

# 城市边缘区耕地变化的发展预测分析研究<sup>\*</sup>

张新长<sup>1,2</sup>, 杨大勇<sup>1</sup>, 潘 琼<sup>3</sup>, 赵玲玲<sup>1</sup>, 卢秉武<sup>1</sup>

(1. 中山大学城市与资源规划系, 广东 广州 510275;

2. 武汉大学资源与环境科学学院, 湖北 武汉 430070;

3. 广东省地图出版社, 广东 广州 510075))

**摘 要:** 以广州市海珠区为试验研究区, 采用灰色预测模型和基于时间序列的最小二乘法模型预测。运用定性定量相结合的方法来研究所选定区域的土地利用变化情况, 包括土地利用现状特点、土地利用变化特征(变化范围和变化量)、变化过程, 从而预测未来土地利用的动向。通过对一特定区域的土地利用变化研究, 为城市土地利用的研究提供一种有效的方法, 并为城市土地利用规划、城市规划及土地管理部门等提出合理性、科学性建议, 对实际工作有其指导意义。

**关键词:** 城市土地利用, 灰色预测模型, 最小二乘法预测

**中图分类号:** P28 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2002) 03-0104-05

## 1 研究意义

土地问题是当今世界令人瞩目的重大社会经济问题, 人口和经济发展均与土地之间存在着密不可分的关系。城市经济的发展, 使社会对城市土地的需求日益加强, 在城市这样一个人口集中, 工商业活动频繁的特殊地域, 土地的合理使用尤其显得重要。

一般来说, 随着城市人口的增加和城市经济的发展, 必然大大增加对土地的需要量。在中国一些经济发达的地区, 城市化进程的加快, 城市发展过程中城市地域向外不断延伸, 再加上缺乏有效的管理和规划, 使得人地关系日益紧张, 已经引起人们对未来的土地利用及其保证程度的非常关注。为了有效地解决人地比例的紧张状况, 就土地方面而言, 应在不断提高土地利用率和土地生产力的同时, 加强对土地资源的科学管理。这就要求在进行土地规划时, 弄清楚工业、商业、住宅用地面积将会扩大到什么规模, 城市发展过程中, 城乡结合部农业用地将会减少到什么样的限度, 使规划设想建立在较为可靠的空间数据上。为此, 必须对城市用地未来的变化趋势进行预先估计和推测。

为了加强对城市土地资源的科学管理, 必须开展土地利用变化预测研究, 把现状管理和预测有机结合起来, 抓好当前土地资源管理工作来影响、控制以及改变未来的土地利用。预测分析可以采用多

种模型, 对比分析预测结果, 选择最适合的预测模型, 使预测更加接近实际发展情况。

## 2 发展预测分析方法

本文采用两种模型进行趋势预测。一是灰色预测模型, 二是基于时间序列的最小二乘法预测。

### 2.1 灰色预测模型

土地利用系统本质上是一个灰色系统, 既包含确定因素, 又包含不确定因素, 是一个内部机制复杂、不明确的系统。因此, 采用灰色系统理论为基础的灰色预测模型来预测土地利用系统是可行的。在此主要采用灰色预测法中的数列预测。模型的建立依照如下步骤:

2.1.1 定累加生成数列 原始数列为  $x^{(0)}(1), x^{(0)}(2), \dots, x^{(0)}(M)$ 。在原始数据序列基础上, 进行累加生成 AGO (accumulated generating operation), 得到近似于指数函数的累加生成数列,  $x^{(1)}(t) = \sum_{i=1}^t x^{(0)}(i)$ 。

(1) 对累加生成序列建模, 对于新序列, 其变化趋势可用如下微分方程描述:

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

求估计参数  $a, u$ ,  $\begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T Y_M$ 。

其中,  $Y_M = x^{(0)}(2), x^{(0)}(3), \dots, x^{(0)}(M)^T$   
B 为构造数据矩阵:

<sup>\*</sup> 收稿日期: 2001-09-21

作者简介: 张新长 (1957-), 男, 武汉大学在职博士, 副教授; E-mail: eeszc@zsu.edu.cn

$$B = \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} [x^{(1)}(1) + x^{(1)}(2)] & 1 \\ -\frac{1}{2} [x^{(1)}(2) + x^{(1)}(3)] & 1 \\ \dots & \dots \\ -\frac{1}{2} [x^{(1)}(M-1) + x^{(1)}(M)] & 1 \end{bmatrix}$$

(2)

(2) 得到模型

$$x^{(1)}(t+1) = x^{(0)}(1) - \frac{u}{a} \exp(-at) + \frac{u}{a} \quad (3)$$

上式是数列预测的基础公式，由上式对一次累加生成数列的预测值  $\hat{x}^{(1)}(t)$  求得原始数的还原值：

$$\hat{x}^{(0)}(t) = \hat{x}^{(1)}(t) - \hat{x}^{(1)}(t-1), t = 1, 2, \dots, M$$

(3) 进行精度检验

残差值  $\hat{x}^{(0)}(t)$  和相对误差值  $q(t)$  如下：

$$\begin{aligned} \hat{x}^{(0)}(t) &= x^{(0)}(t) - \hat{x}^{(0)}(t) \\ q(t) &= \frac{\hat{x}^{(0)}(t)}{x^{(0)}(t)} \times 100\% \end{aligned} \quad (4)$$

方差比  $c = s_2/s_1$ ，小误差概率为

$$p = \frac{\hat{x}^{(0)}(t) - \bar{x}^{(0)}}{s_1} < 0.6745s_1 \text{。其中，}$$

$$\bar{x}^{(0)} = \frac{1}{M} \sum_{t=1}^M x^{(0)}(t)$$

$$\text{推导出 } s_1^2 = \frac{1}{M} \sum_{t=1}^M x^{(0)}(t) - \bar{x}^{(0)2}$$

$$\bar{x}^{(0)} = \frac{1}{M} \sum_{t=1}^M x^{(0)}(t)$$

$$\text{推导出 } s_2^2 = \frac{1}{M} \sum_{t=1}^M \hat{x}^{(0)}(t) - \bar{\hat{x}}^{(0)2}$$

$c, p$  的等级标准，见表 1。如果  $p$  和  $c$  都在允许范围之内，则可进行预测。否则，要对预测模型进行修正。

表 1 灰色预测精度检验等级标准

Tab. 1 Test grades of grey forecasting precision

检验指标	等级			
	好	合格	勉强	不合格
$p$	>0.95	>0.80	>0.70	0.70
$c$	<0.35	<0.5	<0.65	0.65

2.1.2 最小二乘法模型 最小二乘法是分析长期趋势较常用的方法，其原理是设趋势变化为时间  $t$  的函数即  $y = x(t)$ 。这条趋势线表示时间序列的基本变动方向，通常以简单的数学模型来表示。土地面积是一个时间上的序列值。因此可用最小二乘法计算其变化趋势直线。假设根据历年统计数据耕地面积表明，逐年增减量大致相同，其发展趋势呈直线型。在这种情况下，可设法找出一条最合适的

直线： $Y = a + bx_i$ ；  
式中， $Y$  为用地面积，即为时间序列的因变量； $x_i$  为时间，即为时间序列的某年份值； $a, b$  为模型中的参数， $a$  代表  $x_i = 0$  时，该年土地预测值。 $b$  代表当  $x_i$  变动 1 时， $Y$  的增减值。用最小二乘法来计算。

对应每一  $x_i$  的值，可以根据上式求出  $Y_i = a + bx_i$ ，但实际的值  $Y_i$  并不等于  $Y_i$ ，因而有一定的误差： $\epsilon_i = Y_i - Y_i$ 。所谓最合适是指误差的平方和为  $Q$  为最小，即按最小二乘法的原则有：

$$Q = \sum_{i=1}^n \epsilon_i^2 = \sum_{i=1}^n (Y_i - Y_i)^2 = \sum_{i=1}^n [Y_i - (a + bx_i)]^2 = \min \quad (5)$$

根据数学分析中求函数极值的原理，要使误差平方和  $Q$  达到最小，其必要条件是它对  $a$  和  $b$  的一阶偏导数等于零，这样得到的回归系数  $a, b$  所表示的直线方程，就是对观察值直线方程的最佳拟合。

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial a} &= -2 \sum_{i=1}^n (y_i - a - bx_i) = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial b} &= -2 \sum_{i=1}^n x_i (y_i - a - bx_i) = 0 \end{aligned} \quad (6)$$

解此方程组得到：

$$y = Na + b \sum x_i \quad (7)$$

$$xy = a \sum x_i + b \sum x_i^2 \quad (8)$$

由此可推导出

$$\begin{aligned} a &= \frac{y \cdot N - \sum y \cdot \sum x}{N \cdot N} \\ b &= \frac{xy \cdot N - \sum y \cdot \sum x}{\sum x^2 \cdot N - (\sum x)^2} \end{aligned} \quad (9)$$

其中， $y$  为各年实际用地面积数； $x$  为年份值； $N$  为时间序列的项数（年份）。

数值可以分别从序列的实际值中求得。再把求得的数值带入上列标准方程式，就可以求出  $a$  和  $b$  两个参数，即能建立直线模型为：

$$Y = a + bx$$

式中， $Y$  为预测值； $x$  为预测年份值。

实际应用是将预测年份值代入模型，即可直接预测某年用地面积。

3 应用示例

本文以广州市海珠区为实验区域，采用上述两种模型研究该区域的土地利用变化情况。海珠区的地域包括海珠本岛和东面的官洲岛、南面的丫髻沙 3 个四面环水的绿洲。全区面积 90.4 km<sup>2</sup>，是一个

相对较新、发展较快的城市区域。与广州市其它几个区比较,海珠区实际处于城乡结合部,区内的农用地相对来说在全区的土地面积中所占比重更大一些,在区域经济的不断发展和城市化的进程中,该区域的土地利用变化频繁,研究其土地利用的时间序列分布及动态变化、未来发展趋势,具有良好的实验效果。由于该区域是一个完整的实体,具有城市土地利用的一般特征,并在城市土地利用中有一定的代表性。所以预测采用的数据和结果对于研究中国大都市的土地动态变化更具有实际参考价值。

### 3.1 灰色预测模型预测结果

前面已经提到土地利用过程中,导致用地变化的既有确定因素,如为响应城市规划的要求,政府对耕地的征用;又有不确定因素,如因为自然条件变化或工业污染导致的土地流失。考虑到海珠区的实际情况,本文灰色预测模型研究的实例采用该区的耕地面积为原始数据序列。因为相对其它土地利用类型来说,耕地的变化在城市发展过程中是比较明显的。在查阅该区历年土地利用相关数据后,发现 1986 年前的几年内,土地利用的变化不是很大,80 年代中期开始,该区的发展步伐加快,土地变化尤其是耕地变化比较明显。所以采用 1986 - 1999 年的耕地面积为研究原始数据。因为,对于中国来说,大多数城市的快速发展以及大规模的城市改造几乎均从 80 年代中后期开始,所以采用这一时期的数据对于本次研究更具推广意义。

选择 1986 - 1999 年的实际值耕地面积 (表 2) 为原始数据序列,对其进行累加生成 AGO 并建模进而得到预测的基础公式为:

$$x^{(1)}(t+1) = -430\,314.175\,47e^{-0.058\,77t} + 452\,311.175\,47$$

上式的精确度检验值为:方差比  $c = 0.332\,47$ ; 小误差概率  $p = 1$ 。对照灰色预测精度检验等级标准 (表 1),得知预测效果为好。

### 3.2 最小二乘法预测结果

选择 1986 - 1999 年的耕地面积作为时间序列值。

(1) 根据上述最小二乘法预测原理,将表 2 的数据代入公式计算得到趋势直线为:

$$Y = 17\,962.39 - 1\,014.31x$$

根据这条趋势直线模型,1999 年的该区耕地面积进行估计后结果为 11 369.38。预测模型  $Y = 17\,962.39 - 1\,014.31x$  的含义是:

$a = 17\,962.39$  意味着当  $x = 0$  即不考虑历年增减情况时,用地面积为  $17\,962.39\text{ hm}^2$ ; 在估计用地面积是随时间变化时,它是一个不变的常数;

$b = -1\,014.31$  表示了与  $Y$  与  $x$  的比例关系,即每一年平均减少的耕地面积。在所规定的预

测范围内,它也是一个不变的常数;

$Y = 11\,369.38$  是在假设过去增减趋势能代表未来的条件下预测出来的。未来决不可能是过去和现在的简单重复。这就要求我们不仅对统计数据进行去伪存真的事前整理,对已作出的预测进行置信范围的探讨,而且在决策时要对统计数据的历史背景和现状进行分析;在执行时,要考虑实现预测的具体条件。

(2) 显著性检验。在直线模型选定以后,应当检验 2 个变量 ( $x, y$ ) 之间是否存在数量上的相互依存关系即相关关系及其密切程度,即进行模型的显著性检验。

首先计算相关系数,其公式为:

$$r = \frac{(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{(x - \bar{x})^2 (y - \bar{y})^2} \quad (10)$$

其中,  $\bar{x}$  是  $x$  的平均值 ( $\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x$ );  $\bar{y}$  是  $y$  的平均值 ( $\bar{y} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y$ )。

根据表 2 实际值耕地面积数据计算相关系数得到  $r = \frac{230\,504.35}{15.1 \times 16\,337.041} = 0.934$

查相关系数检验表已知  $N = 14, N - 2 = 12$ 。于是查得当  $\alpha = 0.05$  时,  $r$  的临界值为 0.532,即  $r_{0.05} = 0.532$ ; 当  $\alpha = 0.01$  时,  $r$  的临界值为 0.661,即  $r_{0.01} = 0.661$ 。比较  $r$  的计算值和查表所得临界值的大小,可知相关系数  $r$  的计算值  $r = 0.934$  大于  $r_{0.05} = 0.532$  和  $r_{0.01} = 0.661$ 。这说明所建立的直线模型  $Y = 17\,962.39 - 1\,014.31X$  是高度显著的,具有实际应用价值。

## 4 分析结论

对比两种预测分析的结果,可以看到不同的预测方法得出的结果有所不同 (为了方便比较,将灰色预测模型的预测称为预测 1,最小二乘法预测称为预测 2)。预测结果数据见表 2,趋势变化见图 1。预测 1 与预测 2 虽然都是采用耕地面积作为预测的原始数据,而且两种预测的总体趋势都是耕地面积逐年减少,但仔细分析预测结果,可以发现两种预测趋势在不同的时间段内是不一样的,甚至差异较大。

在本文的实例预测中,采用 1986 - 1999 年的耕地面积数据,并预测了 1986 - 2010 年的耕地面积,因为 1986 - 1999 年的实际数据可以得到,所以可参照这 14 a 的实际数据来比较两种预测方法的预测结果。由表 2 可看出:1986 - 1988 年内,

表 2 耕地面积的实际值与预测值对比

Tab. 2 Comparison of predicted and actual cultivated acreages					hm <sup>2</sup>
年份	实际面积	预测 1 值	预测 2 值	残差 1	残差 2
1986	22 997.00	22 997.00	24 555.41	0	1 558.41
1987	22 544.00	22 971.60	23 541.10	- 427.60	997.10
1988	22 034.00	21 668.52	22 526.79	365.48	492.79
1989	21 673.00	20 439.37	21 512.48	1 233.63	- 160.53
1990	21 500.00	19 279.93	20 498.17	2 220.07	- 1 001.84
1991	21 000.00	18 186.27	19 483.86	2 813.73	- 1 516.15
1992	19 770.00	17 154.65	18 469.55	2 615.35	- 1 300.46
1993	18 610.10	16 181.54	17 455.24	2 428.58	- 1 154.87
1994	18 564.30	15 263.64	16 440.93	3 300.66	- 2 123.38
1995	14 026.50	14 397.80	15 426.62	- 371.30	1 400.12
1996	13 089.00	13 581.08	14 412.31	- 492.08	1 323.31
1997	12 332.00	12 810.69	13 398.00	- 478.69	1 066.00
1998	12 332.00	12 084.00	12 383.69	248.01	51.69
1999	11 001.60	11 398.53	11 369.38	- 396.93	367.78

预测 1 的结果更接近实际情况；而在 1989 - 1994 年这 6 年内预测 2 的结果又好于预测 1 而更接近于实际值；在 1995 - 1999 年时间段内预测 1 的准确度高一些。2000 年以后的时间段两种预测结果分异较大，2000 年后预测 1 递减的速度明显比预测 2 要快。1999 年前两种预测的残差值趋势见图 2，预测值增加或减少趋势正好是相反的。

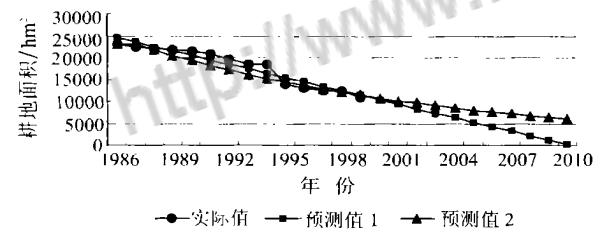


图 1 耕地面积实际值与预测趋势

Fig. 1 Trend of actual and forecasted cultivated acreage

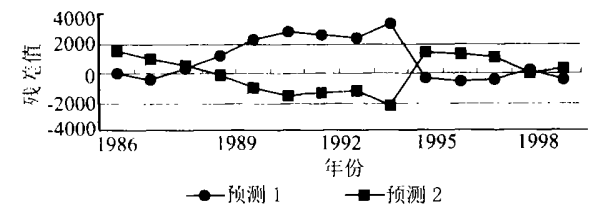


图 2 预测 1 与预测 2 残差值的比较

Fig. 2 Error values of forecast and forecast

从预测 1 的结果可以看出，耕地减少的非常迅速，20 多年的时间由 1 300 多  $\text{hm}^2$  下降到 13

$\text{hm}^2$ ，这种情况是很惊人的，但并非不可能发生，这要看当地的经济发展、城市化进程和相应地政策。如此的预测趋势可能对应这样一种政策控制水平，政策上放宽，控制力度较小，随着经济的进一步发展，耕地被大量的占用。海珠区作为城区来讲，随着城市化的进程，建成区将越来越大，耕地被大量占用是必然的趋势，在全国范围来看，比如深圳，从当初的一个小渔村在 10 多年的时间内发展成如今的现代化城市，土地利用的变化大致就经历了这样一个过程。因此用此方法预测类似的地区是有可行性的。预测 2 的趋势较缓和，与之相对应的情况是，政策控制得当，部分耕地被有效保护，经济发展对耕地占用得以控制，但并不影响经济的发展。因为城市的发展不是一定要以牺牲耕地为代价的，城市的发展水平也不是单纯的以占地面积的大小来衡量。对于中国这样一个人口众多的城市来说，保护耕地就更为重要，如何既能尽量小的占用土地而又保持城市的快速发展是当今城市发展面临的一个很大问题。改革开放后，中国有些城市的发展是以耕地的迅速减少为代价的，当前中国的土地政策要求尽可能保护耕地，而且很多城市在经过当年开发区如雨后春笋，遍地开花的激进发展状态后，也逐渐的进入一个相对冷静的发展时期。可以预见，今后城市发展将更着重于功能和内部结构的合理配置，大规模占用耕地扩大城市规模的现象不会再次出现。针对这样一种发展态势，采用预测 2 的方法并结合相关因素应能够得出令人满意的结果。

本文采用的两种预测模型得出的数据相差较大，但不能武断的说孰优孰劣，土地利用变化是一

个长期的动态的过程, 影响因素很多, 而且预测是一种前瞻性的工作, 结果往往与实际情况存在一定的偏差。作为研究未来发展趋势的一种科学手段, 预测虽然有一定的局限性, 但只要综合考虑各种相关因素, 比如土地利用变化的预测中, 结合规划类型 (短期、中期、长期)、发展目标、经济状况等因素。选择合适的数学模型, 是可以得到令人满意的预测结果的。

#### 参考文献:

- [1] 宋兆鸿, 张志文. 土地利用系统工程[M]. 广州: 广东省地图出版社, 1993: 210 - 240.
- [2] 郑兴年, 胡包新. 大城市边缘区土地利用动态遥感实验研究—以北京市朝阳区为例[J]. 地理科学, 1995, 15 (1): 47 - 51.
- [3] 张新长, 张克权. 用多元回归分析方法建立山区主要农作物发展预测数学模型[J]. 中山大学学报(自然科学版), 1994, 33(增刊): 75 - 81.
- [4] 陈佑启. 城乡交错带土地利用模式探讨[J]. 中国土地科学, 1997, 11(4): 32 - 36.
- [5] 王茂林. 城市改革与发展探索[M]. 太原: 山西人民出版社, 1988: 105 - 120.
- [6] 朱铁臻. 城市发展研究[M]. 北京: 中国统计出版社, 1996: 59 - 76.

## Study on Developing and Predicting Analysis of Cultivated Land in Urban Edge Districts

ZHANG Xin-chang<sup>1,2</sup>, YANG Da-yong<sup>1</sup>, PAN Qiong<sup>3</sup>, ZHAO Ling-ling<sup>1</sup>, LU Bing-wu<sup>1</sup>

(1. Department of Urban and Resources Planning,

Sun Yat-Sen (Zhongshan) University, Guangzhou 510275, China;

2. College of Resource and Environment Science, Wuhan University, Wuhan 430070, China;

3. Map Press of Guangdong Province, Guangzhou 510075, China)

**Abstract:** The trend of land use in Haizhu District of Guangzhou City is predicted with grey model and least square model. Quantitative and qualitative methods are used to analyse the situation of the landuse change of the area. The methods developed in this study could be useful for urban land use management.

**Key words:** urban landuse; grey model; least square model

论文发表、论文降重、论文润色请扫码



免费论文查重，传递门 >> <http://free.paperyy.com>

阅读此文的还阅读了：

- [1. 我国中高档轿车市场需求结构和发展前景分析](#)
- [2. 浅析计算机技术在军队领域的应用](#)
- [3. 简易时间序列季节周期回归模型预测临床用血量](#)
- [4. 我国城市现代服务业发展对策研究](#)
- [5. 金融危机下的中国染料工业发展回顾与展望](#)
- [6. 内地二线城市发展干粉砂浆项目可行性分析报告](#)
- [7. “十五”农村水电发展分析与“十一五”发展预测](#)
- [8. 城市边缘区初探——以武汉市为例](#)
- [9. 黔东南州近半个世纪夏季干旱气候变化分析及预测方法](#)
- [10. 城市边缘区安置居民生活状况变迁的调查分析](#)
- [11. 城市燃气调峰负荷预测软件的研究与开发](#)
- [12. 城市交通规划探析](#)
- [13. 中国钢铁工业现状和发展动向](#)
- [14. 城市的觉醒 记二十五年前中国城市大发展前夜的一场辩证唯物主义思想研讨城市发展的](#)
- [15. 汽车用非金属材料现状与需求预测](#)