

## 土地利用规划中建设用地预测模型的比较研究

李红伟<sup>1</sup>, 曾永年<sup>1</sup>, 陈安平<sup>2</sup>

(1. 中南大学 信息物理工程学院, 长沙 410083; 2. 广东省地质测绘院, 广州 510800)

**摘要:**建设用地的科学准确预测是土地利用总体规划中的重要内容,通过模型预测、数据验证和误差分析,总结了各种建设用地预测模型的特性与适用条件。研究表明,一元线性回归法适用于线性趋势较为明显的数  
据预测;而当可供利用的历史数据较少时,可采用指数平滑法;模型适用于数据较多、较复杂的预测;如果预测过程  
中参与的专家较多时,就可以采用头脑风暴法。

**关键词:**土地利用规划;建设用地;预测模型

**中图分类号:**F301.24

**文献标识码:**A

**文章编号:**1005-3409(2008)02-0056-03

## Comparison on the Build-up Area Prediction Models in Land Use Planning

LI Hong-wei<sup>1</sup>, ZENG Yong-nian<sup>1</sup>, CHEN An-ping<sup>2</sup>

(1. Department of Geomatic Engineering, Central South University, Changsha 410083, China;

2. Guangdong Geology Surveying and Mapping Institute, Guangzhou 510800, China)

**Abstract:** Exactly predicting the build-up area is one of the important content of land use planning. By model prediction, data validation and analysis of the residue errors, the characteristics and requirements of each construction land prediction model were summarized. The results indicate that: Mono-linear Regression model is suitable when the data have apparent linear tendency. Index-smooth is appropriate when historical data are insufficient, model can be selected when the data are complex. If there are sufficient experts, the Brain-storm model can be selected.

**Key words:** land use planning; build-up area; prediction model

### 1 引言

建设用地规模预测和控制是当前以用途管制为核心的土地利用规划管理工作的重点和难点。科学合理的用地需求预测方法是土地利用规划能否制定科学合理目标的关键。为此,已开展了许多有关建设用地规模预测和应用的研究<sup>[1,2,4]</sup>。目前,常用的几种预测方法有头脑风暴法、回归分析法、指数平滑法和灰色模型法。常用的方法比较多,但目前对这几种常用的预测方法还没有一个系统地对比分析。以张家界市永定区为研究实例,对上述各种方法的预测精度进行研究和比较,总结各种预测模型的特性与适用条件。

### 2 几种预测模型原理

#### 2.1 头脑风暴法

头脑风暴法是基于埃勒克斯·奥斯波(Alex Osborn)智囊团的任务而产生的(Osborn, 1953)。这是一种经验预测方法,经专家的多次头脑风暴,得出关于某项土地利用决策,其目的是诱发一种解决问题的途径,其核心是人的创造力和想象力。其计算公式如式(1)所示:

$$Y = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \times 0.8 + Y_1 \times 0.2 \quad (1)$$

式中:Y——未来年均建设用地规模; $y_i$ ——基期年前历年建设用地使用量; $Y_1$ ——上一轮规划确定的年均建设用地规模。

计算得到年均建设用地新增规模,在此基础上计算未来各预测年的建设用地规模可以通过式(2)实现。

$$X_n = X_i + (n - i) \times Y \quad (2)$$

式中: $X_n$ ——预测年的建设用地规模; $X_i$ —— $i$ 年的建设用地规模; $n$ ——年份。

#### 2.2 一元线性回归法

基本思想是按照2个变量 $x, y$ 的现有数据,把 $x, y$ 作为已知数,根据回归方程 $y = a + bx$ 寻求合理的 $a, b$ ,确定回归曲线。再把 $a, b$ 作为已知数,去确定 $x, y$ 的未来演变。

(1) 确定回归直线。一元线性回归方程

$$Y = a + bX \quad (3)$$

通常用最小二乘法确定参数 $a, b$

$$a = \bar{Y} - b\bar{x}, b = L_{xy}/L_{xx}$$

(2) 相关性检验

$$R = L_{xy} / \sqrt{L_{xx} \cdot L_{yy}}$$

若 $|R|$ 越接近1,则说明线性相关程度越高。

#### 2.3 指数平滑法

指数平滑法是在移动平均法基础上发展起来的一种方

收稿日期:2007-04-18

基金项目:湖南省张家界市永定区土地利用总体规划修编项目

作者简介:李红伟(1980—),女,硕士研究生,主要从事城市建设用地预测研究。E-mail:llhww198116@163.com

法,实质上是一种特殊的加权移动平均法。它一般适用于时间序列长期趋势变动和水平变动事物的预测。指数平滑法分为:一次指数平滑法、二次指数平滑法、三次指数平滑法等。一次指数平滑法适用于水平型变动的时序序列预测,二次指数平滑法适用于线性趋势型变动的时序序列的预测,三次指数平滑法适用于非线性趋势变动的时序序列预测。

三次指数平滑预测模型为

$$S_{t+T} = a_t + b_t T + c_t T^2 \tag{4}$$

式中: $T$ ——未来单位时间段;参数  $a_t, b_t, c_t$  的计算公式为

$$a_t = 3S_t^{(1)} - 3S_t^{(2)} + S_t^{(3)} \tag{5}$$

$$b_t = \frac{\alpha}{2(1-\alpha)^2} [(6-5\alpha)S_t^{(1)} - 2(5-4\alpha)S_t^{(2)} + (4-3\alpha)S_t^{(3)}] \tag{6}$$

$$c_t = \frac{\alpha^2}{2(1-\alpha)^2} [S_t^{(1)} - 2S_t^{(2)} + S_t^{(3)}] \tag{7}$$

$$S_t^{(1)} = \alpha x_t + (1-\alpha)S_{t-1}^{(1)} \tag{8}$$

$$S_t^{(2)} = \alpha S_t^{(1)} + (1-\alpha)S_{t-1}^{(2)} \tag{9}$$

$$S_t^{(3)} = \alpha S_t^{(2)} + (1-\alpha)S_{t-1}^{(3)} \tag{10}$$

式中: $\alpha$ ——平滑系数; $S_t^{(1)}, S_t^{(2)}, S_t^{(3)}$ —— $t$  时刻的第 1 次、第 2 次、第 3 次的平滑值; $x_t$ —— $t$  期的实际值。

2.4 灰色模型法

GM(1,1)灰色模型不直接利用原始数据,而是通过累加生成灰色模型,滤去原始数据中可能混入的随机量或其他噪声,从上下波动的时间数列中寻找某种隐含规律。

(1)建立原始数列,即

$$x^{(0)} = \{x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(n)\}$$

表 1 永定区 1997—2003 年土地利用调查统计数据

年份	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	平均值
建设用地总规模	7247.57	7269.50	7292.44	7337.99	7380.35	7643.91	7775.65	
建设用地总规模增量	16.22	21.93	22.94	45.55	42.36	263.56	131.74	77.76

表 2 各种预测方法的模拟值及误差

年份	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	平均相对误差
实际统计值	7247.57	7269.50	7292.44	7337.99	7380.35	7643.91	7775.35	—
头脑风暴法	7247.57	7345.07	7442.57	7540.07	7637.57	7735.07	7832.57	—
相对误差	—	1.04	2.06	2.75	3.49	1.19	0.73	1.61
线性回归法	7160.81	7250.03	7338.78	7419.44	7483.82	7592.28	7707.32	—
相对误差	1.20	0.27	0.61	1.11	1.40	0.68	0.88	0.88
GM(1,1)法	7197.31	7292.79	7395.69	7500.04	7605.87	7713.19	7822.03	—
相对误差	0.69	0.32	1.42	2.21	3.06	0.91	0.6	1.32
指数平滑法	7190.48	7174.64	7193.6	7247.36	7335.92	7459.28	7617.44	—
相对误差	0.79	1.30	1.36	1.24	0.60	2.42	2.03	1.39

3.2 计算结果及说明

计算结果如表 2 所示,计算说明如下:

①头脑风暴法中,上一轮规划确定的年均建设用地规模取值为 176.47,以 1997 年为基期年。

②一元线性回归法中,从表 3 中建设用地总规模与相关因素指标相关性系数分析可知,在影响建设用地总规模的四大因素中,国内生产总值相对于其他因素指标来说最为显著,因此以国内生产总值为自变量建立一元回归关系模型为

$$Y = 62.5545X + 6559.5939$$

(2)为使用于建模的原始数列变得更有序,以利于建模模拟,对该原始数列数据作一次累加生成(1-AGO)处理,得到一次累加生成序列,即

$$x^{(1)} = \{x^{(1)}(1), x^{(1)}(2), \dots, x^{(1)}(n)\}$$

(3)建立的 GM(1,1)模型的结构为

$$\frac{dx^{(1)}}{dt} + ax^{(1)} = u$$

式中: $a, u$ ——待确定参数。

响应函数为

$$x^{(1)}(t) = (x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-at} + \frac{u}{a}$$

上式即为一阶累加数列  $x^{(1)}$  的拟合模型,原始数列为  $x^{(0)}$  的预测值由上式进行累减还原得到

$$x^{(1)}(t) = x^{(0)}(1) - x^{(0)}(t-1)$$

则得到还原模型为

$$x^{(1)}(t) = (1 - e^{-a})(x^{(0)}(1) - \frac{u}{a})e^{-at}$$

上式即为 GM(1,1)模型的计算公式。对于 GM(1,1)模型拟合精度检验,常采用后验差检验,用后验差比值  $C$  及小误差概率  $P$  来确定模型的精度等级。

3 各预测模型的分析研究

3.1 数据

本文采用张家界市永定区 1997—2003 年的土地利用调查统计数据为原始数据,分别应用以上模型进行模拟和预测。采用的数据如表 1。

表 1 永定区 1997—2003 年土地利用调查统计数据								hm <sup>2</sup>
年份	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	平均值
建设用地总规模	7247.57	7269.50	7292.44	7337.99	7380.35	7643.91	7775.65	
建设用地总规模增量	16.22	21.93	22.94	45.55	42.36	263.56	131.74	77.76

表 2 各种预测方法的模拟值及误差								
年份	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	平均相对误差
实际统计值	7247.57	7269.50	7292.44	7337.99	7380.35	7643.91	7775.35	—
头脑风暴法	7247.57	7345.07	7442.57	7540.07	7637.57	7735.07	7832.57	—
相对误差	—	1.04	2.06	2.75	3.49	1.19	0.73	1.61
线性回归法	7160.81	7250.03	7338.78	7419.44	7483.82	7592.28	7707.32	—
相对误差	1.20	0.27	0.61	1.11	1.40	0.68	0.88	0.88
GM(1,1)法	7197.31	7292.79	7395.69	7500.04	7605.87	7713.19	7822.03	—
相对误差	0.69	0.32	1.42	2.21	3.06	0.91	0.6	1.32
指数平滑法	7190.48	7174.64	7193.6	7247.36	7335.92	7459.28	7617.44	—
相对误差	0.79	1.30	1.36	1.24	0.60	2.42	2.03	1.39

式中: $Y$ ——建设用地规模; $X$ ——国内生产总值(亿元)。

表 3 建设用地总规模与相关因素指标相关性系数分析

相关因素	国内生产总值	人口总规模	非农业人口	全社会固定资产投资总额	人均 GDP
相关系数	0.929*	0.871*	0.915*	0.926*	0.928*

注: \* 代表达到 0.05 显著水平。

③GM(1,1)模型的  $P, C$  值均满足一级要求,即  $P \geq$

0.95,  $C \leq 0.35$ , 模型拟合精度较好。

④ 3 次指数平滑法是在一、二次指数平滑基础上进行的, 平滑系数  $\alpha$  取值 0.5。建立的预测模型为

$$S_{t+T} = 7\,617.44 + 175.56T + 17.4T^2$$

### 3.3 分析研究

#### 3.3.1 头脑风暴法的分析

头脑风暴法是一种定性分析法, 它基于专家的经验, 而每个专家的经验又是不相同的, 虽然不能完全否定经验不具有科学性, 但是在参与的专家人数有限的情况下, 这种预测方法的精度还是不很理想。从表 2 的平均相对误差分析可以看出, 头脑风暴法的精度最低。

#### 3.3.2 一元线性回归法的分析

从表 2 的平均相对误差值分析可以看出, 一元线性回归的预测误差相对较小, 根据  $R$  值可以发现, 已知数据线性关系越好, 则预测误差越小, 反之则越大。本例所采用的数据直线性趋势较理想, 所以应用一元线性回归法取得了相对较理想的结果。在使用一元线性回归法时, 一定要注意范围的确定, 使原始数列保持良好的直线性关系, 这样才能保证预测结果的准确与可靠。

#### 3.3.3 GM(1,1)法的分析

从表 3 看, GM(1,1)模型拟合精度较好, 但是模拟结果不理想, 其原因如下: GM(1,1)模型是根据消除噪声和随机误差原理建立的, 从数据上下波动寻找隐含规律, 应用于本例中, GM(1,1)模型的优势就没有发挥出来, 因为本例数据波动性及随机性不是很强, 只有在后面一点发生突变。

#### 3.3.4 三次指数平滑法的分析

三次指数平滑法受历史数据长度的影响较小, 虽然本例采用的数据长度不长, 但仍取得了较好的模拟结果。指数平滑法是一种特殊加权移动平均法。它考虑到时间序列中所有数据对预测对象的影响, 因此其预测结果更为科学。

## 4 结论与讨论

总结上述模型各自的优点和不足, 可以发现: 在有众多

专家参与的情况下, 可以采用头脑风暴法, 定性方法和定量方法要相互结合, 充分发挥智力在预测中的判断作用, 这样更复合科学性; 对于直线趋势较明显的问题, 用一元线性回归法效果较好; 历史数据较少的问题, 可用三次指数平滑法来预测; 波动性和随机性较大的问题, 可用 GM(1,1)模型, 灰色 GM(1,1)模型特别适用于那些因素众多、结构复杂、涉及面广而层次较高、综合性较强、互相性较好的社会经济指标的预测。以上只是从本例发现的部分规律, 对于具体问题可具体对待。由于不同地区土地利用存在显著差异, 没有一种预测方法具有完全的普适性。应该突破传统规划思想的束缚, 构建并采用更具科学性的土地资源分析方法与模型, 借助于新一轮土地利用总体规划修编, 全面提升中国土地资源规划管理水平, 促进土地资源的可持续发展。

### 参考文献:

- [1] 姜海, 曲福田. 建设用地需求预测的理论和方法[J]. 中国土地科学, 2005, 19(2): 44-51.
  - [2] 罗昱辉, 吴次芳. 建设用地需求预测方法研究[J]. 中国土地科学, 2004, 18(6): 14-17.
  - [3] 赵小敏, 王人潮. 城市合理用地规模的系统分析[J]. 地理学与国土研究, 1997(1): 18-21.
  - [4] 陈国建, 刁承泰, 黄明星. 重庆市区城市建设用地预测研究[J]. 长江流域资源与环境, 2002(5): 403-408.
  - [5] 钱文荣, 葛雄灿, 姜炳三. 农村土地利用规划的预测方法研究[J]. 浙江统计, 1997(2): 28-30.
  - [6] 王万茂. 土地利用规划学[M]. 北京: 中国大地出版社, 2000.
  - [7] 邓聚龙. 灰色系统理论教程[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1991.
  - [8] 刘恩峰. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 2000.
  - [9] 欧海若. 土地利用规划模式选择与模型应用研究[M]. 北京: 中国大地出版社, 2002.
- ~~~~~
- (上接第 55 页)
- 水库, 还可在重点地段修筑防潮堤坝, 以阻挡海水沿河道追溯南侵, 缩小海水入侵范围; 盐田不应分布在靠近南侧的低咸水区, 而应集中在卤水区的中部, 这样, 通过加大卤水的开采量, 可降低地下卤水的水位, 并使南北两侧的地下卤水向中部汇集。
- 参考文献:
- [1] 杨述河, 闫海利, 郭丽英等. 北方农牧交错带土地利用变化及其生态环境效应: 以陕北榆林市为例[J]. 地理科学进展, 2004, 23(6): 49-55.
  - [2] 昌邑市水利局. 二十一世纪初期昌邑市水资源可持续利用规划[Z]. 2001.
  - [3] 辛良杰, 张祖陆. 海水入侵对生态影响及恢复措施研究: 以山东昌邑市为例[J]. 可持续发展, 2003(12): 44-45.
  - [4] 孟宝, 张勃, 张华. 黑河中游张掖市土地利用/覆盖变化的水文水资源效应分析[J]. 干旱区资源与环境, 2006, 20(3): 94-99.
  - [5] 潍坊市水资源规划管理处. 潍坊市水资源保护规划[Z]. 2005.
  - [6] 山东省地质矿产局第二水文地质工程地质大队. 山东省莱州湾南岸潍河下游地区海(咸)水入侵勘察报告[R]. 1993.
  - [7] 刘恩峰, 张祖陆, 沈吉. 莱州湾南岸潍河下游地区咸水入侵灾害成因及特征[J]. 地球科学与环境学报, 2004, 26(3): 78-87.
  - [8] Bernd Klocking. Development and allocation of land-use scenarios in agriculture for hydrological impact studies [J]. Physics and Chemistry of the Earth, 2003, 28: 1311-1321.