

改革开放以来延吉市城市空间扩展过程 与演变趋势研究

李明玉, 黄焕春

(延边大学理学院地理系, 吉林 延吉 133002)

摘要: 基于 1976、1992、2001、2008 年的遥感影像, 利用“等扇分析法”和基于不等时距的灰色系统方法, 分析了延吉市近 32 年的城市空间扩展过程。在自然、经济、政治、交通等四个主要因素作用下, 延吉市城市形态已由团块状转变为星状, 城市空间扩展主要沿“布尔哈通河”东西两向、“烟集河”向北三个条带扩展, 且这三个条带扩展强度较高; 2001~2008 年间, 城市空间在各方向的扩展差异减小, 改变了以往过分集中于少数几个方向的情况。从不等时距的灰色预测结果看, 2015、2020 年延吉市城市建成区的面积将分别达到 106 621 和 149 516 km², 仍将保持快速扩展趋势, 且扩展数量较大, 而目前延吉市除农业、生态保护用地外, 周围可供城市化的土地资源较少, 因此建议积极进行规划管理, 集约利用土地, 实现科学发展, 避免城市过分膨胀。

关键词: 城市空间扩展; 度量; 预测研究; 延吉市

中图分类号: K901 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-0690(2009)06-0833-07

城市空间结构往往指的是城市内部空间结构, 就是城市系统中各组成部分或各要素之间的关联方式。本文所研究的城市空间扩展, 是指城市系统中各组成部分或各要素之间的关联方式, 以及它们在空间要素上的投影变化, 包含由此而带来的城市形态的变化。目前关于城市形态的定义有两种: 广义的城市形态是指城市各组成部分的有形表现, 是城市用地在空间上呈现的几何形状, 而且是一种复杂的经济、文化现象和社会过程, 是人们通过各种方式认识、感知并反映城市整体的意向总体, 它由物质形态和非物质形态两部组成; 狭义的城市形态是指城市实体表现出来的具体空间物质形态^[1]。本文所论述的城市形态是指狭义的城市形态。不同的城市空间结构产生于不同的社会、经济、资源环境条件, 同时合理的城市空间结构也会对城市的经济、社会发展、资源环境的合理利用产生积极的影响。城市形态的变化随着城市空间结构的变化而变化, 可以说城市空间结构决定城市形态。“城市的发展是一个连续的过程, 过去、现在和未来在同一时间链上”^[2]。因此研究城市空间扩展变化能够揭示城市的生长过程、演化规律, 有利于对城市未来发展趋势与状态进行预测和调控。

改革开放后, 延吉市各方面的发展都领先于延边州其他各县市, 尤其是城市建设, 城市空间进入了前所未有的快速扩张期, 城市空间结构发生了显著变化。2006 年吉林省政府批复了延吉、龙井、图们城市空间发展规划纲要 (2006~2020), 确立了“延龙图一体化”的发展战略目标, 将着力打造以延吉市为核心的城市群和“1 小时经济圈”, 统筹区域协调发展。因此, 延吉市城市化率将大大提高, 城市规模将逐步扩大。鉴于此, 本文基于 GIS 平台, 结合延吉市 TM、ALOS 遥感影像和延吉市 1:1 万地形图, 采用“等扇分析法”和不等时距的灰色预测方法, 对延吉市改革开放后的城市空间扩展的整体特征与各向特征进行了分析, 并预测了今后城市空间的扩展数量。由于分析方法努力做到 GIS 与遥感技术及数学方法的融合, 分析及预测结果准确可靠, 可为今后城市空间结构的研究与城市规划提供参考依据。

1 研究方法

1.1 城市空间扩展的分析方法

本文利用 GIS 的空间分析技术, 首先提取出各个时期城市形态的重心, 再利用描述城市外围轮廓

收稿日期: 2009-03-16 修订日期: 2009-08-17

基金项目: 国家自然科学基金项目 (40861007) 资助的部分研究成果。

作者简介: 李明玉 (1974-), 女, 黑龙江人, 硕士生导师, 主要从事城市地理研究。E-mail: lemy@ybu.edu.cn

形态的紧凑度 (BCI), 以探求城市空间扩展的整体规律。紧凑度采用 Batty 提出的计算公式:

$$BCI = 2 \sqrt{\pi A / P} \quad (1)$$

式中 BCI 为城市用地的紧凑度, A 为城市建城区面积, P 为城市轮廓周长。 BCI 的值在 0~1 之间, 其值越大, 形状就越紧凑、越接近于圆形; 反之, 形状的紧凑性就越差。

利用“等扇分析法”, 对延吉市城市空间扩展的各向特征进行分析。在进行等扇分析时, 以延吉市“市中心 (新兴街)”某一点为中心, 选取适当半径把研究区划分为若干个面积相等的扇形区域, 并对各个时期的城市形态进行叠加, 计算出不同时期城市形态在各方向上的扩展面积, 最后进行统计分析。

在对城市空间的扩展进行定量分析时, 采用城市形态的扩展速度指数 (M) 和扩展强度指数 (I) 两个指标进行衡量。其计算公式分别为:

$$M = \frac{\Delta U_{ij}}{\Delta t_{ij} \times ULA_{ij}} \times 100\% \quad (2)$$

$$I = \frac{\Delta U_{ij}}{\Delta t_{ij} \times TLA} \times 100\% \quad (3)$$

式中, ΔU_{ij} 时刻 i 到 j 城市建城区面积的变化数量, Δt_{ij} 时刻 i 到 j 的时间跨度, ULA_i 为 i 时刻的建成区面积, TLA 为初始时的建城区面积。

城市形态扩展速度表示了城市在整个研究时期内不同阶段的年均增长速度, 用以表征城市空间扩展的总趋势; 而城市扩展强度实际上是对年均扩展速度进行标准化处理, 使不同时期的扩展速度具有了可比性。

1.2 基于不等时距的灰色系统预测方法

灰色系统理论, 是研究部分信息已知, 部分信息未知的系统理论。它具有如下优点: 不需要大量的样本且样本不需要有严格规律性分布; 计算工作量大; 预测精确度高, 可用于近期、中期、长期的预测。由于地理系统是典型的灰色系统, 因此灰色系统理论自产生以来, 就被广泛的应用于地理学的研究中。在实际的研究中运用灰色系统方法时, 由于种种原因数据可能是不完备的, 可能因部分原始数据缺失, 出现不等时距的情况, 拓灰色预测法是解决这一问题的有效途径之一。

拓灰色预测方法充分利用有限原始数据, 不人为生成原始数据, 得出一条比较理想的逼近曲线, 据此建立离散的预测模型。它假设等时距的原始

数据是客观存在的, 由于某种原因使其中的一些数据缺失, 因而出现了不等时距的原始数列, 我们得到的数据较为符合 $GM(1, 1)$ 模型曲线, 曲线的离散形式为 $\hat{x}(k+1) = (x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-ak} + \frac{u}{a}$ 。式

中: $c = x^{(0)}(1) - \frac{u}{a}$ 。还原后原始数据估计值: $\hat{x}(k$

$$+ 1) = \hat{x}^{(1)}(k+1) - \hat{x}^{(1)}(k) = ce^{-ak} + \frac{u}{a} -$$

$$(ce^{-a(k-1)} + \frac{u}{a}) = c(1 - e^{-a})e^{-ak} \quad (k=1, 2, \dots, n-1)$$

不等时距序列时, 设初始时间序列为 Q 时间序列 $T^{(0)}(i) = \{Q, t_2, t_3, \dots, t_m\}$, 则 $x^{(0)}(t_i) = c(1 - e^{-a})e^{-at_i}$, 式中: $t_i = t_2, t_3, \dots, t_m$ (m 为原始数列的个数)。这里最终要确定 c 和 a 的值, 只要找到合适的值, 相应的灰色系统模型就可以建立了。

根据最小二乘法理论, 偏差平方和

$$M = \sum_{i=2}^m [\hat{x}^{(0)}(t_i) - x^{(0)}(t_i)]^2 =$$

$$M = \sum_{i=2}^m [c(1 - e^{-a})e^{-at_i} - x^{(0)}(t_i)]^2$$

$$\begin{cases} \frac{\partial M}{\partial c} = \sum_{i=2}^m 2[c(1 - e^{-a})e^{-at_i} - x^{(0)}(t_i)] \\ (1 - e^{-a})e^{-at_i} = 0 \\ \frac{\partial M}{\partial a} = \sum_{i=2}^m 2[c(1 - e^{-a})e^{-at_i} - x^{(0)}(t_i)] \\ | - ct_i - ce^{a(1-t_i)} | = 0 \end{cases}$$

理论上, 最理想的 c 和 a 应该由该方程组求得。但由于实际应用中, 胡斌等人经过反复计算, 提出如下两个方程构成方程组

$$\begin{cases} x^{(0)}(t_i) = c(1 - e^{-a})e^{-at_i} \\ x^{(0)}(t_j) = c(1 - e^{-a})e^{-at_j} \end{cases} \quad (4)$$

解得

$$a = \frac{1}{t_i - t_j} \ln \frac{x^{(0)}(t_j)}{x^{(0)}(t_i)} \quad (5)$$

得出的 a 为 a_i, j 得到 c_{m-1}^2 个 a_{ij} , 取平均值

$$\hat{a} = \bar{a} = \frac{1}{2} \sum_{i=2}^m \sum_{j=i+1}^m a_{ij} \quad (6)$$

进一步得

$$\begin{cases} x^{(0)}(t_2) = c(1 - e^{-\hat{a}})e^{-\hat{a}t_2} \\ x^{(0)}(t_3) = c(1 - e^{-\hat{a}})e^{-\hat{a}t_3} \\ \dots\dots\dots \\ x^{(0)}(t_m) = c(1 - e^{-\hat{a}})e^{-\hat{a}t_m} \end{cases} \quad (7)$$

这样, 上式只有 c 是未知数, 每个方程都可求出一个 c 值, 取平均值

$$\hat{c} = \bar{c} = \frac{1}{m-1} \sum_{i=2}^m c_i \tag{8}$$

最后, 由 $\hat{c}$ 和 $\hat{a}$ 值便可得到不等时距灰色预测模型

$$\hat{x}^{(0)}(t_i) = \hat{c}(1 - E^{\hat{a}})e^{-\hat{a}t_i} \tag{9}$$

从而求出预测值。

2 延吉市城市空间扩展分析

2.1 数据处理

首先, 以 1:1万地形图为基准, 对 2008 年的 ALOS 遥感影像进行几何精校正, 再以校正过的图像为基准, 对其它几期数据作几何精校正。校正过程采用二次多项式, 并且用 3 次卷积法进行灰度插值, 校正误差均小于一个像元。然后基于 1976、1992、2001、2008 年的遥感影像, 采用人机交互目视解译的方法, 并结合 1:5 万地形图, 分别提取出 1976、1992、2001、2008 年城市形态; 最后, 在 ArcGIS 环境下, 利用叠置 (overlay) 分析功能, 获得各年份城市建成区的面积数据, 并分别提取各个时期的城市形态重心和不同时期各方向的城市形态面积。

2.2 城市空间整体演变特征分析

从遥感影像提取的延吉市城市形态看, 1976~2008 年经历了团状模式向星状模式转变的过程 (图 3)。利用公式 (1) 和公式 (3) 分别计算出 1976、1992、2001、2008 年的城市形态紧凑度和城市形态扩展强度 (图 1)。分析可知: 1976~2001 年间紧凑度急速下降, 2001~2008 年间紧凑度下降趋势渐缓。城市扩展强度也呈逐年增加趋势, 1976~1992 年间年均扩展强度为 6.60, 1992~2001 年间年均扩展强度为 20.35, 2001~2008 年间年均扩展强度为 31.57。1992 年以后扩展强度增加迅速, 分别为 1976~1992 年扩展强度的 3.08 和 4.78 倍。

1976、1992、2001、2008 年四个时期的城市形态重心坐标也经历了四次变化, 1976~1992 年 16 年间重心仅向西转移了 417 m, 1992~2001 年重心又向西转移了 700 m, 2001~2008 年的短短 7 年间城市形态重心向东转移了 640 m。这表明: 1976~2008 年间, 延吉市城市的扩展先经历了长时期的向西扩展, 然后转向东扩展的过程 (图 2)。

2.3 城市空间扩展的各向分析

为了准确揭示延吉市城市空间扩展的各向特

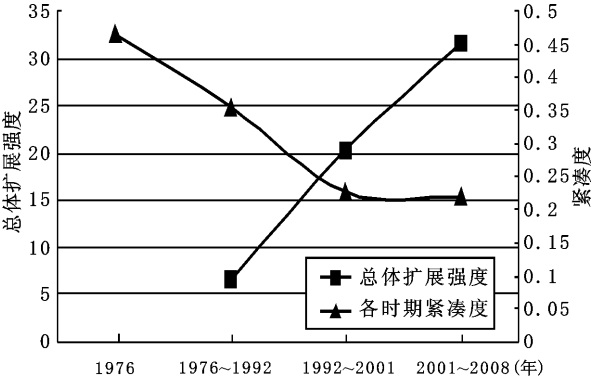


图 1 延吉市城市形态紧凑度、扩展强度曲线 (1976~2008 年)

Fig 1 Expansion intensity and compact degree of Yanji City in 1976~2008

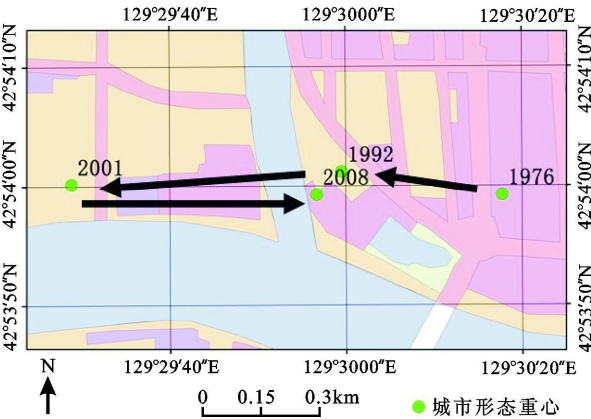


图 2 城市形态重心转移图

Fig 2 Shift of urban form center

点, 本文采用“等扇分析法”, 并结合延吉市城市空间演变轨迹, 以延吉市“新兴街”中段为中心 (大地坐标为: $x = 4354.1$ 万 m, $y = 4752.0$ 万 m), 以 10 km 为半径画圆, 以北偏东 11.25° 为起点将圆划分为 16 个面积相等的扇形区域, 然后将 1976、1992、2001、2008 年四个时期的城市形态进行叠加后, 统计分析出各时段的城市形态扩展落入各扇形区的面积 (见图 3)。

图 3 可知: 1976~1992 年间城市空间扩展主要集中于 W、SWW、SSW、NNW 四个方向; 1992~2001 年间城市空间扩展主要集中于 SWW、W 两个方向; 而 2001~2008 年间城市空间扩展主要集中于 E、NNW、SEE 方向, 其次集中于 SSW、SW、SWW、SSE、NEE 方向。显然, 2001~2008 年间城市空间扩展数量, 改变了以往过分集中于少数几个方向的情况, 各方向的扩展差异减小。

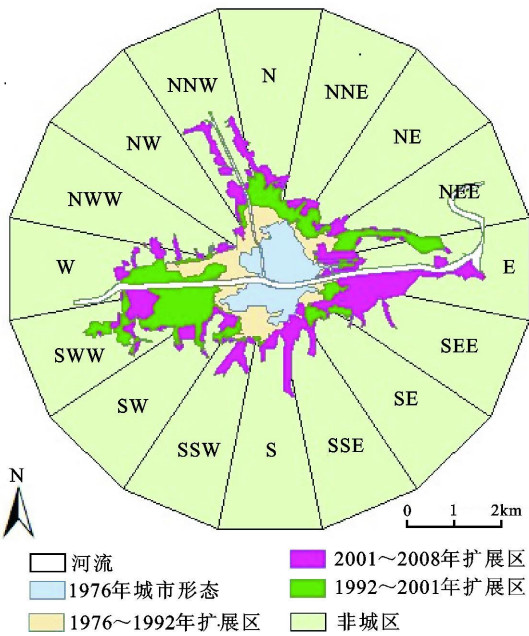


图 3 各时期城市形态等扇叠加分析

Fig 3 Overlay of urban forms in different periods

利用公式 (2) 计算出各时段的扩展速度, 横向比较城市形态在不同时期、不同方向上的扩展速度, 可知: 1976~1992 年间城市空间扩展速度最快的方向集中于 SWW、W、NNW; 1992~2001 年间城市空间扩展速度最快的方向集中于 SWW、W; 2001~2008 年间城市空间扩展最快的方向集中于 E、SEE、SSE、NNW (见图 4)。

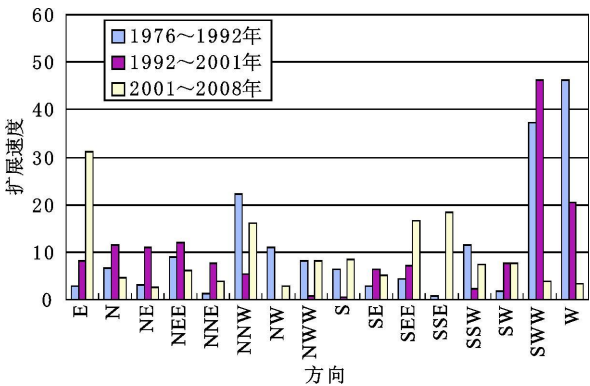


图 4 1976~2008 各时期的城市形态扩展速度图

Fig 4 Pace of expansion of urban form in every period from 1976 to 2008

利用公式 (3), 分 16 个方向计算出 1976~1992、1992~2001、2001~2008 年三个时期的城市形态扩展强度 (图 5), 纵向比较扩展强度, 不难发现: E、NEE、NNW、SEE 四个方向的扩展强度呈逐

年增强趋势, 而且强度在 2008 年都达到了 35 以上的较高水平; 1992 年以来扩展强度一直保持较高水平的有 SWW、NNW、W 三个方向。1976~1992 年城市空间扩展在各个方向上的强度变异系数为 1.18 为非均衡扩展状态; 1992~2001 年城市扩展呈高度的非均衡状态, 变异系数达 2.18; 2001~2008 年城市扩展的非均衡状态低于前两个时期, 变异系数为 0.96, 各方向的扩展差异快速缩小。

综上所述, 1976~2008 年间延吉市城市空间扩展为非均衡的圈层扩展, 扩展主要集中在东西两个方向, 其次为沿烟集河北向扩展。若将扩展强度按自然断裂点法分为: 低强度扩展、中强度扩展、高强度扩展三类, 则可知延吉市城市空间高强度扩展主要集中在东西两侧, 中等扩展强度地区主要集中在北部 (图 6)。

2.4 延吉市城市空间扩展因素初析

2.4.1 经济因素

经济因素是城市空间扩展的根本原因, 也是首要原因。延吉市城市空间扩展的强度与经济发展速度呈正相关关系, 1976~1992、1992~2001、2001~2008 年间延吉市经济快速发展, 使城市空间扩展速度也不断加快。经济的加速发展, 使城市用地处于快速扩展期, 城市空间扩展出现了跳跃式和轴向扩展, 城市形态的紧凑度也下降。由于 2001~2008 年间延吉市经济开发区工业的快速增长, 带来了这一时期延吉市在 E 方向的超高速扩展。1992 年提出的社会主义市场经济, 对延吉市城市形态的扩展产生了较为重要的影响, 延吉市城市建设开始出现了多元力量, 例如: 有房地产开发商, 也有政府建设、还有外商大量投资的工业设施。

另外, 由于延吉市在东部设立了工业开发区, 延吉市工业的迅速发展及工业区的迅速扩大, 带动了整个城市的空间扩展, 进而影响到城市的居住用地、仓储用地等其它用地的扩展。由此可见, 延吉市城市空间的扩展与经济发展联系密切, 无论是整体的经济发展速度, 还是内部产业的发展都对城市空间扩展产生着重要的影响。

2.4.2 自然环境

自然环境是延吉市城市空间扩展的基础。自然环境对延吉市城市空间扩展的影响主要表现为: 第一, 河流影响。延吉市城市形态由原来的团块状发展为星状, 主要表现为沿布尔哈通河东西两向和沿烟集河向北三个条带扩展。从扩展数量与速度

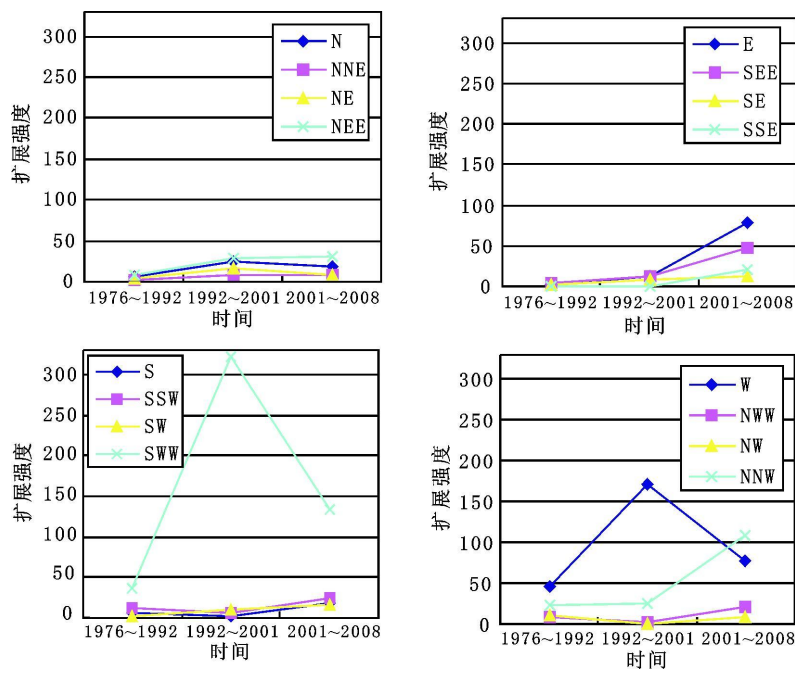


图 5 1976~ 2008年城市形态扩展强度趋势图

Fig 5 Expansion intensity trends of urban form in 1976 - 2008

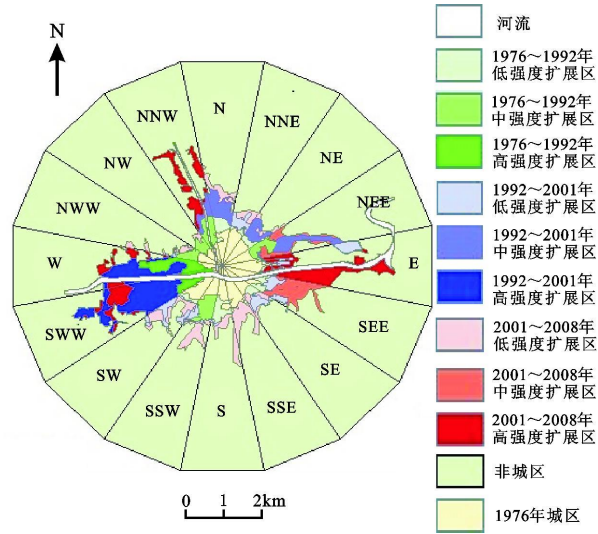


图 6 各时期各方向城市扩展强度分级图

Fig 6 Urban expansion intensity classification map in all directions and all periods

来看, 1976~ 2008 年沿河流的三个条带扩展数量最多、速度最快, 特别是沿“布尔哈通河”东西两向; 从城市空间扩展强度来看, 1976~ 2008 年沿“布尔哈通河”的 W、SWW 两个方向一直保持高强度扩展, 而东侧的 NEE、E 的两个方向扩展强度呈加速趋势, 沿“烟集河”北部条带也呈加速扩展的趋势; 第二, 地形因素的影响。延吉市城市空间扩

展主要沿坡度变化较缓、海拔高度较低的方向, 而在延吉市东北、西北方向 (NWW、NW、NE、NNE) 地形变化较大, 城市扩展较为缓慢。

2 4 3 政治因素

政治因素在城市扩张中起到了导向的作用。1992 年我国确立建立社会主义市场经济体制以后, 由于政策稳定, 带来了投资的增多、投资主体的多元化, 城市经济不断活跃。特别是 20 世纪末朱镕基总理主持工作期间, 放开了对城市住房的改革, 促进了房地产业的发展, 使城市空间扩展速度不断的加快。这正好与延吉市 2001~ 2008 年城市高速扩张、城市形态面积急剧增大相吻合。

城市规划, 对延吉市城市空间的扩展起到引导作用。1992~ 2001 年延吉市城市空间出现了高度的非均衡扩展, 而 2001~ 2008 年的延吉市城市空间在各个方向扩展的变异系数迅速由前一时期的 2.18 下降到 0.96 即城市非均衡扩展迅速下降, 这是因为 2000 年实行新城市规划后, 规划中的用地布局对非均衡扩展进行了有意识的控制。另外城市规划中把东部作为工业区, 由于工业经济迅速发展, 使得延吉市的城市形态重心 2001~ 2008 年向东转移, 东部扩展数量最多、速度最快。

2 4 4 交通因素

交通因素对城市空间扩展起了非常重要的带

动作用,一般而言城市扩张最快的是沿交通便利的地方开始。延吉市城市内部交通主要沿布尔哈通河东走向;对外交通方面,通往长春方向的高速公路在延吉市西侧,北部近年来由于长珲高速公路由延吉市北部与市区连接,促进了近年来的延吉市城市空间沿东西和北部三个方向的扩展。

2 4 5 影响因素综合分析

经济、自然、政治、交通四个主要因素相互制约、相互促进,形成了今天延吉市城市空间扩展的历史,其中自然条件因素是基础,是先天条件,它是交通、城市形态、城市空间扩展的前提条件,对这三者形成了制约。同时它也对经济产生了间接的影响,制约了物流方向,城市产业的布局。另外交通、经济等因素也不是简单的被动适应,它对自然条件也有反作用,例如:随着科技的进步,人们对自然资源利用的不断深入,地形因素对城市扩展的限制不断减弱。

总之,上述因素并不是孤立存在而是众多因素中的主要因素,它们与其它因素相互影响相互制约共同铸造了延吉市改革开放以来城市空间扩展史。

3 基于不等时距的城市空间扩展数量的灰色预测

城市系统是典型的灰色系统,在数据量少且不完整的情况下,用不等时的灰色预测方法进行预

测研究是较为理想可行的方法。
由于原始数据缺失,为了便于计算,设以 1976 年的城市形态数据为第一年的城市形态面积,则 1976 1992 2001 2008 年四个时期城市形态面积可表示为 $x^{(0)}(1)$, $x^{(0)}(17)$, $x^{(0)}(26)$, $x^{(0)}(33)$ 。则根据公式 (4),有如下三个方程组:

$$\begin{cases} 22\ 26155 = c(1 - e^{-a})e^{-17a} \\ 42\ 09728 = c(1 - e^{-a})e^{-26a} \\ 65\ 974196 = c(1 - e^{-a})e^{-33a} \end{cases}$$

利用公式 (5) 求可求出 3 个 a 值,然后利用公式 (6) 求出 $\hat{a} = -81\ 97558$ 。根据公式 (7),利用已求出的 $\hat{a}$ 代入方程式可求出 3 个 c 值,利用公式 (8) 可以求得 $\hat{c} = 81\ 97558$ 。将已求出的 $\hat{c}$ 和 $\hat{a}$ 代入公式 (9),可以求得不等时距灰色预测模型 $\hat{x}(t_i) = 81\ 97558(1 - e^{-0.07604})e^{0.07604t_i}$ 。由于第一个信息为灰色系统基础信息,不参与预测,利用预测模型预测 1992 2001 2008 年城市形态面积 (见表 1),由表 1 可知预测精度很高,均误差达 -0.016% ,因此该模型精度高,可以用于预测。利用该预测模型分别计算出 2015 2020 年城市形态的面积分别为 $106\ 621$ 和 $149\ 510\ \text{km}^2$ 。

表 1 模型预测精度表
Table 1 Model estimating accuracy

年份	1976	1992	2001	2008	2015	2020
预测值	-	22 50883	41. 36897	66 4138	106. 6208	149 5159
实际	10 83146	22 26155	42 09728	65 9742	-	-
误差	-	+ 1. 111%	- 1. 730%	+ 0. 666%	-	-

4 结 论

在近 32 年中,延吉市城市形态经历了从团块状向星状发展的历程。扩展强度不断加快,扩展的方向主要集中在沿“布尔哈通河”东西两向以及沿“烟集河”的北部三个条带。城市空间扩展先经历了长期缓慢的向西扩展,然后向东扩展,其它方向受地形因素的限制均扩展缓慢。

从延吉市城市空间扩展的原因来看,交通起到了促进作用;经济是延吉市城市扩展的根本动力;政治因素对空间的扩展起到了引导作用;河流、坡

度、高程等自然环境条件,为延吉市城市空间扩展提供了前提条件及其制约因素;这四个主要因素相互制约、相互促进共同塑造了改革开放以后的延吉市城市空间的扩展历史。

2000 年新城市规划方案实施后,对延吉市城市空间的扩展起到了很好的调控与优化作用,城市形态的集约度不断提高。从城市空间扩展数量预测值来看,2020 年城市形态面积将达到 $149\ 516\ \text{km}^2$,可见扩展的数量较大。虽然目前延边州人口较少,土地资源丰富,但是延吉市除农业用地、生态保护用地外,周围可供城市化的土地资源较少,因

此建议:

第一,应积极进行规划,杜绝乱战土地现象。做好土地利用规划、城市总体规划、城市控制性详细规划,严格把关土地利用审批制度。规划中将那些经济效益差、技术设备落后的企业搬出市区,在原企业占地进行高技术、高效益、环保型的开发建设,实现城市产业结构。

第二,集约利用土地,实现城市的科学发展。要优化土地利用结构以服务于经济结构调整,抓住我国经济结构实现战略性调整的机遇,优化城市用地结构,提高集约利用程度,逐步实现土地利用方式从粗放向集约的根本性转变。加强城市内部土地的开发,增加土地有效供给。推进城市土地市场化进程,充分发挥城市土地的经济效益。坚持以培育和规范土地市场、发挥市场配置土地资源的基础性作用为主线加强土地市场秩序的整顿和规范,积极营造公开、公平和公正的市场环境,充分依靠市场机制实现土地资源的优化利用。

第三,避免城市过分膨胀。在规划和建设中要坚持新城市主义,要以社区、邻里等为原则,防止城市过分膨胀。同时要注重城乡统筹发展,使延边州内大、中、小城市协调有序的发展,形成健康合理的城镇体系,以利于延边城市体系整体的发展。

参考文献:

- [1] 周春山. 城市空间结构与形态 [M]. 科学出版社. 2007: 3~4.
- [2] 朱文一. 空间·符号·城市 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993. 167.
- [3] 吴启焰, 任东明. 改革开放以来我国城市地域结构演变与持续发展研究 [J]. 地理科学, 1994, 19(2): 109.
- [4] 陈力. 旧城更新中城市形态的延续与创新 [J]. 华侨大学学报 (自然科学版), 1997 (1): 58~61.
- [5] 熊和金, 徐华中. 灰色控制 [M]. 国防工业出版社. 2005 25~28.
- [6] 许学强, 周一星. 城市地理学 [M]. 高等教育出版社. 2005 211~230.
- [7] 储金龙. 城市空间形态定量分析研究 [M]. 东南大学出版社. 2007.
- [8] 苏伟忠, 杨英宝. 基于景观生态学的城市空间结构研究 [M]. 科学出版社. 2007.
- [9] 张平宇. 龙井市域城镇体系组织结构研究 [J]. 地理科学. 1993 13(1): 91~93.
- [10] Sudhira H S, Ramachandra T V, Jagadish K S. Urban sprawl metrics dynamics and modeling using GIS [J]. International Journal of Applied Earth Observation and Geo information, 2004 5 29~39.
- [11] Burton E. The compact cities just or just compact A preliminary analysis [J]. Urban Studies 2000, 37(11): 1969~2006.

Spatial Expansion and Evolution of Yanji City Based on GIS

LIM ing-yu HUANG Huan-chun

(1. The Department of Geography, Yanbian University, Yanji, Jilin 133002)

Abstract In this article, it has been analyzed the characteristics of the expansion trend of the Yanji urban form from 1976-2008 by the methods of "equal far-analysis" and different time-distance of gray system, mainly based on remote sensing image data in 1976, 1992, 2001, 2008. Yanji urban form has changed from mass into a star, the three expansion bands of urban form, expand along the east-west Buehatong River and the northward Yanji River; the strength of extend of the three bands is highest by four factors of natural, economic, political, transportation; from the forecast results of different time-distance methods, Yanji urban form will maintain a trend of rapid expansion. But Yanji City has limited available land resources for the urbanization. So it is proposed to take measures early to cope with.

Key words urban space expansion; measure; estimating; Yanji