

数据限制对死亡率改善率估计的 统计可靠性的影响

概述

估计历史死亡率趋势（本报告将其称为“死亡率改善率估计”）在统计学上具有挑战性。常被引用的经验法则，即“需要 1,082 例死亡数据才能获得可靠死亡率估计值”，并不适用于死亡率改善率估计的统计。这条经验法则假定正在估计的是单一比率，而不是两个比率的比值。为了得出具有统计意义的死亡率改善率估计值，需要更大规模的数据集。本报告旨在探讨死亡率研究中覆盖人数（“生命数”）以及研究时长（以年为单位）如何影响死亡率改善率估计可靠性。此外，本报告还将研究应对数据局限性的实用策略，例如按年龄组而非单一年龄来估计死亡率改善率，以及对单一年龄段的结果进行平滑处理。

本报告采用几何变化率来量化死亡率的改善率。在连续两年的死亡率之间，死亡率改善的几何变化率 $100\% - (\text{第二年死亡率} \div \text{第一年死亡率})$ 。例如，假设 2016 年和 2017 年的死亡率分别为 1.00% 和 0.98%，则死亡率改善率为 $100\% - (0.98\% \div 1.00\%) = 2.0\%$ 。正的改善率表示死亡率随时间推移而下降，而负的改善率表示死亡率正在上升。

关于可信度，死亡率估计值的置信区间(CI)可以使用基本的统计理论计算得出。例如，通过简单的数学计算，在观察到 1,082 例死亡且“q”（死亡率）值较小的情况下，真实 q 值有 90% 的概率落在观察值的 $\pm 5\%$ 范围内。

相比之下，从基本原理出发来确定估计的死亡率改善率（“MI”）的可信度更具挑战性，尤其是在使用三年或更长时间的估计死亡率来生成 MI 估计时。在大多数情况下，无法获得估计 MI 置信区间的精确公式，因此必须采用近似方法。本报告则采用了一种替代方法——随机模拟，以得出结果。正如本报

Caveat and Disclaimer

The opinions expressed and conclusions reached by the authors are their own and do not represent any official position or opinion of the Society of Actuaries Research Institute, the Society of Actuaries or its members. The Society of Actuaries Research Institute makes no representation or warranty to the accuracy of the information.

告第 3.1 节和附录中简要描述和详细阐述的那样，对大量独立试验中的死亡率进行随机模拟，有助于构建 MI 率的置信区间。

模拟的优势在于它避免了复杂的数学推导（可能涉及近似计算），从而提供了一种评估 MI 估计值可靠性的简便方法。然而，通过模拟生成的置信区间与传统的置信区间有所不同。传统的置信区间(CI)是基于基本原理的具体数学含义。相比之下，通过模拟产生的 CI 是一种数值估计，它会随着随机试验次数趋于无穷大而逐渐收敛于真实值。对于模拟方法而言，仅依赖观察数据来评估统计可靠性是不够的；必须进行模拟才能完成该评估。

在本报告中，“置信区间”一词指的是通过随机模拟的 MI 误差分布，而误差范围 (MOE) 指的是置信区间一半宽度。

研究结果

本报告的主要研究结果包括以下几点：

- MI 估计的 MOE 与研究的年数成反比，与观察死亡人数的平方根成反比（请注意，置信区间为估计值 $\pm$ MOE）。
- 如果死亡率数据集仅包含连续两年的数据，且每年观察到 1,082 例死亡，则所得 MI 估计在 90%的置信区间下的 MOE 约为 7.0%（尽管 MOE 会随着假设的 MI 略有变化，但整体变化不大）。例如，如果估计的 MI 为 1.0%，则在 90%的置信区间下，其真实值落在 -6.0%至 + 8.0% 之间。显然，该估计结果缺乏统计稳健性，因此不能作为设定死亡率改善假设的可靠依据。
- 要获得可靠的 MI 估计，（即较小的 MOE），则需要在观察死亡人数方面有大量样本数据。要使用最近五年数据的情况下，在 90%的置信区间下实现 0.5%MOE，每年需要超过 10,000 例观察到的死亡样本。若要将 MOE 降至 0.1%（在五年数据的情况下），则每年需要超过 250,000 例观察到的死亡样本。
- 对不同年龄段的死亡率数据进行平滑处理或合并是解决数据局限性的有效策略，但死亡率研究人员必须注意，MI 随年龄变化。因此，平滑处理或合并的应用程度存在逻辑上存在一定限制。
- 鉴于开发可靠的 MI 估计具有很大的挑战性，从业人员可参考 SOA 研究中心的死亡率改善模型（MIM）以及美国个人寿命死亡率改善分析工具生成的 MI 估计，这两者都基于覆盖数千万人口的数据集。

About The Society of Actuaries Research Institute

Serving as the research arm of the Society of Actuaries (SOA), the SOA Research Institute provides objective, data-driven research bringing together tried and true practices and future-focused approaches to address societal challenges and your business needs. The Institute provides trusted knowledge, extensive experience and new technologies to help effectively identify, predict and manage risks.

Representing the thousands of actuaries who help conduct critical research, the SOA Research Institute provides clarity and solutions on risks and societal challenges. The Institute connects actuaries, academics, employers, the insurance industry, regulators, research partners, foundations and research institutions, sponsors and non-governmental organizations, building an effective network which provides support, knowledge and expertise regarding the management of risk to benefit the industry and the public.

Managed by experienced actuaries and research experts from a broad range of industries, the SOA Research Institute creates, funds, develops and distributes research to elevate actuaries as leaders in measuring and managing risk. These efforts include studies, essay collections, webcasts, research papers, survey reports, and original research on topics impacting society.

Harnessing its peer-reviewed research, leading-edge technologies, new data tools and innovative practices, the Institute seeks to understand the underlying causes of risk and the possible outcomes. The Institute develops objective research spanning a variety of topics with its [strategic research programs](#): aging and retirement; actuarial innovation and technology; mortality and longevity; diversity, equity and inclusion; health care cost trends; and catastrophe and climate risk. The Institute has a large volume of [topical research available](#), including an expanding collection of international and market-specific research, experience studies, models and timely research.

Society of Actuaries Research Institute
8770 W Bryn Mawr Ave, Suite 1000
Chicago, IL 60631
www.SOA.org