

# 城市建设用地规模预测方法与应用研究\*

——以黑龙江省哈尔滨市为例

刘学伟, 宋 戈

(东北农业大学资源与环境学院, 黑龙江 哈尔滨 150030)

**摘要:**合理确定城市用地规模,是衡量城市理性发展的重要依据。将灰色关联度引入城市建设用地的预测中,通过对双因素理论模型进行改进,建立建设用地规模的预测模型,通过对哈尔滨市2010年以及2020年城市建设用地规模进行预测,得知哈尔滨市的建设用地规模将会急剧扩张,这样势必会占用宝贵的耕地。抑制用地规模急剧扩张的势头,应采取挖掘城市存量土地的潜力,注重城市内涵发展,正确处理保护耕地与城市发展的关系,在加强土地用途管制的同时增加规划控制的灵活性与弹性。

**关键词:**哈尔滨市;城市建设;用地规模;灰色关联度

中图分类号:F293.2

文献标识码:B

文章编号:1672-6995(2007)12-0028-04

## 1 问题的提出

合理确定城市用地规模,确保城市发展效率最大化的土地面积,是衡量城市理性发展的重要依据,也是土地利用总体规划修编的重要内容,城市的建设和发展要以一定的用地规模为基础,用地规模过小将会制约城市经济发展,直接影响城市功能的正常发挥,用地规模过大又会造成土地资源的浪费或者以牺牲过多的农地为代价,因此采取科学合理的方法预测城市建设用地规模至关重要。

哈尔滨市作为黑龙江省省会城市,是我国东北北部最大的中心城市和联系东北亚的国际性经贸城市。哈尔滨市作为哈大齐工业走廊“龙头”,经济总量占黑龙江省1/3以上,1996—2005年连续九年保持9%以上增幅,城市人口1996年以来增长了71.08万人。1996年到2005年城市建设用地规模由220平方公里增长到302.4平方公里,平均每年增加9平方公里,可见哈尔滨市的经济发展和区划调整和人口的快速增长所产生的用地规模的扩大已经是不争的事实,所以科学预测哈尔滨市用地规模,合理地控制哈尔滨市的城市用地规模迫在眉睫。本文将灰色系统理论中的关联度分析引入了城市建设用地的预测中,对影响建设用地规模的因素进行了系统综合的考虑,最终确定出影响建设用地规模的主要因素和次要因素。在此基础上提出了一种土地集约型利用的预测方法,这种方法试图突

破传统预测方法仅由单因素预测建设用地规模的局限性,从而为哈尔滨市新一轮土地利用总体规划的修编提供更加准确的科学依据,同时也为同类城市确定土地规模提供一种切实可行的方法和参考。

## 2 研究区域概况

哈尔滨市位于我国东北北部,黑龙江省的西南部,地处松嫩平原东部,三江平原西部,东南是张广才岭,东北是小兴安岭余脉。位于东经125°42′—130°10′,北纬44°04′—46°40′之间。本文所预测的哈尔滨市建设用地规模是包括道外区、道里区、南岗区、香坊区、松北区、平房区、呼兰区等7个行政区在内的城市建设用地。

2005年哈尔滨市城市建设用地302.40平方公里,人均建设用地面积为75.9平方米。1999年与1998年比哈尔滨市城市建设用地的规模明显减小(图1),这是由于大量的居民点用地转变为未利用地。2001年比2000年哈尔滨城市建设用地规模又有了一定规模的增加,这是因为哈尔滨市作为国家重要的工业基地,良好的工业基础和振兴东北等老工业基地政策的出台,加快了哈尔滨工业的发展,致使哈尔滨市的一些工业区向中心城区外围急剧扩张。2004年比2003年哈尔滨城市建设用地规模增加了67.91平方公里,这是因为哈尔滨市所辖县呼兰县撤县改区,因此哈尔滨市城市建设用地规模有了显著的扩大。

\* 基金项目:国家社科基金项目(07CJY025);中国博士后基金项目(20060391066);  
黑龙江省博士后基金项目(LBH-Q06096)。

作者简介:刘学伟(1982-),男,黑龙江省哈尔滨市人,东北农业大学在读硕士研究生,主要研究方向为土地利用。

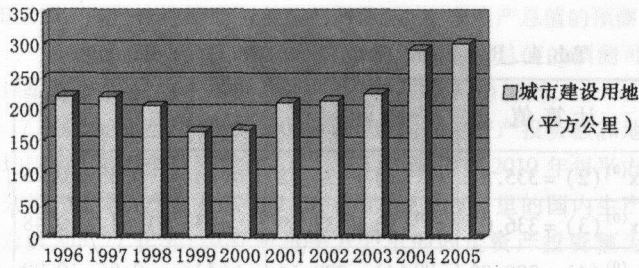


图1 1996-2005 哈尔滨市城市建设用地规模变化趋势图

Fig. 1 change tendency of urban constructed land scale, in Harbin, 1996 - 2005

3 预测指标的选取以及各因素与建设用地规模的灰色关联度分析

3.1 预测指标的选取

城市建设用地的变化是其多个影响因子综合作用的结果, 同样拉动哈尔滨市城市建设用地规模的因素绝不是单一的, 城市的建设用地规模与城市性质和城市职能紧密相关, 我们从哈尔滨市的城市性质和职能出发选取经济发展、城镇化和工业化、非农人口增长、环境影响等因素所对应的 10 个指标因子作为影响因素。具体为: 工业总产值(万元)、固定资产投资(亿元)、城镇储蓄余额(万元)、三产占国内生产总值比例(%)、国内生产总值(亿元)、全市非农人口(万人)、全市农业非农人口(万人)等。通过主成分分析得出非农人口、固定资产投资额、国内生产总值是影响哈尔滨市建设用地规模最重要的因素。见表 1。

表 1 哈尔滨市历年城市建设用地和各影响因素一览表

Tab. 1 urban constructed land scale and its influencing factors of past years, Harbin

年份	非农人口 (万人)	固定资产投资额 (亿元)	国内生产总值 (亿元)	城市建设用地 (平方公里)
1996	327.53	151.39	677.39	220.00
1997	334.72	159.48	746.20	220.00
1998	337.69	175.93	816.16	205.00
1999	299.14	202.48	883.29	165.00
2000	303.70	199.34	1002.73	167.00
2001	307.40	241.70	1120.11	211.00
2002	311.77	294.00	1232.12	213.84
2003	315.19	350.33	1414.80	225.09
2004	394.50	438.99	1680.50	293.00
2005	398.61	630.90	1830.40	302.40

数据来源: 相关年份的哈尔滨市统计年鉴、黑龙江省统计年鉴。

3.2 各因素与建设用地规模的灰色关联度分析

(1) 将哈尔滨市城市建设用地规模作为参考序列  $x_0(k)$ ,  $k=1, \dots, 10$ , 其他各因素作为比较序列  $x_i(k)$ ,  $i=1, 2, 3$ , 对各因素初值化处理, 得各标准化序列  $y_i(k)$ ,  $i=1, 2, 3; k=1, \dots, 10$ , 得到无量纲序列表 2。

表 2 各因素数据序列无量纲化

Tab. 2 sequence data of the factors undimensionalization

因素	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
城建设用地规模	1	1	0.9318	0.7500	0.7618	0.9591	0.9720	1.0231	1.3318	1.3745
非农人口	1	1.0219	1.0310	0.9133	0.9272	0.9385	0.9519	0.9623	1.2041	1.2170
固定资产投资额	1	1.0534	1.1621	1.3375	1.3168	1.5966	1.9421	2.3142	2.8998	4.1675
国内生产总值	1	1.1016	1.2049	1.3039	1.4803	1.6536	1.8189	2.0886	2.4808	2.7021

(2) 根据表 2 求出差

$$\Delta_{0i}(k) = |y_0(k) - y_i(k)|, \text{得序列:}$$

$$\Delta_{01} = (0, 0.0219, 0.0992, 0.1633, 0.1654, 0.0206, 0.0201, 0.0608, 0.1277, 0.1575)$$

$$\Delta_{02} = (0, 0.0534, 0.2303, 0.5875, 0.5550, 0.6375, 0.9701, 1.2911, 1.5680, 2.7930)$$

$$\Delta_{03} = (0, 0.1016, 0.2731, 0.5539, 0.7185, 0.6945, 0.8469, 1.0655, 1.1490, 1.3276)$$

(3) 求两极差:  $M = \max_i \max_k \Delta_i(k) = 2.7936$  ;

$$m = \min_i \min_k \Delta_i(k) = 0$$

(4) 求关联系数:

$$r_{0i}(k) = \frac{m + \epsilon M}{\Delta_i(k) + \epsilon M} \quad \epsilon \in (0, 1)$$

(5) 求得哈尔滨市非农人口、固定资产投资额、国内生产总值与城市建设用地规模的关联度大小分别为:

$$r_{01} = 0.945 \quad r_{02} = 0.684 \quad r_{03} = 0.706$$

本文以三个影响因素的关联度的大小作为依据分别计算出各自权重。计算公式如下:  $T_i$  为权重、 $r_i$  为各因素的关联度。

$$T_i = \frac{r_i}{\sum_3 r_i}$$

由此公式计算出各因素的影响权重分别为: 非农人口所占

权重  $T_1 = 0.405$ , 固定资产投资额所占权重  $T_2 = 0.293$ , 国内生产总值所占权重  $T_3 = 0.302$ 。

#### 4 预测模型的建立

本文建立的建设用地规模的预测模型是根据双因素理论模型进行改进而得到的,其建模的指导思想是以灰色关联度为基础,系统地分析了各影响因素与建设用地规模的主次关系,并根据关联度的大小分别计算出各因素的权重,根据非农人口、固定资产投资额和国内生产总值分别预测建设用地规模,对其赋以各自权重综合得出哈尔滨市的城市建设用地规模。所建模型如下:

$$S = T_1 S_1 + T_2 S_2 + T_3 S_3$$

其中: $S$ 为规划期城市建设用地面积(平方公里), $S_1$ 为规划期按非农人口规模预测的建设用地规模(平方公里), $S_2$ 为规划期按国内生产总值预测的建设用地规模(平方公里), $S_3$ 为规划期按固定资产投资预测的城镇建设用地面积(平方公里), $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 分别为 $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ 三者的权重。

#### 5 预测过程及预测结果

##### 5.1 根据人口指标预测城市建设用地规模 $S_1$

##### 5.1.1 人口预测

###### (1) 灰色序列的生成

本研究中人口预测选取灰色系统预测模型,并针对时间序列的GM(1,1)建模。表1中1996—2005年哈尔滨非农人口统计资料的时间序列呈现波动变化,不符合建模条件。故研究中采用一次累加生成方法,将呈波动变化的原始序列 $x^{(0)}(t)$ 转化为单调上升的生成数列 $x^{(1)}(k)$ ,经过模型的求解得出:

$$x^{(1)}(t+1) = (327.53 + 13487.694)e^{0.0219t} - 13487.694$$

###### (2) 模型检验

###### ① 精度检验(见表3)

###### ② 还原检验(见表4)

采用还原公式:

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

表3 精度检验对比表

Tab.3 Accuracy Test comparative table

序号	模型计算值	实际累加值
t=1	$x^{(1)}(2) = 663.10$	$x^{(1)}(2) = 662.25$
t=2	$x^{(1)}(3) = 999.15$	$x^{(1)}(3) = 999.94$
t=3	$x^{(1)}(4) = 1299.15$	$x^{(1)}(4) = 1299.08$
t=4	$x^{(1)}(5) = 1602.85$	$x^{(1)}(5) = 1602.78$
t=5	$x^{(1)}(6) = 1909.95$	$x^{(1)}(6) = 1910.18$
t=6	$x^{(1)}(7) = 2222.03$	$x^{(1)}(7) = 2221.95$
t=7	$x^{(1)}(8) = 2537.02$	$x^{(1)}(8) = 2537.14$
t=8	$x^{(1)}(9) = 2931.80$	$x^{(1)}(9) = 2931.64$
t=9	$x^{(1)}(10) = 3330.68$	$x^{(1)}(10) = 3330.25$

表4 还原检验误差计算表

Tab.4 Reduction of inspection error calculation table

计算值	实际值	残差	误差 (%)
$x^{(0)}(2) = 335.57$	$x^{(0)}(2) = 334.72$	$q(2) = -0.85$	0.25
$x^{(0)}(3) = 336.05$	$x^{(0)}(3) = 337.69$	$q(3) = 1.64$	0.48
$x^{(0)}(4) = 300.00$	$x^{(0)}(4) = 299.14$	$q(4) = -0.86$	0.29
$x^{(0)}(5) = 303.65$	$x^{(0)}(5) = 303.70$	$q(5) = 0.05$	0.02
$x^{(0)}(6) = 307.10$	$x^{(0)}(6) = 307.40$	$q(6) = 0.30$	0.09
$x^{(0)}(7) = 312.08$	$x^{(0)}(7) = 311.77$	$q(7) = -0.31$	0.10
$x^{(0)}(8) = 314.99$	$x^{(0)}(8) = 315.19$	$q(8) = 0.20$	0.06
$x^{(0)}(9) = 394.78$	$x^{(0)}(9) = 394.50$	$q(9) = -0.28$	0.07
$x^{(0)}(10) = 398.88$	$x^{(0)}(10) = 398.61$	$q(10) = -0.27$	0.07

通过计算,该模型的平均相对误差为0.157%,说明模型精度比较理想,接受该模型。

(3)人口预测结果根据上述预测模型预测到2010年哈尔滨市非农人口为406.61万人;2020年哈尔滨市非农人口为506.19万人。

##### 5.1.2 人均建设用地指标的确定

哈尔滨市2005年城市人均建设用地为75.9m<sup>2</sup>,人均建设用地水平属于第二级的水平之内,在未来的一个规划期内,规划指标允许提高一级,同时根据《哈尔滨市城市总体规划(2004—2020)》,规划2010年人均建设用地92.6m<sup>2</sup>,2020年人均建设用地99.6m<sup>2</sup>。按照国家标准,规划人均建设用地指标应同时符合指标级别和允许调整幅度双因子限制要求,因此,规划允许调整级别至第三级(90.1—105m<sup>2</sup>/人),允许调整幅度在75.9—95.9m<sup>2</sup>/人之间。因此本次预测2010年人均建设用地调整为90.1m<sup>2</sup>,2020年人均建设用地调整为105.0m<sup>2</sup>。

##### 5.1.3 基于人口指标的城市建设用地规模 $S_1$

在前面预测的基础上,我们可以根据哈尔滨市城市人口与人均建设用地的乘积分别计算出哈尔滨市2010年和2020年的城市建设用地规模。其中2010年的建设用地规模 $S_1(2010)$ 为366.36平方公里,2020年的建设用地规模 $S_2(2020)$ 为531.49平方公里。

##### 5.2 根据固定资产投资额和国内生产总值分别预测建设用地量( $S_2$ 和 $S_3$ )

###### 5.2.1 固定资产投资额与国内生产总值目标

哈尔滨市根据国家政策以及《哈尔滨市城市总体规划(2004—2020)》制定的固定资产投资额和国内生产总值目标是:2020年内哈尔滨市固定资产投资额和国内生产总值年均增长率为10.1%,据此计算2010年哈尔滨市固定资产投资额为1020.69亿元,国内生产总值达到3030亿元;2020年哈尔滨市固定资产投资额为2674.21亿元,国内生产总值达到7300亿元。



## 5.2.2 单位建设用地固定资产投资额和国内生产总值的预测

单位建设用地固定资产投资额和国内生产总值的预测可以采用很多方法,本文所采用的方法是GM(1,1)模型。

根据哈尔滨市1995—2005年的地均固定资产投资额和地均国内生产总值分别建立GM(1,1)模型,得到2010年每平方公里的固定资产投资额为2.68亿元,每平方公里的国内生产总值为8.27亿元;2020年每平方公里的固定资产投资额为4.95亿元,每平方公里的国内生产总值为13.73亿元。

## 5.2.3 固定资产投资额和国内生产总值目标下的建设用地规模预测

根据上述固定资产投资额和国内生产总值发展目标与单位建设用地的固定资产投资额和国内生产总值量,进而可预测目标年的建设用地发展规模。

哈尔滨市2010年固定资产投资额目标为1020.69亿元,建设用地地均固定资产投资额为2.68亿元/平方公里,据此可得2010年的建设用地需求规模 $S_2(2010)$ 为380.85平方公里;2020年固定资产投资额目标为2674.21亿元,建设用地地均固定资产投资额为4.95亿元/平方公里,据此可得2020年的建设用地需求规模 $S_2(2020)$ 为540.24平方公里。

哈尔滨市2010年国内生产总值目标为3030亿元,建设用地地均国内生产总值为8.27亿元/平方公里,据此可得2010年的建设用地需求规模 $S_3(2010)$ 为366.38平方公里;2020年国内生产总值目标为7300亿元,建设用地地均国内生产总值为13.73亿元/平方公里,据此可得2020年的建设用地需求规模 $S_3(2020)$ 为531.68平方公里。

## 5.3 基于非农人口、固定资产投资额和国内生产总值的建设用地规模S预测

根据我们由非农人口、固定资产投资额和国内生产总值三个影响建设用地规模最大的因素所建立的模型: $S = T_1S_1 + T_2S_2 + T_3S_3$ 可以综合的预测出哈尔滨市目标年的城市建设用地规模。

2010年:

$$\begin{aligned} S(2010) &= T_1S_1(2010) + T_2S_2(2010) + T_3S_3(2010) \\ &= 0.405 \times 366.36 + 0.293 \times 380.85 + 0.302 \times 366.38 \\ &= 370.61(\text{平方公里}) \end{aligned}$$

2020年:

$$\begin{aligned} S(2020) &= T_1S_1(2020) + T_2S_2(2020) + T_3S_3(2020) \\ &= 0.405 \times 531.49 + 0.293 \times 540.24 + 0.302 \times 531.68 \\ &= 534.11(\text{平方公里}) \end{aligned}$$

## 6 结果分析与对策建议

### 6.1 结果分析

1996—2005年哈尔滨市城市建设用地规模十年间扩大了82.4平方公里,年均增长率为3.7%;以2005年为基年,若2010年哈尔滨市城市建设用地规模达到370.61平方公里,则这五年的年均增长率为4.4%,若2020年哈尔滨市城市建设用地规模达到534.11平方公里,则这十年的年均增长率为4.5%。这个结果与哈尔滨市的区划调整以及城市经济社会发展必然加速

的情况是吻合的,按照目前的形势平稳发展下去,这个预测结果是较为合理的,是可以为新一轮土地利用总体规划的修编提供科学依据的。

### 6.2 对策建议

本文预测的哈尔滨市2010年和2020年的城市建设用地规模要远远超过现状的建设用地规模。为合理控制城市建设用地规模的扩张,在满足哈尔滨市城市土地可持续发展的条件下,采用合理的方法和措施,挖掘城市存量土地潜力,逐步实现外延式城市扩展向内涵式扩展的转变。同时要严格保护城市周围的耕地以及从城市规划的角度合理灵活地对用地项目审批。在此基础上提出以下对策建议:

#### 6.2.1 挖掘城市存量土地潜力,注重城市内涵发展

逐步实现外延式城市扩展向内涵式城市扩展的转变,减少哈尔滨市外延用地需求,要鼓励旧城改造,充分利用闲置地并适度提高房地产开发容积率,提高土地利用效率。

#### 6.2.2 正确处理保护耕地与城市发展的关系

哈尔滨市的区划调整使原有的用地规模扩大,加之人口的增加,应正确地考虑城市非农人口的分布,正确地处理土地利用、基本农田保护与城市发展之间的关系,积极探索在保护耕地前提下的城市建设用地的问题。

#### 6.2.3 在加强土地用途管制的同时,增加规划控制的灵活性与弹性

在土地用途管理的限制下,对于一些不符合用途分区及城市规划要求的用地项目坚决不予审批。在市场经济条件下,由于投资主体多元化,城市建设投资具有很大的不确定性与偶然性,规划好的土地可能无法满足用地项目的需求,因此,在控制过程中,应增加规划控制的灵活性与弹性。

### 参考文献:

- [1] 宋戈. 中国城镇化过程中土地利用问题研究[M]. 北京: 中国农业出版社, 2005: 116—117.
- [2] 宋戈,等. 大城市周边卫星城土地集约利用评价方法研究[J]. 经济地理, 2005(6): 887—890.
- [3] 哈尔滨市统计局. 哈尔滨市统计年鉴[M]. 哈尔滨: 哈尔滨市统计局, 1997—2006.
- [4] 黑龙江省统计局. 黑龙江省统计年鉴[M]. 哈尔滨: 黑龙江省统计局, 1997—2006.
- [5] 邓聚龙. 灰色预测与决策[M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1988.
- [6] 劭建英,等. 城镇建设用地预测方法研究[J]. 广东土地科学, 2005(6): 17—21.
- [7] 哈尔滨市城市规划局. 哈尔滨市城市总体规划(2004—2020)[M]. 哈尔滨: 哈尔滨市城市规划局, 2004.
- [8] 宋戈,等. 黑龙江省耕地非农化与经济关系的Granger因果关系研究[J]. 中国土地科学, 2006(6): 32—37.
- [9] 欧名豪. 土地利用总量规划控制中的城乡建设用地规模问题[J]. 华中农业大学学报, 2000(4): 51—54.

收稿日期: 2007-10-12