

doi:10.3969/j.issn.1673-9833.2012.04.015

# Lislie 人口增长模型在韶关市人口 老龄化趋势预测中的应用

宋 杰, 祝长华

(韶关学院 数学与信息科学学院, 广东 韶关 512005)

**摘 要:** 利用 Lislie 人口增长模型对韶关地区人口进行预测。首先求出模型中的各个参数值, 再把参数值代入模型得到预测年份的人口总数、人口结构、老龄化系数和抚养比, 并对模型进行了评价。最后针对将来可能面临的问题给出了建议。

**关键词:** Lislie 人口增长模型; 老龄化; 生育模式; 预测

**中图分类号:** O212.6

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1673-9833(2012)04-0064-05

## The Application of Lislie Population Growth Model on Population Aging Trend Prediction of Shaoguan City

Song Jie, Zhu Changhua

(College of Mathematics and Information Science, Shaoguan University, Shaoguan Guangdong 512005, China)

**Abstract:** Uses the Lislie population growth model to forecast the population in Shaoguan area. Firstly, determines parameter values of the model; Secondly, puts the parameter values into the model to get the population forecasting values, population structure, aging coefficient as well as dependency ratio, and evaluates the model; Finally gives policy suggestion on the future population aging problems in Shaoguan City.

**Keywords:** Lislie population growth model; aging; birth pattern; prediction

### 0 引言

人口老龄化是一个世界性问题, 长期以来由于我国特殊的人口政策, 我国的人口老龄化呈现出地区性不平衡特征<sup>[1]</sup>。我国是一个人口大国, 随着老龄化趋势的发展, 老龄人口绝对数和相对数剧增, 出现了一系列涉及医疗、养老等社会保障问题以及财政收支等国民经济问题<sup>[2-3]</sup>。从第六次全国人口普查数据看, 韶关市老龄化比例高于全国和全省平均水

平, 老龄化速度加快, 劳动适龄人口负担较重, 各项措施难以满足老龄人多样化的需求。作为广东省产业转移地之一的韶关, 如果不能很好地处理这些问题, 将会影响产业转移的成果及韶关市各方面的发展。因此, 对韶关市人口老龄化趋势的预测将为韶关市各部门制定与人口有关的政策提供借鉴和参考。目前, 已有相关学者研究韶关市人口老龄化问题, 但都未建立精确的模型进行预测。本文主要利用 Lislie 人口增长预测模型对韶关市人口老龄化趋势

收稿日期: 2012-06-13

基金项目: 广东省自然科学基金资助项目(7301275), 韶关市第六次全国人口普查重点研究课题资助项目(16)

作者简介: 宋 杰(1974-), 男, 甘肃庄浪人, 韶关学院教授, 博士, 主要从事运筹学, 生物信息学及数据挖掘等方面的研究, E-mail: jiesong2004@163.com

进行预测<sup>[4-5]</sup>,分别从不考虑生育模式、考虑生育模式和总和生育率、考虑死亡率的变化和迁移人口等3个方面对韶关市的老龄人口趋势进行预测,进而在探讨老龄化对老年人供养问题影响的基础上,结合韶关市实际情况提出应对韶关市人口老龄化的政策建议。

## 1 模型的建立

为建立韶关市人口老龄化趋势预测的数学模型,提出以下基本假设:韶关地区长期内处于一个平稳和谐的环境,不受自然灾害、战争等重大突发因素的影响;不考虑生存空间等自然资源的限制;人最长寿命为100岁。由于第六次人口普查时间是2010年年底,所以以该数据作为初始数据,对每年年底的人口数进行预测。

### 1.1 不考虑生育模式的人口增长模型

先不考虑生育模式建立Lislie人口增长模型,模型如下:

$$N_0(k+1) = \sum_{i=b_1}^{b_2} \alpha_i m_0 N_i(k+1) \frac{100}{100+c(k+1)},$$

$$N_i(k+1) = m_i N_{i-1}(k), 1 \leq i \leq 100.$$

式中:  $b_1=15$ ,  $b_2=49$ ;

$\alpha_i$  表示  $i$  年龄女性的生育率;

$m_0$  表示婴儿出生存活率;

$N_i(k)$  表示第  $k$  年年龄为  $i$  的人口数;

$m_i$  表示年龄为  $i$  的人的存活率;

$c(k)$  表示第  $k$  年性别比。

### 1.2 考虑生育模式和总和生育率的人口增长模型

由于女性生育率每年变化较大,所以引入生育模式和总和生育率这2个因素,建立模型如下:

$$N_0(k+1) = \beta(k+1) \sum_{i=b_1}^{b_2} h_i m_0 N_i(k+1) \frac{100}{100+c(k+1)},$$

$$N_i(k+1) = m_i N_{i-1}(k), 1 \leq i \leq 100.$$

式中:  $\beta(k)$  表示第  $k$  年的总和生育率;

$h_i$  表示  $i$  年龄的生育模式,即生育的可能性。

### 1.3 考虑死亡率的动态变化和迁移人口的人口增长模型

随着韶关经济的发展和医学水平的进步,人口死亡率将逐年递减且迁移到珠三角地区打工的年轻人也将减少,所以把这两个因素考虑进模型中,建立模型如下:

$$N_0(k+1) = \beta(k+1) \sum_{i=b_1}^{b_2} h_i m_0(k+1) N_i(k+1) \frac{100}{100+c(k+1)} + g_0 M(k),$$

$$N_i(k+1) = m_i(k+1) N_{i-1}(k) + g_i M(k), 1 \leq i \leq 100.$$

式中:  $m_i(k)$  表示第  $k$  年  $i$  年龄人的存活率;

$g_i$  表示  $i$  年龄人的净迁移率。

## 2 模型的求解

为了具有代表性,只列出2015,2020,2025,2030,2035,2040,2045,2050,2055,2060这10年的预测情况。

### 2.1 求解参数

#### 2.1.1 总和生育率的求解

从韶关市第六次人口普查数据中,对每个年龄的生育率求和可以得到韶关地区2010年的总和生育率为1.67。但是要维持人口的长期稳定,总和生育率应在2.00附近,跟更替水平2.10相接近。人口增长过快和过慢都不利于社会的发展,当总和生育率太低或太高时,国家可以通过计划生育进行调节。所以,对于总和生育率的取值,采取分段函数的形式。目前我国人口增长速度还处于过快增长的状态,计划生育政策仍不能动摇,因此2011—2030年给予总和生育率赋予1.67,2031—2040年赋值1.80,2041年后赋予2.00,其数值如表1所示。

表1 预测年份的总和生育率

Table 1 The total fertility rate of forecast year

年份	2015	2020	2025	2030	2035
$\beta(k)$	1.67	1.67	1.67	1.67	1.80
年份	2040	2045	2050	2055	2060
$\beta(k)$	1.80	2.00	2.00	2.00	2.00

#### 2.1.2 生育模式的求解

生育模式是指育龄妇女在总体评价意义下单位时间内(一般指1a),每个育龄妇女平均活产婴儿数在每个年龄上的分布情况。标准化的生育模式则表示每个年龄的女性的生育加权因子,在环境稳定的情况下,它表示每个年龄生育的概率。首先将各个年龄的妇女生育率求和得到总和生育率,再把每个年龄的生育率除以总和生育率则得到标准化后的生育模式。

对韶关市第六次人口普查数据中育龄妇女的生育情况进行计算,得到2010年育龄妇女的生育模式如表2所示。

由表2可以看出高生育率集中在24~30岁,27岁为生育高峰。由于在社会环境稳定的条件下,生育模式不会有太大变化,所以本文将把它作为预测年份的生育模式。

表2 各年龄的生育模式  
Table 2 Birth pattern of all childbearing age

年龄	生育模式	年龄	生育模式	年龄	生育模式
15	0.000	27	0.088	39	0.011
16	0.000	28	0.078	40	0.006
17	0.001	29	0.069	41	0.004
18	0.003	30	0.062	42	0.003
19	0.005	31	0.046	43	0.002
20	0.021	32	0.043	44	0.002
21	0.050	33	0.029	45	0.001
22	0.056	34	0.025	46	0.001
23	0.067	35	0.019	47	0.002
24	0.082	36	0.019	48	0.002
25	0.087	37	0.018	49	0.001
26	0.088	38	0.012		

2.1.3 迁移人数的求解

由韶关市历年统计年鉴，可以得到1992—2007年户籍人口数和常住人口数，本文将两者之差作为迁移人口数，经计算可得韶关每年迁进人口都为负数。对韶关地区1990—2007年迁出人口数据做散点图，如图1所示。

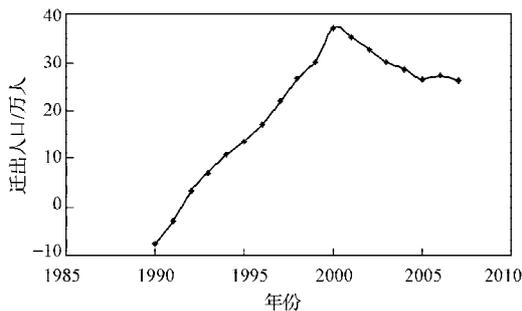


图1 韶关地区1990—2007年迁出人口散点图  
Fig. 1 The scatter diagram for 1990—2007 emigration population of Shaoguan area

从图1中可看出，从2000年开始韶关地区迁出人口出现下降趋势。这是由于20世纪90年代国家正进行改革开放，许多年轻人到珠三角地区打工所致。2000年后，内地经济发展迅速，许多年轻人选择回乡创业，迁出人口数变少。因此，本文采用2000—2007年的数据进行分析，定义第*i*年净迁移率为：(第*i*年常住人口数—户籍人口数) / 第*i*-1年常住人口，正数表示迁进，负数表示迁出。对上表数据进行计算可得，2000—2007年净迁移率逐年递减，对韶关市第六次人口普查数据计算可得2010年的净迁移率为-0.153，随着韶关经济的发展，迁出人口会缓慢地逐年递减，特别是16~45岁的人口。所以对净迁移率赋予一个逐年递减的因子5%。2030年以后年份的迁移率则维持在2030年水平。在经济环境稳定的条件下，各个年龄的迁移比重不会有很大变化，因此，本

文对预测年份的净迁移总人口数按照2010年各年龄迁移比例进行分配。从韶关市第六次人口普查数据中求出各年龄的人口迁移比例权重，它等于各年龄的迁移人数除以总净迁移人数，做年龄与迁移比例权重的散点图，如图2所示。

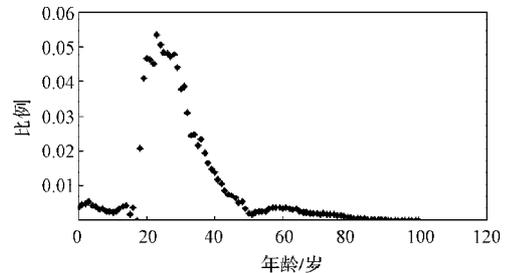


图2 各年龄迁移人口占总迁移人口的比例

Fig. 2 The proportion of each age migration population to total migration population

每年*i*年龄的迁进人口数 = 迁移率第*i*-1年的总人口数 × *i*年龄的迁移权重。由于外出打工的人口主要为16~45岁的人居多，随着韶关经济的发展和城市资源的欠缺，外出打工的年轻人会越来越少。所以，本文对16~45岁的年轻人的净迁移人口再赋予一个逐年递减因子5%，直到2030年。

2.1.4 存活率的求解

由韶关市第六次人口普查数据计算可得2010年各年龄组的死亡率。由于生活条件的改善，死亡率逐年降低，其对儿童和老人死亡率的影响最大，对中年人影响最小。参考国家人口发展战略研究报告，以2010年作为初始值，对死亡率采用分段函数表示：

$$m_i(k+1) = \begin{cases} 1 - (1 - 1/200)(1 - m_i(k)), & 0 \leq i \leq 14; \\ 1 - (1 - 1/1000)(1 - m_i(k)), & 15 \leq i \leq 59; \\ 1 - (1 - 1/200)(1 - m_i(k)), & 60 \leq i \leq 100 \end{cases}$$

2.1.5 性别比例的预测

从韶关市历年统计年鉴中收集到1996—2008年性别比例数据并进行建模。通过模型筛选，选定拟合度最高(达到0.899)的二次方模型，模型表达式为

$$y = 104.209 + 0.308t - 0.12t^2,$$

式中：*y*表示性别比例；*t*表示年份。

后面将采用此模型进行性别比例预测，从而得到预测年份的总人口数。经过预测可得如下几年的性别比例如表3所示。

表3 预测年份的性别比  
Table 3 Sex ratio of forecast year

年份	2015	2020	2025	2030	2035
性别比	1.066 6	1.069 8	1.076 7	1.088 4	1.106 2
年份	2040	2045	2050	2055	2060
性别比	1.131 3	1.164 8	1.207 9	1.261 9	1.328 0

按照目前的出生性别比的发展趋势,2025年的女性所占比例将低于48%,婚姻将出现挤压问题,不够优秀的男性将难以找到配偶。这将引发许多社会问题,扰乱社会秩序。

## 2.2 模型预测

### 2.2.1 总人口预测

以韶关市第六次人口普查数据为初始值,将上述参数代入模型中,可得表4所示结果。

表4 预测年份总人口

Table 4 Total population of forecast year

年份	2015	2020	2025	2030	2035
总人数	2 858 406	2 905 041	2 933 438	2 926 716	2 906 401
年份	2040	2045	2050	2055	2060
总人数	2 855 637	2 794 416	2 712 012	2 614 894	2 517 722

总人口预测图如图3所示,由图可知,韶关市总人口在2030年达到最大值后,逐渐减少。如果韶关人口政策以2030年和2040年为两个分界点,对人口政策实行逐渐放宽,则2040年人口开始急速下降,到2060年人口总数将近250万人。

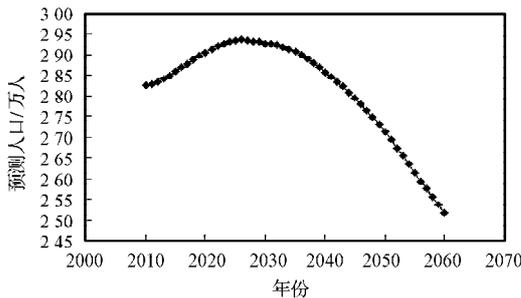


图3 韶关市总人口预测图

Fig. 3 The forecast diagram for total population of Shaoguan city

### 2.2.2 儿童、中年和老年人口预测

经过计算可得预测年份的老龄化系数表,如表5所示。

表5 预测年份的老龄化系数

Table 5 Aging coefficient of forecast year

年份	2015	2020	2025	2030	2035
老人比例/%	0.17	0.19	0.24	0.29	0.32
年份	2040	2045	2050	2055	2060
老人比例/%	0.33	0.32	0.32	0.33	0.33

利用儿童、中年和老年人口预测数据可得人口散点图如图4所示。

图4显示儿童走势比较平缓,原因是后期对总和生育率进行了调整;老年人口增长迅速,2040年达到高峰后逐渐平稳;中年人口逐渐减少。老年人口比例从2030年起一直稳定在33%左右,也就是说,3~4个人中就有1个老人,这表明韶关将进入严重的老年

型人口社会。

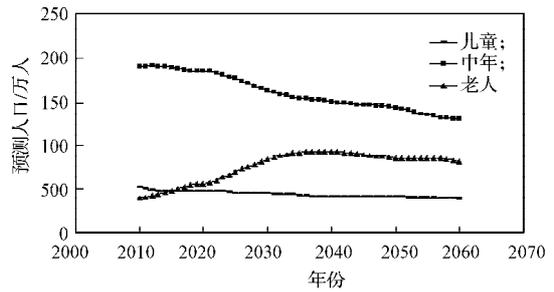


图4 韶关市儿童、中年和老年人口预测图

Fig. 4 The forecast diagram for children, middle-aged and elderly population of Shaoguan city

### 2.2.3 人口抚养比

一般人口抚养比分为3种,一种是老年人口抚养比( $a_1$ ),一种是少儿抚养比( $a_2$ ),一种是包括老人和小孩的总抚养比( $a_3$ )。定义为:

$$a_1 = \text{60岁以上老年人口} / \text{15~60岁人口数}$$

$$a_2 = \text{0~14岁小孩人口数} / \text{15~60岁人口数}$$

$$a_3 = (\text{60岁以上老年人口} + \text{0~14岁小孩人口数}) / \text{15~60岁人口数}$$

经过计算可得各年份人口抚养比,如表6所示。

表6 预测年份人口抚养比

Table 6 The dependency ratio to the population of forecast year

年份	$a_1$	$a_2$	$a_3$	年份	$a_1$	$a_2$	$a_3$
2015	0.26	0.25	0.51	2040	0.62	0.27	0.89
2020	0.30	0.26	0.56	2045	0.61	0.29	0.90
2025	0.40	0.26	0.66	2050	0.60	0.29	0.89
2030	0.52	0.28	0.79	2055	0.63	0.30	0.94
2035	0.60	0.28	0.88	2060	0.62	0.30	0.92

表6显示,2040年总抚养比达0.89,这意味着1个年轻人需要抚养1个老人或1个小孩,意味着1个年轻人的工资除了自己开销外还要承担老人的所有费用的1/2和1个小孩的1/3费用,年轻人的压力较大。2010年少儿抚养比为0.27,老人抚养比为0.21,在如此情况下大城市生活的年轻人压力已非常大,可想而知在2040年如此高抚养比时的情形。

## 2.3 模型评价

模型分别从不考虑生育模式、考虑生育模式和总和生育率、考虑死亡率的变化及迁移人口等3个方面逐渐改进,因而更符合现实情况。模型能够针对每个因素采取图形并茂的方式给出预测值,再把各参数代入模型中,从而预测出总人口数。预测结果比较理想,预测的人口总量走势与韶关市统计局历年搜集的人口数据所反映的走势较接近。模型的不足之处在于只考虑女性对生育率的影响,未考虑男性人口对生育率的影响。

### 3 结论

韶关市地区属于典型的老年型人口社会,且老龄化进程呈加快的趋势,2035年老龄化程度已经接近1/3,即3个人中有1个老人。如此高的人口抚养比将对社会保障体系和公共服务体系造成很大的压力,且会严重地影响代际关系的和谐。老年人口的增多,必然会导致其它问题的出现,特别需要关注庞大老年人群中的贫困化和边缘化问题。目前,政府对老年人的投入还严重不足,如果不尽快找到应对措施,当性别比例严重失调和老年人问题同时出现时,政府将手足无措。从预测过程中发现迁移率对韶关地区总人口影响明显,婴儿人口对总和生育率敏感。因此,针对韶关的人口老龄化特征,本文给出如下对策和建议。

1) 适当减少对控制人口数量等方面的投入。目前韶关地区的生育水平比较低,计划生育工作效果好。要逐步地减少计划生育方面的投入,比如,逐步减少或停止计生家庭奖励扶助经费拨款,免费节育技术服务经费拨款,逐步减少计生服务人员,引导他们加入老年人服务队伍的行列中等,把有限的财政投入到解决人口老龄化问题中。增加养老院的数量,培养老年人医护服务人员,加强自愿者服务队伍的建设等各项措施,尽最大力量地解决人口老龄化问题。发展韶关经济,引导年轻人回乡创业,减少迁出人口。

2) 加大对老年人服务产业的投入,引导社会资源投入到老年人产业中,包括养老保险制度的完善和老年人公共服务的提高。尽可能满足老年人多样化的需求,提高老年人的精神生活质量,提高医学水平,培养老年人护理等方面的人才,解决老年人的心理问题,减低老年人的自杀率。

3) 提高人口素质。对全民进行宣传教育,排除重男轻女的思想,引导性别比例回归正常。提高婴儿出生质量,加大对婴儿医疗设施的投入,保证婴

儿的低死亡率。提倡健康型社会,促进全民健身运动,提高体质。加大对教育的投入,提高学校教学质量,建立学校与企业合作的平台,培养高素质、高技能人才。

4) 提高生活环境质量。优化人居环境和社会环境,促进社会的合理和公平。增加年轻人的探亲假,给代际之间提供更多沟通的时间。

#### 参考文献:

- [1] 宋健,田雪原,于景元.人口预测和人口控制[M].北京:人民出版社,1982:21-27.  
Song Jian, Tian Xueyuan, Yu Jingyuan. Population Forecast and Control[M]. Beijing: People's Publishing House, 1982: 21-27.
- [2] 于学军.中国人口老化的经济学研究[M].北京:中国人口出版社,1951:20-30.  
Yu Xuejun. Economics Research on China's Population Aging[M]. Beijing: China's Population Press, 1951: 20-30.
- [3] 谢联辉,宋玉华.全球行动——迎接人口老龄化联合国老龄化话题文件总汇[M].北京:华龄出版社,1998:138-140.  
Xie Lianhui, Song Yuhua. Global Action to Meet an Aging Population: The United Nations Aging Topic Document Summary[M]. Beijing: HuaLing Press, 1998: 138-140.
- [4] 姜启源,谢金星,叶俊.数学模型[M].3版.北京:高等教育出版社,2003:162-166.  
Jiang Qiyuan, Xie Jinxing, Ye Jun. Mathematical Model [M]. 3rd ed. Beijing: Higher Education Press, 2003: 162-166.
- [5] 高圣国.具有人口年龄和性别结构的中国人口预测模型[J].统计与决策,2011(5):26-27.  
Gao Shengguo. The Forecast Model of Population Age and Gender Structure for China's Population[J]. Journal of Statistics and Decision, 2011(5): 26-27.

(责任编辑:申剑)