

婴儿死亡漏报对平均预期寿命的影响及区域差异*

宋健 张洋

【内容摘要】婴儿死亡漏报是影响婴儿死亡率准确性及平均预期寿命可信度的重要因素。文章基于2010年中国人口普查数据,从理论和实证两个方面分析了婴儿死亡漏报对平均预期寿命的影响,并利用聚类分析和空间自相关分析探究了婴儿死亡漏报率的可能水平及其对平均预期寿命影响的地区差异。研究发现死亡水平越低,婴儿死亡率变动所引起的平均预期寿命的变动就越大;婴儿死亡漏报率越高,婴儿死亡漏报率的变动所引起的平均预期寿命的变动就越大;婴儿死亡漏报率变动对于平均预期寿命的影响存在显著的区域差异,西部和西南地区平均预期寿命变动对婴儿死亡漏报率更敏感;死亡水平及婴儿死亡漏报可能性指数的分布全局上不存在显著的双变量自相关,但局部显示一定的空间聚集且分性别的空间模式具有相似性。

【关键词】婴儿死亡漏报;平均预期寿命;婴儿死亡漏报可能性指数;聚类分析;空间自相关

【作者简介】宋健,中国人民大学人口与发展研究中心教授;张洋,中国人民大学社会与人口学院硕士研究生。北京:100872

Impacts of Infant Death Under-reporting on Life Expectancy and Their Regional Disparities

Song Jian Zhang Yang

Abstract: The under-reporting of infant death undermines the accuracy of the infant mortality rate and life expectancy. Based on China's 2010 national population census data, this paper analyzes the impact of infant death under-reporting on life expectancy from both theoretical and empirical perspectives. Cluster analysis and spatial autocorrelation analysis have been conducted to explore the regional disparities of both the under-reporting rate of infant death and its influence on life expectancy. The results show that the lower the overall mortality rate is, the more the change of life expectancy caused by the change of infant mortality. The extent of the impact on life expectancy of infant mortality depends mostly on its under-reporting level, the higher the level, the larger the impact. There are significant regional disparities of the impact of infant death under-reporting on life expectancy. The life expectancy is more sensitive to the fluctuation of infant death under-reporting in western and southwestern China. Moreover, there is no global bivariate spatial correlation between mortality level and the likelihood index of infant death under-reporting, but there are some significant local agglomerations and the spatial patterns are similar by gender.

Keywords: Infant Death Under-reporting, Life Expectancy, Likelihood Index of Infant Death Under-reporting, Cluster Analysis, Spatial Autocorrelation

Authors: Song Jian is Professor, Center for Population and Development Studies, Renmin University of China. Zhang Yang is Graduate Student, School of Sociology and Population Studies, Renmin University of China. Beijing 100872. Email: songjian@ruc.edu.cn

* 本文为教育部人文社会科学重点研究基地重大项目“中国第六次人口普查资料分析研究”(13JJD840005)的阶段性成果。

1 问题的提出

平均预期寿命是使用最为普遍的死亡率时期度量指标,被广泛应用于衡量居民健康素质、评价国家或地区的医疗卫生水平和社会经济状况。在各年龄人口的平均预期寿命值中,由于出生时平均预期寿命表达了新生人口在给定死亡水平下可能存活的终身寿命长度,因而具有特殊意义。目前国际上广为使用的人类发展指数(HDI)和生活质量指数(PQLI)均将出生时平均预期寿命作为重要的参考变量。未加说明时,平均预期寿命指的就是出生时平均预期寿命(刘铮,1986:213)。

计算平均预期寿命的基础指标——时期年龄别死亡率中,婴儿死亡率的作用尤为显著,其自身也是常被独立使用来反映国家或地区妇幼卫生状况和社会经济发展水平的敏感性指标。婴儿死亡率对平均预期寿命的影响较早就受到我国学者的关注,主要表述为两类公式: $\Delta e_0^0 = -(\alpha + e_1^0)\Delta q_0$ (徐景尧,1984;乔晓春,1985;谢韦克,1993;查瑞传,2004:47)和 $e_0^0 = \frac{1 - q_0'}{1 - q_0} \cdot (e_0 - a_0) + a_0$ (翟振武,1985;翟振武、路磊、罗茂初等,1989:250)。费世宏(1985)也推导出一个较复杂的公式,认为其他年龄别死亡率保持不变时,婴儿死亡率下降1‰,可使平均预期寿命大致提高 $\frac{1}{10 \cdot (1 - q_0)}$ %岁,或婴儿死亡率下降10‰,平均预期寿命可提高半岁至1岁。也有学者对二者进行回归曲线拟合。如吕行等(2011)以婴儿死亡率作为自变量,同期各国平均预期寿命作为因变量,预测2020年中国人口平均预期寿命为75.25岁。

然而,婴儿死亡率数据的准确性受到漏报、误报等多种因素的影响。在许多发展中国家,出生后还未及登记就死亡的婴儿往往会被出生和死亡登记同时漏报(Siegel J. S. & Swanson D. A., 2004: 267)。中国历次人口普查死亡数据的准确性都受到婴儿死亡漏报的困扰:如1982年“三普”调整后的婴儿死亡率预计超过50‰,婴儿死亡漏报率约为27%(周有尚、饶克勤、张德英,1989;鲍思顿,1991);调整后的男婴和女婴死亡率则分别为45.25‰和43.30‰(郝虹生,1990)。1990年“四普”婴儿死亡漏报率约为30.30%,男女婴分别为29.78%和30.91%;调整后的男婴和女婴死亡率分别为35.54‰和40.40‰(孙福滨、李树苗、李南,1993;李南、孙福滨,1996),或44.7‰和39.6‰(翟振武,1993)。2000年“五普”漏报主要发生在0~9岁低年龄段(崔红艳、张为民,2002);公布的婴儿死亡率(23.30‰)相较婴儿和儿童监测网的数据(32.20‰),存在明显的婴儿死亡漏报(翟德华,2003)。2010年“六普”统计的婴儿死亡率水平^①仅为4.35‰^②,比同年全国妇幼卫生监测点统计数据(13.1‰)低近9个百分点(赵梦晗、杨凡,2013),甚至比同期高收入国家的平均水平(5.1‰)(World Bank, 2012)还要低。“六普”全国婴儿死亡率水平相比“五普”在十年内下降了85%,超出婴儿死亡率下降速度的经验范围(黄荣清、曾宪新,2013;赵梦晗、杨凡,2013)。

婴儿死亡率因此被进行各种调整或估计。如鲍思顿(1991)通过删除低质量数据来调整婴儿死亡率;翟振武(1993)假设两次普查间人口死亡模式不变,借助调整后的1981年生命表构建1990年生命表,并得到相应的婴儿死亡率;黄荣清等(2013)利用幼儿死亡概率和婴儿死亡率间的稳定关系,依据调整后的幼儿死亡概率对婴儿死亡率进行估计。周有尚等(1989)通过全国调查点出生人口数据,获得1986年的婴儿死亡资料,认为调查点婴儿死亡率超出1981年婴儿死亡率的部分至少是婴儿死亡的最低漏报率。此外,模型生命表、布拉斯罗吉特转换等(郝虹生,1990;王金营、戈艳霞,2013;赵梦

① 统计的是普查时点前一年(即2009年11月1日至2010年10月30日)的数据。

② 根据国家统计局《中国2010年人口普查资料》全部数据资料表1-12的出生人口数和表6-4的0岁死亡人口数计算得到。

晗、杨凡;2013;等)也被广泛使用。然而调整后的结果存在较大差异,仅以2010年“六普”为例,不同分析结果所显示出的婴儿死亡漏报率在12.47%~78%之间,调整后的婴儿死亡率数值则在17.27‰~23.11‰之间(王金营、戈艳霞,2013;黄荣清、曾宪新,2013;赵梦晗、杨凡,2013)。

婴儿死亡漏报是不可回避的事实,对婴儿死亡率准确值的估算又是困难重重。我们感兴趣的是,虽然婴儿死亡漏报必然导致平均预期寿命的高估,但漏报率的变动会引起平均预期寿命怎样的变动?中国区域发展不均衡的国情下,婴儿死亡漏报率的可能水平及其对平均预期寿命的影响又呈现出怎样的地区差异?

2 文献综述

回顾已有文献,我们发现关于婴儿死亡率变动与平均预期寿命变动之间关系的研究多停留在理论推导层面,缺乏实证分析,且未考虑婴儿死亡率变动时其他年龄死亡率可能的连带变化。关于婴儿死亡漏报变动与平均预期寿命变动之间关系的研究更少。徐景尧(1984)曾讨论了当婴儿死亡率分别漏减10‰、15‰、20‰、30‰时,平均预期寿命因此增加的数值。翟振武(1985)根据1982年人口普查资料,推算假定婴儿死亡率低估三分之一,平均预期寿命才高估1.1岁;按当时世界大多数人口的婴儿死亡水平和平均预期寿命水平,估计婴儿死亡率每误差10‰,平均预期寿命约误差1%左右。朱家鑫、单正源(1992)在假设漏报率分别为0、10%、20%、……、90%的条件下,利用上海市和宝山区的数据模拟了婴儿死亡漏报与平均预期寿命的关系,发现平均预期寿命随婴儿死亡漏报率增加而减少,尤其当漏报率大于50%时,对平均预期寿命的影响更明显。但上述研究均较早,且未能给出详尽的理论和实证分析。

死亡水平的区域差异研究通常使用婴儿死亡率和/或平均预期寿命指标,且近些年空间分析技术的应用逐渐普及。1988~1990年中国各省份死亡水平的地域分布特征为:北部、东北部和东部地区的死亡率相对较低,而西南地区特别是青藏高原死亡率相对较高(仇丽霞、陈利民、肖琳,2004);2000年“五普”数据同样表明各省份的婴儿死亡率和平均预期寿命存在较大差异(张菊英、吴涛、张强,2004);但对1981~2010年各省市数据的分析表明,中国婴儿死亡率和平均预期寿命的地区差异性在逐步缩小(杨珺文、黄霞燕,2014)。基于模型生命表对1982年以来四次人口普查各省份人口死亡数据进行修正后,利用地理信息系统(GIS)的探索性空间数据分析(ESDA)技术,研究发现中国各省份的死亡水平存在正向的空间自相关现象,程度随时间变动有所降低;平均预期寿命相对较高的东部和相对较低的西部省份在空间上分别趋于集聚(刘会敏、牛叔文、杨振,2008;桂风云、魏传华、程硕,2013)。但目前还鲜有研究者从婴儿死亡漏报变动及其对平均预期寿命影响的视角对中国省际空间差异进行研究。

基于此,本文尝试利用2010年中国人口普查数据,从理论和实证两个方面分析婴儿死亡漏报对平均预期寿命的影响,并探究其在各省域的空间表现。

3 理论推导

3.1 婴儿死亡率变动对平均预期寿命的影响

分别考察两种情形下婴儿死亡率变化所带来的平均预期寿命的变化。

3.1.1 仅婴儿死亡率变动

由于

$$\begin{aligned} {}^0e_0 &= \frac{T_0}{l_0} = \frac{\sum_{x=0}^{\omega-1} L_x}{l_0} = \frac{1}{l_0} [L_0 + \sum_{x=1}^{\omega-1} L_x] = \frac{1}{l_0} [L_0 + l_1 {}^0e_1] = \frac{1}{l_0} [l_1 (1 + {}^0e_1) + a_0 d_0] \\ &= \frac{1}{l_0} [l_0 (1 - q_0) (1 + {}^0e_1) + a_0 l_0 q_0] = (1 + {}^0e_1) - (1 + {}^0e_1 - a_0) q_0 \quad (1) \end{aligned}$$

其中, l_x 为生命表中确切年龄 x 岁的尚存人数, T_0 为平均生存人年总数, L_x 为 x 岁年龄区间平均生存人年数, ω 为最高年龄, e_x^0 为确切年龄 x 岁人口的平均预期寿命, a_0 为在 0~1 岁死亡人口的平均生存年数, d_0 为生命表中 0 岁死亡人口数, q_0 为 0 岁死亡概率。

若 ${}_n a_x$ 为常数^①, 则 e_1^0 为常数(查瑞传, 2004:47)。可以假设某个常数 $A = 1 + e_1^0 - a_0$; 因此婴儿死亡率变动所导致的平均预期寿命的变动值为:

$$\Delta e_0^0 = -(1 + e_1^0 - a_0) \Delta q_0 = -A \Delta q_0 \quad (2)$$

即婴儿死亡率每增加 1%, 平均预期寿命会相应降低 $A\%$ 。

公式(2)与早期徐景尧(1984)等学者提出的公式非常相似, 但早期公式中 α 值的含义不如目前普遍使用的 ${}_n a_x$ 值清楚、准确。

3.1.2 婴幼儿死亡率均发生变动

事实上, 婴儿死亡率的变动往往会带动其他年龄组死亡概率的变化, 其中幼儿死亡概率与婴儿死亡率存在稳定的关系。根据研究经验, 当婴儿死亡率在 1‰~20‰之间时, 幼儿死亡概率与婴儿死亡率之比为 0.17~0.19; 当婴儿死亡率在 20‰~40‰之间时, 二者之比为 0.3 左右(黄荣清、曾宪新, 2013)。

假设婴儿死亡率的变动只带来 1~4 岁组幼儿死亡概率(${}_4 q_1$)的相应变动, 其他年龄组死亡率不变。在此条件下, 从简略生命表^②可推导出:

$$\begin{aligned} e_0^0 &= \frac{T_0}{l_0} = \frac{1}{l_0} [L_0 + {}_4 L_1 + \sum_{x=5}^{\omega-5} L_x] = \frac{1}{l_0} [L_0 + {}_4 L_1 + l_5 e_5^0] \\ &= \frac{1}{l_0} [l_1 + a_0(l_0 - l_1) + 4l_5 + {}_4 a_1(l_1 - l_5) + l_5 e_5^0] \\ &= \frac{1}{l_0} [l_1(1 - a_0 + {}_4 a_1) + l_5(4 - {}_4 a_1 + e_5^0) + a_0 l_0] \\ &= \frac{1}{l_0} [l_0(1 - q_0) [(1 - a_0 + {}_4 a_1) + (1 - {}_4 q_1)(4 - {}_4 a_1 + e_5^0)] + a_0 l_0] \\ &= (1 - q_0) [(5 + e_5^0 - a_0) - {}_4 q_1(4 + e_5^0 - {}_4 a_1)] + a_0 \end{aligned} \quad (3)$$

同理, 若 ${}_n a_x$ 为常数, 则 e_5^0 为常数; 若再假设常数 $B = 5 + e_5^0 - a_0$, $C = 4 + e_5^0 - {}_4 a_1$, 则给定的幼儿死亡率水平下, 婴儿死亡率变动所导致的平均预期寿命的变动值为:

$$\Delta e_0^0 = -[(5 + e_5^0 - a_0) - {}_4 q_1(4 + e_5^0 - {}_4 a_1)] \Delta q_0 = -(B - C \cdot {}_4 q_1) \Delta q_0 \quad (4)$$

即给定的幼儿死亡率水平下, 婴儿死亡率每增加 1%, 平均预期寿命会相应降低 $(B - C \cdot {}_4 q_1)\%$ 。

3.2 婴儿死亡漏报率变动对平均预期寿命的影响

在不考虑其他漏报的情况下, 如果婴儿死亡漏报率为 U , 则调整后的时期婴儿死亡率为:

① ${}_n a_x$ 为在 x 岁年龄区间死亡人口的平均生存年数。在多数年龄区间, 若假设死亡事件在年龄区间内均匀发生, 则 ${}_n a_x = n/2$, 即单岁组时取值为 0.5, 5 岁组时取值为 2.5。

② 本文将 1~4 岁组幼儿作为一个整体考虑, 因此采用简略生命表形式。完全生命表需考虑 1、2、3、4 每个年龄幼儿死亡概率的情况。

$$IMR' = \frac{1}{1-U}IMR$$

$$\text{或 } q'_0 = \frac{1}{1-U}q_0 \quad (5)$$

则对于任一指定水平的漏报率 U_0 , 有

$$\Delta q'_0 = \frac{q_0}{(1-U_0)^2}\Delta U \quad (6)$$

即(1)婴儿死亡漏报率的变动所引起的婴儿死亡率的变动与漏报率水平 U 有关, U 越高, 所引起的婴儿死亡率变动越大; (2) 对于某一指定的婴儿死亡漏报率 U_0 , 其每增加 1%, 婴儿死亡率相应增加 $\frac{q_0}{(1-U_0)^2}\%$ 。

分别考察两种情形下婴儿死亡漏报率变化所带来的平均预期寿命的变化。

3.2.1 仅婴儿死亡率变动

对于调整后的婴儿死亡率 q'_0 , 平均预期寿命为 e'_0 ; 由公式(1)和(5), 得到

$$e'_0 = (1 + e_1) - (1 + e_1 - a_0) \frac{q_0}{1-U} \quad (7)$$

则对于任一指定水平的漏报率 U_0 , 有

$$\Delta e'_0 = - (1 + e_1 - a_0) \cdot \frac{q_0}{(1-U_0)^2}\Delta U = - \frac{Aq_0}{(1-U_0)^2}\Delta U \quad (8)$$

公式(8)在理论上呼应了朱家鑫、单正源(1992)当时对于上海数据的估算结果。

3.2.2 婴幼儿死亡率均发生变动

由公式(3)和(5), 得到

$$e'_0 = [(5 + e_5 - a_0) - {}_4q_1(4 + e_5 - {}_4a_1)](1 - \frac{q_0}{1-U}) + a_0$$

$$= a_0 + (B - C \cdot {}_4q_1)(1 - \frac{q_0}{1-U}) \quad (9)$$

则对于任一指定水平的漏报率 U_0 , 在给定的幼儿死亡率水平下, 有

$$\Delta e'_0 = - [(5 + e_5 - a_0) - {}_4q_1(4 + e_5 - {}_4a_1)] \cdot \frac{q_0}{(1-U_0)^2}\Delta U$$

$$= - \frac{(B - C \cdot {}_4q_1)q_0}{(1-U_0)^2}\Delta U \quad (10)$$

从公式(8)和(10)可知: 其一, 婴儿死亡漏报率的变动所引起的平均预期寿命的变动与漏报率水平 U 有关, U 越高, 所引起的平均预期寿命的变动越大; 其二, 对于某一指定的婴儿死亡漏报率 U_0 , 仅考虑婴儿死亡率变动条件下, 婴儿死亡漏报率每增加 1%, 平均预期寿命相应降低 $\frac{Aq_0}{(1-U_0)^2}\%$; 若同时考虑婴幼儿死亡变动, 在给定的幼儿死亡率水平下, 婴儿死亡漏报率每增加 1%, 平均预期寿命相应降低 $\frac{(B - C \cdot {}_4q_1)q_0}{(1-U_0)^2}\%$ 。

4 数据、思路与方法

在实证分析部分,我们首先考察婴儿死亡率变动对平均预期寿命的影响。根据国家统计局公布的 2010 年第六次全国人口普查汇总资料,分性别编制全国及各地区^①的生命表,分别计算 A 、 B 和 C 值。为了简便起见,利用凯菲茨(Keyfitz)和弗利格(Flieger)编制的美国 1985 年男性和女性生命表中的 a_0 和 ${}_4a_1$ 值^②,即 $a_0^m = 0.09$, $a_0^f = 0.086$, ${}_4a_1^m = {}_4a_1^f = 1.5$ (郑真真等,2012:39),其他年龄的 ${}_n a_x$ 取值为 2.5。

在其他年龄组死亡率不变条件下, A 值即可反映仅婴儿死亡率变动对平均预期寿命的影响;若考虑婴幼儿死亡率均变动的情形,还需要确定新的幼儿死亡率水平^③。根据婴儿死亡率与幼儿死亡率关系的经验公式,调整幼儿死亡率水平,得到基于 2010 年婴儿死亡率水平的、婴幼儿死亡率均变动情形下的、婴儿死亡率变动对平均预期寿命的影响。

其次,考察婴儿死亡漏报率的变动对平均预期寿命的影响。将婴儿死亡漏报率分别取值为 $U = 0.05 + i \cdot 0.05$ ($i = 0, 1, 2, \dots, 18$) (即从 5% ~ 95%),分别考察仅婴儿死亡率变动和婴幼儿死亡率同时变动下的情形。

最后,考察各地区婴儿死亡漏报率的可能水平及其对平均预期寿命的影响。由于 2010 年的婴儿死亡漏报水平未知,我们分别用婴儿死亡率为 0 表示最大漏报水平(或最低婴儿死亡率水平),用 2000 年的中国及各地区婴儿死亡率表示最低漏报水平(或最高婴儿死亡率水平)^④,当其他年龄别死亡率不变时,分别计算各地区在上述两种极端情况下的平均预期寿命 $e_{0,\max}^0$ 和 $e_{0,\min}^0$,并构建婴儿死亡漏报可能性指数 I 。

$$I = \frac{e_{0,\max}^0 - e_{0,2010}^0}{e_{0,\max}^0 - e_{0,\min}^0} \quad (11)$$

I 测度的是在其他年龄别死亡率保持不变时,事实上存在婴儿死亡漏报的、登记的 2010 年的婴儿死亡率水平与最低值(即婴儿死亡率为 0)间的距离,相对于 2010 年可能的最高水平婴儿死亡率(即 2000 年水平)与最低值间的距离的比例, $0 < I < 1$ 。 I 值越小,意味着 2010 年的婴儿死亡率水平越低,或婴儿死亡漏报可能性越高。

基于 I 值对各地区进行聚类分析,以揭示婴儿死亡漏报率对平均预期寿命可能影响的地区差异。采用样本聚类中的系统聚类法(也被称作层次聚类法),以地区作为标签变量,婴儿死亡漏报可能性指数 I 和 2010 年平均预期寿命作为聚类变量,通过欧氏平方距离度量,分性别对 2010 年中国各地区的婴儿死亡漏报可能性进行分类。

为了判断上述聚类现象是否存在空间依赖,需要进行空间相关性分析。目前空间分析领域多使用全局空间自相关 Moran 指数反映空间邻接或邻近的区域单元观测值的相似程度;局部 Moran 指数判断是否存在观测值的局部空间集聚。由于本文涉及双变量,因此利用 ArcGIS 和能够实现双变量空

① 各地区指中国大陆 31 个省/直辖市/自治区。下同。

② 经验证,采用此经验值与采用寇尔-德曼经验公式法得到的婴幼儿死亡概率和平均预期寿命在小数点后 4 位基本一致。

③ 因为在同一套年龄别死亡率情况下,公式(3)是公式(1)的进一步展开式,二者结果相同。

④ 采用 2000 年的婴儿死亡率意味着假设 10 年间婴儿死亡率没有丝毫下降,这与中国社会经济发展的现状并不相符,因此这一假设代表 2010 年中国婴儿死亡率的最高水平。

间相关性分析可视化的 Geoda 空间分析软件 (Anselin, 2003), 计算双变量全局 Moran 指数 (Bivariate Moran's I) 和双变量局部 Moran 指数 (Bivariate Local Moran's I), 并绘制拓展性的 Moran 散点图 (Generalized Moran Scatter Plot), 分析婴儿死亡漏报可能性的空间分布模式。

$$\text{双变量全局 Moran 指数公式为: } MI_{kl} = \frac{Z_k' W Z_l}{n}$$

$$\text{双变量局部 Moran 指数公式为: } MI_{kl}^i = Z_k' W Z_l$$

$$Z_k = \frac{(x_k - \bar{x}_k)}{\sigma_k}, Z_l = \frac{(x_l - \bar{x}_l)}{\sigma_l}$$

其中, n 为观测的样本量, k 和 l 分别表示两个研究变量; W 为标准化的空间权重矩阵, Z_k 和 Z_l 分别为标准化统计量的矩阵; x_k 和 x_l 分别为研究变量在某区域的观测值, \bar{x}_k 和 \bar{x}_l 分别为研究变量在所有区域的观测平均值; σ_k 和 σ_l 分别为研究变量观测值的标准差。

当 MI_{kl} 值为正且显著时, 表明存在正的空间自相关, 即观测值趋于空间聚集; 当其为负且显著时, 表明存在负的空间自相关, 即两个变量的观测值趋于空间离散。 MI_{kl}^i 检测某地区 k 变量的观测值与邻域在 l 变量观测值的平均水平的线性相关性; 正的相关性表示两个变量观测值在空间上的聚集 (低值或者高值); 负的相关性表示两个变量观测值在空间上的离散。

拓展性的 Moran 散点图是双变量全局 Moran 指数的可视化表达, 本文中以婴儿死亡漏报可能性指数的标准化原始值为横坐标, 以 2010 年平均预期寿命的标准化空间滞后值 (即某地区周围邻域人口平均预期寿命观测值的平均水平) 为纵坐标, 回归直线的斜率就是双变量 Moran 指数值。其中, 第一、三象限代表正的空间联系, 第二、四象限代表负的空间联系。四个象限分别代表高高 (即拥有高观测值的区域单元被高值区域所包围)、低高、低低和高低聚集方式。将其与双变量局部 Moran 指数的显著性水平相结合, 可以查询对应于 Moran 散点图不同象限且局部指标显著的相应区域。

5 实证分析结果

5.1 婴儿死亡率变动对平均预期寿命的影响

根据普查数据, 2010 年中国男性和女性的出生时平均预期寿命分别为 75.86 岁和 80.68 岁; 1 岁时平均预期寿命分别为 75.19 岁和 80.04 岁; 5 岁时平均预期寿命分别为 71.39 岁和 76.22 岁。全国各地中, 男性和女性平均预期寿命最高的分别是上海市 (80.39 岁) 和海南省 (84.86 岁), 最低的均为西藏自治区 (分别为男性 70.53 岁、女性 74.44 岁)。

如果其他年龄组死亡率不变, 在仅考虑婴儿死亡率变动的情况下, 男婴和女婴死亡率每增加 1%, 全国男性和女性的平均预期寿命就会分别下降 0.76 岁和 0.81 岁。男婴死亡率变动对平均预期寿命影响最大的省份是上海市 (0.81 岁), 最小的是西藏自治区 (0.71 岁); 女婴死亡率变动对平均预期寿命影响最大的省份是海南省 (0.85 岁), 最小的是西藏自治区 (0.75 岁) (见表 1)。可见, 婴儿死亡率变动对平均预期寿命的影响与人口的整体死亡水平有关, 整体死亡水平越低, 婴儿死亡率变动所引起的平均预期寿命的变动就越大。“婴儿死亡率每增加 1%, 平均预期寿命会在原基础上大约降低 1%”的结果也验证了翟振武 (1985) 的推测。

由于 2010 年全国及各地区的婴儿死亡率均未超过 20‰, 因此采用 ${}_4q_1 = 0.18 \cdot q_0$ 的经验公式, 基于 2010 年婴儿死亡率调整幼儿死亡率。发现如果其他年龄组死亡率不变, 在婴幼儿死亡率均变动的情形下, 男婴和女婴死亡率每增加 1%, 全国男性和女性的平均预期寿命分别下降的幅度仍是 0.76 岁 (确切而言, 是从 0.761 变为 0.762) 和 0.81 岁 (从 0.810 变为 0.811); 对各省平均预期寿命的影响值及排名也几乎未变。相比较仅婴儿死亡率变动, 婴幼儿死亡率同时变动情形下, 婴儿死亡率每增加 1%,

表 1 2010 年中国各地区分性别人口平均预期寿命及相关参数(年)

Table 1 National and Provincial Sex-specific Life Expectancy and Related Parameters: 2010 (years)

区域	男性				女性			
	0e_0	A	B	C	0e_0	A	B	C
全国	75.86	76.10	76.30	73.89	80.68	80.95	81.14	78.72
北京	80.10	80.12	80.20	77.79	83.92	83.94	84.00	81.59
天津	80.31	80.36	80.42	78.01	80.26	80.32	80.40	77.99
河北	74.35	74.47	74.59	72.18	79.05	79.17	79.27	76.86
山西	75.01	75.24	75.37	72.96	79.36	79.64	79.76	77.35
内蒙古	76.27	76.56	76.70	74.29	81.04	81.26	81.37	78.95
辽宁	76.26	76.41	76.53	74.12	80.76	80.86	80.96	78.54
吉林	77.79	77.84	77.93	75.52	81.80	81.83	81.92	79.51
黑龙江	76.96	77.01	77.10	74.69	81.91	81.93	82.02	79.60
上海	80.39	80.60	80.74	78.33	84.36	84.49	84.60	82.19
江苏	77.19	77.28	77.43	75.02	81.66	81.74	81.86	79.44
浙江	77.55	77.79	78.02	75.61	81.92	82.16	82.35	79.94
安徽	76.13	76.40	76.57	74.16	81.18	81.49	81.61	79.20
福建	76.43	76.60	76.73	74.32	81.51	81.73	81.85	79.44
江西	74.81	75.01	75.25	72.84	80.20	80.50	80.73	78.32
山东	76.06	76.13	76.22	73.81	80.97	81.05	81.14	78.72
河南	75.45	75.45	75.56	73.15	81.12	81.13	81.22	78.81
湖北	76.57	76.75	76.93	74.52	80.95	81.16	81.32	78.90
湖南	76.43	76.53	76.78	74.37	81.04	81.16	81.38	78.96
广东	76.83	76.96	77.10	74.69	82.05	82.22	82.36	79.95
广西	75.19	75.39	75.59	73.18	82.45	82.71	82.89	80.47
海南	78.60	78.95	79.18	76.77	84.86	85.39	85.58	83.17
重庆	76.05	76.26	76.51	74.10	81.14	81.34	81.54	79.13
四川	75.06	75.26	75.57	73.16	80.12	80.33	80.59	78.18
贵州	72.14	73.12	73.53	71.12	77.83	79.14	79.50	77.08
云南	71.16	72.10	72.67	70.26	76.51	77.65	78.22	75.80
西藏	70.53	71.42	72.17	69.76	74.44	75.39	76.18	73.77
陕西	75.95	76.03	76.21	73.80	79.74	79.82	79.98	77.57
甘肃	74.62	75.09	75.37	72.96	78.27	78.91	79.22	76.81
青海	71.38	72.21	73.04	70.63	75.44	76.23	77.04	74.63
宁夏	72.76	73.52	73.88	71.47	77.07	77.80	78.16	75.75
新疆	76.01	76.61	77.10	74.69	80.35	80.88	81.30	78.89

资料来源:根据国家统计局《中国 2010 年人口普查资料》全部数据资料表 1-7 和表 6-1 计算。

所引起的平均预期寿命的降低值更多一些,但相差均未超过 1 个百分点。可见,婴幼儿死亡率联动对平均预期寿命造成的影响与仅婴儿死亡率变动造成的影响相差不大。

5.2 婴儿死亡漏报率变动对平均预期寿命的影响

婴儿死亡漏报会影响婴儿死亡率的准确性,且漏报率水平越高时,单位漏报率对婴儿死亡率数值的影响越严重。就男婴而言,婴儿死亡漏报率每增加 1%,在 5%、10% 和 50% 的漏报水平下,婴儿死亡率的上升值分别为 10 万分之 4.7、10 万分之 5.3 和 10 万分之 17.1。与男婴相比较,同样的漏报水平下,女婴死亡漏报率每增加 1%,女婴死亡率上升的幅度更高,在 5%、10% 和 50% 三个不同水平下的提升值依次为 10 万分之 4.9、10 万分之 5.5 和 10 万分之 17.8。

婴儿死亡漏报所导致的平均预期寿命的变动幅度与漏报率水平有关:漏报率水平越高,变动幅度越大。相比较而言,性别差异、幼儿死亡率是否同时变化等因素所产生的差异均不明显(见图 1)。如果其他年龄组死亡率不变,无论是男婴还是女婴,无论仅考虑婴儿死亡率变动还是婴幼儿死亡率同时变动,婴儿死亡漏报率每增加 1% 引起的平均预期寿命的降低值:在漏报率不超过 40% 时,均不超过 0.01 岁;在漏报率不超过 55% 时,均不超过 0.02 岁;在漏报率不超过 65% 时,均不超过 0.03 岁;在漏报率不超过 80% 时,均不超过 0.1 岁。当漏报率水平超过 80% 时,婴儿死亡漏报率每增加 1%,所导致的平均预期寿命的变化速度非常快,从 85% 漏报水平时的降低 0.15 岁左右迅速增至 95% 漏报水平时的降低 1.4 岁左右。

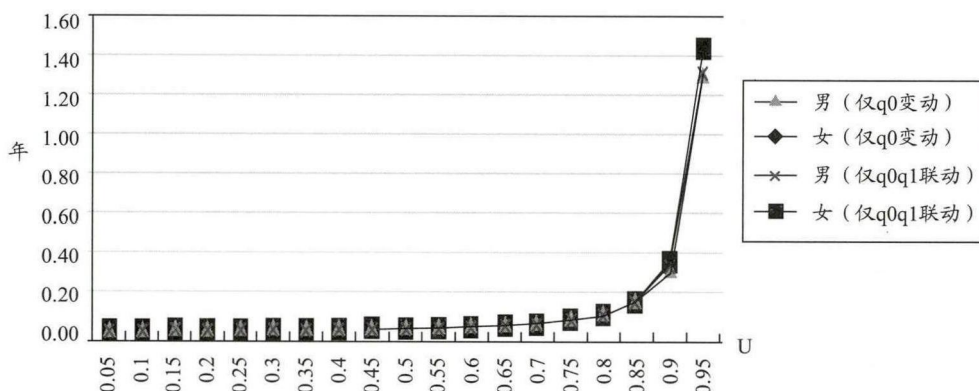
女婴死亡漏报率的变动所引起的平均预期寿命的变动值,比男婴的相应值更大,且差异也随漏报率水平的升高而增加(从 5% 漏报率水平下相差 0.0004 岁增加到 95% 漏报率水平下的相差 0.14 岁)。

婴幼儿死亡率同时变动情形下,婴儿死亡漏报所引起的平均预期寿命的变动值,比仅婴儿死亡率变动情形下的相应值更大,且差异也随漏报率水平的升高而微弱增加(从 5% 漏报率水平下相差 10 万分之 0.7 岁增加到 95% 漏报率水平下的相差 0.0025 岁)。

可见,婴儿死亡漏报所引起的平均预期寿命的变动受婴儿死亡漏报率水平的影响最为显著,其次是性别差异,最后才是婴幼儿死亡率是否同时变动的的影响。

图 1 2010 年婴儿死亡漏报对平均预期寿命的影响(全国)

Figure 1 Impact of Infant Death Undercount on National Life Expectancy: 2010



5.3 婴儿死亡漏报水平及其对平均预期寿命影响的区域差异

由于婴幼儿死亡率同时变动对平均预期寿命的影响与仅考虑婴儿死亡率变动时的结果相差不大,因此下面我们仅考虑婴儿死亡率变动情形下,婴儿死亡漏报的可能水平及其对平均预期寿命影响

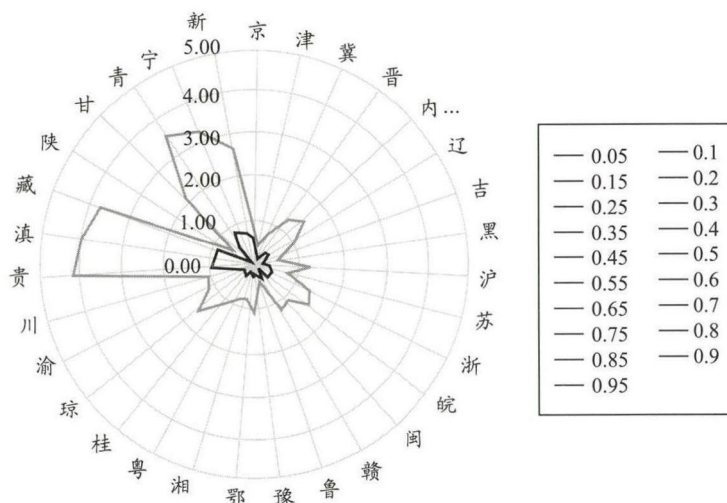
的区域差异。

从表 1 可知无论男性还是女性,2010 年中国各地区的平均预期寿命均存在较显著的差异,极差高达 10 岁,这些差异可能是由于地区间真实的死亡水平差异所致,但也可能受死亡漏报水平的区域差异所影响。我们首先考察不同的婴儿死亡漏报水平下,各地区分性别婴儿死亡漏报率变动对平均预期寿命的影响。

图 2 和图 3 显示了极为相似的变动模式:(1)在婴儿死亡漏报水平不超过 80% 时,约有四分之三地区的婴儿死亡漏报变动对于平均预期寿命的影响并不大,婴儿死亡漏报率每增加 1% 所引起的平均预期寿命变动均未超过 0.1 岁;(2)婴儿死亡漏报水平超过 80% 时,影响则均较显著,尤其当漏报水平高达 95% 时,有些省份的变动值甚至男性超过 4 岁,女性超过 5 岁;(3)各地区婴儿死亡漏报率变动对于平均预期寿命的影响存在显著差异,按照影响值从大到小的顺序大致可进行如下分类:对于女婴而言,第一类是贵、滇、藏 3 省,在婴儿死亡漏报率的各个水平上,其婴儿死亡漏报率每增加 1% 所引起的平均预期寿命变动均较高。即使在 5% 的漏报水平下,这三个地区的婴儿死亡漏报单位变动所引起的平均预期寿命变动值已超过了 0.01 岁;漏报水平为 65% ~ 70% 时,变动更超过了 0.1 岁;第二类是甘、青、宁、琼、新 5 省;第三类是冀、浙、闽、皖、赣 5 省;第四类则包括其他 18 个省份。对于男婴而言,第一类是贵、滇、藏、青、宁 5 省;第二类是甘、新、琼 3 省;第三类是晋、内蒙古、黑、苏、桂、川、渝、浙、闽 9 省;第四类则包括其他 14 个省份。

图 2 2010 年各地区男婴死亡漏报对平均预期寿命的影响

Figure 2 Impact of Male Infant Death Undercount on Provincial Life Expectancy: 2010



为了大致估计各地区的婴儿死亡漏报水平,接下来我们计算婴儿死亡漏报可能性指数 I ,并将其与 2010 年平均预期寿命进行系统聚类,把全国各地分为四类(见表 2)。

表 2 的分类结果反映了 2010 年中国各地区死亡水平或可能的婴儿死亡漏报水平,为了检验其是否存在区域聚类现象,计算双变量 Moran 指数。男性及女性的全局 Moran 指数分别为 0.0993 ($p = 0.53955$) 和 -0.0421 ($p = 0.4832$),表明从全局来看,婴儿死亡漏报可能性指数和 2010 年平均预期寿命之间不存在显著的空间自相关。局部 Moran 指数显示,男性婴儿死亡漏报可能性指数与 2010 年男性平均预期寿命以西藏和新疆为中心与周围地区形成显著的高值和低值(High-Low)离散区;以云南和四川为中心与周围地区形成显著的低值和低值(Low-Low)聚集区;其他地区的双变量空间相关性

图3 2010年各地区女婴死亡漏报对平均预期寿命的影响

Figure 3 Impact of Female Infant Death Undercount on Provincial Life Expectancy: 2010

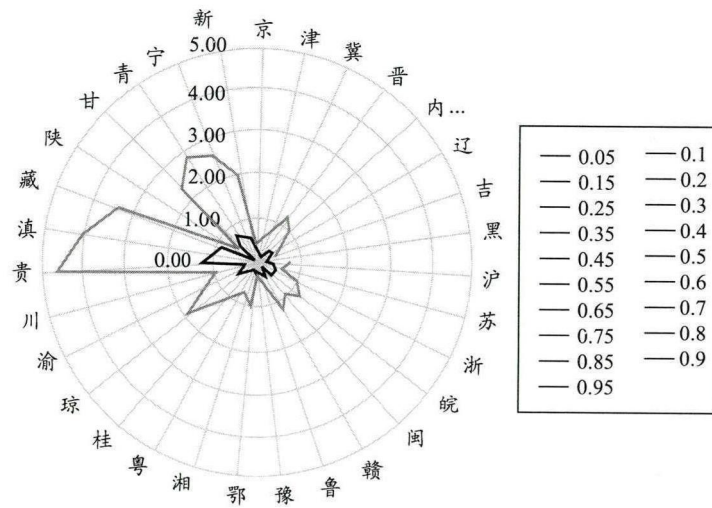


表2 2010年中国各地区分性别婴儿死亡水平及漏报可能性聚类结果

Table 2 Cluster Analysis Results of Sex-specific Possible Undercount of Regional Infant Death: 2010

类别	男婴				女婴			
	地区	n	I 均值 (标准差)	e_0 均值 (标准差)	地区	n	I 均值 (标准差)	e_0 均值 (标准差)
I	京、津、沪、琼	4	0.54 (0.25)	79.85 (0.84)	京、沪、琼	3	0.42 (0.16)	84.38 (0.47)
II	冀、晋、赣、豫、桂、川、甘	7	0.19 (0.06)	74.93 (0.37)	津、冀、内蒙古、辽、吉、黑、晋、苏、浙、徽、闽、赣、鲁、豫、鄂、湘、粤、桂、渝、川、陕、新	22	0.17 (0.10)	80.94 (0.89)
III	内蒙古、辽、吉、黑、苏、浙、徽、闽、鲁、鄂、湘、粤、渝、陕、新	15	0.22 (0.09)	76.57 (0.58)	贵、滇、甘、宁	4	0.29 (0.12)	77.42 (0.78)
IV	藏、青、宁、贵、滇	5	0.35 (0.09)	71.59 (0.87)	藏、青	2	0.33 (0.06)	74.94 (0.71)

并不显著(见图4)。女性婴儿死亡漏报可能性指数与2010年女性平均预期寿命以西藏和新疆为中心与周围地区形成显著的高值和低值(High-Low)离散区;以甘肃和四川为中心与周围地区形成显著的低值和低值(Low-Low)聚集区,并以江苏为中心与周围地区形成显著的低值和高值(Low-High)离散区(见图5)。因此,男性与女性的局部 Moran 指数分布存在一定的空间模式的相似性。

图4 2010年男性双变量局部 Moran 指数

Figure 4 Male's Bivariate Local Moran's I: 2010

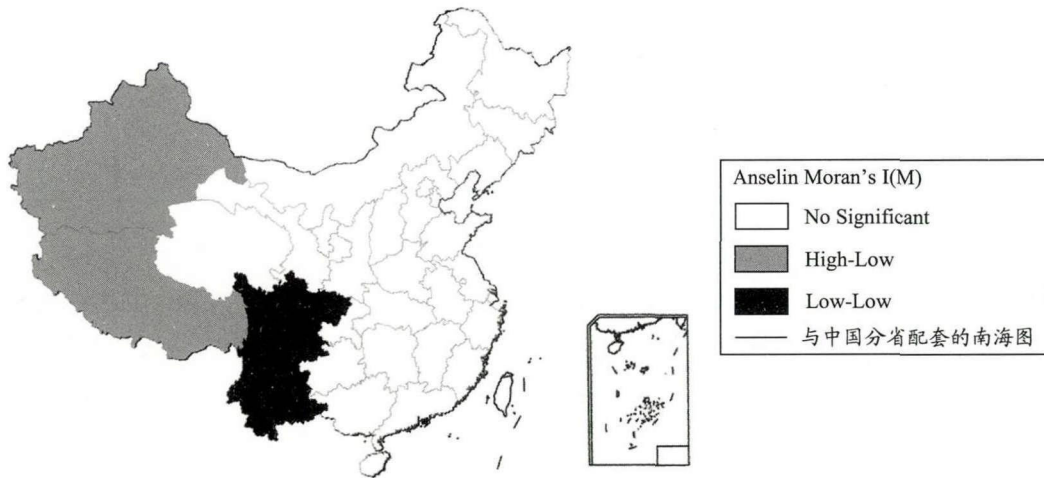
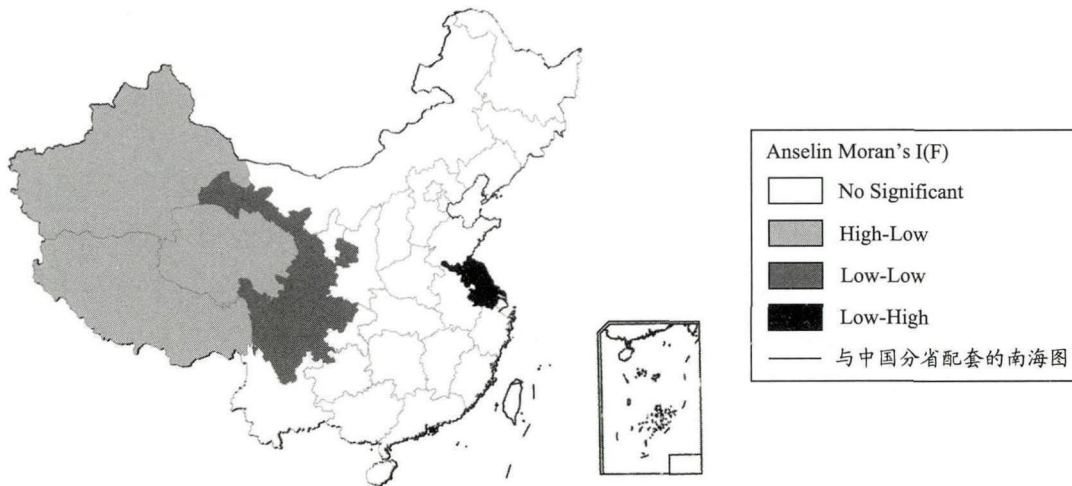


图5 2010年女性双变量局部 Moran 指数

Figure 5 Female's Bivariate Local Moran's I: 2010



拓展性 Moran 散点图与指数计算结果基本一致,整体来看不存在显著的双变量全局自相关。依据散点图整理的省份分布结果(见表3)与表2聚类结果相比较,发现表2的第一类基本为低高类型,第二类基本为低低类型,第三类为高高类型,第四类为高低类型。与聚类结果分类不一致的省份可能主要受到空间溢出效应的影响。其中“低低”类型的省份表明婴儿死亡漏报可能性指数 I 较低,平均预期寿命也较低。如前文所述, I 值越小,意味着2010年的婴儿死亡率水平越低,或婴儿死亡漏报可

能性越高;如果是前者,平均预期寿命应该较高。指标间的冲突隐含着这些省份的婴儿死亡漏报可能性较大。

表3 拓展 Moran 散点图省份分类

Table 3 Grouped Provinces by Generalized Moran Scatter Plot

类型	个数	男性	个数	女性
低高	4	沪、京、津、浙	3	沪、津、浙
低低	4	川、桂、甘、滇	5	川、桂、甘、陕、内蒙古
高高	5	苏、冀、赣、吉、黑	8	苏、冀、赣、吉、黑、皖、粤、闽
高低	5	藏、新、青、琼、贵	6	藏、新、青、宁、京、滇
不显著	13	辽、闽、鄂、皖、鲁、粤、晋、宁、陕、湘、渝、豫、内蒙古	9	辽、湘、鄂、鲁、琼、豫、渝、晋、贵

6 结论

婴儿死亡漏报是影响婴儿死亡率准确性及平均预期寿命可信度的重要因素。虽然有较丰富的文献致力于婴儿死亡漏报率的估计及对婴儿死亡率进行调整,但方法和结论均存在较大分歧,且婴儿死亡漏报对平均预期寿命的影响的相关研究仍较匮乏。本文基于2010年中国人口普查数据,从理论和实证两个方面分析了婴儿死亡漏报对平均预期寿命的影响,并利用聚类分析和空间自相关分析探究了婴儿死亡漏报率的可能水平及其对平均预期寿命的影响的地区差异。研究结果发现:

(1) 婴儿死亡率变动对平均预期寿命的影响与人口的整体死亡水平有关,整体死亡水平越低,婴儿死亡率变动所引起的平均预期寿命的变动就越大。保持其他年龄组死亡率不变,在仅考虑婴儿死亡率变动的情况下,婴儿死亡率每增加1%,平均预期寿命会相应降低 $A\%$,其中 A 为常数且 $A = 1 + e_1 - a_0$ 。根据2010年普查数据,中国男婴和女婴死亡率每增加1%,全国男性和女性的平均预期寿命就会分别下降0.76岁和0.81岁。

(2) 婴幼儿死亡率联动对平均预期寿命造成的影响与仅婴儿死亡率变动造成的影响相差不大。相比较仅婴儿死亡率变动,婴幼儿死亡率同时变动情形下,婴儿死亡率每增加1%,所引起的平均预期寿命的降低值更多一些,但相差均未超过1个百分点。保持其他年龄组死亡率不变,婴幼儿死亡率同时变动,在给定的幼儿死亡率水平下,婴儿死亡率每增加1%,平均预期寿命会相应降低 $(B - C \cdot q_1)\%$ 。其中 B 、 C 均为常数,且 $B = 5 + e_5 - a_0$, $C = 4 + e_5 - a_1$ 。根据2010年普查数据,中国男婴和女婴死亡率每增加1%,全国男性和女性的平均预期寿命分别下降的幅度仍是0.76岁和0.81岁。

(3) 婴儿死亡漏报率的变动所引起的婴儿死亡率的变动与漏报率水平 U 有关, U 越高,所引起的婴儿死亡率变动越大;对于某一指定的婴儿死亡漏报率 U_0 ,其每增加1%,婴儿死亡率相应增加 $\frac{q_0}{(1 - U_0)^2}\%$ 。与男婴相比较,同样的漏报率水平下,女婴死亡漏报率每增加1%,女婴死亡率上升的幅度更高。

(4) 婴儿死亡漏报率的变动所引起的平均预期寿命的变动与漏报率水平 U 有关, U 越高,所引起的平均预期寿命的变动越大;对于某一指定的婴儿死亡漏报率 U_0 ,仅考虑婴儿死亡率变动条件下,婴儿死亡漏报率每增加1%,平均预期寿命相应降低 $\frac{Aq_0}{(1 - U_0)^2}\%$;若同时考虑婴幼儿死亡变动,在给定

的幼儿死亡率水平下,婴儿死亡漏报率每增加 1%,平均预期寿命相应降低 $\frac{(B - C \cdot 4q_1)q_0}{(1 - U_0)^2} \%$ 。实证结果显示,相比较性别差异、以及婴幼儿死亡率是否同时变动等因素,平均预期寿命的变动受婴儿死亡漏报率水平的影响更为显著,尤其当漏报率水平超过 80% 时,婴儿死亡漏报率每增加 1%,所导致的平均预期寿命的变化速度非常快。

(5) 中国各地区婴儿死亡漏报率变动对于平均预期寿命的影响存在显著差异,西部和西南地区如滇、贵、藏、甘、宁、青等省份不仅死亡水平较高,且平均预期寿命变动对婴儿死亡漏报率更敏感。空间自相关分析显示,死亡水平及婴儿死亡漏报可能性指数的分布全局上不存在显著的双变量自相关,但局部存在一定的空间聚集且分性别空间模式具有一定的相似性。川、桂、甘、滇 4 省的男婴死亡率和川、桂、甘、陕、内蒙古 5 省的女婴死亡率隐含较高的漏报可能性。

本文的研究不足包括:我们仅利用 2010 年的普查公布数据和基于从 5% ~ 95% 的漏报率水平对理论推导结果进行了实证测算,结果的稳健性还需要多重数据的检验;仅考虑了婴儿死亡率变动、以及婴幼儿死亡率同时变动的情形,未考虑其他年龄死亡率的变化对平均预期寿命的影响,且幼儿死亡率的变化采用的是基于婴儿死亡率的关系经验公式,年龄别死亡率联动对平均预期寿命的影响结果需要更多数据的检验;另外,本文构建的婴儿死亡漏报可能性指数的有效性也需要后续检验和完善。

参考文献/References:

- 1 崔红艳,张为民. 对 2000 年人口普查人口总数的初步评价. 人口研究,2002;4:23 - 27
Cui Hongyan & Zhang Weimin. 2002. Preliminary Evaluation of Population Size by the 2000 National Population Census. Population Research 4:23 - 27.
- 2 达德利·鲍思顿. 中国婴儿死亡率模式. 人口研究,1991;3:29 - 35
Poston, D. L. Jr. 1991. Infant Mortality Pattern of China. Population Research 3:29 - 35.
- 3 费世宏. 婴儿死亡率与平均预期寿命. 人口研究,1985;1:55
Fei Shihong. 1985. Infant Mortality and Life Expectancy. Population Research 1:55.
- 4 桂风云,魏传华,程硕. 基于六普数据我国省域死亡水平的空间统计分析. 中央民族大学学报(自然科学版), 2013;S1:41 - 44
Gui Fengyun, Wei Chuanhua & Cheng Shuo. 2013. Spatial Statistical Analysis of Chinese Provincial Mortality Level Based on the Sixth Census Data. Journal of Minzu University of China S1:41 - 44.
- 5 李南,孙福滨. 死亡漏报新估计方法的推广及影响死亡漏报的因素分析. 人口研究,1996;5:70 - 74
Li Nan & Sun Fubin. 1996. Analysis of the Determinants of Death Underreport and Use of the New Method of Estimation of Death Underreport. Population Research 5:70 - 74.
- 6 刘会敏,牛叔文,杨振. 中国人口死亡水平的空间统计分析. 中国人口科学,2008;1:44 - 52
Liu Huimin, Niu Shuwen & Yang Zhen. 2008. Spatial Analysis on the Level of Mortality in China. Chinese Journal of Population Science 1:44 - 52.
- 7 刘铮. 人口学辞典. 人民出版社,1986
Liu Zheng. 1986. Demography Dictionary. People's Press.
- 8 吕行,关恩宇,犹忆,吴艳乔. 期望寿命与婴儿死亡率的预测. 现代预防医学,2011;21:4389 - 4390,4395
Lv Xing, Guan Siyu, You Yi & Wu Yanqiao. 2011. Prediction of Life Expectancy and Infant Mortality Rate. Modern Preventive Medicine 21:4389 - 4390,4395.
- 9 郝虹生. 中国人口死亡率差异研究. 中国人民大学博士学位论文,1990
Hao Hongsheng. 1990. Study on Mortality Differentials in China. PhD Dissertation of Renmin University of China.

- 10 黄荣清,曾宪新.“六普”报告的婴儿死亡率误差和实际水平的估计. 人口研究,2013;2:3-16
Huang Rongqing & Zeng Xianxin. 2013. Infant Mortality Reported in the 2010 Census: Bias and Adjustment. Population Research 2:3-16.
- 11 乔晓春. 分年龄死亡率和预期寿命. 人口研究,1985;5:42-45
Qiao Xiaochun. 1985. Age-specific Mortality and Life Expectancy. Population Research 5:42-45.
- 12 仇丽霞,陈利民,肖琳. 趋势面和残差分析法在研究死亡水平地域分布中的应用. 实用预防医学,2004;4:708-710
Qiu Lixia, Chen Limin & Xiao Lin. 2004. The Application of Trend Surface Analysis and Residual Analysis in Geographical Distribution of Mortality. Practical Preventive Medicine 4:708-710.
- 13 孙福滨,李树茁,李南. 中国第四次人口普查全国及部分省区死亡漏报研究. 中国人口科学,1993;2:20-25
Sun Fubin, Li Shuzhuo & Li Nan. Study on Death Underreport of the Fourth National Population Census of China. Chinese Journal of Population Science 2:20-25.
- 14 王金营,戈艳霞. 2010年人口普查数据质量评估以及对以往人口变动分析校正. 人口研究,2013;1:22-33
Wang Jinying & Ge Yanxia. 2013. Assessment of 2010 Census Data Quality and Past Population Changes. Population Research 1:22-33.
- 15 谢韦克. 0岁生存曲线及婴儿死亡率对平均寿命的影响. 人口研究,1993;4:36-37
Xie Weike. 1993. The Impact of Infant Survival Curve and Infant Mortality on Life Expectancy. Population Research 4:36-37.
- 16 徐景尧. 婴儿死亡率对平均寿命的影响. 人口与经济,1984;4:28-30
Xu Jingyao. 1984. The Impact of Infant Mortality on Life Expectancy. Population & Economics 4:28-30.
- 17 杨珺文,黄葭燕. 中国婴儿死亡率和期望寿命的地区差异性研究. 中国卫生资源,2014;2:119-122
Yang Junwen & Huang Jiayan. 2014. Regional Disparities of Infant Mortality Rate and Life Expectancy in China. Chinese Health Resources 2:119-122.
- 18 查瑞传. 数理人口学. 中国人民大学出版社,2004
Zha Ruichuan. 2004. Mathematical Demography. China Renmin University Press.
- 19 翟德华. 中国第五次人口普查全国人口死亡水平间接估计. 人口与经济,2003;5:65-69,31
Zhai Dehua. 2003. Indirect Estimation on Population Mortality Based on the Fifth Census in China. Population & Economics 5:65-69,31.
- 20 翟振武. 也谈婴儿死亡率与平均预期寿命. 人口研究,1985;4:51-52
Zhai Zhenwu. 1985. Discussion on Infant Mortality and Life Expectancy. Population Research 4:51-52.
- 21 翟振武,路磊,罗茂初等. 现代人口分析技术. 中国人民大学出版社,1989
Zhai Zhenwu, Lu Lei, Luo Maochu et al. 1989. Modern Techniques for Demographic Analysis. China Renmin University Press.
- 22 翟振武. 1990年婴儿死亡率的调整及生命表估计. 人口研究,1993;2:9-16
Zhai Zhenwu. 1993. Adjustment of Infant Mortality in 1990 and Life Table Estimation. Population Research 2:9-16.
- 23 张菊英,吴涛,张强. 我国各省(市)死亡水平分析. 四川大学学报(医学版),2004;3:432-433
Zhang Juying, Wu Tao & Zhang Qiang. 2004. Analysis of China's Provincial Mortality. Journal of Sichuan University (Medical Science Edition) 3:432-433.
- 24 赵梦晗,杨凡. 六普数据中婴儿死亡率及儿童死亡概率的质疑与评估. 人口研究,2013;5:68-80
Zhao Menghan & Yang Fan. 2013. Infant Mortality and Under-five Mortality Rate in China's 2010 Census: An Assessment. Population Research 5:68-80.
- 25 郑真真等(译),普雷斯顿、霍伊维兰和吉略特(著). 人口统计学——人口过程的测量与建模. 社会科学文献出版社,2012

- Zheng Zhenzhen (trans.), Preston, S. H. , Heuveline, P. & Guillot. M. 2012. *Demography: Measuring and Modeling Population Processes*. Social Science Academic Press.
- 26 周有尚,饶克勤,张德英. 中国婴儿死亡率分析. *中国人口科学*;1989,3:35-46、34
- Zhou Youshang, Rao Keqin & Zhang Deying. Analysis on China's Infant Mortality. *Journal of Chinese Population Science* 3:35-46、34.
- 27 朱家鑫,单正源. 婴儿死亡漏报对人群期望寿命影响的探讨. *中国公共卫生*,1992;12:538
- Zhu Jiaxin & Shan Zhengyuan. 1992. Discussion on the Impact of Infant Death Underreport on Life Expectancy. *Chinese Journal of Public Health* 12:538.
- 28 Anselin L. 2003. *An Introduction to Spatial Autocorrelation Analysis with GeoDa*. Champagne - Urbana, Illinois.
- 29 Siegel J. S. & Swanson D. A. 2004. *The Methods and Materials of Demography*. Elsevier Academic Press.
- 30 World bank. 2012. Health Indicators/Mortality Rate. <http://data.worldbank.org/indicator/SP.DYN.IMRT.IN>

(责任编辑:宋 严 收稿时间:2015-03)