指数,将佛山市全区的土地利用格局划分 3 类,显示了快速城市化过程中区域土地利用的分布格局。佛山市生态承载力同样划分为 3 个层次,且与土地利用格局有着明显的相关性,土地利用程度越高、变化越快的地区,生态环境承载力相对值就越低,造成了社会经济发展与环境建设的不和谐。可见,一个地区的生态承载力随土地利用的开发而降低,而社会经济的发展势必要加剧土地利用的开发程度。如何平衡社会经济、土地利用和生态承载力三者的关系,使生态承载力在土地利用开发过程中维系社会经济发展的可持续性今后城市发展亟待解决的问题。

参 考 文 献

- 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
- 王思远,刘纪远,张增祥,等.中国土地利用时空特征分析.地理学报,2001,56(6):631~639
- 龙华楼,李秀斌.长江沿线经济带土地利用格局及其影响因子分析.地理学报,2001,56(4):417~425
- 陈百明,张凤荣.中国土地可持续利用指标体系的理论与方法.自然资源学报,2001,16(3):197~203
- 郑国强,江南,刘兆德.长江下游沿江地区区域环境承载力对土地利用变化的响应.生态学杂志,2004,23(1):16~19
- 朱会义,李秀斌.关于区域土地利用变化指数模型方法的讨论.地理学报,2003,58(5):643~650
- 邓波,洪绶曾,龙瑞军.区域生态承载力量化方法研究述评.甘肃农业大学学报,2003,38(3):281~289