

基于Leslie模型的三孩政策下中国人口预测与分析

董嘉赫

上海工程技术大学管理学院, 上海

收稿日期: 2024年1月18日; 录用日期: 2024年3月20日; 发布日期: 2024年6月27日

摘要

本研究利用Leslie模型对三孩政策在中国实施后可能产生的人口影响进行了预测与分析。结果显示, 三孩政策的实施可能会在短期内提高生育率, 导致人口总数增加; 全国总人口将于2035年末到达顶峰, 突破13.6亿, 之后将逐年下降, 到2070年, 全国总人口将减少为11.6亿。我国未来65岁及以上人口比重将大幅增加, 并且总体上呈现逐年上升的趋势。这表明即使实行了三孩政策也只能缓解老龄化速度, 并不能从源头上解决老龄化问题。

关键词

Leslie模型, 三孩政策, 人口预测

Population Forecast and Analysis under China's Three-Child Policy Based on the Leslie Model

Jiahe Dong

School of Management, Shanghai University of Engineering Science, Shanghai

Received: Jan. 18th, 2024; accepted: Mar. 20th, 2024; published: Jun. 27th, 2024

Abstract

This study utilized the Leslie model to forecast and analyze the potential population impacts of China's implementation of the Three-Child Policy. The results indicate that the policy may initially increase the fertility rate, leading to a rise in the total population. The national population is projected to peak by the end of 2035, exceeding 1.36 billion, and thereafter decline annually. By 2070,

the total population is expected to decrease to 1.16 billion. The proportion of individuals aged 65 and above in China will significantly increase in the future, showing an overall upward trend annually. This suggests that even with the Three-Child Policy in place, it can only alleviate the pace of aging rather than fundamentally solve the issue.

Keywords

Leslie Model, Three-Child Policy, Population Forecast

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着人口老龄化和劳动力减少的问题日益凸显，中国政府于 2022 年宣布放开生育政策，实施三孩政策。这一政策的实施引起了广泛的关注和讨论。人口对一个国家的重要性是多方面的，它在经济、社会和政治方面都扮演着至关重要的角色。人口是一个国家最基本的资源之一，它的数量和质量直接影响着国家的经济实力、社会稳定和政治影响力。因此，政府需要采取措施来合理规划人口政策，促进人口结构的合理调整和人口素质的提升，以实现经济可持续发展和社会进步。在过去几十年里，中国的生育政策经历了从独生子女政策到二孩政策的转变，这些政策对中国的人口结构和数量产生了显著的影响。然而，在全球化的背景下，中国社会面临着人口问题的新形势和新挑战。三孩政策的实施将进一步改变中国的人口格局，对人口数量、年龄结构、劳动力市场等方面都将产生重要影响。本论文旨在深入研究三孩政策对中国人口的影响，采用 Leslie 模型，并结合《中国人口和就业统计年鉴》以及《中国统计年鉴》提供的第七次人口普查数据。通过对 Leslie 人口模型的运用，本文将对未来的人口变化进行预测，涵盖了从现在到 2070 年的分年龄和性别的人口数据。该模型考虑了各年龄段的出生率、死亡率和迁移率，通过综合分析和预测，希望能够揭示三孩政策下中国人口的变化趋势，为政府制定针对性的政策举措提供决策依据。从而促进中国社会的可持续发展，为人口问题的解决提供理论和实践上的支持。

2. 文献综述

过去几十年来，关于中国生育政策和人口变化的研究成果丰富而多样随着社会的进步，2015 年政府推行了二孩政策，旨在应对劳动力短缺和人口老龄化的挑战。庄国波根据各年份的人口数据分析计划生育政策对我国人口结构主要是出生人口性别结构和人口年龄结构的影响[1]。王玉春结合过去几年的人口数据，在时间预测模型的基础上预测全面放开二胎以后的我国人口数量，希望可以更加深入了解“全面二胎”以后我国社会的人口发展变化[2]。此外，有研究认为，生育政策的改变对经济增长具有重要影响，生育率的下降可能在一定程度上减缓了中国的人口增长，但也对劳动力市场和社会保障系统带来了压力。薛珑甄基于 2005~2021 年我国 31 个省份的面板数据，利用双向固定效应模型、工具变量法、交互效应、中介效应等方法，实证分析了经济发展水平对生育率的影响，研究结果表明：经济发展水平对生育率的提升发挥着促进作用，并且这种促进作用在不同经济发展程度的地区之间存在异质性，中部地区的经济发展水平对生育率的促进作用强于东部地区和西部地区。国家的鼓励性生育政策，如“单独二孩”“全面二孩”政策，并没有达到预期的促进生育的效果，只能减缓生育率的下降速度，并不能使生育率上升。人均消费支出在经济发展水平和生育率的关系中具有显著的反向调节作用，即人均消费支出会抑制经济发展水平对生育率的促进作用。危雁冰在综合分析了我国现行政策存在的不足之处以及部分境外国家有

效的经验做法后,从增加经费支持来源、构建财政补贴体系、制定财政补贴标准、落实起草政策规划、扩大投资购买范围、完善个税制设计以及扩大税种优惠范围七个角度提出了完善我国鼓励生育的财税政策建议[3]。

对于三孩政策,现有研究主要集中于其对生育意愿和社会制度的影响。王春凯、石智雷通过构建家庭资源约束条件下教育期望、培育策略与生育效应的分析框架,并基于大样本调查数据,考察了教育期望对家庭生育的影响效应发现,家庭教育期望显著提升了生育一孩的概率,但降低了家庭生育二孩的概率,较高的教育期望引致家庭采取“质量替代数量”的生育决策[4]。王毅杰、白杨基于 2021 年中国综合社会调查问卷实验模块的数据,从物质条件和观念因素两个层面探究其对多孩生育意愿的影响,研究发现:居民对二孩生育持略微开放态度,但三孩生育意愿较为消极[5]。刘嘉艳、曹奥臣基于精算模型分析养老金全国统筹与“全面三孩”政策对养老保险基金可持续性的影响,再进一步分析各项政策参数优化对养老保险基金状况和财政责任的影响,结果显示:在养老保险全国统筹背景下,“全面三孩”政策可以提高保险基金的可持续性,各项政策参数优化措施不仅改善了养老保险基金的运行状况,还能降低政府的财政责任[6]。然而,现阶段对于三孩政策下人口的预测和分析研究相对较少。尽管三孩政策的实施是中国人口政策发展的重要里程碑,但其潜在影响及未来发展的研究还相对不足。因此,本论文旨在填补这一研究空白,通过 Leslie 模型及其他相关方法,对三孩政策下中国人口的变化进行深入研究。

3. 实证模型

Leslie 模型是一种常用来描述人口发展的矩阵,常用来预测随着时间的变化,一个群体中各个年龄段的人口数量。Leslie 模型的优势在于,很多时候只对人口总量建模是不够的,特别是需要研究和年龄阶段有关的问题:老龄化、劳动力人口等。这就需要关注人口的年龄分布,而基于差分方程理论的 Leslie 模型可以用于分年龄的人口预测,从而对人口年龄结构进行研究。Leslie 模型构建的基本原理是:首先,按性别分组人口女性人口,选择某一初始时期,以年龄阶段的女性人口数为一个数列向量;然后通过各个年龄段的生育率和存活率构建 Leslie 人口矩阵;接着,用莱斯理人口矩阵左乘分龄女性人口向量,得到新的列向量,即为预测的下一阶段分龄女性人口向量;最后,人口总数根据男女性别比例进行推算[7]。根据莱斯理人口预测模型,能够在基于人口生育率和死亡率的基础上,对人口结构做出较为准确的预测,从而反映未来社会的人口总量和结构特征。

$$N_t = \begin{pmatrix} n_0 \\ n_1 \\ \vdots \\ n_s \end{pmatrix}$$

例如,0~4 岁用 n_0 表示,5~9 岁用 n_1 表示,……,85~89 岁用 n_{s-1} 表示,90 岁及以上用 n_s 表示,各年龄段女性人口的第 4 到第 10 组别的 15~49 岁女性是人口学领域公认的育龄妇女。

记第 t 年第 i 年龄段的女性人数为 $x_i(t)$, $i=1,2,\dots,20$ 。

设第 t 年第 i 年龄段的女性人口平均死亡率为 $d_i(t)$,记相应的存活率为 $s_i(t)=1-d_i(t)$ (最后一个年龄段的存活率为 0),则第 4 到第 10 组别的 15~49 岁女性是人口学领域公认的育龄妇女。

$$X_{i,t+1} = \begin{cases} x_1(t+1) = f_0(t) \sum_{i=4}^{10} b_i(t) x_i(t) + v_1(t) = f_0(t) \beta(t) \sum_{i=4}^{10} h_i(t) x_i(t) + v_1(t) \\ x_2(t+1) = s_1(t) x_1(t) + v_2(t) \\ \vdots \\ x_{20}(t+1) = s_{19}(t) x_{19}(t) + v_{20}(t) \end{cases}$$

改写成矩阵形式，记为：

$$L(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 & F_2 & \cdots & \cdot & F_k & F_{k+1} & \cdots & F_{m-1} & F_m \\ P_0 & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot \\ \cdot & P_1 & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & P_2 & \cdots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot \\ \cdots & \cdots & \cdots & \ddots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & P_{k-1} & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & P_k & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \ddots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & \cdot & \cdot & \cdot & \cdots & P_{m-1} & \cdot \end{bmatrix} \quad 0 < P_x < 1; F_x \geq 0.$$

则 Leslie 人口模型可以表示为矩阵形式：

$$x(t+1) = L(t)x(t) + v(t)$$

该模型为 Leslie 人口增长模型。

4. 参数设定

4.1. 分年龄、分性别人口数

考虑到三孩政策是从 2021 年 5 月 31 日开始正式实施的¹，而最近的可获取的人口数据是 2020 年第七次人口普查数据，基于此，选取 2020 年第七次人口普查数据中的分年龄、分性别人口数为初始向量值。这一数据提供了一个起点，允许我们通过模型和预测来探索三孩政策实施后的人口发展趋势。

4.2. 死亡率

存活率和死亡率有关系式： $s_i + d_i = 1$ ，故只需求出分年龄、分性别的死亡率即可推出相应的存活率。然而，通过绘制 2011~2020 年的分年龄、分性别死亡率折线图，我们可以发现死亡率的波动幅度并不显著。因此以 2011~2020 年死亡率数据的平均值为基准。

4.3. 总和生育率

三孩政策实施后，预计会对生育模式产生重大影响，而政策效果主要通过总和生育率来体现，本文将政策效果归结为总和生育率，那么，只要对特定生育模式的年龄段孕产妇和三孩政策下的总和生育率进行估算，就可以解决这个问题。通过收集 2021 年统计年鉴上规范的分年龄离生育率，作为实验使用的分年龄生育率。针对三孩政策下的总和生育率，不同专家和学者对其提出了不同的数值。为了确定三孩政策下的最优总和生育率，本文采用了 Leslie 模型，并将范围设定在 1.8 至 2.5 之间，步长为 0.05。通过对 2021 年至 2023 年的数据进行计算，找出能够使预测误差最小化的总和生育率。

4.4. 出生婴儿性别比

出生婴儿性别比是指在特定地区或特定时期内，男婴和女婴的出生比例。通常用男性婴儿数目与女性婴儿数目的比值来表示。由于出生婴儿性别比变化比较稳定，所以通过采集 2011~2020 年统计的各年度出生婴儿性别比数据，取其平均值得出模型所用参数。

4.5. 分年龄性别比

根据 2020 年第七次人口普查数据中的分年龄、分性别人口数为基数，分别计算每个年龄段的性别比

¹2021 年 5 月 31 日，中共中央政治局会议决定“实施一对夫妻可以生育三个子女政策及配套支持措施”。

得到分年龄性别比。

5. 实证结果

通过 matlab 建立 Leslie 模型，将各参数输入之后生成的 Leslie 矩阵如下：

利用 Leslie 模型进行迭代， $x(2025) = Lx(2020)$ ，即可计算出下一个 5 年，即 2025 年的中国女性分年龄段人口向量；接着，再往前迭代， $x(2030) = Lx(2025) = L^2x(2020)$ ，即可计算出 2030 年的中国女性分年龄人口向量。依次迭代 10 次，就能预测到 2070 年的中国女性分年龄人口向量。进而，可以根据分年龄性别比来计算出各年龄段的男性人口数。2023-2074 年总人口和年龄结构的预测值见图 1 和图 2：

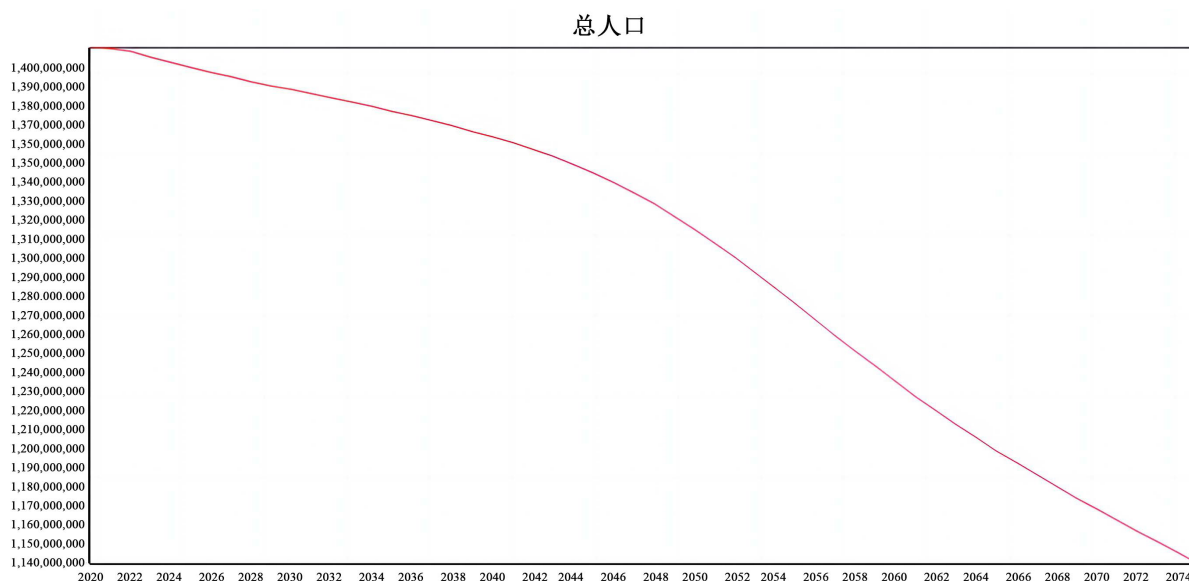


Figure 1. Forecasted total population from 2024 to 2070

图 1. 2024~2070 预测总人口数

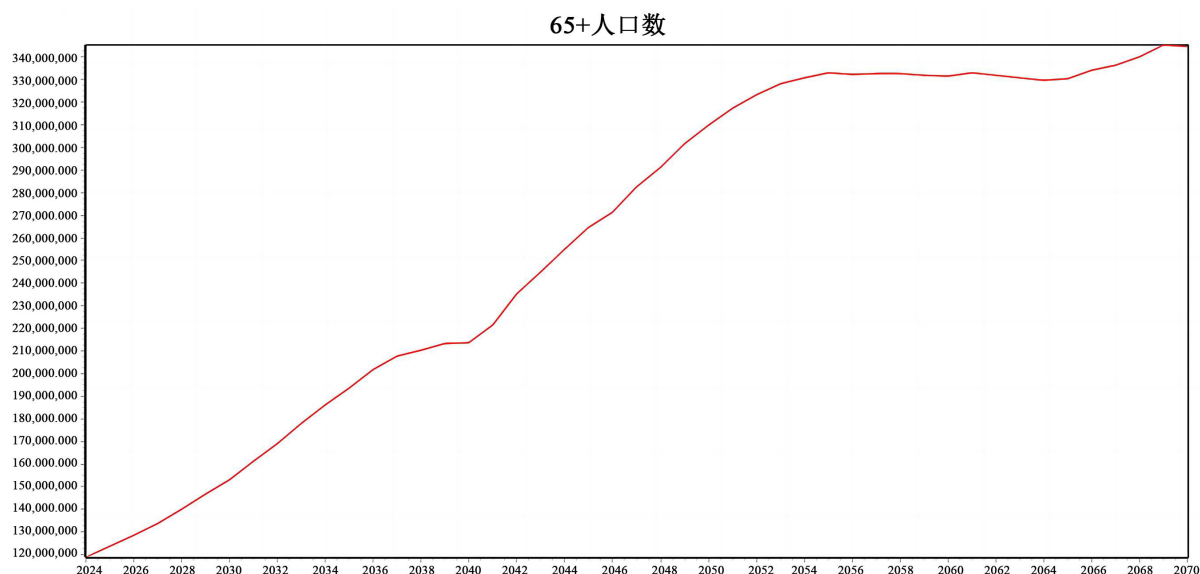


Figure 2. Forecasted population aged 65 and above from 2024 to 2070

图 2. 2024~2070 预测 65 岁以上老年人口数

可以看出：

1) 全国总人口将于 2035 年末到达顶峰，突破 13.6 亿，之后将逐年下降，到 2070 年，全国总人口将减少为 11.6 亿，可以看出，随着生育率的提升，2024~2035 年人口是逐年上升的。但是由于婴儿潮²等原因，2035 年之后人口的自然死亡率将大幅上升，导致人口开始逐年下降，最终于 2070 年，人口将减少到 11.6 亿左右。

2) 老龄化的标准通常是指一个国家或地区 65 岁及以上人口所占比例在总人口中的比例。这个比例通常被称为老龄化指数或老龄化率[8]。根据图 2 显示，我国未来 65 岁及以上人口数量将大幅增加，结合图 1 未来人口下降的趋势，可以判断未来老龄化率将会进一步加剧。到 2054 年 65 岁以上人口数量将会达到最大值，然后开始缓慢下降，但 2065 年之后又开始缓慢上升。总体上来看，老龄人口数量呈现逐年上升的趋势。这表明即使实行了三孩政策也只能缓解老龄化速度，并不能从源头上解决老龄化问题。人口老龄化将对经济和社会运行产生深刻的影响，如何有效加以应对是国家制定各种经济与社会政策时必须认真考虑的重要因素[9]。因此，国家需要努力完善老龄群体的各项保障制度，同时社会各界也应加强对老年人的关心与爱护。

6. 结论和建议

1) 政策调整与社会支持

未来我国将面临人口结构的显著变化。预测显示，总人口将从 13.6 亿快速下降至 11.6 亿，而老龄人口比重却不断上升。这一趋势意味着我国将迎来人口老龄化的挑战，需要采取相应措施来适应这一变化。老龄化问题是我国面临的重要挑战之一。尽管三孩政策在一定程度上能够缓解老龄化的速度，但其效果有限。随着人口结构的变化和生育率的下降，老龄化现象日益突出，给社会经济发展带来了诸多挑战和压力。因此，政府应该进一步调整政策，采取更加有力的措施来支持生育和家庭。首先，政府可以通过提供更加完善的育儿假期、扩大育儿津贴等方式，鼓励年轻夫妇生育更多子女。当前，许多年轻夫妇因为工作压力和生活成本的增加而望而却步，对于生育二孩或者三孩持观望态度。因此，政府可以通过给予更多的生育奖励或者优惠政策，来增加生育的积极性，从而促进人口结构的优化。其次，需要建立更加健全的养老服务体系。随着老年人口的增加，养老问题成为社会关注的焦点。政府可以增加养老院和社区服务设施的建设，提高老年人的养老保障水平。此外，还可以鼓励社会力量参与养老服务，打造多层次、多样化的养老服务体系，满足不同层次老年人的需求。通过政策调整和社会支持，可以更好地应对老龄化带来的挑战，保障社会的可持续发展。老龄化不仅仅是一个人口问题，更是一个涉及经济、社会、医疗等多方面的综合性挑战。因此，需要政府制定更加全面、长远的政策，同时各个社会主体也要积极参与其中，共同应对老龄化带来的挑战，促进社会的可持续发展。

2) 教育与就业政策

教育和就业是影响人口结构和老龄化问题的重要因素。为了有效缓解老龄化带来的压力，政府应当加强教育体系的建设，提高劳动力的素质和技能水平。通过优质教育的普及，老年人也能够获得更新的知识 and 技能，增加就业机会，提高其生活质量。同时，政府还应该采取措施促进年轻人就业。稳定的就业可以减轻养老负担，为老年人提供更好的养老保障，从而促进社会的可持续发展。此外，提高年轻人的就业率也可以增加劳动力供给，为经济发展注入更多活力。教育和就业的政策调整需要多方合作，包括政府、企业和社会组织。通过共同努力，可以为缓解老龄化问题和促进社会可持续发展提供更有效的解决方案。

3) 健康与医疗服务

随着老龄化进程的加剧，健康和医疗服务将变得尤为重要。政府应该加大对医疗卫生系统的投入，

² 也就是 1963 年，当年全国出生人口高达 2959 万，接近三千万的出生人口。

提高基层医疗服务水平，建立健全的老年人健康管理机制，为老年人提供更加全面和有效的医疗保障。同时，政府还应该加强健康教育，提倡健康生活方式，延缓老年人健康问题的发生，提高老年人的生活质量。通过健康与医疗服务的改善，可以有效应对老龄化带来的挑战，促进社会的可持续发展。

综上所述，要有效应对老龄化问题，需要政府和社会各界共同努力，从政策、教育、就业、健康等多个方面入手，采取综合性的措施，促进人口结构的优化和社会的可持续发展。

参考文献

- [1] 庄国波. 中国计划生育政策演变及影响研究[D]: [博士学位论文]. 南京: 南京航空航天大学, 2019.
- [2] 王玉春. 新“二胎”政策下的 Leslie 矩阵人口预测模型[J]. 纳税, 2017(36): 186.
- [3] 危雁冰. 人口老龄化背景下鼓励生育的财税政策研究[D]: [硕士学位论文]. 南昌: 江西财经大学, 2023.
- [4] 王春凯, 石智雷. 三孩政策下家庭教育期望及其生育效应[J]. 人口与经济, 2024(1): 76-89.
- [5] 王毅杰, 白杨. 物质-观念视域下育龄群体的多孩生育意愿——基于 CGSS2021 问卷实验的分析[J]. 社会科学, 2024(1): 157-167.
- [6] 刘嘉艳, 曹奥臣. 养老保险全国统筹、“全面三孩”政策及基金可持续性[J]. 上海金融, 2023(11): 59-70.
- [7] 解保华, 陈光辉, 孙嘉琳. 基于 Leslie 矩阵模型的中国人口总量与年龄结构预测[J]. 广东商学院学报, 2010, 25(3): 15-21.
- [8] 薛珑, 甄号召, 王健. 经济发展水平、生育政策与生育率[J]. 统计与决策, 2023, 39(15): 79-84.
- [9] 李卓. “全面二孩”政策实践对“三孩”政策的启示[J]. 山东农业大学学报(社会科学版), 2023, 25(3): 122-130+190.