

人口变化分析与预测模型

摘要

人口问题从来都是关乎国家发展的重大问题，而我国又是世界上人口最多的国家，所以根据我国现状，做好人口预测对于国家调整人口政策，发展经济等诸多方面均具有重大意义。本文针对我国人口现状，通过收集历年来与人口变化相关的数据，同时查阅资料了解近年来我国经济发展情况和我国的计划生育政策的相关内容，参考灰度系统理论，使用 Leslie 矩阵，建立人口变化分析与预测模型，然后通过 Mathlab 软件进行编程，利用收集到的数据进行计算分析得出我国人口数量及年龄结构中短期和长期的变化趋势是中短期人口数量仍会不断增长同时人口年龄结构会急剧变化，老龄化情况会更加严重，老年人口人数不断增长，长期人口数量会先增加而后慢慢减少，最终趋于稳定而且会不断减少，老年人口数量会越来越多，人口老龄化问题会越来越严重；以及计划生育政策对中国人口数量和结构的影响是从数量上来讲，人口的数量大大的减少，虽然说起到了计划生育控制人口增长的目的，但是其抑制的程度还是过于太大，而从结构上来讲，老龄化的现象越来越严重，不但改善人口老龄化的进程，反而加速了人口的进一步老龄化，总的来说，人口在未来的几十年中是呈现一个衰退型的，所以，这是极不利于中国未来人口发展的，所以说，计划生育政策对未来人口的发展弊大于利，所以必须加以改进.；在此基础上便易得出我国人口生育率的下降有 91.8%左右是社会经济发展导致，有 8.2%左右是计划生育导致；最后通过数据预测中国人口生育率的变化趋势，我们得出了中国人口生育率的变化趋势是会在现有情况的基础上进一步降低，同时结合自古以来人口的发展规律以及参考当前其他国家近年来人口发展变化情况进行分析得出我国将来会全面开放生育甚至可能出现鼓励生育的政策。

关键词：计划生育、灰度系统理论、Leslie 矩阵、Mathlab、老龄化。

人口变化分析与预测模型

摘要

人口问题从来都是关乎国家发展的重大问题，而我国又是世界上人口最多的国家，所以根据我国现状，做好人口预测对于国家调整人口政策，发展经济等诸多方面均具有重大意义。本文针对我国人口现状，通过收集历年来与人口变化相关的数据，同时查阅资料了解近年来我国经济发展情况和我国的计划生育政策的相关内容，参考灰度系统理论，使用 Leslie 矩阵，建立人口变化分析与预测模型，然后通过 Mathlab 软件进行编程，利用收集到的数据进行计算分析得出我国人口数量及年龄结构中短期和长期的变化趋势是中短期人口数量仍会不断增长同时人口年龄结构会急剧变化，老龄化情况会更加严重，老年人口人数不断增长，长期人口数量会先增加而后慢慢减少，最终趋于稳定而且会不断减少，老年人口数量会越来越多，人口老龄化问题会越来越严重；以及计划生育政策对中国人口数量和结构的影响是从数量上来讲，人口的数量大大的减少，虽然说起到了计划生育控制人口增长的目的，但是其抑制的程度还是过于太大，而从结构上来讲，老龄化的现象越来越严重，不但改善人口老龄化的进程，反而加速了人口的进一步老龄化，总的来说，人口在未来的几十年中是呈现一个衰退型的，所以，这是极不利于中国未来人口发展的，所以说，计划生育政策对未来人口的发展弊大于利，所以必须加以改进.；在此基础上便易得出我国人口生育率的下降有 91.8%左右是社会经济发展导致，有 8.2%左右是计划生育导致；最后通过数据预测中国人口生育率的变化趋势，我们得出了中国人口生育率的变化趋势是会在现有情况的基础上进一步降低，同时结合自古以来人口的发展规律以及参考当前其他国家近年来人口发展变化情况进行分析得出我国将来会全面开放生育甚至可能出现鼓励生育的政策。

关键词：计划生育、灰度系统理论、Leslie 矩阵、Mathlab、老龄化。

1 问题重述

1.1 问题背景

我国由于人口基数大，国家实施了计划生育的政策，虽说人口的自然增长率较之前有一定的降低，人口的递增速度也有所减缓。但是，近年来，我国人口面临着老龄化进程加速，出生人口性别比严重失调，以及乡村人口城镇化等不良现象。

人口数量和结构是影响经济社会发展的重要因素，从 20 世纪 70 年代后期以来我国实行了计划生育政策，导致了出生率的急剧下降，人口性别比也大幅升高，小学招生人数（95 年以来）、高校报名人数（2009 年以来）逐年下降，劳动人口绝对数量开始步入下降通道，老龄化日趋严重，2013 年“单独二孩”政策出台，但是效果不如预期，2015 年“全面二孩”政策出台，其影响有待进一步观察。

人口问题有着悠久的历史，也有不少经典的理论和模型，这些理论和模型都依赖生育模式、生育率、死亡率、性别比等多个因素，这些因素与政策及人的观念、社会文化习俗有着紧密的联系，还受到社会经济发展水平的影响。

生育率代表育龄妇女生育人口的能力，从一定意义上讲生育率的高低控制着人口增长率的高低，通常来说生育率越高人口增长率越高，所以生育率是人口增长的源头。死亡率表示一定时期内一个人口群体中死亡人数占该人口群体的比值，和生育率一样死亡率的高低也控制着人口增长率的高低，如果说生育率是人口增长的源头，则死亡率是人口增长的汇点。年龄结构反映了总体人口在各年龄段的分布情况，年龄结构蕴含的信息量很大，从其中我们可以实现对很多问题的分析，比如从年龄结构，我们可以分析出社会的老年化程度，从年龄结构我们可以判断出不同时间段人口出生的情况，比如年龄结构不仅反映了总体人口在各年龄段分布情况，而且考虑到不同年龄段人口生育率、死亡率等不同情况，我们可以在年龄结构中有效反映这些差异。男女比例反映了总体人口中男性与女性人数的比较关系，男女比例的值能反映出人口中男性与女性人数是否协调，男女比例主要受男女出生比和男女死亡率的影响，男女出生比正常范围在 107/103，但是现实社会中，女性死亡率低于男性，所以男性与女性人数基本相等，社会维持在一个稳定的状态。

1.2 相关数据

通过登录国家统计局网，收集国家统计局的抽查数据，然后按比例进行分析计算补充齐我们所需要的数据；大致数据如下：

表一：我国人口年龄结构数据表格^[1]

年份	总人口 (年末)	按年龄组分			总抚 养比	少儿抚 养比	老年抚 养比
	(万人)	0-14 岁	15-64 岁	65岁及 以上	(%)	(%)	(%)
		人口 数	人口 数	人口数			
1982	101654	34146	62517	4991	62.6	54.6	8.0
1987	109300	31347	71985	5968	51.8	43.5	8.3
1990	114333	31659	76306	6368	49.8	41.5	8.3
1995	121121	32218	81393	7510	48.8	39.6	9.2
1996	122389	32311	82245	7833	48.8	39.3	9.5
1997	123626	32093	83448	8085	48.1	38.5	9.7
1998	124761	32064	84338	8359	47.9	38.0	9.9
1999	125786	31950	85157	8679	47.7	37.5	10.2
2000	126743	29012	88910	8821	42.6	32.6	9.9
2001	127627	28716	89849	9062	42.0	32.0	10.1
2002	128453	28774	90302	9377	42.2	31.9	10.4
2003	129227	28559	90976	9692	42.0	31.4	10.7
2004	129988	27947	92184	9857	41.0	30.3	10.7
2005	130756	26504	94197	10055	38.8	28.1	10.7
2006	131448	25961	95068	10419	38.3	27.3	11.0
2007	132129	25660	95833	10636	37.9	26.8	11.1
2008	132802	25166	96680	10956	37.4	26.0	11.3
2009	133450	24659	97484	11307	36.9	25.3	11.6
2010	134091	22259	99938	11894	34.2	22.3	11.9

表二 2010 年第六次全国人口普查相关数据记录表格

编号	年龄组	年均死亡率‰	人口总数 X(0)	女性人口	年生育率‰
1	0-4 岁	1.2925	77222937	35249395	0
2	5-9 岁	0.3007	70449638	32212645	0
3	10-14 岁	0.2993	77144787	35776344	0
4	15-19 岁	0.3877	104380676	50402629	6.16
5	20-24 岁	0.5039	124144390	61895667	86.61
6	25-29 岁	0.6075	99847689	49521328	96.58
7	30-34 岁	0.8107	98630105	48308387	50.29
8	35-39 岁	1.161	121046434	59099136	19.84
9	40-44 岁	1.7559	123217058	60388699	7.57
10	45-49 岁	2.6112	100540459	49316318	5.78
11	50-54 岁	4.1818	80681808	39313630	0
12	55-59 岁	6.1857	79916406	39515288	0
13	60-64 岁	10.3071	56869341	27909051	0
14	65-69 岁	17.2064	40430322	19965830	0

15	70-74 岁	30.6391	32626699	16433425	0
16	75-79 岁	49.5235	23477629	12364501	0
17	80-84 岁	84.8092	12754562	7136613	0
18	85-89 岁	127.4254	5387168	3294251	0
19	90-94 岁	190.7821	1465384	973792	0
20	95-99 岁	217.1036	344209	234376	0
21	100+ 岁	454.345	36283	27075	0

当第 k 组的育龄妇女的年平均生育率为 f_k 时,则五年的平均生育率就是 $b_k = 5f_k$.

1.3 问题概括

人口问题研究历史悠久,不少经典的理论和模型,都依赖生育模式、生育率、死亡率、性别比等多个因素进行研究分析,这些因素与政策及人的观念、社会文化习俗有着紧密的联系,还受到社会经济发展水平的影响。

一般说来,农业社会生育率较高,随着经济和社会的发展,总和生育率会自然降低,也就是说,有一些因素在自然抑制着人口增长。根据许多人口学家的研究成果,大家普遍认可的主要因素有以下几个:第一,妇女的教育程度。妇女的教育程度越高,其职业成就就可能越大,对于妇女来说生孩子的机会成本就较大,因此,就会减少生育。第二,社会保障体系的完善。古代人们多生孩子的原因之一就是“养儿防老”,社会保障体系的完善就使得“防老”不需要“养儿”。第三,生活成本的上升。随着经济的发展,人们的生活水平也上升了,生活成本自然跟着上升,养儿的成本自然也不例外。第四,经济、社会的发展使得人们尤其是妇女有能力养活自己,于是对家庭的依赖性降低,对婚姻的要求提高,于是一方面初婚年龄提高,拉大了两代之间的年龄差,客观上降低了生育率,另一方面

使得离婚率相应提高，生活的不确定性提高，为应对可能的离婚风险，生育率也就相应降低。

现在低生育率已经成为世界上很多国家面临的难题，甚至影响到了国家的经济活力和创新能力，因此很多低生育率国家采取了鼓励生育的措施，比如日本、韩国、俄罗斯和很多欧洲国家等。

在得到数据之后，我们需要通过建立分口变化分析与预测模型带入数据计算得出结果，同时对结果进行分析解决问题；我们需要解决的问题有，一是通过建立中国人口增长的数学模型，并通过此模型对中国人口数量及年龄结构进行中短期和长期趋势做出合理可靠地预测；二是分析评价计划生育政策对中国人口数量和结构的影响，估计中国人口生育率的下降有多少是社会经济发展导致的，又有多少是计划生育政策导致的；三是预测中国人口生育率的变化趋势，是将会出现反弹还是会进一步降低？中国人口政策是否会在将来全面放开生育甚至出台鼓励生育的政策。

2 问题分析

我国由于人口基数大，国家实施了计划生育的政策，虽说人口的自然增长率较之前有一定的降低，人口的递增速度也有所减缓。但是，近年来，我国人口面临着老龄化进程加速，出生人口性别比严重失调，以及乡村人口城镇化等不良现象。所以很有必要利用现有的相关人口统计数据，在当前计划生育政策实施的情况下，通过建立数学模型来研究我国人口在结构及数量上在近阶段的变化情况，并对其未来情况进行一定的预测，以适应整个中国国情与经济的形势。同时，还需要我们分析现行人口政策的优缺点，同时，为了解决上述人口结构的一些的问题，我们也还得考虑是否需要对该政策进行一定的改变来改善我国人口老龄化，男女比例失调等现象。从而使我国人口向一个比较乐观的方向发展。

对于问题一：通过建立中国人口增长的数学模型，并通过此模型对中国人口数量及年龄结构进行中短期和长期趋势做出合理可靠地预测，解决此问题我们通过利用查阅到的人口变化的数据资料，结合灰色系统理论，建立中国人口增长模型，然后将数据资料带入我们建立的模型，求解得出结果；对于问题二：分析评价计划生育政策对中国人口数量和结构的影响，估计中国人口生育率的下降有多少是社会经济发展导致的，又有多少是计划生育政策导致的，解决此问题，我们

通过建立基于 Leslie 矩阵的中国计划生育探讨模型，带入数据进行计算得出结果；三是预测中国人口生育率的变化趋势，是将会出现反弹还是会进一步降低，中国人口政策是否会在将来全面放开生育甚至出台鼓励生育的政策，解决此问题，我们在综合运用中国人口增长模型和基于 Leslie 矩阵的中国计划生育探讨模型进行计算分析的基础上，可以得出相应的结论。

3 模型假设

1. 假设没有重大的自然灾害，政府的政策没有重大的变化以及医疗水平基本保持不变。
2. 假设本问题所研究的是一个封闭系统，即所研究的人口没有太大的迁出与迁出，且基本相等。
3. 我国人口数量主要取决于出生率与死亡率两个因素。
4. 短期内人口的生育率与死亡率的总体水平可以视为常数
5. 本文参考的所有文献及资料的所有的数据来源均真实可靠。
6. 不考虑战争，瘟疫等突发事件的影响。
7. 人类的生育观念不发生太大的改变，如没有集体不愿生小孩的想法。
8. 中国各地各民族的人口政策相同。
9. 假设各年龄段的育龄妇女生育率呈正态分布。
10. 在对人口进行分段处理时，假设同一年龄段的人死亡率相同，同一年龄段的育龄妇女生育率相同。

4 符号说明

4.1、中国人口增长模型中的符号说明

- $A_i(t)$ ：第 t 时间区间内第 i 个年龄段人口总数。
- $C_i(t)$ ：第 t 时间区间内第 i 个年龄段人口总数占总人口的比例。
- $C_{ik}(t)$ ：第 t 时间区间内第 i 个年龄段中第 k 年龄值人口总数占总人口的比例。
- $A(t)$ ：第 t 时间区间内各年龄段人口总数的向量。
- $P(t)$ ：第 t 时间区间各年龄段人口总数向量转移矩阵。
- $B_i(t)$ ：第 t 时间区间内第 i 个年龄段人的生育率。
- $D_i(t)$ ：第 t 时间区间内第 i 个年龄段人的死亡率。

$D_{ik}(t)$ ：第 t 时间区间内第 i 个年龄段中第 k 年龄值得死亡率。

$S_i(t)$ ：第 t 时间区间内第 i 个年龄段人的存活率。

$H(t)$ ：第 t 时间区间男性人数与女性人数的比值。

$E_i(t)$ ：第 t 时间内区间内第 i 个年龄段育龄妇女的生育率。

M ：每个年龄段上年龄值得数目。

4.2、基于 Leslie 矩阵的中国计划生育探讨模型中的符号说明

序号	符号	含义
1	t	表示年份（选定初始年份为 0）
2	$f_k(0,1,2,\dots,21)$	第 k 年龄组的平均生育率
3	L	Leslie 矩阵
4	$x_i(k), i=1,2,\dots,n$	时刻 t_k 第 i 个年龄组中人口数目
5	$X(0) = (x_1(0), x_2(0), \dots, x_n(0))$	2010 年各年龄组的人口分布向量
6	s_i	第 i 个年龄组的存活率
7	u_i	第 i 个年龄组的死亡率
8	$C = [c_1, c_2, \dots, c_n]^T$	所有年龄组的女性人口占同一组的所有人的比例的系数向量
9	$B = [b_1, b_2, \dots, b_n]^T$	各年龄组的育龄妇女在五年内的平均生育率向量
10	$X(k)$	第 k 年的各年龄组的人口分布向量
11	R_k	第 k 年总和生育率

5 模型建立与求解

5.1 模型建立

5.1.1 种群模型的介绍

Leslie 模型是一个研究群体的离散模型，对于人这种特殊的群体也同样适用，而且特别是其考虑年龄结构，所以其显得比 Logical 等其他群体的模型更具有优越性。

我们将群体按年龄的大小等间隔的分成 n 个组，讨论其在不同时间年龄的分布，对时间加以离散化，其间隔也必须与年龄组的间隔相同。

设某生物种群的最大生存年龄为 l （年），我们将其按年龄的大小区间 $[0, l]$ 分为 n 等分，可得到 n 个年龄间隔为 $\frac{l}{n}$ 的年龄组，即有

$$[\frac{i-1}{n}l, \frac{i}{n}l], i=1, 2, 3, \dots, n$$

对于第 i 个年龄组 $[\frac{i-1}{n}l, \frac{i}{n}l]$ ，设其存活率为 s_i ，生育率为 b_i ，一个年龄组的变化时间为 1，则有当时间从 $t+1$ 到 t 的过程中，显然有

$$\begin{cases} x_1(t+1) = \sum_{i=0}^n b_i x_i(t) \\ x_i(t+1) = s_i x_i(t), i=1, 2, \dots, n-1 \end{cases} \quad (3.1)$$

其中若计矩阵 L 为

$$L = \begin{bmatrix} b_1 & b_2 & \cdots & b_{n-1} & b_n \\ s_1 & 0 & \cdots & 0 & 0 \\ 0 & s_2 & \cdots & 0 & 0 \\ & & \ddots & & \\ & & & s_{n-1} & \end{bmatrix}$$

则①式可写为

$$X(t+1) = LX(t) \quad (3.2)$$

当 $L, X(0)$ 均已知时，当 $t=1, 2, 3, \dots, n$ 时，通过多次迭代，则不难得到

$$X(t) = L^n X(0) \quad (3.3)$$

其中若 (3.2) 式中的元素满足

$$s_i > 0, i=1, 2, \dots, n-1;$$

$b_i \geq 0, i=1,2,\dots,n$, 且至少一个 $b_i > 0$;

则称矩阵 L 为 Leslie 矩阵。

所以只要已知 Leslie 矩阵和初始时间种群年龄组的分布向量, 就可以求出以后各时间 t 的种群年龄组的分布向量。

5.2.2 基于 Leslie 矩阵的人口模型

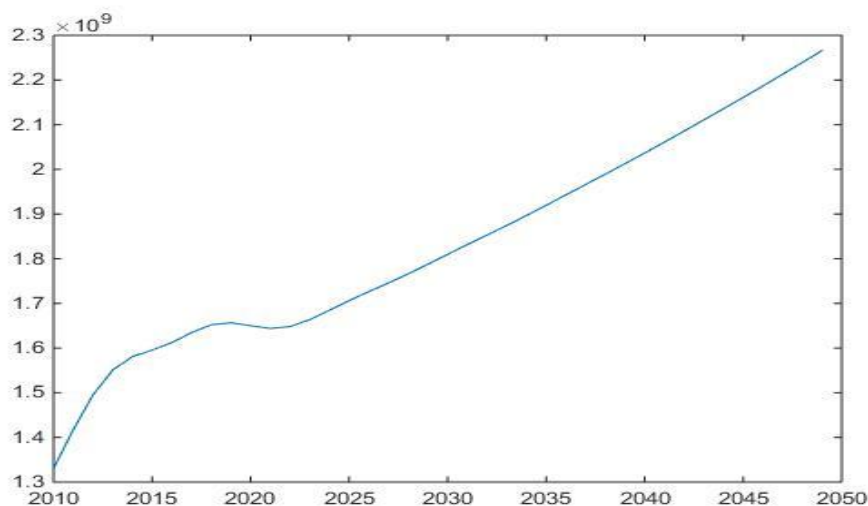
按照每五岁一个年龄组, 我们将 0-99 岁分为 20 个组, 即 0-4 岁为第一个年龄组, 5-9 岁为第二个年龄组, 10-14 岁为第三个年龄组..., 把 95-99 岁为第 20 个年龄组, 而 100 岁及 100 岁以上分为第 21 个年龄组。在这里, 我们引入实数 a , 并设实数 a 为未来年份的生育率与现在种群的生育率之比, 并且 $a \in (0.8, 1.9)$, 很显然, 在平均生育率一定的情况下, 我们可以通过改变 a 值来改变每个夫妇所生的孩子的个数。而且 a 的值大概等于每对夫妇所生的孩子的数除以总和生育率, 各年龄组的育龄妇女在五年内的平均生育率向量实际上应该为 $B = a[b_1, b_2, \dots, b_{21}]^T$ 。把 t 阶段全部存活的新生儿全部划分到 $t+1$ 阶段的第一年龄组, 并设各年龄组人口在 5 年时间里的存活率向量为 $S = [s_1, s_2, \dots, s_{21}]^T$, 而且 t 阶段第 $k-1$ 年龄组人存活到第 $t+1$ 阶段就是第 k 年龄组的人 ($k=1, 2, \dots, 20$), 且第 21 年龄组的人五年后存活下来的仍然属于第 21 年龄组。根据我们前面叙述的 Leslie 种群的模型应用于这 21 个年龄组, 则必满足

$$\begin{cases} x_1(t+1) = \sum_{k=1}^{21} a c_k b_k x_k(t) \\ x_k(t+1) = s_{k-1} x_{k-1}(t) \\ x_{21}(t+1) = s_{20} x_{20}(t) + s_{21} x_{21}(t) \end{cases}$$

5.2 模型求解

5.2.1 带入数据, 求解模型

我们将自己收集到的数据带入模型求解, 得到我们需要的数据 (数据见附录), 然后绘制成图, 得到如下图形:



5.2.2 第一问求解

通过模型求解的结果，我们能够得到中国中短期和长期人口增长趋势，并利用 1 年为分组长度和 5 年为分组长度方式预测短期和长期人口增长，得到如下数据：

中短期人口变化预测（单位：万）：

2016 年	2017 年	2018 年	2019 年	2020 年	2021 年	2022 年	2023 年
140990	141230	141430	141800	141620	141800	142000	142220

长期人口变化预测：

2025-2 030	2030-2 035	2035-2 040	2040-2 045	2045-2 050	2050-2 055	2055-2 060	2060-20 65
144000	148000	150000	150000	151000	150000	149000	148900

5.2.3 第二问求解

通过分析模型所得结果可知：我国人口生育率的下降有 91.8%左右是社会发展导致，有 8.2%左右是计划生育导致。

5.2.4 第三问求解

结合第一问和第二问分析可知,同时结合自古以来人口的发展规律以及参考当前其他国家近年来人口发展变化情况进行分析得出我国将来会全面开放生育甚至可能出现鼓励生育的政策。

6、模型评价与推广

6.1 模型优点

- 1、本文采用定性与定量、理论与实证相结合的方法进行研究,使得所建立的模型具有一定的依据。
- 2、本文运用 Leslie 模型,通过建立动态数学模型,分别对人口总数及人口结构进行预测分析。在人口结构中,对全国人口总数、男女人口数、人口年龄结构、人口老龄化等方面等随时间的变化规律。所以,模型得到的结果全面、简洁、直观、有效。
- 3、本文所建模型具有很好的创新性,在对传统模型理解的基础上,取模型之长。
- 4、本文思路宽阔,在不同时期,结合当前具体国情,对问题进行求解,使模型具有很好的推广性和通用性。
- 5、模型的计算采用专业软件求解,例如 matlab 等。
- 6、数据来源于“中国统计局”官网,十分准确可靠。

6.2 模型缺点

- 1、本文基于 2014 年人口普查得到的相关数据建立的模型,模型建立所需要的数据只用到了 2014 年一年的数据,所以可能对最后的结果产生误差。
- 2、基于模型的假设,以及出生率和死亡率都会随时间的变化而有所变化的,数据选取的有限性,因此预测的结果存在一定的误差。
- 3、影响人口增长预测的动态因素很多,而且不可能都被涉及到,所以模型与实际还是有很大距离。

6.3 模型推广

由于人口变化分析与预测模型是一个预测模型,同时在建模之初我们考虑了很多因素,可谓全面,所以此模型具有很好的普适性,适宜大范围推广。

参考文献

- [1] 唐启义、冯明光,《DPS 数据处理系统》,北京,科学出版社,2007 年。

- [2] 周国标、谢建利,《数值计算》,北京,高等教育出版社,2013年。
- [3] 石博强、赵金,《MATLAB 数学计算与工程分析范例教程》,北京,中国铁道出版社,2005年。
- [4] 姜启源,谢金星,叶俊,《数学模型》,北京,高等教育出版社,2011年。
- [5] 刘思峰、杨英杰、吴利丰,《灰色系统理论及其应用》,北京,科学出版社,2014年。
- [6] 殷伯明,《教育动态测评方法草根谭》,武汉,华中科技大学出版社,2012年。
- [7] 邓聚龙,《灰色系统气质理论》,北京,科学出版社,2014年。
- [8] 刘浩、韩晶,《MATLAB R2014 a 完全自学一本通》,北京,电子工业出版社,2015年。
- [9] 张涛、齐永奇,《MATLAB 图像处理编程与应用》,北京,机械工业出版社,2014年。
- [10] 冯昌凤、柯艺芬、谢亚君,《最优化计算方法及其 MATLAB 程序实现》,北京,国防工业出版社,2015年。
- [11] 作者未知,
<http://wenku.baidu.com/link?url=LqfW3IT0bAlgRz47-czNVPnnMqyiNBoiowBonKtDlcc1ACJhT21SyBosjaHNWQXduBzKqDB4BI4hbyg2m21HPp12XahnMVLcowTUwlpV8w0>, 2016年5月1日。
- [12] 作者未知,
http://wenku.baidu.com/link?url=EeGCK2pkYFMXzrixbkNhfImq4hkOT9g814PFdeCFp9PPfCfsF_r5rWrva0RVORKxYRoQOE48xplfmJmOeiY38MQhBkAAfQSOwQYdNd_Yk_7, 2016年5月1日。
- [13] 作者未知,
<http://data.stats.gov.cn/easyquery.htm?cn=C01&zb=A0301&sj=2014>, 20165月1日。

附录

程序源代码:

```
clc %清屏, 以使结果独立显示  
format short g; %设置计算精度
```

```

start = 2010; %开始的年数
Len = 40; %要计算的年数
De = 21; %维度
A = 1;
B = load('B.txt'); %各年龄组的育龄妇女在五年内的平均生育率向量
B = 0.8*B;
Sum_B = A*sum(B(1 , :));
S = load('S.txt'); %第 i 个年龄组的存活率
X0 = load('X0.txt'); %第一年的人口分布向量
Year = zeros(Len , 1);%年份
Sum = zeros(Len , 1);%人口总数
R = zeros(Len-1 , 1);%生育率
X = zeros(Len,De); %各年龄组的人口分布向量
L = zeros(De,De); %Leslie 矩阵
%初始化
X(1 , :) = X0(1 , :);
L(1 , :) = B(1 , :);
for i = 2:De
    L(i,i-1) = S(1 , i-1);
end
%计算
for i = 2:Len
    X(i , :) = X(i-1 , :) * L';
end
for i = 1:Len
    Year(i , 1) = start+i-1;
    Sum(i , 1) = sum(X(i , :));
end
Year_Sum_X = [Year Sum X];

```

plot(Year, Sum);

统计数据:

	人口	年均死亡率	男性	女性	女性比例	生育率
0-4	63990		34484	29506		0
5-9	63132		34326	28807		0
10-14	58287		31616	26671		0
15-19	64719		34584	30136		11.19
20-24	90785		46891	43894		79.77
25-29	98845		49801	49044		93.62
30-34	82546		41777	40768		49.03
35-39	81792		41761	40032		17.04
40-44	101959		52086	49873		3.96
45-49	99249		50455	48795		1.07
50-54	77909		39470	38439		0
55-59	66409		33781	32628		0
60-64	61608		30781	30826		0
65-69	41709		20573	21137		0
70-74	29133		14528	14606		0
75-79	21330		10179	11151		0
80-84	13289		5987	7302		0
85-89	5604		2244	3360		0
90-94	1757		581	1175		0
95+	347		106	241		0

计算结果:

年份	人口总数	0-4 岁	5-9 岁	10-14 岁
2010	1330623984	77222937	70449638	77144787
2011	1417080217	119642820.3	76728710.2	70343963.54
2012	1495099405	120106932.7	118877106.3	76613617.14

2013	1550628599	106921075.9	119338248.3	118698790.6
2014	1581004227	91612532.04	106236781.1	119159241
2015	1595344703	85907966.92	91026211.84	106077425.9
2016	1612309359	99302539.7	85358155.93	90889672.52
2017	1634705688	114755705	98667003.45	85230118.7
2018	1652097584	118104989.1	114021268.5	98519002.94
2019	1656726448	111120470.5	117349117.2	113850236.6
2020	1650051340	102479283.2	110409299.5	117173093.5
2021	1643914035	102178581.1	101823415.8	110243685.6
2022	1648064846	109960686.4	101524638.2	101670680.7
2023	1663438161	118285780.2	109256938	101372351.3
2024	1684646552	120546333.3	117528751.2	109093052.6
2025	1706285266	117048716.5	119774836.8	117352458
2026	1726366120	113476220.4	116299604.7	119595174.5
2027	1745845226	114421924.3	112749972.6	116125155.3
2028	1766188872	119431535.9	113689624	112580847.7
2029	1787812459	124397723.9	118667174	113519089.5
2030	1809799249	126023451.7	123601578.4	118489173.3
2031	1831673951	124806851.1	125216901.6	123416176.1
2032	1852966211	123794651.2	124008087.3	125029076.3
2033	1874504155	125265975.8	123002365.4	123822075.2
2034	1896721546	128772130.2	124464273.6	122817861.9
2035	1919636211	132072412.1	127947988.6	124277577.2
2036	1942904491	133570060.6	131227148.6	127756066.6
2037	1966119912	133671860.5	132715212.2	131030307.9
2038	1989277188	134019486	132816360.5	132516139.4
2039	2012693163	135725454.4	133161761.3	132617136
2040	2036623587	138441010.9	134856811.5	132962018.6

2041	2061073320	140964686	137554988.5	134654526.3
2042	2085823201	142524581.5	140062512	137348656
2043	2110688958	143412830.3	141612424.2	139852418.3
2044	2135686446	144507810.3	142494988.2	141400005.5
2045	2160981741	146343892.2	143582960.4	142281245.7
2046	2186711215	148681806.7	145407291.3	143367585.9
2047	2212863136	150881446.1	147730243.2	145189180.3
2048	2239321326	152574881.7	149915804.8	147508647.8
2049	2265996694	153955830.8	151598402.5	149690931.1
15-19 岁	20-24 岁	25-29 岁	30-34 岁	35-39 岁
104380676	124144390	99847689	98630105	121056434
77029069.82	104182352.7	123834029	99548145.93	98235584.58
70238447.6	76882714.59	103921896.8	123462526.9	99149953.35
76498696.71	70104994.55	76690507.8	103610131.1	122968676.8
118520742.4	76353349.19	69929732.06	76460436.28	103195690.6
118980502.1	118295553	76162465.82	69719942.86	76154594.53
105918309.8	118754439.1	117999814.1	75933978.42	69441063.09
90753338.01	105717065	118457553	117645814.7	75630242.5
85102273.52	90580906.67	105452772.3	118102180.4	117175231.4
98371224.44	84940579.2	90354454.4	105136414	117629771.7
113679461.3	98184319.11	84728227.75	90083391.04	104715868.3
116997333.8	113463470.3	97938858.31	84474043.07	89723057.48
110078320	116775038.9	113179811.6	97645041.74	84136146.9
101518174.7	109869171.2	116483101.3	112840272.2	97254461.57
101220292.7	101325290.2	109594498.3	116133652	112388911.1
108929413	101027974.2	101071976.9	109265714.8	115669117.4
117176429.4	108722447.2	100775404.2	100768761	108828652
119415781.8	116953794.1	108450641	100473078	100365686

115950967.6	119188891.8	116661409.7	108125289.1	100071185.7
112411976.4	115730660.8	118890919.6	116311425.4	107692788
113348810.9	112198393.6	115441334.1	118534246.8	115846179.7
118311439.5	113133448.1	111917897.6	115095010.1	118060109.8
123231051.8	118086647.8	112850614.5	111582143.9	114634630.1
124841532.6	122996912.8	117791431.2	112512062.7	111135815.4
123636342	124604333.7	122689420.5	117438056.9	112062014.4
122633635.1	123401433	124292822.9	122321352.3	116968304.6
124091160.8	122400631.2	123092929.4	123919944.4	121832066.9
127564432.5	123855387.6	122094629.6	122723650.6	123424264.6
130833762.4	127322060.1	123545749.1	121728345.7	122232756
132317365.2	130585178.3	127003754.9	123175111.9	121241432.4
132418210.3	132065962.2	130258715.3	126622743.7	122682411.4
132762575.6	132166615.7	131735797.3	129867939.2	126116252.7
134452544.5	132510326.7	131836199.2	131340589.9	129348467.4
137142633	134197084.7	132179050.9	131440690.6	130815227.5
139642639.7	136882062	133861591.9	131782513.7	130914927.8
141187905.5	139377318.6	136539856.9	133460007.2	131255383.7
142067823.8	140919648.5	139028875.3	136130237.3	132926167.1
143152534.5	141797894.9	140567349.4	138611788.7	135585716.3
144971396.6	142880544.7	141443400.2	140145647.3	138057341.6
147287384.8	144695950.9	142523343.4	141019070	139585064.7
40-44 岁	45-49 岁	50-54 岁	55-59 岁	60-64 岁
123217058	100540459	80681808	79916406	56869341
120354306.7	122145069.6	99233433.03	79011694.57	77478955.62
97665818.19	119307224.2	120557183.7	97179300.97	76601837.89
98574883.62	96816125.57	117756230.3	118061650	94215332.29
122255458.5	97717282.13	95557515.94	115318676.3	114460769.7

102597155.6	121191836	96446957.46	93579475.36	111801456.7
75712897.88	101704560.4	119616342.1	94450505.45	90725301.36
69038304.93	75054195.67	100382401.1	117140283.9	91569765.03
75191587.1	68437671.67	74078491.13	98304485.37	113567505.2
116495615.1	74537420.29	67547981.94	72545066.36	95306198.57
116947519	115482103.2	73568433.83	66149738.72	70332441.84
104108516.3	115930075.6	113980835.9	72045567.25	64132171.69
89202663.74	103202772.2	114422984.6	111621432.6	69848177.45
83648157.25	88426600.57	101861136.2	112054428.8	108216978.9
96690385.69	82920418.28	87277054.76	99752610.64	108636768.7
111737055.4	95849179.34	81842452.84	85470419.73	96710156.02
114998236.5	110764943	94603140.01	80148314.07	82863571.93
108197445.8	113997751.9	109324998.8	92644855.01	77703790.49
99783564.98	107256128	112515781.1	107061971.3	89819186.93
99490772.83	98915447.96	105861798.3	110186704.4	103796581.2
107068169.8	98625203.11	97629547.14	103670459.1	106826009.9
115174271.9	106136676.7	97343075.47	95608615.52	100508510.1
117375361.2	114172255.7	104756899.9	95328073.81	92692552.74
113969749.2	116354195.5	112688016.4	102588432.1	92420567.55
110491227.6	112978212.4	114841591	110355374.5	99459484.91
111412054.7	109529954	111509495.6	112464370.1	106989535.5
116289888.5	110442769.9	108106064.6	109201249.1	109034206.8
121125440.9	115278166.5	109007013.9	105868269	105870611
122708403.9	120071649.5	113779550.3	106750568.7	102639286.8
121523806	121640840.8	118510718.1	111424313.6	103494676.3
120538232	120466548.9	120059509.9	116057546.2	108025872
121970853.4	119489549.4	118900483.8	117574278	112517791.1
125384778.4	120909707	117936185.3	116439243.8	113988262.5

128598246.3	124293930.9	119337880.8	115494906.2	112887846.8
130056499.2	127479441.6	122678109.8	116867586.7	111972311.6
130155621.2	128925007.7	125822208.9	120138672.9	113303125.3
130494102.5	129023267.3	127248982.6	123217689.1	116474443.4
132155195.4	129358803.8	127345964.8	124614928.6	119459549.6
134799319.2	131005445.2	127677139.3	124709903.4	120814173.3
137256609	133626565.1	129302374.4	125034222.5	120906251.3
65-69 岁	70-74 岁	75-79 岁	80-84 岁	85-89 岁
40430322	32626699	23477629	12754562	5387168
54014500.08	37098863.47	27993707.74	18328984.96	8346585.373
73589512.05	49563705.28	31830824.85	21854687.63	11994487.76
72756425.63	67525736.25	42525659.13	24850324.96	14301707.59
89485722.61	66761296.16	57937081.7	33199782.08	16262052.66
108714839	82112099.07	57281192.1	45231479.69	21725937.39
106189023.6	99756736.29	70452181	44719426.67	29599480.31
86170891.23	97439048.04	85591279.74	55002017.71	29264392.82
86972962.82	79070409.79	83602703.21	66821112.09	35993320.39
107866416.4	79806390.69	67842411.6	65268630.4	43727735.75
90521827.4	98978223.73	68473883.21	52964570.74	42711791.73
66801753.26	83062828.82	84923315.96	53457560.62	34660015.09
60912736.67	61297288.79	71267907.13	66299632.77	34982627.67
66341798.94	55893527.17	52593073.78	55638855.1	43386479.69
102784486.6	60875234.7	47956646.31	41059412.7	36410066.77
103183202.9	94315044.87	52230951.38	37439753.77	26869279.67
91855306.19	94680907.02	80922308.5	40776703.74	24500574.87
78703820.62	84286428.96	81236218.22	63176046.25	26684274.93
73803060.21	72218625.8	72317756.04	63421115.57	41342404.66
85310263.75	67721688.04	61963580.93	56458472.14	41502778.03

98585992.8	78280698.01	58105208.34	48374967.63	36946424.17
101463344.2	90462506.99	67164838.9	45362736.15	31656578.82
95462982.9	93102764.67	77616831	52435589.73	29685374.54
88039386.59	87596833.11	79882172.09	60595459.96	34313849.92
87781055.06	80784941.14	75158082.8	62364011.75	39653669
94466618.77	80547896.13	69313479.5	58675915.25	40811009.29
101618660.9	86682569.38	69110094.88	54113033.44	38397518.94
103560689.6	93245283.2	74373644.53	53954251.07	35411569.09
100555906.3	95027288.78	80004452.98	58063504.28	35307661.9
97486794.62	92270099.62	81533413.77	62459476.44	37996757.2
98299243.57	89453882.74	79167745.48	63653136.13	40873481.38
102602973.3	90199385.9	76751431.39	61806258.89	41654612.28
106869398	94148488.26	77391073.11	59919842.49	40446015.82
108266051.8	98063359.56	80779402.93	60419210.77	39211544.93
107220876.9	99344929.09	84138362.5	63064479.86	39538331.53
106351301.6	98385876.67	85237949.16	65686819.61	41269395.62
107615308.4	97587954.32	84415082.18	66545266.91	42985454.75
110627426.3	98747807	83730464.8	65902854.66	43547222.66
113462680.2	101511726.4	84725618.4	65368373.87	43126828.09
114749301.8	104113355.4	87097061.23	66145290.29	42777063.86
90-94 岁	95-99 岁	100+		
1465384	344209	36283		
2848734.438	564465.9168	116239.3793		
4413674.345	1097332.506	190620.1401		
6342685.126	1700147.358	370569.1872		
7562742.972	2443202.311	574139.7627		
8599373.445	2913168.593	825069.4203		
11488675.69	3312478.651	983777.0338		

15652205.19	4425437.877	1118624.04
15475010.92	6029229.438	1494470.371
19033267.82	5960974.207	2036070.781
23123226.67	7331614.764	2013020.99
22585995.47	8907066.912	2475886.306
18328215.98	8700125.454	3007916.496
18498813.51	7060028.796	2938032.366
22942770.46	7125742.965	2384171.724
19253643.31	8837555.18	2406363.399
14208475.09	7416503.403	2984442.384
12955903.99	5473104.605	2504553.199
14110644.58	4990614.217	1848267.425
21861863.59	5435420.293	1685330.421
21946669.02	8421189.854	1835541.433
19537269.1	8453856.907	2843835.814
16739998.88	7525756.058	2854867.477
15697626.06	6448247.569	2541447.821
18145163.84	6046725.557	2177573.204
20968860.17	6989517.11	2041979.221
21580861.71	8077204.936	2360359.928
20304608.01	8312947.931	2727672.107
18725637.73	7821335.007	2807282.516
18670691.61	7213115.655	2641264.832
20092685.21	7191950.409	2435869.157
21613896.96	7739702.343	2428721.653
22026958.98	8325673.108	2613697.481
21387853.17	8484784.597	2811579.808
20735064.96	8238601.039	2865311.759

20907869.71	7987147.021	2782175.571
21823256.41	8053711.414	2697259.549
22730708.47	8406318.367	2719738.344
23027771.34	8755868.903	2838813.713
22805466.69	8870297.522	2956856.929