

# 长春市百年城市土地利用空间结构演变的信息熵与分形机制研究<sup>\*</sup>

匡文慧<sup>1,2†</sup> 张树文<sup>1</sup>

(1 中国科学院东北地理与农业生态研究所, 长春 130012; 2 中国科学院研究生院, 北京 100049)

(2006 年 4 月 13 日收稿; 2006 年 6 月 8 日收修稿)

Kuang WH, Zhang SW. Analyzing the information entropy and fractal dimension of urban land use spatial evolving process from 1900 to 2004 in Changchun City. *Journal of the Graduate School of the Chinese Academy of Sciences*, 2007, 24(1): 73 ~ 80

**摘 要** 在 RS 与 GIS 的支持下, 综合集成 SPOT5、大比例尺地形图及城市规划图等空间数据对长春市 1900 年、1930 年、1954 年、1976 年、1990 年及 2004 年城市用地进行分类, 引入信息熵、分形指数及空间插值模型研究长春市百年城市土地利用空间结构演变过程中的信息熵与分形特征, 进一步研究其演变过程的作用机制. 研究结果表明: 长春市百年城市土地利用结构的信息熵逐渐升高(除 1990 年), 各类城市用地复杂程度逐渐提高, 向着均衡化的方向发展; 城市土地利用信息熵空间变异函数符合指数模型, 块金方差(Nugget)与基台值(Sill)的比例有逐渐增加的趋势, 表明信息熵空间自相关减弱, 城市土地利用均质性空间差异变大; 长春市百年城市土地利用分形特征表明商业用地在城市中心集聚, 而工业用地向城市边缘分散, 1954 年后城市土地利用表现出很强的分形性, 表明城市发展过程的自组织特征; 社会制度、城市交通、城市地价及城市规划是影响城市土地利用演变过程中信息熵与分形变化的主要作用机制.

**关键词** 城市土地, 信息熵, 分形, 长春市, 100 年

**中图分类号** F293.2

## 1 引言

全球城市化正在加速, 城市化引起土地利用/覆盖变化, 从而导致社会、经济与环境的进一步变化, 进而对区域生态环境以及累积的方式影响全球环境变化. 规划界及研究者们高度重视城市变化引起的土地覆盖变化<sup>[1~8]</sup>. 城市土地利用空间结构的不同配置方式对全球环境变化的影响是巨大的, 其中包括城市布局不够紧凑对基础设施的需求增加, 交通格局对能源的需求增长以及城市无序扩张对全球食物安全的影响<sup>[9]</sup>. 通过对城市形态及各要素的结构变化进行分析, 可以更深入地了解城市土地利用在平面上、立体上和结构上的空间表征, 揭示城市土地利用变化的基本规律, 为土地资源的合理配置和有效利用及城市规划提供参考依据. 但以往的研究多注重土地利用的数量和质量的变化, 对城市土地利用形态变化的研究较少, 方法也不甚完备, 同时研究时段较短, 无法客观反映城市从形成到稳定发展的周期性变动过程及城市土地利用演变的复杂性特征<sup>[10]</sup>. 本研究基于 GIS 空间分析功能从百年时间尺度上分析不同社会背景下城市土地利用空间演变的信息熵与分形特征, 为新一轮长春市城市总体规划的具体

<sup>\*</sup> 中国科学院知识创新工程重要方向项目(KZCX2-SW-320-1)资助

<sup>†</sup>E-mail: kuangwh1978@sina.com

实施与城市可持续发展提供科学的空间决策与依据.

## 2 研究区概况

长春市是全国重要的汽车工业、农产品加工业基地和科教文贸城市. 1901 年俄国人建成了长春市的第一座火车站——宽城子火车站, 长春市成为俄帝国向东北扩张与掠夺农副产品的重要军事、经济和交通中心, 标志着长春市大规模城市建设的开始. 1911 ~ 1931 年由于中东、吉长铁路通车后, 随帝国主义经济势力的侵入, 进出口贸易急剧增加, 同时买办性质的商业和工业兴起, 促进了商埠地建设, 将原来几个分散的居住区连接起来, 形成一个占地  $21\text{km}^2$ 、15 万人口的小城镇. 1948 年长春市解放后城市建设不断恢复, 成为中国重要的工业生产基地. 2004 年经国务院批准后的《长春市城市总体规划(2004 ~ 2020)》确定城市发展以“多组团式”布局为主, 由已建成区为主的中心团和规划建设的外围组团(兴隆团、富锋团、净月团)组成.

## 3 研究方法

### 3.1 空间信息源与数据处理

本研究主要信息源包括 SPOT5, 大比例尺地形图, 城市现状图, 城市规划图, 历史地图及其他空间数据. 遥感影像包括 2003 年 9 月 2 日 SPOT5 影像(全色波段与彩色波段合成分辨率  $2.5\text{m}$ ). 地形图包括 1976 年和 1990 年 1:1 万地形图, 1954 年和 1976 年 1:10 万地形图, 部分市区 1:500 地形图(共 33 幅), 部分郊区 1:1000 地形图(共 11 幅). 规划图包括 1930 年新京(现长春市)规划图; 1982 年 6 月长春市总体规划图(1:3.5 万), 城市总体规划图(1996 ~ 2020 年). 历史地图包括 1932 年新京功能分区图, 1932 年新京现状图, 1898 年旧城区轮廓图. 现状图包括 1948 年市中心大比例尺现状图, 1971 年 10 月 1 日长春市平面图(1:3 万), 1982 年 6 月长春市城市土地利用现状图(1:3.5 万).

在 GIS 的支持下建立 1:1 万方里控制网, 对 1990 年与 1976 年 1:1 万地形图进行纠正, 利用 MGE 软件将其他图件与地形图配准. 其中 SPOT5 影像进行全色波段与彩色波段真彩色合成.

### 3.2 长春市百年城市土地利用分类

本研究中的城市土地指已按城市建设规划完成的非农业生产建设用地, 包括市区建筑物集中连片的部分以及近郊内与城市有着密切联系的其他城市建设用地. 城市土地利用空间信息分 9 类, 主要包括: 商业用地、工业用地(包括仓储用地)、居住用地、公共建筑用地、公共设施用地、道路用地、公共绿地、水域以及其他用地(主要指城市空地). 在不同时期城市边界信息的控制下, 基于“面向对象分割的时空复合模型”提取方法重建长春市 1900 年、1930 年、1954 年、1976 年、1990 年、2004 年共 6 期城市土地利用空间信息并进行分类. 以“街坊”为分割单元, 通过逆序监测每一对象实体的空间行为来推演城市土地利用空间演变过程. 根据城市土地空间位置的固定性(也称不动产)以及极高的用途转换成本两大特点. 因此, 每期空间数据的提取是在前一期空间数据上进行对象的分割, 直到产生最小分割体, 每个最小分割体有 6 个属性字段标识不同时期城市土地利用的类型, 在专家知识的参与下将另一图层作为参考利用“相对位置法”人-机交互提取变化信息, 最后进行一定的空间运算后可以获得 6 期城市土地利用图层. 具体方法是在 ARCVIEW 3.3 的支持下建立 6 期土地利用类型属性字段, 首先根据 SPOT5, 长春市城市全图参考城市规划图(1996 ~ 2020 年)对 2004 年城市用地类型属性字段进行标识. 依次逆序对 1990 年变化图斑进行分割与属性标识, 直至获得 6 期城市土地利用分类信息. 该方法可以对不同分辨率数据源进行尺度统一, 同时可以提高信息分类精度. 通过部分市区 1:500 地形图, 部分郊区 1:1000 地形图及实地采样调查进行精度检验, 2004 年平均分类精度达 92% 以上, 其他时段面积分类精度达 87% 以上.

### 3.3 分析模型

#### 3.3.1 信息熵模型

城市土地利用类型结构的复杂性可以通过 Shannon 的信息熵函数来表示,  $SH = - \sum_{i=1}^k P_i \log P_i$ ,

式中,  $SH$  为城市土地利用类型信息熵;  $P_i$  为城市中各类土地面积占城市用地面积的百分比;  $k$  为城市土地利用类型数量,  $SH$  的高低可以反映城市土地利用的均衡程度, 熵值越高, 表明不同职能的土地利用类型越多, 各职能类型的面积相差越小, 土地分布越均衡. 当城市各用地类型的面积相等时, 熵值达到最大, 则表明城市土地利用达到了均衡状态<sup>[10]</sup>.

3.3.2 分形模型

分形最早由美国数学家 Benoit B. Mandelbrot 于 1975 年提出<sup>[8,11,12]</sup>, 由 Batty 和 Longley 提出的城市形态的边界维数最初只是用于测算城市的边界, 后来逐渐应用到城市土地利用空间结构的研究中<sup>[13]</sup>. White 和 Engelen 将城市形态的半径维数引入城市土地利用空间结构研究中<sup>[14]</sup>.

具体公式:  $A(r) = \eta r^D$ , 两边取对数:  $\ln(A) = \ln(\eta) + D\ln(r)$ . 式中,  $D$  为半径维数,  $A$  为半径为  $r$  的城市各类用地面积. 半径维数的大小表征了用地类型的向心聚集程度, 用地类型的半径维数越小, 表明该职能土地的向心聚集程度越强, 即越集中在城市的中心; 反之, 该职能土地的空间布局越偏向于城市的外围<sup>[10]</sup>. 某一时段的土地利用半径维数减小, 表明该时期土地利用空间布局更加紧凑, 城市以填充式发展为主; 相反, 城市向蔓延的趋势发展.

3.3.3 信息熵空间变异模型

信息熵能够反映一定区域内土地利用类型分布的多样性与复杂性, 在 GIS 支持下可以计算不同栅格单元内熵值的大小, 通过空间插值的方法可以探索信息熵的空间变异性以及土地利用类型在空间上分布的复杂程度. 半方差函数是描述空间变异结构的一个函数. 假设随机函数均值稳定, 方差存在且有限, 该值仅和间距  $h$  有关, 则半方差函数  $r(h)$  可定义为随机函数增量方差的一半, 即:  $r(h) = \frac{1}{2} \sigma^2 [Z(x+h) - Z(x)]$ .

半变异函数是度量空间依赖性与空间异质性的一个综合性指标, 它具有 3 个重要参数: 块金值 (Nugget)、基台值 (Sill)、变程 (Range). 基台值 ( $C_0 + C$ ) 则表示最大变异程度, 基台值越大表示总的空间差异性程度越高<sup>[15]</sup>; 块金值与基台值之比  $C_0/(C_0 + C)$  则反映了信息熵的空间自相关程度, 值越小表示土地利用类型空间上分布越均一, 空间自相关越强.

4 结果分析

4.1 长春市百年城市土地利用信息熵分析

4.1.1 土地利用结构信息熵的变化分析

通过 1900~2004 年 6 期城市土地利用类型的面积比例计算得出长春市百年城市土地利用信息熵变化过程 (图 1). 长春市 1900 年土地利用信息熵为 0.887, 到 2004 年信息熵上升到 1.755 (1990 年略有下降), 表明长春市 100 年来不同职能的土地利用类型数越来越多, 各职能类型的面积相差越小, 土地类型越来越均衡. 1954 年前城市土地利用类型单一, 土地利用信息熵较低, 这个时期正是城市发展的初期; 由于社会经济的快速发展, 商业、工业用地大面积增加, 居住用地比例不断下降导致城市土地利用信息熵不断增加. 从百年时间尺度来看, 长春市受日俄帝国主义影响下的发展初期土地利用结构不甚合理, 土地利用结构单一, 基础设施也不够完善, 城市功能低下; 经过一定社会主义改造与建设后, 土地利用信息熵出现波动现象, 城市工业、商业、公共绿地等用地类型比例不断上升, 用地类型结构趋于合理化与均衡化.

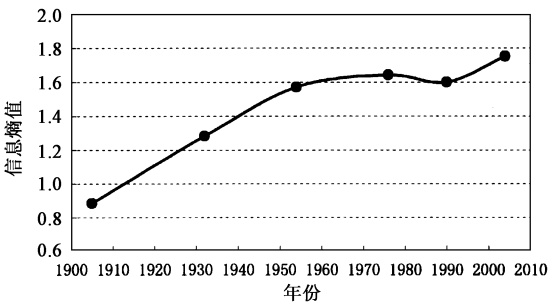


图 1 长春市百年城市土地利用信息熵变化图

4.1.2 长春市百年城市土地利用信息熵的空间变异与演变过程分析

4.1.2.1 长春市百年城市土地利用信息熵的空间变异分析

在 ArcGIS 9.0 的支持下,建立覆盖长春市整个城市范围的边长为 0.25km 的正方形网格,然后计算每个网格内的土地利用信息熵值,代表该网格中心点的信息熵值,对每个网格中心点的信息熵通过地统计分析模块进行空间插值.通过各拟合参数的比较和 Cross-Validation 交叉验证,发现土地利用信息熵的指数插值模型最优.模型公式:  $\gamma(h) = C_0 + C(1 - e^{-\frac{h}{a}})$ .

结合表 1 发现,城市土地利用信息熵存在一定空间自相关性,随着块金方差(Nugget)与基台值(Sill)的比例逐渐增加,城市土地利用空间自相关性减弱,表明城市土地利用均质性空间差异变大,主要由于随城市演变过程中商业用地、公共绿地、公共设施等用地在城市中心集聚,高度混杂,具有较高的信息熵,城市边缘区土地以居住用地或工业用地为主的单一的土地利用类型具有较低的信息熵,城市中心与边缘区土地利用信息熵差异加大.

表 1 长春百年城市土地利用信息熵空间变异参数值

| 年份   | 变程/m   | Partial pill( C ) | Nugget( C <sub>0</sub> ) | C <sub>0</sub> + C | C <sub>0</sub> /( C <sub>0</sub> + C ) |
|------|--------|-------------------|--------------------------|--------------------|--|
| 1900 | 6173.5 | 0.061             | 0.045                    | 0.105              | 0.423                                  |
| 1930 | 2546.3 | 0.057             | 0.048                    | 0.105              | 0.457                                  |
| 1954 | 3486.0 | 0.090             | 0.061                    | 0.151              | 0.405                                  |
| 1976 | 5360.1 | 0.054             | 0.107                    | 0.160              | 0.665                                  |
| 1990 | 6239.4 | 0.056             | 0.105                    | 0.161              | 0.654                                  |
| 2004 | 8531.7 | 0.046             | 0.115                    | 0.161              | 0.715                                  |

4.1.2.2 长春市百年城市土地利用信息熵的空间演变过程分析

由长春市百年城市土地利用信息熵空间演变过程(图 2)可以发现 1930 年前居住为主的单一的土地利用类型逐渐形成城市中心与道路结点缓冲区内土地利用类型复杂,城市边缘地区土地利用单一的空间格局,表现出城市发展过程的自组织特征.根据地理系统的信息熵最大化与效用最大化具有内在的一致性,信息熵最大化与效用最大化过程之间具有对偶转换关系.城市演化在效用最大与信息损失最小的矛盾运动之间追求一种平衡,当这种自组织运动达到临界状态即所谓“混沌边缘”地带的时候,分形结构便“涌现”出来<sup>[16-18]</sup>.长春市百年城市土地利用空间结构的演变经历了从“无序”到“有序”的自组织过程.

4.2 长春市百年城市土地利用空间结构演变的分形特征分析

通过半径维数表征了城市从中心到边缘各类用地的空间分布特征(表 2).研究以城市中心的人民广场为圆心,以 1km 为半径增量计算每一个同心圆内各类用地的面积与圆的半径取对数后进行拟合计算不同时期各类用地的半径维数.1976 ~ 2004 年城市各类用地半径维数拟合程度较高(  $R^2 > 0.90$  ),各类用地具有很强的分形特征(图 3).城市土地利用半径维数商业用地 > 公共设施用地 > 道路用地 > 公共建筑用地 > 绿地 > 居住用地 > 水域 > 工业用地 > 其他用地,表明商业用地向心聚集,工业用地与其他用地(包括城市中空地)分布在城市的边缘地带.城市土地利用在空间结构上形成“商业用地-居住用地-工业用地”的空间分布格局.公共绿地、水域等用地与居住用地交错分布在中间圈层起到良好的生态功能.1900 ~ 1954 年城市发展由于受帝国主义的影响以及社会主义基本改造与建设,城市处于发展初期,各类用地空间配置不够合理,表现出较差的分形特征.1976 年以来,城市用地不断优化,表现出较强的分形特征.但是,2004 年由于城市向多中心无序扩张,各类用地半径维数明显增大,不断向外扩散.在百年时间尺度上,城市演变过程中分形特征更加明显,自组织性不断加强,各类用地空间配置更加合理化,城市用地的稳定性不断加强.

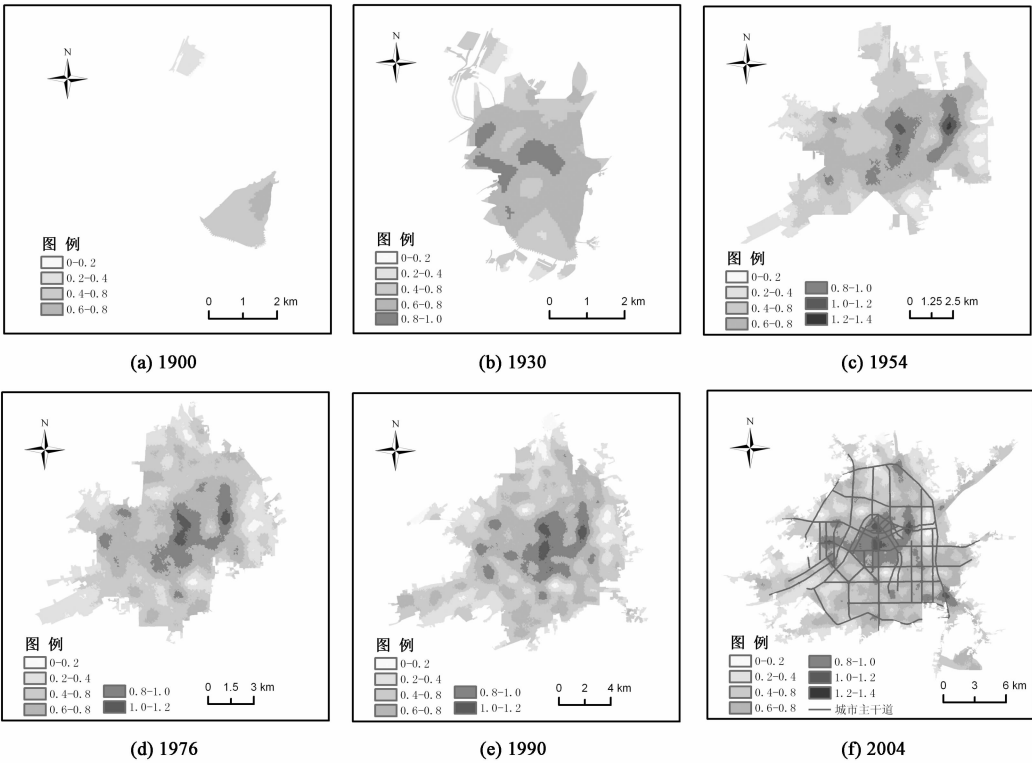


图 2 长春市百年城市土地利用信息熵空间演变过程图

表 2 长春百年城市土地利用半径维数

| 土地类型   | 1900 年 | 1930 年 | 1954 年 | 1976 年 | 1990 年 | 2004 年 |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 商业用地   | 0.66   | 0.20   | 1.11   | 0.95   | 0.95   | 1.00   |
| 工业用地   |        | 3.15   | 1.40   | 3.06   | 3.56   | 3.85   |
| 居住用地   | 0.21   | 1.09   | 0.70   | 1.65   | 1.76   | 1.95   |
| 公共建筑用地 |        | 0.44   | 1.43   | 1.55   | 1.63   | 1.74   |
| 公共设施用地 |        | 0.87   | 0.89   | 0.81   | 1.03   | 1.25   |
| 道路用地   | 0.17   | 1.02   | 0.60   | 1.26   | 1.36   | 1.51   |
| 绿地     |        | 1.61   | 0.46   | 1.52   | 1.68   | 1.93   |
| 水域     |        |        | 2.19   | 2.59   | 2.75   | 2.61   |
| 其他用地   |        | 1.33   | 3.00   | 3.30   | 1.19   | 3.98   |

4.3 长春市百年城市土地利用信息熵与分形作用机制分析

4.3.1 社会制度因素

在半殖民地半封建社会与社会主义社会两大不同的社会制度背景下,城市各类用地结构与城市空间形态有着明显的不同.由城市土地利用演变信息熵可知在半殖民地半封建社会城市用地类型单一,以居住用地为主,公共绿地、基础设施用地较少,城市土地利用结构不够合理.在社会主义改造与建设后形成“商业-居住-工业”圈层的空间分布格局,土地利用逐渐合理化,特别是1990年以来社会经济快速发展,商业、工业、绿地、公共

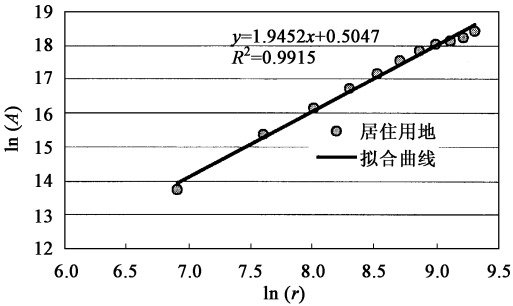


图 3 2004 年居住用地半径维数拟合曲线

设施用地大面积增加,形成内部复杂,外部单一的土地利用格局.社会制度的变革对城市土地利用空间结构演变起着重要的驱动作用,进而成为土地利用信息熵与分形变化的重要的作用因素.

4.3.2 交通影响

将城市主干道与 2004 年城市土地利用信息熵插值图进行空间叠加,发现沿城市主干道以及主干道交汇的结点缓冲区内具有较高的信息熵值.在 ARCGIS 9.0 支持下将距离城市主干道以及人民广场等 10 个主要的道路结点处信息熵距离衰减进行欧几里德函数(Eucdistance)计算,发现信息熵均值随距离主干道距离呈对数函数递减.信息熵均值与距离道路结点距离呈直线下降(图 4).由此说明,城市道路对于城市用地的空间分布格局具有很大的影响,主要是城市道路为城市建设提供便捷的交通与基础设施,特别是道路结点处各类用地竞争配置及受城市规划的控制,公共绿地、商业用地或工业用地以及公共设施用地交错分布,在空间上呈现出较高的信息熵.城市交通的发展与演变通过影响城市土地利用的空间布局,进而影响着土地利用信息熵时空变化.

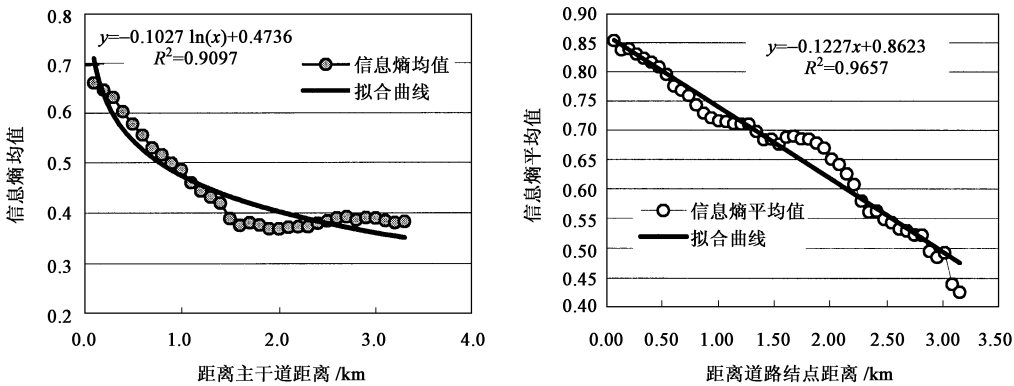


图 4 道路对城市土地利用信息熵的影响曲线

4.3.3 土地等级与地价影响

地价是土地利用空间区位选择的一个重要的影响因素.根据地租地价理论,较高收益的行业将获得更好的区位条件.将土地利用信息熵与土地利用级别叠置分析发现较高的土地级别具有较高的地价,土地利用信息熵相对也较高(图 5).城市地价从中心向外逐渐递减,商业用地随远离城市中心面积比例逐渐递减,而工业用地随远离城市中心面积比例逐渐递增.由土地利用半径维数分形特征可知商业用地不断集中在城市中心,而工业用地不断向城市外围扩散(图 6).因此,土地等级与土地价格是影响城市各类用地空间配置的重要的区位条件.

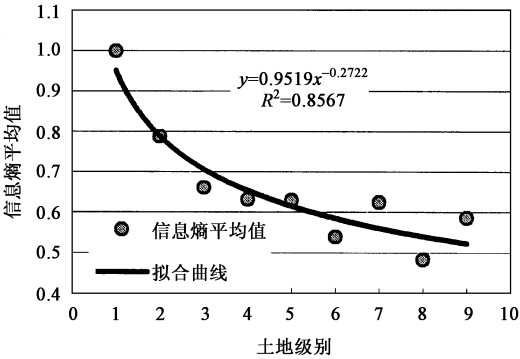


图 5 土地级别与土地利用信息熵的影响关系

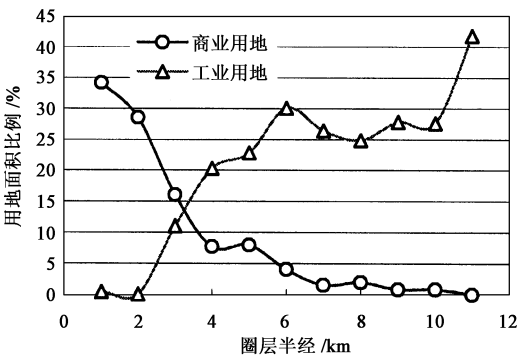


图 6 商业与工业用地的圈层变化曲线

#### 4.3.4 城市规划

长春市 100 年来经过了半殖民地半封建时期的城市规划(1898 ~ 1932 年)、东北沦陷时期的城市规划(1932 ~ 1948 年)与新中国成立后的城市规划(1951 年至今)3 个阶段.半殖民地半封建时期规划主要有沙俄宽城子车站规划,站区面积  $2\text{km}^2$ ,以军事用地为主.东北沦陷时期城市规划面积  $100\text{km}^2$ ,城市道路采取放射状和矩形结合的形式.新中国成立后于 1951 年编制《长春市初步城市轮廓规划》全力支持“一汽”建设.1953 年开始实施《长春市城市总体规划》学习苏联的规划经验,确定城市性质为机械工业生产和科技文化中心城市.1985 年新修编总体规划批准后根据中长铁路、伊通河和主干道分布的实际情况,按照建设多中心集团式的要求,将城区分为 7 个组团,修建大型现代化建筑,分别形成中心,由内向型城市结构改为开放城市结构.2004 年经国务院批准后的《长春市城市总体规划(2004 ~ 2020)》城市形态采用“分散组团式”布局.长春市百年受到不同阶段的城市规划的影响,形成了不同的空间形态与土地利用结构,具有不同的信息熵与分形特征,演变过程中逐渐表现出各职能用地功能增强,分形特征表现良好.

### 5 结论与讨论

(1)长春市百年城市土地利用结构的信息熵逐渐升高(除 1990 年),各类城市用地复杂程度逐渐提高,向着均衡化的方向发展.

(2)长春市百年城市土地利用信息熵空间演变过程表明 1930 年前居住为主的单一的土地利用类型逐渐形成城市中心与道路结点缓冲区内土地利用类型复杂,城市外围地区土地利用单一的空间格局,城市土地利用均质性空间差异变大.

(3)长春市百年城市土地利用分形特征表明商业用地分形指数较小,工业用地分形指数较大并逐渐增大,商业用地在城市中心集聚,而工业用地向城市边缘分散,1954 年后城市土地利用表现出很强的分形性,表明城市发展过程的自组织特征.

(4)社会制度、城市交通、城市地价及城市规划作为城市土地空间结构演变的重要驱动力,是影响信息熵与分形变化的主要作用机制.

(5)信息熵与分形因子是表征城市土地利用空间异质性与各土地利用类型空间配置的两个重要的内在因子.通过长时间序列的信息熵与分形因子的变化分析,能够较好地探索城市各职能土地利用类型空间分异过程以及空间演化规律与特征,可以为城市规划与管理提供准确的空间信息与决策支持.

(6)充分利用 GIS 的强大的空间分析功能,将空间栅格化与空间统计模型结合分析长春市百年城市土地利用空间结构演变过程中的信息熵的空间变异特征,提高土地利用结构空间配置分析的地学可视化能力.

#### 参考文献

- [1] Weber C, Puissant A. Urbanization pressure and modeling of urban growth: example of the Tunis metropolitan area. *Remote sensing of environment*, 2003, 86: 341 ~ 352
- [2] Martin H, Noah CG, Keith CC. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote sensing of environment*, 2003, 86: 286 ~ 302
- [3] Wang YQ, Zhang XS. A dynamic modeling approach to simulating socioeconomic effects on landscape changes. *Ecological modeling*, 2001, 140: 141 ~ 162
- [4] Dale VH, Southworth F, O'Neill RV, et al. Simulating spatial patterns of land use changes in Rondonia, Brazil. *Lectures on Mathematics in the Life Sciences*, 1993: 23, 29 ~ 55
- [5] Loveland TR, Merchant JW, Ohen DO, et al. Development of a land closer characteristics database for the conterminous US. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1991, 57: 1453 ~ 1463
- [6] Romero H, Ihl M, Rivera A, et al. Rapidurban growth, land use changes and air pollution in Santiago, Chili. *Atmospheric Environment*, 1999, 33: 4039 ~ 4047
- [7] Townshend JR, Justice C, Li W, et al. Global land cover classification by remote sensing present capabilities and future possibilities. *Remote*

*Sensing of Environment*, 1991, 35: 243 ~ 355

- [ 8 ] Kuang WH, Zhang SW, Zhang YZ, *et al.* Analysis of urban utilization spatial expansion mechanism in Changchun city since 1900. *Acta geographica sinica*, 2005, 60(5): 841 ~ 850 (in Chinese)  
匡文慧, 张树文, 张养贞, 等. 1900 年以来长春市土地利用空间扩张机理分析. 地理学报, 2005, 60(5): 841 ~ 850
- [ 9 ] Roberto SR, Karen C, David S, *et al.* Urbanization and Global Environment Change (IHDP Report No.15). *International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change*. 2005, 1 ~ 60
- [ 10 ] Zhao J, Xu JH, Mei AX, *et al.* A study on the information entropy and fractal dimension of land use structure and form in Shanghai. *Geographical research*, 2004, 23(2): 137 ~ 146 (in Chinese)  
赵 晶, 徐建华, 梅安新, 等. 上海市土地利用结构和形态演变的信息熵与分维分析. 地理研究, 2004, 23(2): 137 ~ 146
- [ 11 ] Zhao P, Feng XZ. Fractal analysis of urban system spatial characteristics based on remote sensing and GIS-A case study of Shaoxing. *Scientia geographica sinica*, 2003, 23(6): 721 ~ 727 (in Chinese)  
赵 萍, 冯学智. 基于遥感与 GIS 技术的城镇体系空间特征的分形分析——以绍兴市为例. 地理科学, 2003, 23(6): 721 ~ 727
- [ 12 ] Wu B, Ge ZP. Fractal theory and applying in geographical science research. *Geography and territorial research*, 2002, 18(3): 23 ~ 26 (in Chinese)  
吴 兵, 葛昭攀. 分形理论在地理信息科学研究中的应用. 地理学与国土研究, 2002, 18(3): 23 ~ 26
- [ 13 ] Batty M, Longley P. Fractal cities: A geometry of form and function. London: Academic Press, 1994
- [ 14 ] White R, Engelen G. Cellular automata and fractal urban form: a cellular modeling approach to the evolution of urban land use patterns. *Environment and Planning A*, 1993, 25: 1175 ~ 1199
- [ 15 ] Xu JH, Yue WZ, Tan WQ. A statistical study on spatial scaling effects of urban landscape pattern: A case study of the central area of the external circle highway in Shanghai. *Acta geographica sinica*, 2004, 59(6): 1058 ~ 1067 (in Chinese)  
徐建华, 岳文泽, 谈文琦. 城市景观格局尺度效应的空间统计规律——以上海中心城区为例. 地理学报, 2004, 59(6): 1058 ~ 1067
- [ 16 ] Batty M. Less is more, more is different. *Environment and Planning B*, 2000, 27: 167 ~ 168
- [ 17 ] Liu JS, Chen YG. Fractal studies of urban geography in the past and future. *Scientia geographica sinica*, 2000, 20(2): 166 ~ 171 (in Chinese)  
刘继生, 陈彦光. 城市地理分形研究的回顾与前瞻. 地理科学, 2000, 20(2): 166 ~ 171
- [ 18 ] Feng J. Spatial-temporal evolution of urban morphology and land use structure in Hangzhou. *Acta geographica sinica*, 2003, 58(3): 343 ~ 353 (in Chinese)  
冯 健. 杭州城市形态和土地利用结构的时空演化. 地理学报, 2003, 58(3): 343 ~ 353

## Analyzing the information entropy and fractal dimension of urban land use spatial evolving process from 1900 to 2004 in Changchun City

KUANG Wen-Hui<sup>1,2</sup> ZHANG Shu-Wen<sup>1</sup>

(1 The Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, Chinese Academy of Sciences, Changchun 130012, China;

2 Graduate University, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract** The spatial information of urban land use in Changchun city, China, in 1900, 1930, 1954, 1976, 1990 and 2004 is extracted by integrating SPOT5 images, relief maps and urban planning maps and other spatial data based on remote sensing and GIS. The land use information entropy and fractal dimension and mechanism of urban spatial evolving process is analyzed in Changchun city in the 100 years based information entropy, fractal dimension and spatial variation model. The results show that the land use information entropy increased except for 1990 and urban land types diversified and its structure became balanced in Changchun in the 100 years. The Spatial variation function of land use information entropy is accord with exponential model. The ratio of Nugget and Sill increases, meaning that its spatial auto-correlation decreased and the homogeneous character became weakened. Commercial land gathers toward the center of the internal circle. In contrast, industrial land clusters in the urban fringe. The fractal dimension of urban evolving indicates the character of self-organization. Social regime, urban roads, urban land price and urban planning are the important factors to the land use information entropy and fractal dimension of urban spatial evolving process.

**Key words** urban land, information entropy, fractal dimension, Changchun city, 100 years