

基于信息熵的天津市产业用地结构变化分析

陆 阳, 钱铭杰, 王绪龙, 袁 春, 刘 磊, 李荣印

(中国地质大学(北京)土地科学技术学院, 北京 100083)

摘 要:根据 1996—2008 年天津市变更调查数据以及统计年鉴数据,在土地利用分类体系基础上构建产业用地分类,应用信息熵模型对天津市产业用地数量变化和熵值变化进行分析,并具体研究各类产业用地变化对信息熵的影响程度。结果表明:天津市产业用地结构熵值和均衡度总体表现出上升趋势,但集中度下降。与信息熵值相关度较高的耕地和未利用地流向经济效益好的第二、三产业用地是使信息熵值升高的主要因素。

关键词:信息熵;产业用地;用地结构;天津市

中图分类号:F301.2(221)

文献标识码:A

文章编号:1009-4210(2013)01-001-06

土地不仅在空间与功能上表现出不同的组合关系和结构格局,而且在时间上也表现出演替的阶段、过程和规律^[1,2]。根据 N. Wiener 的定义,信息是“系统组织程度的度量”^[3]。因此一些学者将系统论中的信息熵引入土地利用结构变化的研究中,分析土地利用系统的有序程度,并认为城市土地利用的结构特征可以用信息熵表示。

信息熵和均衡度的分析方法本身是有局限性的,这一方法强调的是城市用地的均质性和多样性,重点在于城市地域职能的分工和细化,无法体现城市的产业特点以及发展趋势^[4]。一个区域的产业发展水平和产业结构影响着土地资源利用的结构、方式与空间布局;同样产业结构的调整也必然导致土地利用方式和土地利用结构发生变化^[5]。目前有很多学者基于信息熵理论来分析各地土地利用结构变

化,但多在土地利用分类基础上进行研究。因此本文从产业用地角度分析天津市的土地利用情况,构建产业用地分类体系,应用信息熵理论进行分析,深入了解天津市土地利用变化与经济发展的关系,为优化产业用地结构,进行城市规划提供借鉴。

1 研究区域概况

天津市地处华北平原东北部、环渤海湾的中心,东临渤海,北依燕山;距北京 120 km,是拱卫京畿的要地和门户。天津对内腹地辽阔,辐射华北、东北、西北 13 个省市自治区;对外面向东北亚,是中国北方最大的沿海开放城市;海陆空交通便捷,铁路、公路四通八达。

截止到 2008 年,天津市土地总面积 11917.3

收稿日期:2012-06-05;改回日期:2012-09-13

基金项目:国家自然科学基金(70673055);国土资源部公益性行业科研专项(201111015-04);中国地质大学(北京)基本科研业务费专项资金(201159172)

作者简介:陆 阳(1987—),女,硕士研究生,从事土地产权产籍管理研究。

km², 常住人口 1 176 万人, 人均生产总值 55 473 元。天津由 12 个市辖区、1 个副省级区和 3 个市辖区组成, 市辖区分为中心城区、环城区。2008 年天津市生产总值 6 354.38 亿元, 其中三次产业生产总值分别为 112.58、3 821.07、2 410.73 亿元, 三次产业贡献率分别为 0.4%、64%、35.6%。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据来源

本文选取 1996—2008 年天津市土地利用变更调查数据及历年天津统计年鉴数据。由于本文基于产业用地分类进行研究, 所以将变更调查中所采用

的《全国土地分类》(过渡期间适用) 转换到产业用地分类。其他社会经济数据均来自于历年天津统计年鉴及天津年鉴。

2.2 研究方法

2.2.1 基于产业的土地利用分类体系

根据国家统计局印发的《三次产业划分规定》(国统字〔2003〕14 号), 对现行的土地统计分类加以归并, 以产业用途和功能作为土地利用分类的划分标准, 构建三级续分产业用地分类体系, 其中包括 4 个一级类, 14 个二级类, 进而将其应用于“用地—产业”分析中^[6,7]。由于相关土地数据的统计并非按照产业用地分类进行, 因而将《全国土地分类》(过渡期间适用) 与产业用地分类进行转换, 如图 1 所示。

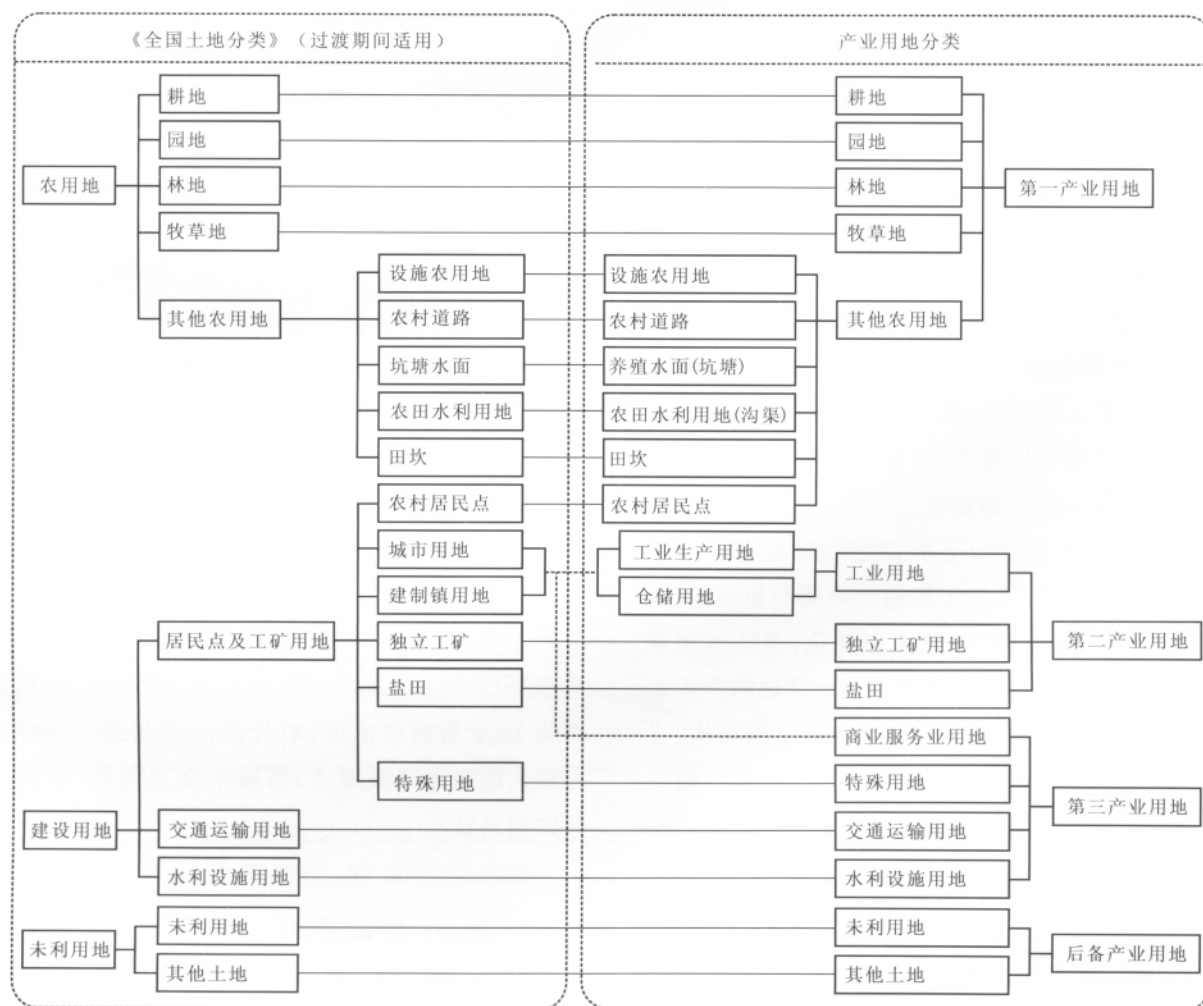


图 1 全国土地分类(过渡期间适用)与产业用地分类转换结果

第一产业用地中的 5 个二级类主要为种植业用地、林业用地、牧业用地以及第一产业建设用地。具体划分为耕地、园地、林地、牧草地和其他农用地,主要由全国土地分类中的农用地转化而来,建设用地中的农村居民点划到其他农用地中。根据《三次产业划分规定》的通知,第二产业是对初级产品进行再加工的部门,即工业和建筑业。本文的第二产业用地包括工业用地、独立工矿用地、盐田 3 个二级类。第三产业是为生产和消费提供各种服务的部门,分为流通部门、生产和生活服务部门、提高科学文化技术和居民素质服务的部门、为社会公共需要服务的部门 4 个层次。具体地类划为商业服务业用地、特殊用地、交通运输用地、水利设施用地 4 个二级类。其中交通运输用地与水利设施用地为全国土地分类中建设用地中的这两类土地转换而来,特殊用地从居民点及工矿用地中转换而来。全国土地分类中城市用地和建制镇用地转换为第二产业用地中的工业用地和第三产业用地中的商业服务业用地。后备产业用地是具有转化为产业用地潜力的土地,所以原分类中的未利用地和其他土地划到后备产业用地中。具体转化过程见图 1。

2.2.2 土地利用结构信息熵

区域土地利用结构信息熵可综合反映该区域在一定时段内各种土地利用类型的动态变化及转化程度。不同土地利用方式即不同的土地利用结构,其信息熵是不同的,其有序程度也不同。一般情况下,信息熵越小,系统就越有序;反之系统就越无序。

假定一个区域的土地总面积为 A ,该区域的土地利用类型可分成 n 种,每种类型的面积为 A_i ($i=1,2,\dots,n$),则有:

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

据此可得各类土地面积的百分比为:

$$P_i = A_i/A = A_i/\sum_{i=1}^n A_i \quad (2)$$

显然 P_i 具有归一性质: $\sum P_i = 1$, 因此 P_i 相

当于事件的概率,从而可以依照 Shannon 熵公式定义土地利用结构的信息熵为:

$$H = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i = - \sum_{i=1}^n (A_i/\sum_{i=1}^n A_i) \log (A_i/\sum_{i=1}^n A_i) \quad (3)$$

式中: H 为信息熵,可以看出, $H \geq 0$ 。

信息熵的大小可以反映城市土地利用的均衡程度,熵值越高,表明土地利用的职能类越多,各职能类的面积相差越小。

当 $A_1 = A_2 = \dots = A_n$ 时, $P_1 = P_2 = \dots = P_n = 1/n$, 此时 H 达到最大值,表示为 H_m , 则有 $H_m = \log n$ 。

2.2.3 均衡度和集中度

信息熵的一个应用性的困难在于,如果根据实有职能数计算城市用地结构的信息熵,其数值往往缺乏可比性,原因在于信息熵公式对城市土地职能数 n 的反映不够明朗。因此,有必要引入均衡度 J 的概念。

基于信息熵公式,城市土地利用构成的均衡度为:

$$J = H/H_m = - \sum_{i=1}^n P_i \log P_i / \log n \quad (4)$$

式中: J 为均衡度,为实际熵值与最大熵值之比。相应地集中度公式为:

$$I = 1 - J \quad (5)$$

式中: I 为集中度。

由于 $H \leq H_m$, 易知 $0 \leq J \leq 1, 0 \leq I \leq 1$ 。

J 表示城市土地利用的均衡程度, I 值的意义正好相反^[8,9]。

3 产业用地结构变化分析

3.1 产业用地数量变化

通过 1996—2008 年天津市产业用地数量变化分析可知,变化较明显的为:第一产业用地中耕地面积减少 445.19 km²、其他农用地面积增加 81.67

km²;第二产业用地的工业用地面积增加 60.14 km²、独立工矿用地增加 459.74 km²;第三产业用地中商业服务业用地增加 48.75 km²、交通运输用地增加 97.36 km²;后备产业用地的未利用地面积减少 307.85 km²(图 2)。分析结果反映出,耕地和未利用地面积减少最多,其他农用地、独立工矿用地、工业用地、商业服务业用地、交通运输用地有较明显增长。产生这种变化的主要原因是农业结构调整,以及二、三产业用地面积的增加主要以占用耕地和开发未利用地为主。

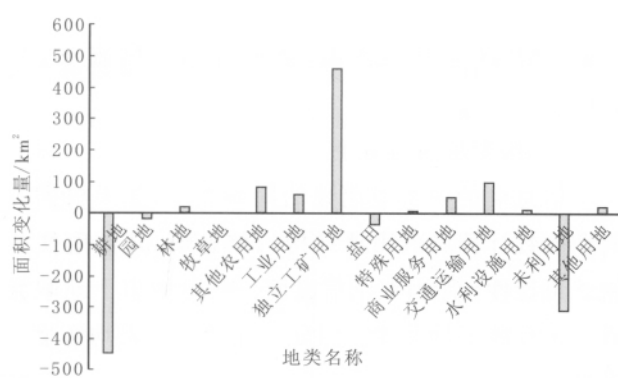


图 2 天津市产业用地结构数量变化

3.2 产业用地结构信息熵变化

随着经济和产业结构的发展变化,第二、三产业在国民经济中的地位越来越重要,产业的快速发展要求土地利用变化与之协调发展,但由于现有土地利用分类体系的局限性,使得土地利用科学研究及其应用管理实践在一定程度上受到影响^[7]。

信息熵可以反映一定区域各类土地利用的动态演变规律及其转换程度,对其研究可为城市土地利用结构的优化和城市规划进行指导^[10]。现将土地利用结构分类进行转换,计算天津市 1996—2008 年产业用地结构的信息熵、均衡度和集中度数值,根据计算结果研究产业用地结构变化。

表 1 显示,天津市产业用地结构信息熵和均衡度总体为上升趋势,但集中度下降。这说明随着经济的快速发展,产业用地系统有序度降低,均衡度提高,产业用地职能类增多,各职能类相差面积小。

表 1 天津市产业用地结构信息熵、均衡度和集中度

年份	信息熵	均衡度	集中度
1996	1.887 8	0.715 4	0.284 7
1997	1.889 4	0.715 9	0.284 1
1998	1.891 2	0.716 6	0.283 4
1999	1.891 0	0.716 5	0.283 5
2000	1.893 2	0.717 4	0.282 6
2001	1.896 3	0.718 5	0.281 5
2002	1.910 1	0.723 8	0.276 2
2003	1.916 5	0.726 2	0.273 8
2004	1.945 6	0.737 2	0.262 8
2005	1.945 7	0.737 3	0.262 7
2006	1.947 2	0.737 8	0.262 2
2007	1.952 7	0.739 9	0.260 1
2008	1.959 7	0.742 6	0.257 4

综合分析天津市产业用地结构信息熵值变化图(图 3)与三次产业生产总值变化图(图 4)可以看出,1996—2008 年天津市产业用地结构的熵值变化大致分为 3 个阶段,期间产业用地结构信息熵与 GDP 的相关系数为 0.881 7,可见经济发展与用地结构变化有着密切关系。

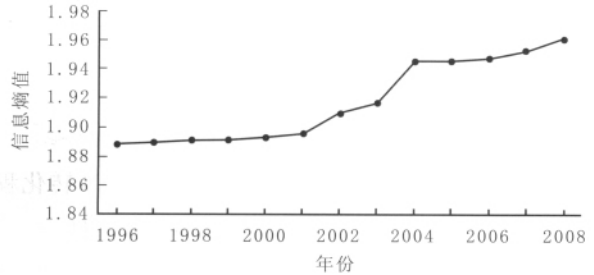


图 3 天津市产业用地结构信息熵值变化

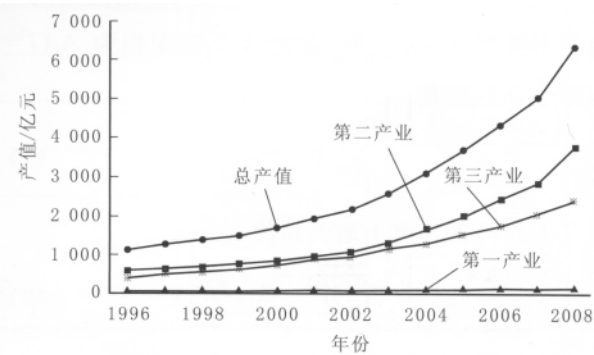


图 4 天津市三次产业生产总值变化

第一阶段为 1996—2001 年,这段时间熵值比较低,主要集中在 1.800 0 到 1.900 0,说明产业用地比较有序,无剧烈变化。而由图 4 可以看出三次产业生产总值的变化也较为平缓。这时期的产业用地主要以第一产业为主,产业用地不均衡是导致信息熵值偏低的主要原因。

第二阶段为 2001—2006 年,这期间信息熵值增加很快,从 1.896 3 增长到 1.947 2。三次产业产值在这期间有明显变化,其中第二产业产值增加速度最快,第三产业产值也有较快增长。说明随着经济的增长天津市产业结构得到调整,土地利用系统中第二、三产业趋于均衡,二、三产业用地比重增加导致系统无序度升高,信息熵值变大。

第三阶段为 2006—2008 年,信息熵值在之前上升的基础上继续升高,但趋势较第二阶段平缓。这期间第二、三产业产值继续快速增长,二、三产业用地面积继续增加,使得信息熵值变大,同时随着产业结构的不断调整,产业用地结构趋于均衡。

3.3 产业用地结构信息熵影响因素

应用相关系数分析天津市 14 种产业用地类型与信息熵的关联程度(表 2),结果表明:第一产业用地中与信息熵值相关度最大的为耕地,相关系数为 0.922 4;第二产业用地中的各类用地与信息熵值的

相关度都比较高,说明第二产业用地变化对天津市产业用地信息熵值影响较大,其中相关度最大的为独立工矿用地,相关系数为 0.969 9;第三产业用地中的各类用地与信息熵值的相关系数均在 0.7 以上,其中特殊用地相关系数为 0.938 3,交通运输用地相关系数为 0.920 0;后备产业用地中与信息熵值相关系数最大的是未利用地,相关系数为 0.984 8。

根据相关分析可知,耕地、独立工矿用地、特殊用地、交通运输用地、未利用地这几个地类与信息熵值相关度很高,所以它们的变化对于信息熵的影响很大。结合产业用地结构数量变化分析的结果可知,1996—2008 年第一产业用地和后备产业用地中的耕地、未利用地减少面积最多,第二、三产业用地中的工业用地、独立工矿用地和交通运输用地分别有较大增加。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^[11]。由于农用地结构调整,经济的发展和城市化的加快,耕地和未利用地流向经济效益高的第二、三产业用地。耕地大量减少和未利用地的开发,第二产业中的工业用地、独立工矿用地以及第三产业中的商业服务业用地、交通运输用地等的增加使得系统变得无序,产业用地结构的转换导致了信息熵的变大。

表 2 天津市产业用地类型与产业用地结构信息熵相关分析

第一产业用地	相关系数	第二产业用地	相关系数	第三产业用地	相关系数	后备产业用地	相关系数
耕地	0.9224	工业用地	0.7652	特殊用地	0.9383	未利用地	0.9848
园地	0.2327	独立工矿用地	0.9699	商业服务业用地	0.7414	其他用地	0.2394
林地	0.8546	盐田	0.9197	交通运输用地	0.9200		
牧草地	0.1824			水利设施用地	0.7624		
其他农用地	0.4929						

4 结论

(1)由产业用地结构数量变化可知,农用地结构调整、城市化的加快使得第一产业用地中的耕地面积减少,后备产业用地中的未利用地开发面积加大,

第二、三产业用地面积增加。

(2)产业用地结构信息熵值在研究期内呈上升趋势、均衡度增加、集中度减小。经济的发展以及产业结构的调整是天津市产业用地结构信息熵值变化的原因。

(3)通过对各类产业用地与信息熵值的相关度分析可知,耕地、独立工矿用地、特殊用地、未利用地对天津市产业用地结构信息熵变化影响很大。耕地和未利用地流向经济效益高的第二、三产业用地,使得系统有序度降低,信息熵值升高。

参考文献:

- [1] 刘康. 土地利用可持续性评价的系统概念模型[J]. 中国土地科学, 2001, 15(6): 19—23.
- [2] 刘彦随. 区域土地利用优化配置[M]. 北京: 学苑出版社, 1999.
- [3] Wiener N. Cybernetics and Society[M]. Boston: Houghton Mifflin Company, 1950.
- [4] 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.
- [5] 黄贤金, 彭补拙, 张建新, 等. 区域产业结构调整与土地可持续利用关系研究[J]. 经济地理, 2002, 22(4): 425—429.
- [6] 张颖. 经济增长中土地利用结构研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2005.
- [7] 刘平辉, 郝晋珉. 土地利用分类系统的新模式——依据土地利用的产业结构而进行划分的探讨[J]. 中国土地科学, 2003, 2(17): 16—26.
- [8] 陈彦光, 刘明华. 城市土地利用结构熵值定律[J]. 人文地理, 2008, 25(6): 48—51.
- [9] 陈彦光, 刘继生. 城市土地利用结构和形态的定量描述: 从信息熵到分数维[J]. 地理研究, 2001, 20(2): 146—152.
- [10] 张培学, 姚慧, 郑新奇. 基于信息熵的济南市城乡用地结构及分布动态研究[J]. 国土资源科技管理, 2006, 23(2): 74—78.
- [11] 谭永忠, 吴次芳. 区域土地利用结构的信息熵分异规律研究[J]. 自然资源学报, 2003, 18(1): 112—117.

Analysis of Structure Change of Industrial Land Use in Tianjin City Based on Information Entropy

LU Yang, QIAN Ming-jie, WANG Xu-long, YUAN Chun, LIU Lei, LI Rong-yin

(School of Land Science and Technology, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: Based on the Land Changing Survey and the Statistical Yearbook of Tianjin from 1996 to 2008, this paper establishes a classification system of industrial land use based on the land use classification system, analyses the change of industrial land-use quantity in Tianjin City as well as the change of information entropy with information entropy model, and studies the influence of all types of industrial land use on the information entropy value. The results show that the overall information entropy and the equilibrium degree of the industrial land use structure have been rising while the concentration ratio has been declining. The major factors that make information entropy value rise are the cultivated land which have a higher correlation with information entropy value and the unused land which has been turning to the secondary industry land and tertiary-industry land with better economic benefit.

Key words: information entropy; industrial land; land use structure; Tianjin City