

文章编号 1001-8166(2002)02-0195-05

中国建设用地省际分布的统计分析

梁进社

(北京师范大学资源与环境科学系,环境演变与自然灾害教育部重点实验室,北京 100875)

摘 要 建设用地的扩张是中国耕地减少的最重要因素,通过建立建设用地分布的定量关系,揭示建设用地增长的动力学基础。通过居民点和工矿用地、交通用地、建设用地总量(前二者之和)的省际分布与人口、人均耕地的省际分布的单因素和双因素统计分析发现,这三者的分布与这两个因素存在很强的二元线性相关;人口分布对居民点和工矿用地总量分布的影响要比对交通用地总量分布的影响大,人均耕地分布对这两者的人均值分布的影响,则恰恰相反。

关 键 词 居民点和工矿用地,交通用地,建设用地,耕地,人口,人均,省际分布,统计分析

中图分类号 P96 文献标识码 A

0 引 言

我国人多地少,1996 年人均耕地 0.106 hm^2 ^[1],不到世界人均数的 $1/3$ ^[2],是世界上耕地最稀缺的国家之一。然而,我国的耕地却在逐年减少。从 1985—1995 年的 10 年间,耕地面积从 $96.8 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 下降到 $94.9 \times 10^6 \text{ hm}^2$,下降了 1.9% ^[3]。最近这几年,每年净减的耕地数仍然在 $0.4 \times 10^6 \sim 0.8 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 之间^[4]。因此,中国的土地利用变化既是 LUCC 的重要研究内容之一,也引起了关于中国粮食供应及其对世界粮食市场影响的讨论^[5-7]。

我国耕地减少的原因众多,比如退耕还牧还林和沙化的影响,但建设用地的增加是主要原因。从 1990—1996 年的 6 年间,居民点、工矿和交通用地净占耕地 $1.4 \times 10^6 \text{ hm}^2$ ^[4],为 1985—1995 年这 10 年间耕地总减少量的 73.7% 。我国正处在工业化和城市化的快速发展时期,同时人口还在增加,农业用地的减少是必然的趋势。所以,研究我国建设用地的动态变化对土地利用总体变化就具有十分重要的参考意义。

Lee^[8]把美国划分为 9 个区域,又将全美的所有

城市按规模划分成 7 个等级,分别对这两种划分进行人口和用地面积分布的经验研究,发现城市面积分布的变化率和人口分布的变化率之比基本上是一个常数,如同生物学上对生物个体而言的异速增长 (allometric growth) 规律一般。以城市人口的位序—规模关系和以城市建成区面积表示的位序—规模关系为基础,梁进社等^[9]推导出城市建成区与建成区的人口异速增长关系,即城市建成区面积增长率与其人口增长率之比是一个不变的常数。由于获取建成区内人口资料方面的困难,他们选择了用城市市区非农人口来代替建成区内人口。我国 30 多个城市的经验研究证明,他们各自的建成区面积与其市区非农人口数遵从异速增长关系。但是,市区非农人口与建成区内人口终究是有差别的,因此有降低这个验证的效力。

本文提出对我国各省(包括自治区和直辖市,但不含港澳台,为了叙述上的方便以省代表之)之间的建设用地分布进行统计分析,除了建立建设用地分布的定量关系外,另一个目的就是为了检验一下我国某一年省际的人口—建设用地面积之分布,是否也像美国的城市体系中城市人口—用地面积之

收稿日期 2001-12-07,修回日期 2001-12-28.

* 基金项目 国家自然科学基金重大项目“中国东部陆地农业生态系统与全球变化相互作用机理研究”(编号 9989374)资助。
作者简介 梁进社(1957-)男,陕西兴平县人,教授,主要从事经济地理学、自然资源与环境经济学的教学和研究。

E-mail: jinsheliang@263.net

分布那样,如同一个单一城市演变时的人口—用地之变化,存在异速增长关系。国土资源部的土地大调查数据恰好为这项研究提供了条件。另外,单个城市或区域的人口—建设用地面积总量时间序列研究对于揭示其建设用地扩展的驱动力是十分有益的,但这种研究却往往假定了除几个驱动力变量外,其他条件固定不变,因此难以直接反映建设用地扩展的限制因素,而横断面的研究由于要考虑各省之间的特点,却往往具有这种效应,这正是本文研究的第三个目的。

本文在第二部分首先研究我国居民点和工矿用地、交通用地的省际分布与单一因素,即各省人口的数量关系,然后研究居民点和工矿的人均用地省际分布、交通的人均用地省际分布分别与其人均耕地分布的关系,以反映后者对前者的约束。在第三部分,我们将做建设用地省际分布与其人口和人均耕地分布的回归分析,以此揭示建设用地增长的动力学基础,第四部分是结论。

1 省际分布的单因素统计分析

我国的建设用地应包括城乡居民点、独立居民点、居民点以外的工矿、国防、名胜古迹等企事业单位用地,及其内部的交通绿化用地。国土资源部的土地大调查项目把这一部分用地称为居民点和工矿用地。另外居民点以外的各种道路及附属设施和民用机场用地、护路林也应包括在建设用地之内,国土资源部的土地大调查项目把这一部分用地称为交通用地^[1]。一般来讲,前一类用地为当地服务的性质要比后一类的强,因而与地方人口的相关性要比后者大,本文又十分关心人口对建设用地的影响,所以本文将采纳这个分类。本文采用的各种用地数据来源于1996年完成的全国土地资源调查成果^[1],人口数据来源于1997年的《中国统计年鉴》^[3]。

1.1 居民点和工矿用地分布的单要素统计分析

居民点和工矿用地的分布有两种典型形式:用地的总量分布和人均用地分布。在我国由于耕地的稀缺性,我们不难猜测到后者主要与各省耕地的人均量相关。正像在引言中指出的,前者可能主要与各省的人口相关。本文的居民点和工矿用地分布单要素统计分析即:用地的总量分布与人口分布的统计分析,人均用地分布与人均耕地分布的统计分析。

1.1.1 用地总量分布与人口的统计关系

用1996年各省居民点和工矿用地面积与其人口分布数据,我们进行了直线、对数、指数和乘幂等

4种形式的回归分析,结果如下:

$$\text{直线形式 } S = 1.62 \times 10^{-2} P + 141\ 692 \quad (1)$$

$$R = 0.86 \quad R^2 = 0.73$$

$$\text{对数形式 } S = 414\ 537 \ln P - 6 \times 10^6 \quad (2)$$

$$R = 0.69 \quad R^2 = 0.62$$

$$\text{指数形式 } S = 206\ 827 e^{0.00000003P} \quad (3)$$

$$R = 0.79 \quad R^2 = 0.62$$

$$\text{乘幂形式 } S = 0.3174P^{0.8406} \quad (4)$$

$$R = 0.89 \quad R^2 = 0.79$$

其中 S 代表各省的居民点和工矿用地面积,单位是 hm^2 , P 代表各省的人口数,单位为人, R 是相关系数, R^2 意义重大,它表示回归方程中自变量(这里是人口)能够解释因变量(这里是用地面积)变异的比率。在这4种形式回归方程中,乘幂形式的效果最好,以这种形式,人口分布对居民点和工矿用地总量分布的解释力为79%。

(4)式可以写成:

$$S = P \quad (5)$$

其中, α 和 β 是两个常数。(5)式与下式是等价的:

$$\frac{dS}{dt} / S = \frac{dP}{dt} \quad (6)$$

(6)式左边是用地面积的增长率,右边后边的部分为人口的增长率,二者之比为 α 这个常数,这正是引言中所说的异速增长模式。

把各省总人口写成

$$P = P_1 + P_2 \quad (7)$$

P_1 为农业人口, P_2 为非农业人口。一般来说,一个非农业人口的居住用地要多于一个农业人口的居住用地。这意味着如果将(7)式代入(4)式后,增加更多的非农业人口所引起的居民点和工矿用地面积的增加量,才可以与增加一个农业人口所引起的居民点和工矿用地面积的增加量相当。进而言之,给非农业人口一个大于1的加权数,然后与农业人口相加来代表总人口,再进行乘幂形式的回归分析,效果将会更佳。

$$\text{取 } P = P_1 + kP_2 \quad (8)$$

使 k 的值从1增加到2,对于每一个 k 的值,都有一组加权后的总人口省际分布数据。以此数据与居民点和工矿用地省际分布数据进行乘幂形式的回归分析。结果表明, R^2 首先随 k 的增加而上升,大约在 $k = 1.7$ 处达到最大,为0.80,然后下降。虽然最大的 R^2 增加很小,但它却加强了人口对居民点和工矿用地分布的解释力。

1.1.2 人均用地与人均耕地的统计关系

分别用全部人均耕地、坡度为25°以下的人均

耕地、坡度为 15 °以下的人均耕地、坡度为 6 °以下的人均耕地、坡度为 2 °以下的人均耕地等 5 种指标反映各个省土地的稀缺性。用 1996 年人均居民点和工矿用地的省际分布分别与这 5 种指标的省际分布进行回归分析 ,回归方程的形式是 :

$$s = bv + c \quad (9)$$

其中 s 代表人均居民点和工矿用地面积 , v 代表人均耕地面积 ,单位均为 hm^2 , b 和 c 是回归参数。回归结果如表 1 所示。在这些回归分析中 :以坡度为 15 °以下的人均耕地来表示土地稀缺性的回归分析对人均居民点和工矿用地省际变化具最大的解释力 ,为 59.1% ,最小的为以全部人均耕地为自变量的回归分析 ,而其他的在 55% 左右。这些分析说明 ,我国人均居民点和工矿用地的省际变化受各省耕地稀缺性的影响很大。

表 1 人均居民点和工矿用地与人均耕地分布的线性回归参数(hm^2)

Table 1 Parameters and coefficients of linear regression equations between the distribution of residential & industrial area per capita and the cultivated area per capita

对人均耕地(v)的各种赋值	b	c	R^2	R
全部人均耕地	8.843×10^{-2}	1.199×10^{-2}	0.412	0.642
坡度为 25 °以下的人均耕地	0.104	1.000×10^{-2}	0.560	0.748
坡度为 15 °以下的人均耕地	0.109	1.080×10^{-2}	0.591	0.769
坡度为 6 °以下的人均耕地	0.109	1.288×10^{-2}	0.544	0.738
坡度为 2 °以下的人均耕地	0.137	1.361×10^{-2}	0.547	0.740

1.2 交通用地分布的单要素统计分析

对交通用地省际分布的单要素统计分析 与对居民点和工矿用地的统计分析相同。

1.2.1 用地总量分布与人口的统计关系

与对居民点和工矿用地面积省际分布的分析一样 ,我们对 1996 年各省交通用地的省际分布与其人口分布进行了直线、对数、指数和乘幂等 4 种形式的回归分析 ,结果如下 :

直线形式 $U = 3.313 \times 10^{-3} p + 46\ 757.88 \quad (10)$

$R = 0.68 \quad R^2 = 0.46$

对数形式 $U = 89\ 490 \ln p^{-10^6} \quad (11)$

$R = 0.66 \quad R^2 = 0.44$

指数形式 $U = 45\ 288 e^{0.00000003 p} \quad (12)$

$R = 0.73 \quad R^2 = 0.53$

乘幂形式 $U = 0.1262 p^{0.8046} \quad (13)$

$R = 0.80 \quad R^2 = 0.64$

其中 U 代表各省交通用地面积 ,单位是 hm^2 ,

其他符号如前。人口分布对交通用地省际分布具有很大的解释力 ,但明显地小于对居民点和工矿用地省际分布的解释力。

1.2.2 人均用地与人均耕地的统计关系

人均交通用地省际分布与人均耕地的回归方程形式为 :

$$u = bv + c \quad (14)$$

其中 u 代表人均交通用地面积 ,其他符号意义如前。同样 ,分别用全部人均耕地、坡度为 25 °以下的人均耕地、坡度为 15 °以下的人均耕地、坡度为 6 °以下的人均耕地、坡度为 2 °以下的人均耕地等 5 种指标反映各个省土地的稀缺性。用 1996 年人均交通用地省际分布分别与这 5 种指标的省际分布进行回归分析 ,结果如表 2 所示。不难看出 ,人均交通用地分布与人均耕地分布的相关性要显著地大于人均居民点和工矿用地分布与人均耕地分布的相关性。

表 2 人均交通用地与人均耕地分布的线性回归参数(hm^2)

Table 2 Parameters and coefficients of linear regression equations between the distribution of transportation area per capita and the cultivated area per capita

对人均耕地(v)的各种赋值	b	c	R^2	R
全部人均耕地	3.509×10^{-2}	1.016×10^{-3}	0.719	0.848
坡度为 25 °以下的人均耕地	3.736×10^{-2}	6.947×10^{-4}	0.800	0.894
坡度为 15 °以下的人均耕地	3.845×10^{-2}	1.05×10^{-3}	0.817	0.904
坡度为 6 °以下的人均耕地	3.907×10^{-2}	1.733×10^{-3}	0.776	0.881
坡度为 2 °以下的人均耕地	4.831×10^{-2}	1.955×10^{-3}	0.749	0.866

2 省际分布的双因素统计分析

单要素的统计分析表明 ,居民点和工矿用地、交通用地的省际分布分别与各省人口和人均耕地分布密切相关 ,但都不能用单个要素获得对前者较完善的解释 ,然而这给我们一个启示 ,即 :选择各省人口和人均耕地分布对居民点和工矿用地的省际分布、交通用地的省际分布和建设用地的省际分布进行二元回归。回归的方程形式为 :

居民点和工矿用地总量分布与人口和人均耕地的回归方程 :

$$S = ap + bv + c \quad (15)$$

交通用地总量分布与人口和人均耕地分布的统计回归方程 :

$$U = ap + bv + c \quad (16)$$

建设用地总量分布与人口和人均耕地分布的统计回归方程 :

$$Q = ap + bv + c \quad (17)$$

其中 Q 代表建设用地,它是交通用地与居民点和工矿用地面积之和,单位是 hm^2 ,其他符号意义如前。同样,对反映各省土地稀缺性的人均耕地分别采用前面的5种指标,回归分析的结果分别如表3、表4和表5所示。

总体上讲,居民点和工矿用地、建设用地、交通用地的分布与人口和人均耕地的分布存在着很强的二元线性相关。然而,前两项之分布与这两个解释变量的相关性更强。居民点和工矿用地总量分布与人口和坡度为 20° 以下的人均耕地分布的相关性最大,解释力达到了 92.1% ,随着耕地坡度的减小,这两个变量的解释力增强。建设用地总量分布与人口和人均耕地的线性回归情况相同于居民点和工矿用地总量分布的情况。交通用地分布与人口和人均耕地的线性回归情况基本上也相同于居民点和工矿用地总量分布的情况,只是在用坡度为 60° 以下的人

均耕地来表示土地的稀缺性时, R^2 达到了最大,为 85.4% 。

3 结 论

各地人口数量和耕地的稀缺性是解释我国建设用地省际分布的两个最重要的变量。前者是建设用地增长的推力。由于我国人多地少,后者起着约束作用。相比之下,人口的分布对居民点和工矿用地分布的影响要比对交通用地分布的影响大,表现出较强的异速增长特征,类似于单一城市或地区的建设用地增长与人口增长的关系。但是各地人均耕地的多少对人均交通用地分布的解释力却要大于对人均居民点和工矿用地分布的解释力。居民点和工矿用地总量分布、交通用地总量分布、建设用地总量分布都与人口和人均耕地分布这两个解释变量存在着十分强的二元线性关系。

表3 居民点和工矿用地总量分布与人口和人均耕地的线性回归参数(hm^2)

Table 3 Parameters and coefficients of linear regression equations between the distribution of residential & industrial area and population, cultivated area per capita

对人均耕地(v)的各种赋值	a	b	c	R^2	R
全部人均耕地	1.756×10^{-2}	2291429.8	-184604.9	0.873	0.934
坡度为 25° 以下的人均耕地	1.859×10^{-2}	2487328.4	-251569.0	0.885	0.941
坡度为 15° 以下的人均耕地	1.844×10^{-2}	2680196.4	-234891.5	0.907	0.952
坡度为 6° 以下的人均耕地	1.787×10^{-2}	2821019.6	-173986.7	0.917	0.957
坡度为 2° 以下的人均耕地	1.757×10^{-2}	3569796.4	-148783.1	0.921	0.960

表4 交通用地分布与人口和人均耕地的线性回归参数(hm^2)

Table 4 Parameters and coefficients of linear regression equations between the distribution of transportation area and population, cultivated area per capita

对人均耕地(v)的各种赋值	a	b	c	R^2	R
全部人均耕地	3.871×10^{-3}	958491.0	-89730.3	0.826	0.909
坡度为 25° 以下的人均耕地	4.258×10^{-3}	995023.1	-110561.2	0.824	0.908
坡度为 15° 以下的人均耕地	4.158×10^{-3}	1025976.0	-97398.0	0.842	0.918
坡度为 6° 以下的人均耕地	3.936×10^{-3}	1067425.6	-72689.7	0.854	0.924
坡度为 2° 以下的人均耕地	3.810×10^{-3}	1318832.7	-60556.0	0.844	0.919

表5 建设用地总量分布与人口和人均耕地的线性回归参数(hm^2)

Table 5 Parameters and coefficients of linear regression equations between the distribution of constructed area and population, cultivated area per capita

对人均耕地(v)的各种赋值	a	b	c	R^2	R
全部人均耕地	2.143×10^{-2}	3249920.8	-274335.2	0.880	0.938
坡度为 25° 以下的人均耕地	2.285×10^{-2}	3482351.4	-362130.2	0.891	0.944
坡度为 15° 以下的人均耕地	2.259×10^{-2}	3706172.5	-332289.4	0.914	0.956
坡度为 6° 以下的人均耕地	2.181×10^{-2}	3888445.2	-246676.4	0.924	0.961
坡度为 2° 以下的人均耕地	2.138×10^{-2}	4888629.1	-209339.1	0.927	0.963

参考文献(References):

- [1] Liu Yucheng ed. China Land Resources Survey Data Base [Z]. The Office of China Land Resources Survey, 2000. [刘育成主编·中国土地资源调查数据集[Z]·全国土地资源调查办公室, 2000.]
- [2] Ma Kewei. The Thinking and Practice for China Land Management [M]. Beijing: China Land Press, 2001. 350-357. [马克伟·土地管理——思考与实践[M]·北京: 中国大地出版社, 2001. 350-357.]
- [3] State Statistical Bureau, P. R. China. China Statistical Yearbook [M]. Beijing: China Statistical Publishing House, 1986, 1996, 1997. [国家统计局·中国统计年鉴[M]·北京: 中国统计出版社, 1986, 1996, 1997.]
- [4] Ma Kewei, Zhang Qiaoling. Sustainable land use and sustainable development in China [J]. China Land Studies, 2001, 15(2): 1-5. [马克伟, 张巧玲·土地永续利用和社会经济的可持续发展[J]·中国土地科学, 2001, 15(2): 1-5.]
- [5] Verburg P H, Veldkamp A, Fresco L O. Simulation of changes in the spatial pattern of land use in China [J]. Applied Geography, 1999, 19(3): 211-233.
- [6] Alexandrator N. China's projected cereals deficits in a world context [J]. Agricultural Economics, 1996, 15(1): 1-16.
- [7] Brown L R. Who Will Feed China? Wake-up Call for a Small Planet [M]. New York: World Watch Institute, 1995.
- [8] Lee Y. An allometric analysis of the US urban system: 1960—1980 [J]. Environment and Planning A, 1989, 21: 463-476.
- [9] Liang Jinshe, Wang Min. The allometric growth of urban land use and population and its experiential research [J]. Geographical Research, 2001, 20(6): 1-6. [梁进社, 王·城市用地与人口的异速增长和相关经验研究[J]·地理研究, 2001, 20(6): 1-6.]

THE STATISTIC ANALYSIS FOR CONSTRUCTED AREA
DISTRIBUTION WITH INTER-PROVINCES IN CHINA

LIANG Jin-she

(Department of Geography of Beijing Normal University, Key Laboratory of Environmental Change and Natural Disaster, Ministry of Education, Beijing 100875, China)

Abstract: The increase of constructed land, divided into residential and industrial land and transportation land, plays the important role for the decrease of cultivated land in China. The objective of the article is to set up the quantitative representation of constructed area distribution with inter-province related some factors to show the dynamic basis of land use change in China. By regression analysis, we discovered that the distribution of land magnitude of every sort and their sum correlate highly to the distribution of population and cultivated area per capita. The effect of population on the distribution of residential and industrial land is more obvious than that of transportation land, but the effect of cultivated area per capita on the distribution of transportation area per capita more than that of residential and industrial area per capita. The rate of residential and industrial area changes with inter-province is mostly proportional to the rate of population's changes.

Key words: Land for residents and industries; Transportation land; Constructed land; Cultivated land; Population; Per capita; Statistic analysis.