

# 经济快速发展地区土地利用结构信息熵变化及其动因分析

## 以昆山市为例

高永年 刘友兆

(南京农业大学土地管理学院 南京 210095)

**摘要** 信息熵可以作为土地利用结构有序性的一种度量。在收集相关数据的基础上,对经济发达地区之一的昆山市土地利用结构信息熵变化进行了分析。自 1994 年以来,昆山市土地利用结构信息熵总体上呈逐渐上升趋势,即土地利用有序度逐渐降低。在空间上,城市及城郊类型区的土地利用结构信息熵最大,其次是中部工业用地类型区和北部旅游类型区,南部旅游类型区信息熵值最小;各个镇之间土地利用结构信息熵也具有明显差异。最后,对土地利用结构信息熵分异的动因进行了分析,结果发现:经济发展、人口增长、城市化、工业化和政治经济政策对土地利用结构信息熵的变化有显著影响,经济因素与土地利用结构信息熵具有最大的相关性,其后依次为人口因素、工业化程度和城市化水平。

**关键词** 土地利用结构;信息熵;动因;昆山市

**中图分类号** F301.24

进入 20 世纪 90 年代以来,土地利用/土地覆被变化受到越来越多的关注,成为全球变化研究的热点核心领域之一<sup>[1]</sup>。一般来说,在经济快速发展地区,土地利用结构的变化要快于其他地区,而弄清这种变化是向趋于合理的方向发展,还是向相反的方向发展,是一个重要的课题,它关系到区域的可持续发展。区域土地利用结构有序度的高低与社会经济的发展等多种因素密切相关,关系到土地资源可持续利用。对经济快速发展地区的土地利用结构进行研究,不仅对本区域社会经济可持续发展具有重要作用,而且对其他地区也具有特殊的指导与借鉴意义。

### 1 研究区概况

昆山市位于东经 120°48' 21" ~121°09' 04"、北纬 31°06' 34" ~31°32' 36",处江苏省东南部,北至东北与常熟、太仓两市相连,南至东南与上海嘉定、青浦两区接壤,西与吴江、苏州交界。总面积 921.3 km<sup>2</sup>,辖 15 个镇和一个国家级经济技术开发区。昆山属长江三角洲太湖平原,境内河网密布,地势平坦,地面高程多在 2.8~3.7m 之间。北部为低洼圩区,中部为半高田地区,南部为滨湖高田地区。属北亚热带南部季风气候区。气候温和湿润,四季分明,光照充足,雨量充沛。年平均气温 16.5℃;年降水量 1447mm,年日照时间 1697h,全年无霜期 239d。

昆山地处中国经济最发达的东南沿海长江三角洲的东部,是上海经济圈中一个重要的新兴工商城市。现在,昆山已经从一个农业县变为沪宁经济走廊中开放度较高的新兴工商城市,形成了以开放型经济为主导,三次产业协调发展,三个文明同步推进的良好局面。2002 年,全市完成 GDP 314.34 亿元,人均相当于 6290 美元,财政收入 41.52 亿元,进出口总额 84.74 亿美元,城镇居民人均可支配收入 11128 元,农民人均可支配收入 6262 元。

### 2 土地利用结构信息熵分析

#### 2.1 信息熵与土地利用结构信息熵

考虑一个几率实验(随机事件) $A$ ,设它有  $n$  个可能的独立的实验结果,每个实验结果出现的几率分别是  $p_1, p_2, \dots, p_n$ ,且  $0 < p_i < 1$ ,及  $\sum_{i=1}^n p_i = 1$ 。换言之,实验结果具有不确定性,为了量度这种不确定性,Shannon 引入函数  $H_n$  作为实验结果不确定性的量度:

$$H_n = H_n(p_1, p_2, \dots, p_n) = -k \sum_{r=1}^n p_r \ln p_r$$

式中  $k$  是一个  $> 0$  的恒量,因之,  $H_n > 0$ ,量  $H_n$  叫做信息熵<sup>[2]</sup>。这说明信息熵是表征信源总体特征的一个量,同时信息熵又是信源输出信息的不确定性和事件发生的随机性的量度<sup>[3]</sup>。

假定一个地区的土地总面积为  $A$ ,该地区的土

地可根据职能将利用类型划分为  $n$  种, 每种类型的面积为  $A_i (i=1, 2, \dots, n)$ , 则有

$$\sum_{i=1}^n A_i = A$$

用  $P_i$  表示各种土地利用类型占该地区土地总面积的比例, 则有:  $P_i=A_i/A$ 。显然,  $P_i$  具有归一性, 即

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1$$

在这里  $P_i$  相当于信息熵中事件发生的概率, 即第  $i$  种土地利用类型在该地区土地中出现的可能性, 事件发生的不确定性是由它发生的概率来描述的, 因而可以依照 Shannon 熵公式定义土地利用结构的信息熵 ( $H$ )

$$H = -\sum_{i=1}^n P_i \log_r P_i$$

土地利用结构信息熵描述了土地利用系统的有序程度。信息熵是不确定性的量度, 不确定性越大越无序, 所以信息熵也是无序的一种量度, 系统向有序方向发展必须有负熵流输入<sup>[4]</sup>。信息熵的分析

则是利用综合数值表征土地利用结构类型的多样化, 理论上当 8 大类土地利用结构类型的面积相等时, 土地利用结构信息熵达到理论最大值<sup>[5]</sup>。

为了显化土地利用结构信息熵年度变化速度的大小, 研究土地利用结构信息熵与社会经济因素之间的变化, 定义土地利用结构信息熵变化率:

$$v_t = \frac{H_t - H_{t-1}}{H_{t-1}} \times 100\%$$

式中  $v_t$  为第  $t$  年土地利用结构信息熵变化率;  $H_t$  为第  $t$  年土地利用结构信息熵;  $H_{t-1}$  为第  $(t-1)$  年土地利用结构信息熵。

## 2.2 土地利用结构信息熵的时序变化

表 1 为昆山市市域 1994~2002 年的土地利用结构及所计算出的信息熵, 由表 1 可以发现: 昆山市 1994 年的土地利用结构信息熵为 1.1276, 此后除 1995~1997 年略有下降外, 基本上呈逐渐上升趋势, 至 2002 年达到最大值, 为 1.2057。

昆山市 1994 年土地利用结构信息熵最低, 表明此时土地利用结构的有序度最高, 而 2002 年土地利用结构信息熵最高, 表明土地利用结构无序度最大, 有序度最小。

表 1 昆山市 1994~2002 年土地利用结构 (%) 及其信息熵 (Nat)

Table 1 Composition (%) and information entropy (Nat) of land use in Kunshan City from 1994 to 2002

年份	耕地	园地	林地	居民点及工矿用地	交通用地	水域	未利用地	信息熵
1994	52.61	0.82	0.38	12.23	3.04	30.88	0.04	1.1276
1995	51.63	0.82	0.38	13.15	3.14	30.84	0.04	1.1431
1996	51.52	0.75	0.36	13.39	3.16	30.78	0.04	1.1428
1997	50.86	0.38	0.37	14.44	3.19	30.72	0.04	1.1407
1998	50.55	0.38	0.44	15.31	3.31	29.97	0.04	1.1538
1999	50.63	0.37	0.43	15.61	3.31	29.60	0.04	1.1551
2000	49.46	0.37	0.43	15.88	3.35	30.48	0.04	1.1633
2001	49.37	0.36	0.43	16.60	3.46	29.75	0.04	1.1701
2002	44.19	0.37	0.59	17.96	3.46	33.39	0.04	1.2057

注: 原始数据来源: 昆山市 1994~2002 年土地统计资料; 因受以前的统计标准所限, 仍采用 1998 年修订的《土地管理法》颁发以前的土地利用分类标准; 信息熵的单位为奈特 (Nat), 即取自然对数值。

## 2.3 土地利用结构信息熵的空间分异

土地利用结构受区位条件和社会经济发展状况的制约, 据此可将昆山市土地利用划分为 4 种类型区: 城市及城郊类型区。主要包括正仪、玉山、蓬朗、陆家 4 个镇, 该区居民点、工矿用地和交通用地比例最大, 其中居民点及工矿用地占全市 46.77%, 交通用地占全市的 44.17%, 并具有强烈的需求

趋势; 林地所占比重也较大, 而园地面积较小。北部旅游类型区。主要包括巴城、陆杨、周市、石牌 4 个镇, 该区耕地所占比重不高, 全市仅 20.54% 的耕地分布在这一区域, 园地和水域的面积约占全市的 1/4; 未利用土地最少, 开发利用潜力不大。中部工业用地类型区。主要包括张浦、千灯、石浦、花桥 4 个镇, 该区林地比例较大, 占全市的 35.09%,

耕地面积较大，但减少的速度较快；水域面积最小，占全市的 21.46%。南部旅游类型区。主要包括周庄、锦溪、淀山湖 3 个镇，该区水域比重最大，耕地、园地、林地、居民点和工矿用地以及交通用地的面积均最小，其中园地面积占全市的 7.88%，而林地仅为 3.03%；未利用土地占全市的比例将近 2/3，但开发利用的难度较大。

根据信息熵的计算公式，对昆山市 2002 年 4 个

区片的土地利用结构信息熵进行了计算（表 2），结果发现：城市及城郊类型区的土地利用结构信息熵最大，为 1.2531，其次是中部工业用地类型区，信息熵值为 1.1811，再次为北部旅游类型区，南部旅游类型区信息熵值最小，为 1.0857。信息熵的区域差异表明北部旅游类型区和南部旅游类型区土地利用结构有序度相对较高，无序度相对较小；城市及城郊类型区和中部工业用地类型区有序度相对较低。

表 2 昆山市各区片 2002 年土地利用结构 (%) 及其信息熵 (Nat)

Table 2 Composition(%) and information entropy(Nat) of land use in the four areas of Kunshan City in 2002

区片	耕地	园地	林地	居民点及工矿用地	交通用地	水域	未利用地	信息熵
城市及城郊类型区	54.75	0.37	1.25	32.58	4.22	25.48	0.01	1.2531
北部旅游类型区	42.03	0.47	0.20	13.03	2.77	41.47	0.02	1.1335
中部工业用地类型区	50.78	0.55	0.81	16.58	3.34	27.92	0.02	1.1811
南部旅游类型区	38.36	0.14	0.09	11.98	2.29	47.03	0.11	1.0857

以乡镇为单位对昆山市土地利用结构信息熵的空间分布特征（图 1）作进一步研究，发现：2002 年各个镇之间土地利用结构信息熵有明显差异，信息熵最小的乡镇是锦溪镇，其值为 1.0111；土地利用结构信息熵最大的乡镇为玉山镇（包括经济开发区），其值为 1.2614；两者差值为 0.2503。在区域分布上，土地利用结构信息熵最大的 2 个乡镇都属于城市及城郊类型区，而最小的 4 个乡镇则均属于旅游类型区。

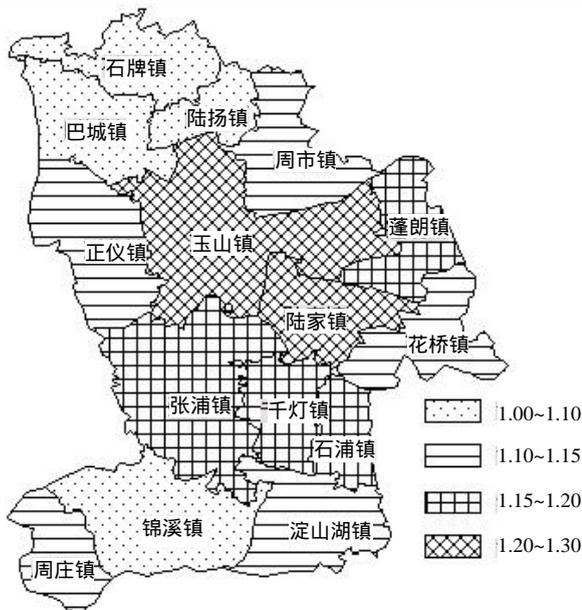


图 1 2002 年昆山市各镇土地利用结构信息熵空间分布

Fig. 1 Spatial distribution of information entropy of the land use composition in Kunshan City in 2002

### 3 土地利用结构信息熵变化的动因分析

影响土地利用结构信息熵变化的因素既有土地利用结构调整等直接原因，又有经济快速发展等间接原因。

#### 3.1 土地利用结构信息熵变化的直接动因

土地利用内部结构的变化是土地利用结构信息熵的直接原因，在昆山市主要表现为建设用地（包括居民点、工矿用地、交通用地）和水域、林地面积的迅速增加；耕地、园地面积的迅速减少（表 3）。在 1994~2002 年的 8 年中，建设用地、林地和水域占土地总面积的百分比分别由 15.27%、0.38%、30.88% 增加至 21.42%、0.59%、33.39%；相反，耕地、园地分别由 52.61%、0.82% 降至 44.19%、0.37%。这些数据符合昆山市近年来经济快速发展，工业用地不断扩展，城镇面积迅速增加的现实<sup>[6]</sup>。变化数据表明，昆山市土地利用方式已由 1994 年的相对有序态逐步向均质无序态方向转变，进而表现出熵的增加。

#### 3.2 土地利用结构信息熵变化的间接动因

3.2.1 经济的快速发展 近 10 年来，昆山市经济发展突飞猛进，1994 年 GDP 为 8.38 亿元，2002 年为 31.43 亿元，平均每年提高 17.96 个百分点；1994~2002 年期间土地利用结构信息熵与 GDP 的相关系数为 0.9796，呈高度相关。

从人口增长率与土地利用结构信息熵变化率之间的关系（表 3）可以看出，两者之间也存在着高度的正相关关系，相关系数为 0.9208，人口增长率

表 3 1995~2002 年昆山市 GDP 增长率 (%)、人口增长率 (%) 与土地利用结构信息熵变化率 (%) 的关系

Table 3 Relations between the GDP growth rate(%), the population growth rate(%) and the change rate of the information entropy of the land use composition(%) in Kunshan City from 1995 to 2002

年份	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
GDP 增长率	19.48	14.20	14.46	14.98	14.08	16.92	14.94	36.19
人口增长率	3.86	4.93	3.07	4.02	2.31	9.73	9.56	11.09
信息熵变化率	1.38	-0.03	-0.18	1.15	0.11	0.71	0.58	3.04

上升,土地利用结构信息熵变化率上升;人口增长率下降,土地利用结构信息熵变化率也下降。

3.2.1 人口的迅速增加 人口增加会引发一系列的问题,首先是受比较利益的驱动,进行农业内部结构的调整,而这种调整带有自发性,缺乏指导,导致土地利用结构的不合理性;其次是导致建设用地需求的增加。

昆山市 1994 年人口为 57.83 万人,2002 年为 60.69 万人,平均每年增加 0.36 万人;同期土地利用结构信息熵由 1.1276 增加到 1.2057,净增 0.0781,上升 6.93%。1994~2002 年土地利用结构信息熵与总人口的相关系数为 0.9592,土地利用结构信息熵变化与人口增长之间有明显的关系,人口增长是土地利用结构信息熵变化的一个重要原因。人口增长

率与土地利用结构信息熵变化率具有相似的变化规律,波动趋势基本一致(表 3)。

3.2.3 城镇化与工业化的迅猛发展 近年来昆山市城镇化水平提高很快,人口城市化率由 1994 年的 22.23% 提高到 2001 年的 49.92%。由于城市化是以外延模式向外扩张,导致城镇扩展占用了大量土地,与此同时,工业企业个数不断增加,工业用地更是迅速增加。1994~2001 年土地利用结构信息熵与城镇用地面积的相关系数为 0.9140,与独立工矿用地面积的相关系数为 0.9427,表明:城镇用地面积和工矿用地面积,即城镇化、工业化水平与土地利用结构信息熵呈高度相关。随着城镇及工矿用地面积的不断增长,土地利用结构信息熵也呈不断增加态势,即土地利用结构有序度不断降低(表 4)。

表 4 1994~2002 年昆山市城镇及工矿用地面积 (hm<sup>2</sup>) 与土地利用结构信息熵 (Nat) 的关系Table 4 Relations between the acreage of the land for towns and industry (hm<sup>2</sup>) and the information entropy of the land use composition(Nat) in Kunshan City from 1994 to 2002

年份	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
城镇及工矿用地面积	5250.98	5988.60	6353.73	7308.06	8104.57	8395.61	8662.32	9371.56	9104.85
信息熵	1.1276	1.1431	1.1428	1.1407	1.1538	1.1551	1.1633	1.1701	1.2057

3.2.4 政治经济政策的影响 政策因素在我国的社会经济发展中一直起着十分重要的作用,政治经济政策指引着社会经济的发展方向<sup>[6]</sup>。土地作为人类生存与发展的主要物质基础,其利用结构变化深受区域政策的影响。政策因素是土地利用的直接决策因素,它引导着社会经济生产活动<sup>[7]</sup>,并通过地权制度、价格制度、经营机制等直接影响土地利用及其结构的形式<sup>[8]</sup>,进而影响土地利用的方式和强度。昆山市土地利用的变化与相关政策的实施和执行有很大的关系。改革开放以来,昆山重视发挥优势,积极抢抓机遇,加速结构调整,加快经济发展,推动了两次大的经济转型。一是 20 世纪 80 年代,实现了“农转工”的第一次转型。二是 20 世纪 90 年代,立足昆山经济技术开发区的基础设施优势,大力发展外向型经济,实现了“内转外”的第二次转型。目前,全市已累计批准来自 54 个国家和地区的投资项目 2400 多个,合同利用外资超过 120 亿美元,

实际利用外资超过 55 亿美元。开工投产的“三资”企业达 1200 多家。全市财政收入的 60%、销售和利税的 75%、工业投资的 85%、自营出口总额的 98% 来自外资企业。外向型经济在直接促进全市经济总量扩张的同时,也导致了工业用地的迅猛扩张<sup>[9]</sup>。与此同时,昆山市积极推进城市化进程,大力发展工业和进行交通道路建设,使该区建设用地大幅度增加,耕地等生态绿地的数量急剧下降。伴随着建设用地的增加和耕地面积的减少,土地利用趋向均匀化,导致土地利用结构信息熵有所增加。

## 4 结 论

通过以上对昆山市土地利用结构信息熵的分析,得出以下几点结论:

(1) 应用土地利用结构信息熵对土地利用结构进行研究是可行的,其数值的大小反映了土地利用结构有序度的高低,数值越大,有序度越差,数值

越小，有序度越好。

(2) 在经济快速发展地区，随着时间的推移和经济的发展，土地利用结构的有序度呈逐渐降低的趋势，即土地利用结构信息熵逐渐增加。在昆山市，从时序上看，除少数年份外，土地利用结构信息熵总体上逐渐增加。根据熵理论以及昆山市的发展趋势，其信息熵在以后的几年里仍将继续上升。

(3) 土地利用结构信息熵在空间上存在差异，即使在一个市域范围内，其差异也表现的非常明显，工业相对发达的区片其有序度相对较差。在昆山市，各个镇的土地利用结构信息熵存在明显差异，且通过区片分析可以看出城市及城郊类型区和中部工业用地类型区的信息熵要大于北部旅游类型区和南部旅游类型区的信息熵。

(4) 在经济快速发展地区，经济发展、人口增长、城市化、工业化以及政治经济政策对土地利用结构信息熵具有较大影响。在昆山市，除政治经济政策外（因其难以量化），经济因素与土地利用结构信息熵具有最大的相关性，其后依次为人口因素、工业化程度和城市化水平。

(5) 在经济快速发展地区，如昆山市，随着经济的快速发展，土地利用有序度逐渐降低，故在快速发展经济的同时，应处理好经济发展与土地利用

的关系，合理配置土地资源，优化各类土地利用数量及空间布局，走可持续发展之路。

#### 参考文献

- 1 李秀彬. 中国近 20 年来耕地面积的变化及其政策启示. 自然资源学报, 1999, 4 (4): 329 ~ 333
- 2 孙光辉. 信息熵与不确定性. 青岛大学学报, 2000, 13 (3): 50 ~ 51
- 3 张亚妮, 范中和. 物理熵与信息熵的辩证统一. 宝鸡文理学院学报(自然科学版), 2002, 22 (2): 145 ~ 147
- 4 潭永忠, 吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究. 自然资源学报, 2003, 18 (1): 112 ~ 117
- 5 王秀红, 何书金, 罗明. 土地利用结构综合数值表征 — 以中国西部地区为例. 地理科学进展, 2002, 21 (1): 17~24
- 6 金雄兵, 濮励杰, 罗昀, 彭补拙. 县市级尺度土地利用与土地覆盖变化初步研究—以江苏昆山市为例. 土壤, 2003, 35 (3): 204 ~ 210
- 7 熊惠波, 侯会乔, 江源, 耿侃. 扎鲁特旗土地利用变化及其驱动力分析. 农村生态环境, 2002, 18 (3): 5 ~ 10
- 8 刘晶, 彭补拙. 锡山市土地利用变化的社会驱动力分析. 土壤, 2001, 33 (6): 295 ~ 320
- 9 张雷. “昆山之路” 越走越宽. 求是, 2002, (19): 1243

## DYNAMIC CHANGE IN INFORMATION ENTROPY OF LAND USE COMPOSITION IN ECONOMICALLY DEVELOPED REGIONS AND ITS MOTIVATING FACTORS —A CASE STUDY OF KUNSHAN CITY

GAO Yong-nian    LIU You-zhao

( College of Land Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095 )

**Abstract** Information entropy can be used as a measurement for orderliness of land use structure. Based on the data collected, change in information entropy of the land use structure in the city of Kunshan was analyzed. The information entropy of the land use structure in Kunshan has been rising in general since 1994, indicating decrease in orderliness of the land use system. In terms of space, land use structure differs from district to district in Kunshan: the information entropy of the land use structure in the City Proper and its suburbs is the highest, those in the industry region in the center and the tourist scenic region in the north follow and that in the tourist scenic region in the south is the lowest. The information entropy of land use structure varies significantly with the town. Motivating factors of the variation were also analyzed, and the following conclusions were reached: the information entropy of land use structure is obviously under the influence of economic development, population growth, urbanization, industrialization and economic policies. Economic factors are the most closely related to the information entropy of land use structure, then followed by population growth, industrialization and urbanization in a decreasing order.

**Key words** Land use structure, Information entropy, Motivating factors analysis, Kunshan City