

人口老龄化背景下长期护理保险的定价研究

汪晶晶 贾媛媛 张晓雪

淮南师范学院金融与数学学院 安徽淮南 232001

摘要：文章利用四状态马尔科夫状态转移模型，根据中国健康与养老追踪调查 (CHARLS) 2015 年和 2018 年的调查数据，通过建立广义线性回归模型，计算了不同健康状态之间的转移概率矩阵；最后基于计算结果给出了不同状态下长期护理保险的自然费率。

关键词：转移概率；自然费率；长期护理保险；

Pricing study of long-term care insurance in the context of population aging

Jingjing Wang, Yuanyuan Jia, Xiaoxue zhang

School of Finance and Mathematics, Huainan Normal University, Huainan City, Anhui Province, 232001

Abstract: Based on the survey data of CHARLS in 2015 and 2018, this paper uses the four state Markov state transition model to calculate the transition probability matrix between different health states by establishing a generalized linear regression model; Finally, based on the calculation results, the natural rates of long-term care insurance under different conditions are given.

Key words: Transfer probability; Natural rate; Long term care insurance;

一、引言与文献综述

(一) 研究背景

当前我国人口结构正在加速老龄化，据 2021 年我国国民经济统计数据显示，截止 2021 年末，我国 60 岁及以上人口 2.67 亿，占总人口的 18.9%；65 岁及以上人口 2.005 亿，占总人口的 14.2%。据 2018-2019 年中国长期护理调研报告显示，我国失能老年人口占比约 11.8%，失能需要照顾的老年人口超过 4000 万。为积极应对人口老龄化带来的长期护理需求，我国政府于 2016 年启动了社会长期护理保险试点工作，目前已有 48 试点城市正在进行社会长期护理保险的试点；同时政府也从多方面支持和鼓励商业性长期护理保险的开发和创新。但与发达国家相比，我国目前的长期护理保险发展仍较为落后，就其原因来说，主要是我国目前有关人口健康状态的数据积累不多，有关长期护理保险的定价研究较少。在这种背景下，本文拟利用中国健康与养老追踪调查（简称 CHARLS）数据，通过测算转移概率和转移强度，给出基于我国实际数据的长期护理保险的自然纯保费率，为我国发展长期护理保险提供基础。

(二) 文献综述

国外长期护理保险发展较早，关于长期护理保险定价方面的研究也较为丰富。早在 1984 年，Meiners&Trapnell 就利用曼联模型，计算出了各年龄被

保险人在不同护理时间水平下的长期护理保险费率。Jim Robinson(1996) 首次将多状态 Markov 模型应用于长期护理保险的定价，使得 Markov 模型成为长护险费率厘定的一种新模型^[1]。2002 年 Robinson J. 利用连续时间 Markov 模型对长期护理保险进行了定价^[2]。Fuino and Wagner(2018) 基于 Semi-Markov 模型，研究了转移概率在性别、年龄、护理水平及类型中所花费的时间上的差异^[3]。

国内关于护理保险的相关研究开展较晚，近年来，由于我国人口健康数据的建立和积累，基于我国实证数据的长期护理保险定价研究开始慢慢增加。2016 年胡晓宁利用 CHARLS 数据，建立三状态 Markov 模型，并运用泊松广义线性模型估计随年龄变化的健康转移强度^[4]。2018 年王新军基于 CHARLS 调查数据，建立了五状态 Markov 模型，利用性别、年龄、配偶三个变量构建了有序 Logit 模型，计算出了状态转移概率矩阵^[5]。2021 年仇春涓等运用机器学习方法，将 XGboost 算法和 BP 神经网络模型运用到长期护理保险的定价上来^[6]。

二、四状态 Markov 转移模型

(一) 长期护理状态的界定

本文对长期护理状态的界定采用国际广泛使用的 ADLs 准则，即根据反映老年人活动能力的 6 项日常项目作为护理状态的判定指标，同时结合当前保险公司开

展长期护理保险的实际情况，将认知能力严重障碍也纳入长期护理状态划分的重要指标之一。根据上述指标将长期护理状态划分为健康(H):6项日常项目ADLs可以独立完成且没有认知障碍；轻度护理(M):存在2项ADLs障碍且没有认知障碍；重度护理(S):存在3项ADLs障碍或有认知障碍；死亡(D):身故四种状态类型。

(二) 四状态 Markov 状态转移模型

假定每个人的状态转移过程服从 Markov 过程，即健康状态转移只依赖于当前所处的状态，而与之之前的状态无关，状态转移包括健康、轻度护理、重度护理、死亡四种状态的9种转移过程，其中死亡是吸收状态，不能转移出去。图1展示了四状态 Markov 模型的所有9种转移过程。

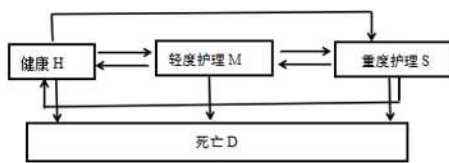


图1 四状态 Markov 模型的所有9种转移过程

本文建立四状态 Markov 模型，其状态转移概率和转移强度定义如下：

$$P_{ij}(x, t) = P(s(x+t) = j | s(x) = i) \quad (1)$$

$$\beta_{ij}(x) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0^+} \frac{P_{ij}(x, \Delta t) - \delta_{ij}}{\Delta t} \quad (2)$$

其中 i, j 代表健康状态， $P_{ij}(x, t)$ 代表处于状态 i 的 x 岁的人在 $x+t$ 岁处于 j 状态的转移概率， $\beta_{ij}(x)$ 为 x 岁人的转态转移概率所对应的状态转移强度。

本文假设1年内的状态转移人数 n_x 服从泊松分布，

表1 女性老年人各状态转移概率

年龄	HM	HS	HD	MH	MS	MD	SH	SM	SD
63	0.0275	0.0236	0.0050	0.2713	0.0648	0.0316	0.0900	0.0226	0.0390
69	0.0572	0.0434	0.0217	0.2573	0.0899	0.0431	0.1065	0.0298	0.0768
72	0.0641	0.0463	0.0305	0.2391	0.0913	0.0440	0.1070	0.0294	0.0983
78	0.0575	0.0389	0.0370	0.1758	0.0730	0.0470	0.0771	0.0246	0.1379
81	0.0579	0.0383	0.0471	0.1355	0.0635	0.0632	0.0515	0.0249	0.1663

表2 男性老年人各状态转移概率

年龄	HM	HS	HD	MH	MS	MD	SH	SM	SD
63	0.0125	0.0159	0.0195	0.2229	0.0855	0.0570	0.0680	0.0614	0.0529
69	0.0321	0.0343	0.0490	0.1953	0.1062	0.1080	0.0603	0.0322	0.1061
72	0.0396	0.0390	0.0567	0.1859	0.1079	0.1180	0.0553	0.0156	0.1329
78	0.0428	0.0351	0.0548	0.1740	0.0957	0.1127	0.0402	0.0051	0.1733
81	0.0479	0.0345	0.0643	0.1712	0.0894	0.1262	0.0307	0.0077	0.2024

(二) 长期护理保险费率测算

并利用含有年龄高次项的广义线性模型对原始转移强度进行修均和估计。通过广义线性模型，基于 $\beta_{ij}(x)$ 的估计值，运用四状态 kolmogorov 微分方程，计算相应的状态转移概率^[7]。

(三) 长期护理保险费率模型

设折现因子为 V ， b_i 代表在状态 i 时的长期护理给付金额，则年龄为 x 岁的被保险人在 i 状态时期的自然纯保费 $B_i(x)$ 为： $B_i(x) = \sum_j v b_j P_{ij}(x, 1)$

三、数据来源与描述性统计

本文使用 CHARLS 2015 和 2018 年的纵向调查数据进行长期护理保险建模分析，在删除不能追踪样本及相关缺失之后，得到 17313 个样本数据，观察到了 2935 次原始状态转移，由于 85 岁以上样本数据过少，在分析时也进行了剔除。

本文使用调查中的精确调查时间，并假设各年龄的状态转移在调查间隔时间内均匀发生，各年龄的状态转移强度为常数^[8]，先通过计算各状态下的风险暴露年数，再利用给定年龄和时间的状态转移次数除以初始状态下的风险暴露年数得到原始转移强度。

四、实证分析

(一) 转移概率估计

本文运用 Stata 软件中的广义线性回归模型来估计各状态下的转移人数，进

而修均原始转移强度，选取泊松分布模型并运用 AIC 准则选取最优模型形式及模型参数。在此基础上，根据 kolmogorov 微分方程，利用 Euler 求解方法，得到 60-85 岁老年人的状态转移概率矩阵，限于篇幅如，下表 1、2 展示部分结果。

利用上述得到的状态转移概率矩阵，根据保费定价

公式，并假设轻度护理状态的年给付金额为 8000 元，重度护理状态下为 15000 元，市场利率为 3.5%。根据上述定价公式，得到各年龄段老年人的自然费率，部分结果见表 3。

表 3 自然保费率表

年龄	H		M		S	
	男性	女性	男性	女性	男性	女性
63	327	555	6145	5826	12324	12470
69	745	1071	6103	6015	11863	11635
72	871	1166	6109	6159	11660	11319
78	840	1008	6161	6500	11363	11210
81	870	1003	6035	6623	11062	11169

五、结论与展望

本文利用（CHARLS）2015 年和 2018 年的纵向数据，对老年人的健康状态转移强度及状态转移概率进行估计，并在此基础上给出了长期护理保险的自然费率表。结果表明：

在初始状态为健康状态时，老年女性的长期护理费率明显高于男性，女性死亡概率远低于男性。这表明老年男性更具有健康优势，而女性更具有生存优势。

在初始状态为轻度护理状态时，随着年龄的增长，自然费率表现出先增长后下降的特征。男性、女性自然费率分别在 65 岁、82 岁达到最高值，这说明相比之下，女性具有更长的护理持续时间。

在重度护理状态下，男性、女性老年人的自然费率

都随着年龄的增长而不断的下降，这表明在老年人在重度护理状态下的护理状态持续时间随着年龄的增长会不断下降。

相比于初始状态为健康状态下的自然费率，轻度护理及重度护理下的自然费率明显较高，这对于低收入家庭来说，更需要政策性长期护理保险制度的支持。

参考文献：

[1] Dickson D.C.M,Hardy M.R,Waters H.R.Actuarial Mathematics for Life Contingent Risks,New York:Cambridge University Press,2009.

[2] Shao A W,Sherris M,Fong J H.Product Pricing And Solvency Capital Requirements For Long – Term Care Insurance[J]. Scandinavian Actuarial Journal,2015:1 –34.

[3] 张琳，汤薇. 基于非齐次 Markov 模型的长期护理保险定价研究 [J]. 保险研究 ,2020(7):108–121.

[4] 胡晓宁，陈秉正，祝伟. 基于家庭微观数据的长期护理保险定价 [J]. 保险研究 ,2016(4) : 57–67.

[5] 王新军，王佳宇. 基于 Markov 模型的长期护理保险定价 [J]. 保险研究 ,2018(10) : 87 –99.

[6] 仇春涓，关惠琳，钱林义. 长期护理保险的定价研究—基于 XGboost 算法及 BP 组合神经网络模型 [J]. 保险研究 2020(12) : 38 –53.

[7] 李云龙，王晓军. 夫妻联合长期护理保险的定价模型与应用 [J]. 保险研究 .2021(2):52–63.

[8] 谭英平，牛津. 长期护理保险视角下我国老年人口失能率测算 [J]. 价格理论与实践 ,2022(01):123–129.;