

1900 年以来长春市土地利用空间扩张机理分析

匡文慧^{1,2}, 张树文¹, 张养贞¹, 盛 艳³

(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 100039;

3. 内蒙古师范大学地理科学学院, 呼和浩特 010022)

摘要: 综合集成 TM、SPOT 遥感影像, 地形图、历史地图及其它空间数据提取长春市 1900 年、1930 年、1954 年、1976 年、1990 年、2004 年共 6 期城市土地利用空间扩张信息。利用空间重心转移模型、分形模型与城市土地—人口异速增长模型分析长春市 100 年来城市土地利用扩张的空间变化特征, 进一步研究其扩张机理。研究结果表明: 长春市 1900 年到 2004 年城市土地面积扩张 56.77 倍, 其中 1990~2004 年扩张速度最快; 1900 年以伊通河左岸的宽城子和现在的南关区北部的内城作为城市的雏形。1900~1930 年日俄为进行资源掠夺修筑铁路并在周围建立商埠用地将宽城子与内城连为一体。1930~1954 年城市主要沿铁路沿线的西南扩张, 1954~1976 年国家以发展重工业为主向南北方向填充, 1976~2004 年城市受高新技术开发、旅游业等的影响主要向东南方向扩张。除 1976~1990 年外城市向外扩张的不规则程度逐渐提高, 稳定性降低。1976~1990 年以边缘区填充为主, 其他时段以边缘区扩张为主。1900~2004 年人口增加 87.57 倍, 人均城市用地面积有逐渐减少的趋势, 城市土地利用面积与人口二次幂拟合曲线优于乘幂拟合曲线, 从百年尺度上历经半殖民地半封建社会与社会主义经济建设两大社会背景的长春城市土地—人口异速增长模型并非规则变化, 说明长春 100 年来城市演变过程中城市建设在历史时期具有不合理的现象。

关键词: 城市土地; 空间扩张; 人口; 100 年; 长春市

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 and 环境的进一步变化^[1]。城市扩张成为影响自然生态系统的一个重要因素^[2]。规划界及研究人员们高度重视城市变化引起的土地覆盖变化^[1, 5-8]。但是, Bounfour 和 Lambin^[1, 4]认为由于我们不能以一种连续的方式长期监测土地利用变化致使我们对于驱动力的理解并控制变化过程受到了限制^[1]。遥感作为分析和模拟城市扩张和土地利用变化的重要数据源为城市制图产生重要的价值^[2]。基于“3S”技术集成遥感影像、地形图及历史图件等多源空间数据重建城市空间变化过程, 恰好可以解决不能长期监测城市土地利用的难题。长春城市的发展是近一百年来事情, 先后经历了帝国主义侵略与资源的掠夺式开发和新中国社会经济迅速发展两大不同社会背景下的城市化过程, 其空间扩张与人口增长过程有着很大的特殊性。本研究中的城市土地面积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它城市建设用地。

收稿日期: 2005-03-22; 修订日期: 2005-07-06

基金项目: 中国科学院知识创新工程重要方向项目 (KZCX2-SW-320-1) [Foundation: Knowledge Innovation Project of CAS, No.KZCX2-SW-320-1]

作者简介: 匡文慧 (1978-), 男, 汉族, 内蒙古人, 博士研究生, 研究方向为 GIS 与城市土地利用。

E-mail: kuangwh1978@sina.com

本文基于东北 100 年 LUCC 数字重建技术方法体系,融合 SPOT5 影像、TM 影像、地形图、历史地图等多源空间数据重建长春市过去 100 年来城市扩张范围,并进一步进行城市土地利用分类,在振兴东北老工业基地特殊时期研究长春 100 年来城市土地利用空间扩张机理,为深入研究老工业基地资源型城市转型与城市可持续发展提供基础空间信息。本研究不仅解决了多源数据融合与集成下的系列高空间分辨率城市土地利用信息提取方法与技术,而且从百年尺度上为分析城市土地利用空间扩张机理提供实证研究。

2 研究区概况与城市空间信息获取

2.1 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。长春市城市规划面积 391.1 km²,城市形态采用“分散组团式”布局,由以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。城市结构以“多中心分区式”结构为主。在 1800 年由于汉族农民垦荒导致人口集聚在长春堡(今新立城)设立长春厅。由于地势低洼,交通不便,于 1825 年清政府决定将长春厅北移至宽城子,主要职能是农业的集散中心;1901 年俄国人建成了长春的第一座火车站—宽城子火车站,长春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 km²、15 万人口的小城镇。1931~1945 年,“九一八”事变后,长春成为伪满洲国的国都,改名为新京市,作为统治东北人民的政治、经济和军事中心。1932 年日本关东军主持《大新京都市计划》,开始大规模城市建设。1948 年长春解放后城市职能开始从消费型城市转向生产型城市;从封闭型城市转向开放型城市;从近代中心城市转向现代国际化特大城市。

2.2 长春城市土地利用空间信息重建

本研究主要信息源包括 2003 年 9 月 2 日 SPOT5 影像(全色波段与彩色波段合成分辨率 5 m),2004 年、1986 年和 1996 年 TM 影像(分辨率 30 m),1:1 万地形图,1954 年和 1976 年 1:10 万地形图,1930 年新京(现长春市)规划图,1930 年新京功能分区图,1930 年新京现状图,1898 年旧城区轮廓图,2004 年长春市城市全图及城市总体规划图(1996~2020 年)。

长春城市 100 年来空间信息重建方法是在 GIS 的支持下建立 1:1 万方里控制网,对 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 SPOT 全色波段与彩色波段进行真彩色合成, TM 影像假彩色合成后进行增强处理。在 ARCVIEW3.3 的支持下交互提取城市边界,并查阅历史资料进行验证。将提取的 1900 年、1930 年、1954 年、1976 年、1990 年、2004 年 6 期城市边缘空间数据应用 ARCGIS 9.0 进行制图与空间分析(图 1)。

3 空间分析模型

3.1 空间重心转移模型

空间重心是描述地理对象空间分布的一个重要指标,常用于城市演变、土地利用类型变化研究。张树清在矢量景观理论^[9]中对于单个地理对象的空间重心给出了理论定义和公式推导。

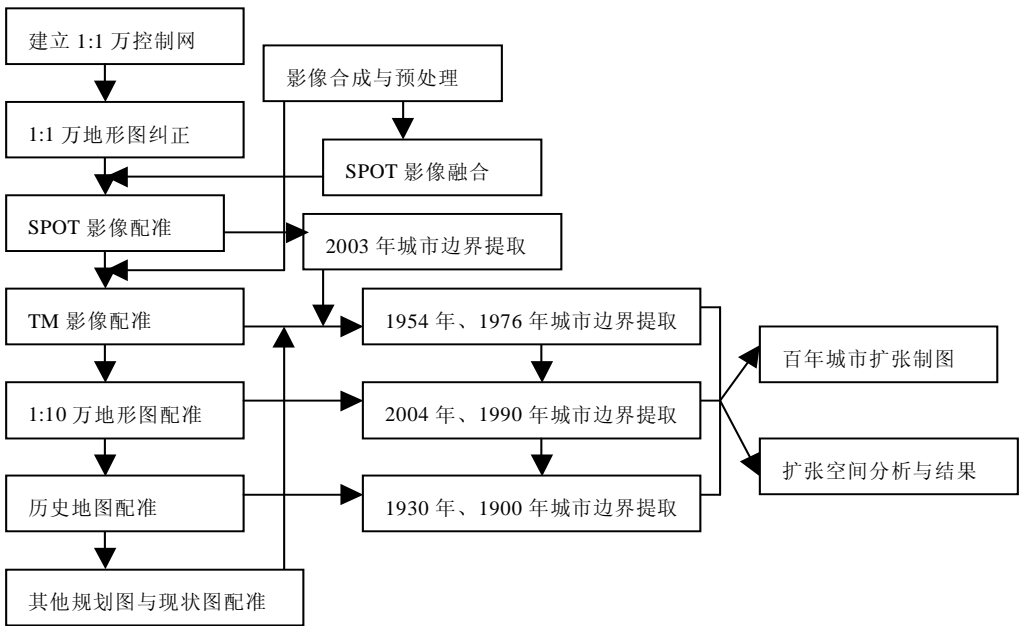


图 1 1900-2004 年长春市扩张空间信息获取流程图

Fig. 1 The flow chart of Changchun urban expansion spatial information collection from 1900 to 2004

$$Q_x = -\frac{1}{6} \sum_{i=0}^n (x_{i+1} - x_i)(y_i^2 + y_i y_{i+1} + y_{i+1}^2)$$

$$Q_y = -\frac{1}{6} \sum_{i=0}^n (y_{i+1} - y_i)(x_i^2 + x_i x_{i+1} + x_{i+1}^2) \tag{1}$$

为进一步分析城市土地利用空间结构演变过程重心的转移距离与方向性，本研究对如下两个变量进行定义。

空间重心转移距离 (OD) $D_{t+1} = \sqrt{(\overline{x_{t+1}} - \overline{x_t})^2 + (\overline{y_{t+1}} - \overline{y_t})^2}$

空间重心转移角度 (OO) 当 $\overline{x_{t+1}} - \overline{x_t} \geq 0$ $\beta_{t+1} = \arctan\left(\frac{\overline{y_{t+1}} - \overline{y_t}}{\overline{x_{t+1}} - \overline{x_t}}\right)$

当 $\overline{x_{t+1}} - \overline{x_t} < 0$ $\beta_{t+1} = \pi - \arctan\left(\frac{\overline{y_{t+1}} - \overline{y_t}}{\overline{x_{t+1}} - \overline{x_t}}\right) \tag{2}$

式(1)、(2)中: A 为地理单元的面积, Q_x 表示 x 轴的积分, Q_y 表示 y 轴的积分, $y_{i+1} - y_i$ 表示 y 轴上相邻两点的差值, $x_{i+1} - x_i$ 表示 x 轴上相邻两点的差值, \overline{x} 表示某一时期地理单元的重心横坐标, \overline{y} 表示某一时期地理单元的重心纵坐标, D_{t+1} 表示从 t 到 $t + 1$ 时期地理单元空间重心转移距离 (OD), β_{t+1} 表示从 t 到 $t + 1$ 时期地理单元空间重心转移方向与正东方向夹角 (OO)。

3.2 分形特征模型

分形是美国数学家 Benoit B. Mandelbrot 于 1975 年提出的概念, 在解释自然界中那

些不规则、不稳定和具有高度复杂结构的现象方面,可以收到显著的效果^[9,10]。国外的城市分形研究主要以城市个体为对象,研究城市的边界形态、结构、生长、交通和演化机制等问题^[9,11-16]。国内的研究主要包括城市结构分形研究^[9,17]、城市土地利用分形研究^[9,18]等。研究表明,分形模型适合于城市空间形态与空间过程研究,有助于寻找适合多准则优化空间结构,弥补传统城市模型的不足。城市形态的变化,是城市发展过程中空间布局 and 结构变化的综合反映。从城市空间形态的变化可以分析城市的生长过程,揭示其演化的规律。通过空间的分形维数来分析城市边界形态动态变化,它是一个面积与周长的关系^[21],定义如下:

$$P = K(A^{D/2}) \quad (3)$$

对于单个正方形来说 $K = 4$, 则: $P = 4(A^{D/2})$

每一时期城市面积 - 周长分形定义具体公式如下: $\lg A(t) = \frac{2}{D} \lg P(t) + C$

式中: $A(t)$ 代表 t 时期城市面积, $P(t)$ 为 t 时期城市边缘周长, C 为截距, D 为分形维数。 D 值在 1-2 之间, D 值越大表示图形形状越复杂。当 $D < 1.5$ 时,说明图形趋向于简单;当 $D = 1.5$ 时,表示图形处于布朗随机运动状态,越接近该值,稳定性越差;当 $D > 1.5$ 时,则图形更为复杂。因此,在假定城市面积随时间不断增加的前提下,如果城市形态不规则的程度值增加,则说明在这一时期城市地域以外扩展为主;如果城市形态的不规则程度值下降,则说明城市地域面积的增加是以建成区边缘间的填充为主^[21]。

4 100 年来长春市土地利用空间扩张分析

4.1 城市土地利用扩张过程分析

1900 年长春城市土地面积 5.05 km², 2004 年城市土地面积是 1900 年的 57.77 倍。100 年来长春城市土地面积 1990~2004 年扩张最快,以每年 7.89 km² 的速率扩张,其次是 1930~1954 年以每年 3.60 km² 的速率扩张,再次是 1976~1990 年和 1954~1976 年分别以每年 2.27、2.09 km² 的速率扩张,扩张速率最慢的时段是 1900~1930 年以每年 0.41 km² 的速率扩张(图 2, 图 3)。结合图 2 可以发现,在 1990~2004 年这段时间经济加速发展,特别是 2000 年后振兴东北老工业基地带动下的工业发展与固定资产投入的增加促进城市化进程,同时交通道路等基础设施的修建逐渐将周边的一些地区郊区城市化,加速了城市的扩张速度。1930~1954 年主要是 1948 年前日本帝国主义实施“第一、二期城市建设计划”,以消费城市为主的商业和建筑材料工业大规模发展,铁路建设加强了对东北资源

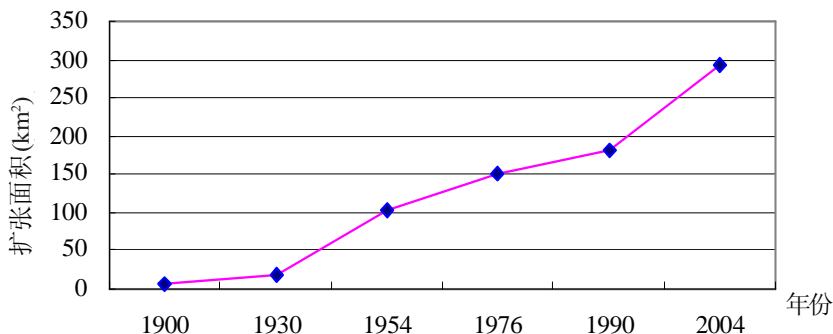


图 2 1900-2004 年长春市扩张过程面积变化趋势

Fig. 2 The trend of Changchun urban expanded area change from 1900 to 2004

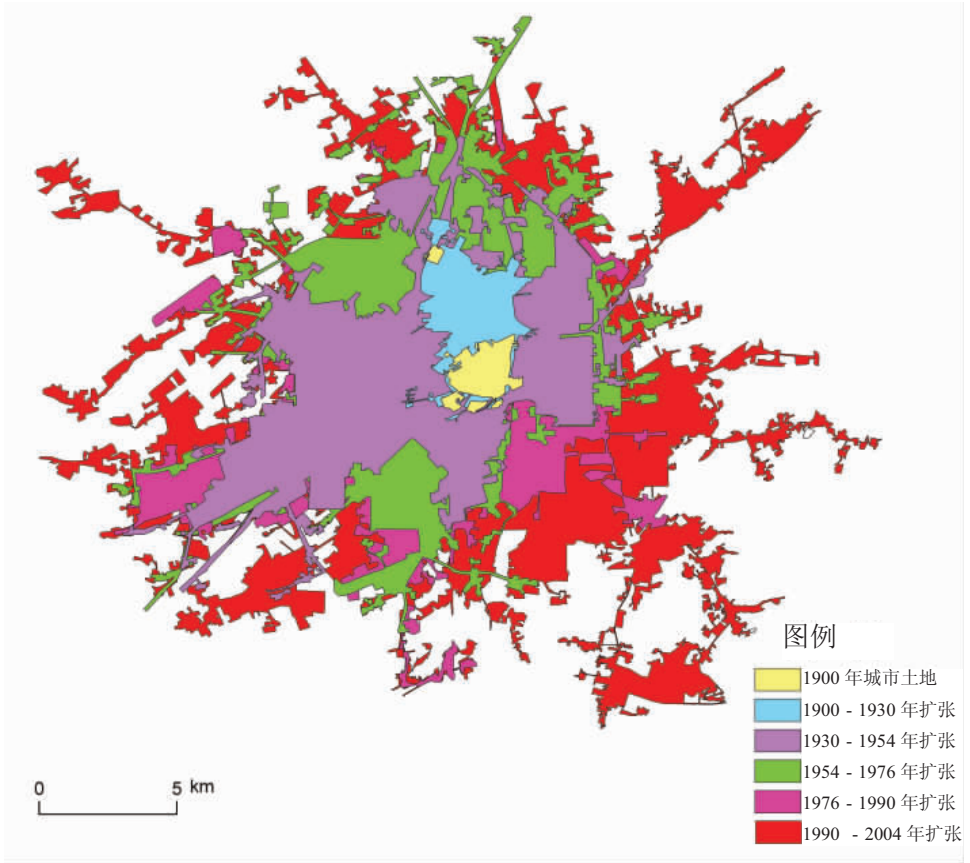


图 3 1900~2004 年长春市扩张过程

Fig. 3 The process of Changchun urban expansion from 1900 to 2004

掠夺与开发，促进了铁路沿线城市土地利用的扩张。1954~1990 年解放后对工商业恢复与改造。长春由消费城市变为生产性城市，城市以重工业为主，对城市进行扩建，加强旧城区的改造。1900~1930 年由于当时的城市化水平较低，主要以商埠地、满铁附属地、城内和宽城子 4 个区为主的城市建设导致城市扩张速度最慢。

4.2 城市空间重心转移分析

从图 3、图 4 看出，1900 年以伊通河左岸的宽城子和现在的南关区北部的内城作为城市的雏形。1900~1930 年日俄为进行资源掠夺修筑铁路并在周围建立商埠用地将宽城子与内城连为一体，空间重心向西北方向移动 1727.23 m，与正东方向夹角为 100.81° 。1930~1954 年城市主要向现在的朝阳区和绿园区的铁路沿线的西南方向扩展，空间重心移动 2654.72 m，与正东方向夹角为 229.61° 。1954~1976 年国家以重工业的发展为主向南北方向填充，空间重心向东北方向移动 857.23 m，与正东方向夹角为 60.42° 。

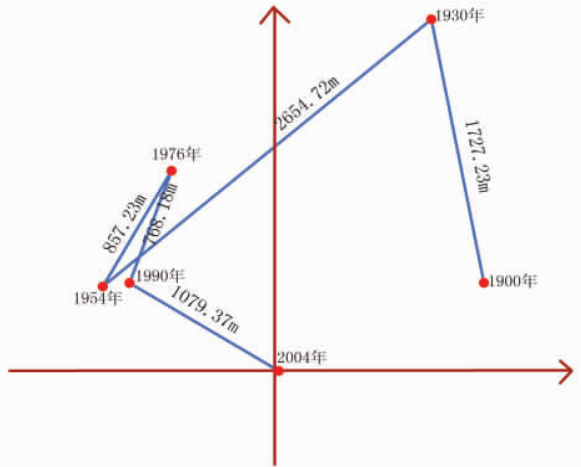


图 4 1900~2004 年长春市重心转移方向与距离
 Fig. 4 The direction and distance of gravity transfer of Changchun urban center from 1900 to 2004

表 1 1900–2004 年长春市重心转移方向与距离

Tab. 1 The direction and distance of gravity transfer of Changchun urban center from 1900 to 2004

时段	1900-1930 年	1930-1954 年	1954-1976 年	1976-1990 年	1990-2004 年
重心移动距离(OD) (m)	1727.23	2654.72	857.23	768.18	1079.37
与正东方向夹角(OO)(°)	100.81	229.61	60.42	70.33	148.36
扩张方向	WN	WS	EN	WS	ES

表 2 1900–2004 年城市边缘面积—周长之间的分形关系

Tab. 2 The fractal relation of urban edge's area – perimeter from 1900 to 2004

年份	1900 年	1930 年	1954 年	1976 年	1990 年	2004 年
A (m ²)	5052941.52	17356411.60	103735588.12	149687701.45	181440584.00	291927808.97
P (m)	26953.29	58645.99	240473.62	355839.35	391440.37	779974.84
LgA (t)	6.70	7.24	8.02	8.18	8.26	8.47
LgP (t)	3.83	4.17	4.78	4.95	4.99	5.29
形状指数 (D)	1.142	1.151	1.192	1.211	1.209	1.250

1976~1990 年城市主要进行东南的长春经济技术开发区开发和西南的高新汽车产业园建设,空间重心向西南移动 768.18 m,与正东方向夹角为 70.33°。1990~2004 年对西南的高新技术产业园区、东南的净月潭旅游开发区、东部与东北的长春经济技术开发区建设,同时交通道路等基础设施的修建逐渐将周边的一些地区郊区城市化,加速了城市的扩张,城市重心向东南方向移动 1079.37 m,与正东方向夹角为 148.36°。

4.3 城市扩张分形特征分析

根据分形模型计算 6 个时期城市面积和周长的自然对数,发现 $\lg A(t)$ 与 $\lg P(t)$ 呈现很强的相关性,相关系数为 0.9883,且一元线性回归方程是 $y = 1.2301x + 2.0683$,通过显著性检验表明了所建立的面积与周长的线性回归是高度显著,这说明长春城市扩张过程中其空间形态具有很强的分形特征。通过不同时期的城市扩张分形指数计算得知,除 1976~1990 年外,其他时段分形指数逐渐增大,表明城市向外扩张的不规则程度更高,稳定性更低,随意性更大。在 1990 年城市分形指数减小是由于 1990 年城市发展以填充为主,其他时段以扩张为主。城市工业和科学技术的高速发展及城市生态环境容量的限制,中心城市逐步由中心向相对分散的郊区发展,在高度发达的城市交通的牵引作用下城市边界不规则程度增加,城市形状越来越复杂,导致城市的分形指数呈增加的趋势(图 5,图 6)。

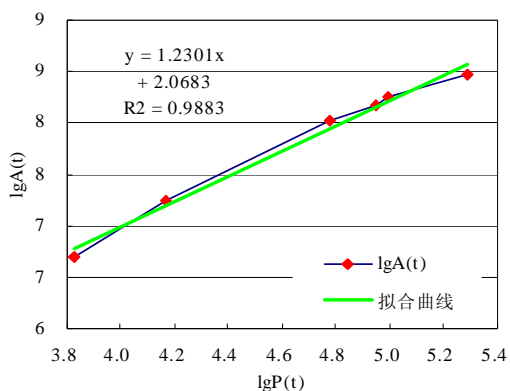
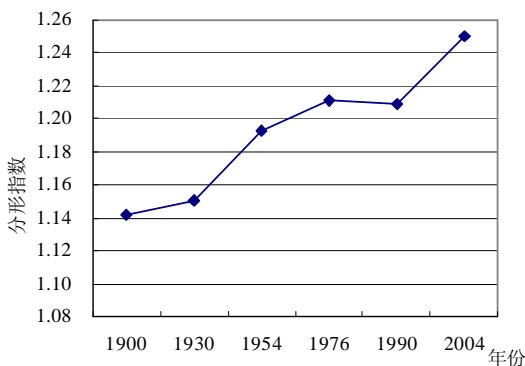
图 5 $\lg A(t)$ 与 $\lg P(t)$ 的关系Fig. 5 The relation of $\lg A(t)$ and $\lg P(t)$ 

图 6 1900~2004 年分形指数的变化过程

Fig. 6 The change of fractal index from 1900 to 2004

5 100 年来城市土地利用空间扩张机理分析

5.1 长春 100 年来人口变化分析

通过长春市 100 年来城市非农业人口统计发现, 从 1900 年的 3.5 万发展到 2004 年的 310 万人, 人口增加了 87.57 倍。长春市人口的增加 1948 年以前主要是由于山东等地的移民, 日本人进入东北进行侵略以及周边地区的农村人口的集聚。国家人口快速的增长、国家社会主义经济建设导致的农村人口大规模流入城市、郊区城市化所致农业人口非农化是 1948 年后人口增长的主要原因。通过 100 年的人口曲线拟合发现, 长春市人口呈现乘幂曲线, 拟合方程为 $y = 1E - 271x^{82.823}$, 复相关系数为 0.9768(图 7)。

5.2 城市人均土地利用面积变化分析

在 1900 年人均城市面积是 144.37 m^2 , 到 1930 年由于日俄的入侵及商埠业的发展, 人均用地面积减少, 由于 1948 年国民党养兵杀民, 城市人口急剧减少, 人均用地面积呈现上升趋势, 1948 年后我国大搞社会经济建设特别是改革开放以后, 工商业不断发展, 城市化水平不断提高, 城市人口迅速增加导致人均城市土地利用面积逐渐减少。到 2004 年城市人均用地面积达到 94.17 m^2 (图 8)。因而, 城市土地供需矛盾日益剧烈, 对城市进行合理规划及加强城市土地利用的控制与管理非常必要。

5.3 城市土地—人口异速增长分析

通过 100 年来的城市土地—人口曲线拟合发现, 长春城市土地—人口二项式拟合最优, 拟合方程为 $y = -2E-05x^2 + 142.79x + 2E+06$, 复相关系数为 0.9927。Naroll R.S. 与 Bertalanfy L.Von (1956)^[22] 将生物学规律引入城市土地—人口关系研究中, 根据城市系统动力方程推导了城市土地—人口呈现异速增长模型。Stewart, Lee. Y (1989)^[23], 陈彦光 (1999)^[24, 25], 周一星 (1995) 等进一步对该模型进行验证。长春城市土地—人口乘幂拟合方程为 $y = 273.48x^{0.959}$, 复相关系数为 0.9917(图 9)。结合图 9 发现, 城市异速生长关系紊乱, 1930 年、1954 年、1976 年、2004 年城市土地—人口异速增长的数据点规则性较差, 说明过去 100 年来城市建设与规划有不合理现象^[25]。从历史的角度考虑, 长春 1900 年受俄帝国的侵略, 1930 年日本帝国主义侵略, 日军大规模侵入 (1944 年日军占 1/4) 与资源的掠夺式开发导致城市畸形发展。特别是 1948 年国民党养兵杀民, 城市人口急剧下降到 17.7 万人, 但是城市用地面积不变的情况下, 城市土地利用极率低, 甚至出现了“空城”的现象, 解放后城市建设与发展逐渐步入正规, 城市规划受到重视, 城市土地—人口发展更为合理化。从百年尺度上历经半殖民地半封建社会与社会主义经济建设两大

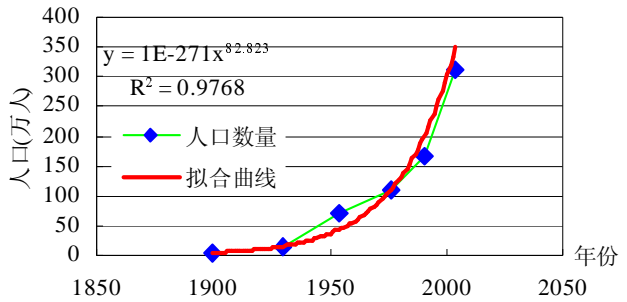


图 7 1900-2004 年长春市人口变化趋势

Fig. 7 The trend of urban population change from 1900 to 2004

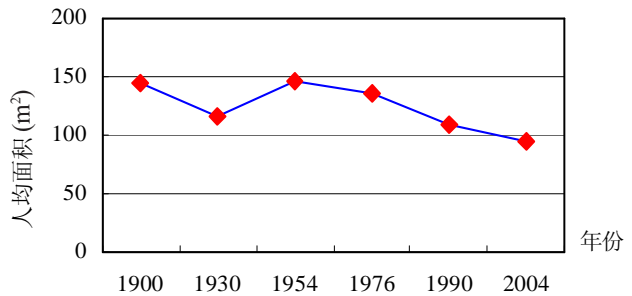


图 8 1900-2004 年长春人均城市用地面积变化趋势

Fig. 8 The change of urban area per capita from 1900 to 2004

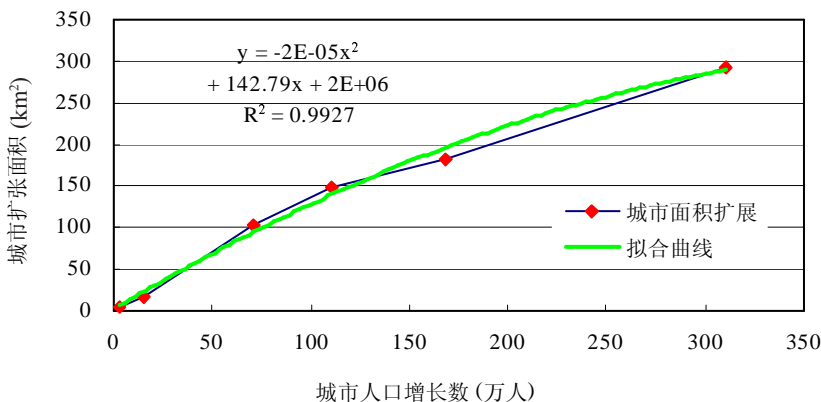


图9 1900~2004年长春市土地—人口增长趋势

Fig. 9 The trend of Changchun urban land-population increase from 1900 to 2004

社会背景的长春城市土地—人口异速增长模型并非规则变化,说明长春100年来城市演变过程中城市建设在历史时期具有不合理的现象。

5.4 人口驱动下的城市土地利用扩张原因分析

自1900年以来,长春城市人口逐年增加,城市土地利用不断扩张。解放前日俄的入侵引发的铁路等交通业与商埠业的发展带动人口的增加导致城市土地利用的扩张;解放后重工业发展与光电等高技术的发展带动工业与高技术人口的发展导致城市进一步扩张。近年来经济的快速发展导致大量流动人口的增加,同时人民生活水平不断的提高对住房质量提出了更高的要求加速了房地产开发的进程,使城市用地面积不断扩张^[20]。

6 结论与展望

(1) 在GIS的支持下集成TM、SPOT遥感数据,地形图、历史地图等空间数据重建长春100年来城市土地利用变化过程,提取城市扩张的边界信息。1900年长春城市土地面积5.05 km²,2004年城市土地面积是1900年的57.77倍。

(2) 长春100年来城市空间扩张过程表现为:1990~2004年受振兴东北老工业基地等的影响扩张速度最快,其次是1930~1954年由于日本帝国主义实施“第一、二期城市建设计划”,铁路建设加强了对东北资源掠夺与开发,促进了铁路沿线的城市土地利用的扩张。1954~1990年解放后对工商业恢复与改造长春由消费城市变为生产性城市,城市以重工业为主,对城市进行扩建。1900~1930年由于当时的城市化水平较低,主要以商埠地、满铁附属地、城内和宽城子四个区为主城市建设导致城市扩张速度最慢。

(3) 利用空间重心转移模型、分形模型对城市扩张进行空间分析表明,1990年前城市主要向西北方向扩张,1990~2004年城市受高新区开发、旅游业等的影响主要向东南方向扩张。除1976~1990年外城市向外扩张的不规则程度逐渐提高,稳定性降低。1976~1990年以边缘区填充为主,其它时段以边缘区扩张为主。

(4) 通过城市土地—人口异速增长模型分析长春市100年来城市土地利用扩张的空间变化特征及与人口变化之间的关系,1900~2004年人口增加87.57倍,人均城市用地面积有逐渐减少的趋势,城市土地利用面积与人口呈现二次幂拟合曲线,从百年尺度上历经半殖民地半封建社会与社会主义经济建设两大社会背景的长春城市土地—人口异速增长模型并非规则变化,城市异速生长关系紊乱,说明长春100年来城市演变过程中城市建设在历史时期具有不合理的现象。

(5) 本文主要集中于长春市 100 年来城市土地利用空间机理研究, 将进一步从 100 年尺度上在城市空间结构演变过程以及驱动机制, 结合元胞自动机动态模拟城市演变趋势, 城市演变的生态环境效应三个方面加以深入研究, 望同行予以关注。

参考文献 (References)

- [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 Herold, Noah C Goldstein, Keith C Clarke. The spatiotemporal form of urban growth: measurement, analysis and modeling. *Remote Sensing of Environment*, 2003, 86: 286-302.
- [3] Yeqiao Wang, Xinsheng Zhang. A dynamic modeling approach to simulating socioeconomic effects on landscape changes. *Ecological Modeling*, 2001, 140: 141-162.
- [4] Bounfour A, Lambin E. How valuable is remotely sensed information? The case of tropical deforestation modelling. *Space Policy*, 1999, 15(3): 149-158.
- [5] Dale V H, Southworth F, O'Neill R V et al. Simulating spatial patterns of land use changes in Rondonia, Brazil. *Lectures on Mathematics in the Life Sciences*, 1993, 23: 29-55.
- [6] Loveland T R, Merchant J W, Ohen D O et al. Development of a land cover characteristics database for the conterminous US. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 1991, 57: 1453-1463.
- [7] Romero H, Ihl M, Rivera A et al. Rapid urban growth, land use changes and air pollution in Santiago, Chili. *Atmospheric Environment*, 1999, 33: 4039-4047.
- [8] Townshend J R, 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.
- [9] Zhao Ping, Feng Xuezhi. Fractal analysis of urban system spatial characteristics based on remote sensing and GIS. *Scientia Geographica Sinica*, 2003, 23(6): 721-727. [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. *地理科学*, 2003, 23(6): 721-727.]
- [10] Wu Bing, Ge Zhaopan. Fractal theory and applying in geographical science research. *Geography and Territorial Research*, 2002, 18(3): 23-26. [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.]
- [11] Liu Jisheng, Chen Yanguang. Fractal studies of urban geography in the past and future. *Scientia Geographica Sinica*, 2000, 20(2): 166-171. [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.]
- [12] Arlinghaus S. Fractals take a central palce. *Geografiska Annaler*, 1985, 67B(2): 83-88.
- [13] Batty M, Longley P. *Fractal Cities: A Geometry of Form and Function*. Academic Press, 1994.
- [14] Frankhauser P. La fractalit? Des structures urbaines. *Economics*, 1994.
- [15] Benguigui L, Daoud M. Is the suburban railway system a fractal? *Geographical Analysis*, 1991, 23(4): 362-368.
- [16] 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.
- [17] Chen Yong, Ai Nanshan. Fractal studies of urban structure. *Geography and Territorial Research*, 1994, 10(4): 35-41. [陈勇, 艾南山. 城市结构的分形研究. *地理学与国土研究*, 1994, 10(4): 35-41.]
- [18] Tian Guangjin, Liu Jiyuan, Zhang Zengxiang. Dynamic change of land use structure in Haikou by remote sensing and GIS. <http://www.crisp.nus.edu.sg/arcs2001/pdf/326tian.pdf>.
- [19] Zhang Shuqing, Zhang Junyan, Li Fang. Vector analysis theory on landscape pattern in Sanjiang plain marsh, China. *Wetland Science*, 2004, 9(3): 161-170.
- [20] Wu Hongan, Jiang Jianjun, Zhou Jie et al. Dynamics of urban expansion in Xi'an city using landsat TM/ETM+ data. *Acta Geographica Sinica*, 2005, 60(1): 143-149. [吴宏安, 蒋建军, 周杰等. 西安城市扩张及驱动力分析. *地理学报*, 2005, 60(1): 143-149.]
- [21] Wang Qing. A quantitative study on the change of urban structure based on Taiyuan city. *Economic Geography*, 2002, 22(3): 339-341. [王青. 城市形态空间演变定量研究初探. *经济地理*, 2002, 22(3): 339-341.]
- [22] Naroll R S, Bertalanffy L Von. The principle of allometry in biology and the social sciences. *General System Yearbook*, 1956, 10: 76-89.
- [23] Lee Y. An allometric analysis of the US urban system: 1960-80. *Environment and Planning A*, 1989, 21(4): 463-476.
- [24] Chen Yanguang, Xu Qiuhong. Studies on the fractal geometric model of allometric growth relationships between area and population of urban systems. *Journal of Xinyang Teachers College (natural science edition)*, 1999, 12(4): 198-203. [陈彦光, 许秋红. 区域城市人口 - 面积异速生长关系的分形几何模型. *信阳师范学院学报(自然科学版)*, 1999, 12

(4): 198-203.]

- [25] Liu Minghua, Chen Yanguang, Shan Weidong. The fractal features of the temporal and spatial relationships between area and population of urban systems of Henan province. *Journal of Xinyang Teachers College (Natural Science Edition)*, 1999, 12(2): 204-209. [刘明华, 陈彦光, 单纬东. 河南省城市人口 - 面积时空关联的分形特征. *信阳师范学院学报(自然科学版)*, 1999, 12(2): 204-209.]

Analysis of Urban Land Utilization Spatial Expansion Mechanism in Changchun City since 1900

KUANG Wenhui, ZHANG Shuwen, ZHANG Yangzhen, SHENG Yan

(1. *The Northeast Institute of Geography and Agricultural Ecology, CAS, Changchun 130012, China;*

2. *Graduate School of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China;*

3. *The Geographic Science Institute of Inner Mongolian Normal University, Huhhot 010022, China)*

Abstract: This paper extracted urban boundary information in six periods of 1900, 1930, 1954, 1976, 1990 and 2004 by integrating TM and SPOT images, relief maps, history maps and other spatial data of the last 100 years. Based on spatial center of gravity transfer model, fractal model and urban land-population different speed rising model, urban land utilization spatial expansion process and its mechanism for 100 years. The research results show that Changchun urban land area was 5.05 km² in 1900 and expanded 56.77 times of its area from 1900 to 2004. Changchun urban land area expansion is the quickest from 1990 to 2004 with a speed of 7.89 km² annually. Then the expansion speed was 3.60 km² every year from 1930 to 1954. The slowest period was from 1900 to 1930 with a speed of 0.41 km². Changchun urban land utilization fractal character became more and more complicated with edge being filled mostly from 1976 to 1990. During other periods of time urban land utilization mainly expanded along edge area. Changchun urban population increased 87.57 times from 1900 to 2004. Then per capita available urban land area gradually reduced from 1900 to 2004. Based on urban land and population different speed rising model, the relationship between Changchun urban land and population was analyzed. The result indicated that Changchun urban land and population different speed rising models change irregularly because Changchun urban development and construction was affected by Japanese and Russia empire invasions before 1948.

Key words: urban land; spatial expansion; population; 100 years; Changchun