

基于 Excel 的灰色预测模型在土地利用规划中的应用

严明, 廖铁军 (西南大学资源环境学院, 重庆 400716)

摘要 结合正在进行的乐山市新一轮土地利用规划修编的部分基础资料, 论述了在土地利用规划的相关数据预测过程中, 基于 Excel 的灰色预测模型的建立过程以及利用 Excel 计算并求解的具体方法。经证明, 基于 Excel 的灰色预测模型, 具有操作方法简便易行、精确度高的优点, 有较大的推广应用价值。

关键词 土地利用规划; 灰色预测; GM(1,1); Excel

中图分类号 S11+7 文献标识码 A 文章编号 0517-6611(2007)12-03627-02

Application of Grey Predicted Model Based on the Excel in Land Use Planning

YAN Ming et al (College of Resource and Environment, Southwest University, Chongqing 400716)

Abstract Grey system theory has offered a new way and method in the prediction of basic data of the land use planning. On the basis of the basic data of newly general land use planning in Leshan city of Sichuan, a grey GM(1,1) predicted model based on the Excel was established. And it proved the model was not only easy in calculation but also reliable in results to employ Excel, and it was worth widely being applied.

Key words Land use planning; Grey predicted model; GM(1,1); Excel

基于灰色系统的灰色预测模型, 对自然、社会、经济预测具有重要的意义^[1-2]。灰色预测模型 GM(1,1) 是以时间序列性资料为基础, 通过对无规律的原始数列进行转换、建立有规律的生成数列的回归方程, 并应用该方程对事物的动态发展趋势进行预测的一种较为常见的分析方法^[1-3]。GM(1,1) 模型是 GM 模型中的一种, 数学上它是根据最小二乘法原理求解单一变量的一阶微分方程的过程, 虽然它具有思路简单、数据单纯、运算简便等特点, 但是在具体运用中, 若用手工或借助计算机完成, 工作量还是相当大的, 并且易出差错^[4]。目前随着计算机的普及, 完全可以根据需要建立基于 Excel 灰色预测模型, 来完成 GM(1,1) 模型的预测。笔者以正在进行的乐山市新一轮规划修编中的相关基础资料为例, 介绍用 Excel 来实现 GM(1,1) 模型的预测方法。

1 材料与方 法

1.1 数据资料来源 在土地利用规划中需预测的内容很多, 主要有: 人口预测、耕地供需预测(包括消费水平、粮食单产及总产、复种指数等)、建设用地预测(包括城市化水平、国民生产总值、固定资产投资以及土地利用开发等)等。笔者以人口预测为例, 并以总人口这项指标进行分析。因为人口预测在土地规划中占有极其重要的地位, 而且人口的发展变化具有较强的规律性, 而总人口受外界因素及政策的影响较其他人口因素(如城镇人口、非农业人口等)的影响小^[5]。

鉴于此, 采用的原始资料为正在进行的乐山市新一轮土地利用总体规划修编中的总人口资料, 具体来源于《乐山市土地利用总体规划》(1997~2010年)及《乐山市统计年鉴》。

1.2 灰色数列模型 GM(1,1) 的建立 设原始数据排成时间数列 $X_t (t=0, 1, \dots, n)$, 其中 X_t 表示第 t 时刻的原始数据。

1.2.1 累加生成。 对原始数据按(1)式进行相应的一次累加, 生成数据 Y_t 。

$$Y_t = \sum_{i=1}^t X_i \quad (t=0, 1, \dots, n) \quad (1)$$

1.2.2 均值生成。 对累加生成的数据 Y_t 按式(2)作移动

平均数生成 Z_t 。

$$Z_t = (Y_t + Y_{t-1}) / 2 \quad (t=0, 1, \dots, n) \quad (2)$$

1.2.3 建立模型 GM(1,1)。 Y_t 的一阶线性微分方程为:

$$dY_t/dt + Y_t = \mu \quad (3)$$

式(3)即为 GM(1,1) 模型, 其中 μ 为待定系数。

按微分方程的求解方法得到:

$$Y_t = (X_0 - \mu/\lambda) e^{-\lambda t} + \mu/\lambda \quad (t=0, 1, \dots, n) \quad (4)$$

式中, X_0 为初始时刻的原始数据。根据最小二乘法估计参数得:

$$\mu = \frac{(\sum_{t=1}^n Z_t^2)(\sum_{t=1}^n X_t) - (\sum_{t=1}^n Z_t)(\sum_{t=1}^n X_t Z_t)}{n(\sum_{t=1}^n Z_t^2) - (\sum_{t=1}^n Z_t)^2} \quad (5)$$

$$= \frac{(\sum_{t=1}^n X_t)(\sum_{t=1}^n Z_t) - n(\sum_{t=1}^n X_t Z_t)}{n(\sum_{t=1}^n Z_t^2) - (\sum_{t=1}^n Z_t)^2} \quad (6)$$

其中, 令

$$D = n \sum_{t=1}^n Z_t^2 - (\sum_{t=1}^n Z_t)^2 \quad (7)$$

1.2.4 求预测值。

$$X_t = Y_t - Y_{t-1} \quad (t=0, 1, \dots, n) \quad (8)$$

因灰色数列模型是生成数列模型, 对累加生成数据必须经过逆生成——累减还原后才能使用, 即 GM(1,1) 模型计算所得结果是预测值的累加和, 故预测值由上式计算可得。

1.2.5 计算后验差比值 C 和小误差概率 P。 计算残差及 \bar{X} 的样本总体的标准偏差 S_1 。

$$= X_t - \bar{X}_t \quad (t=0, 1, \dots, n) \quad (9)$$

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}{n}} \quad (\bar{X} = \frac{\sum_{t=1}^n X_t}{n}) \quad (10)$$

计算实际数 $X_t (1, 2, \dots, n)$ 的样本总体的标准偏差 S_2 。

$$S_2 = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (X_t - \bar{X})^2}{n}} \quad (\bar{X} = \frac{\sum_{t=1}^n X_t}{n}) \quad (11)$$

计算 C 值(C 值是进行预测精确度检验的统计量)。

$$C = S_1 / S_2$$

计算 P 值。

$$P = P \left\{ |X_t - \bar{X}| < 0.6745 S_1 = k/n \right.$$

其中 k 为 $|X_t - \bar{X}| < 0.6745 S_1$ 的总例数。

基金项目 乐山市土地利用总体规划修编项目。

作者简介 严明(1979-), 男, 四川荣县人, 硕士研究生, 研究方向: 土地利用规划与土地资源管理。

收稿日期 2006-12-28

1.2.6 外推预测。根据上面 C、P 值的计算结果,按表1 的方法进行预测精度的等级判定,若预测精度的等级达到一定的要求,则可按式(4)、(8)进行外推预测。

表1 预测精度等级判定

| 预测精度等级 | P | C |
|--------|--------|--------|
| 好 | > 0.95 | < 0.35 |
| 合格 | > 0.80 | < 0.50 |
| 勉强 | > 0.70 | < 0.65 |
| 不合格 | 0.70 | 0.65 |

1.3 基于 Excel 的灰色预测的建立

1.3.1 打开 Excel, 建立新文件, 调整电子表格的结构。

1.3.2 输入原始数据。将年份、时间序列 $t(t=1, 2, \dots, n)$ 、1989~2004 年的乐山市历年总人口数 X_t (表2) 分别输入 Excel 新文件中的(A)、(B)、(C)3 列。

1.3.3 编程。

(1) 计算累加生成 $Y_t(t=0, 1, \dots, n)$ 、均值生成 Z_t 以及 Z_t^2 和 $Z_t X_t(t=1, 2, \dots, n)$ 。步骤:先输入 D2=C2, D3=D2+C3, E3=1/2*(D2+D3), F3=POEWR(E3,2), G3=E3*C3, 然后同时选中 D3、E3、F3、G3, 将其内容下拉至 D17、E17、F17、G17(即已知年份对应的行)。

(2) 计算 X_t 、 Z_t 、 Z_t^2 和 $Z_t X_t$ 。

步骤:输入 C18=SUM(C3:C17), E18=SUM(E3:E17), F18=SUM(F3:F17), G18=SUM(G3:G17)。

(3) 按公式(7)、(5)、(6)分别计算 D、 μ 。步骤:D23=ROUND((B17*F18-POWER(E18,2)),4), E23=ROUND((C18*E18-B17*G18)/D23,4), F23=ROUND((F18*C18-E18*G18)/D23,4)。

(4) 按公式(4)、(8)计算 γ_t 和 X_t 。步骤:先输入 H2=D2, HB=ROUND((C2-F23/E23)*EXP(-E23*B3)+F23/E23,0), I3=HB-H2, 然后选中 HB、I3, 再将其内容下拉至 33 行(H4:I33 内容需要调整而得)。

(5) 计算实际值与预测值的残差 I_t 和残差均数 \bar{I} 以及残差样本总体标准差 S_1 。步骤:输入 J3=C3-I3, 并且将 J3 内容下拉至 J17。再输入 J19=ROUND(AVERAGE(J3:J17),4), J21=ROUND(STDEVP(J3:J17),4)。

(6) 计算已知年份中非初始年份的实际数的样本总体标准差 S_2 和后验差比值 C。步骤:输入 C24=ROUND(STDEVP(C3:C17),4), J24=ROUND(J21/C24,2)。

(7) 计算 $|I_t - \bar{I}|$ 和 $0.6745S_2$ 。步骤:输入 K3=ROUND(ABS(J3-J19),2), J26=ROUND(0.6745*C24,2), 再将 K4 的内容下拉至 K17, 这里 K4:K17 需要适当调整。

(8) 计算 K、 K 和相对误差 r 。步骤:L3=IF(K3<J26,1,0), MB=(I3-C3)/I3, 再分别下拉至 L17、M7(L4:L17 需要适当调整); L18=SUM(L3:L17)。

(9) 计算小误差概率 P。

最后,将所求得的 C、P 值与表1 中的精度等级相对照。

以上为基于 Excel 的 GM(1,1) 的建立过程。

2 结果与分析

由表2 可以看出,乐山市总人口呈逐年平稳上升的趋势,预测值与实测值之间的相对误差较小,参照表1,后验差比值 $C=0.29$, 小于 0.35 , 最小误差概率 $P>0.95$, 预测精度高,即模型预测效果满意,可按 $X_t = \gamma_t - \gamma_{t-1}(t=1, 2, \dots, n)$ 进行外推预测。由此预测出到 2010 和 2020 年乐山市总人口将平稳上升到 356.89 万和 368.87 万人。

表2 1989~2004 年乐山市人口变化情况

| 年份 | 人口(X_t) 人 | 年份 | 人口(X_t) 人 |
|------|---------------|------|---------------|
| 1989 | 3 291 863 | 1997 | 3 433 497 |
| 1990 | 3 312 607 | 1998 | 3 444 721 |
| 1991 | 3 335 232 | 1999 | 3 451 246 |
| 1992 | 3 354 766 | 2000 | 3 458 957 |
| 1993 | 3 377 262 | 2001 | 3 464 590 |
| 1994 | 3 399 904 | 2002 | 3 468 570 |
| 1995 | 3 412 986 | 2003 | 3 472 431 |
| 1996 | 3 424 384 | 2004 | 3 476 729 |

由表3 可知,与一元线性回归方法相比,基于 Excel 的灰色预测模型 GM(1,1) 相对误差很小;同时与乐山市土地利用总体规划中依据乐山市情提出的人口预测数据也比较接近。因而利用基于 Excel 的灰色预测模型 GM(1,1) 进行分析预测,不仅能够反映客观实际,而且精度较高。

表3 与一元线性回归人口预测方法比较

| 序号 | 预测方法 | 总人口预测 万人 | | 检验分析 |
|----|---------|----------|--------|------------------|
| | | 2010 年 | 2020 年 | |
| 1 | GM(1,1) | 356.89 | 368.87 | $C=0.29; P=1.00$ |
| 2 | 一元线性回归 | 354.70 | 375.40 | $R^2=0.9758$ |

3 讨论

结合正在进行的乐山市新一轮土地利用总体规划修编的实例,依据其中的总人口这一基础资料,在介绍 GM(1,1) 模型的数学原理及其 Excel 操作方法的同时,通过 Excel 的编程,实现了 GM(1,1) 模型的预测计算,完成了基于 Excel 的 GM(1,1) 模型的预测评价。因此,应用 Excel 可以直接得到 GM(1,1) 模型的预测和评价的最终结果,具有操作方法简便易行、精确度高、结果准确可靠、实用性强的特点,具有一定的使用价值和实际意义。

参考文献

- [1] 邓聚龙. 灰色系统 社会·经济 [M]. 北京: 国防工业出版社, 1985.
- [2] 甘永萍, 周兴, 郑晓平. 耕地供需预测方法研究 [J]. 地域研究与开发, 2002, 21(4): 60-64.
- [3] 贾宏俊, 万荣荣. 灰色系统在耕地预测中的应用 [J]. 地域研究与开发, 2002, 21(4): 55-59.
- [4] 李秀央, 李振洪, 蔡雪霞. 用 EXCEL 实现灰色数列模型 GM(1,1) 的预测 [J]. 数理医药学杂志, 2000, 13(4): 296-297.
- [5] 汤江龙, 赵小敏. 土地利用规划中人口预测模型比较研究 [J]. 中国土地科学, 2005, 19(2): 14-20.
- [7] 王旭升. 公务员电脑表格处理培训教程 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2000: 54-102.
- [7] 汪爱勤, 鱼敏. 灰色预测方法在疾病预测中的应用 [J]. 中华流行病学杂志, 1988, 9(1): 49-51.
- [8] 张天良. GM 模型在预测人口出生率研究中的应用 [J]. 中国卫生统计, 2000, 17(2): 89-90.
- [9] 罗罡辉, 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.