

# The Operational Risk Measurement of Auto Insurance Based on Topological Data Model

CHEN Dihong, GUI Fen, SHEN Jianmei

School of Finance and Statistics, Hunan University, Changsha, China, 410079

**Abstract:** Operational risk is one of the key risks to the solvency of property insurance company. However, due to the lack of historical data and imperfect models, the current management to operation risk in the insurance company is still in identifying stage. Meanwhile, auto insurance premium is the largest portion in the business of general insurance companies. Based on this situation, this paper analyzes the form of the operational risk in the core business processes of auto insurance, and measures this risk by the topological data model and Monte Carlo. The results show the loss severity distribution has fat tail characteristics, and operational risk events have the characteristic of high frequency, however, the fat tail characteristics of total losses distribution is not obvious. They provide the basis for economic capital allocation and management of operational risk.

**Keywords:** operation risk; Topological data model; the total loss distribution

## I.引言

操作风险事件具有低频率/高损失强度的特点,其带来的损失经常被称为“灾难性损失”,由操作风险引起的一系列重大案件震惊了国际金融界,例如著名的英国巴林银行破产事件,2001年美国安然公司丑闻等典型事例,因此度量和管理操作风险具有重要的现实意义。根据评级机构 BEST 对美国财产保险公司 1969-2002 年的数据统计研究表明,所有的财险公司的破产与经营失败都与管理不善有关,操作风险已经成为对财险公司偿付能力威胁最大的风险<sup>[1]</sup>。

从我国车险市场现状来看,车险业务增速快、占比高但盈利能力低,因此车险经营效益的好坏,直接影响到财产保险公司的盈利状况及发展甚至是生存问题。2011年3月28日针对车险的不规范操作引发的“霸王条款”,保监会发布通知,要求各保监局及保险行业协会就商业车险产品的管理制度、条款、费率厘定、承保理赔服务流程及服务标准进行调研<sup>[2]</sup>。可见对车险操作风险的管理已引起监管者的高度重视。我国学者最早从1999年开始引进了操作风险的概念,但是目前对保险企业操作风险度量的研究成果还很少,特别是对车险的操作风险度量的研究,我国学者基本还没开始这项工作。

关于车险,国外学者的研究较多体现在费率上。Rosen berg(1992)<sup>[3]</sup>认为若纳入交通

肇事记录与驾驶行为等因素,对风险较低的优良驾驶员给予费率优惠,则可以降低意外的出险机率与损失程度。Cripe 和 Hunter (1992)<sup>[4]</sup>探讨个人汽车保险费率应采用哪些风险分类因子。国内学者对车险的研究主要集中在探讨车险的费率厘定、完善承保理赔制度等方面,基本没有看到分析和度量车险操作风险的文献。冯方圆(2010)<sup>[5]</sup>对比英美做法,分析我国车险制度存在的缺陷,提出从构建科学的费率浮动机制、规范车险市场、优化信息平台三个方面去完善我国车险制度的设想;张茵(2007)<sup>[6]</sup>利用广义线性模型,分析从人因素在机动车辆保险费率厘定中的重要性。

关于操作风险度量模型的研究,因新巴塞尔协议的推动,银行业在操作风险研究领域始终处于领先地位。Alexander, C (2001)<sup>[7]</sup>建议在对相关性损失频率建模的过程中,考虑使用多变量泊松分布,但这种方法的缺陷是只对两种频率分布的累加具有可操作性。Giudici(2004)<sup>[8]</sup>等对贝叶斯网络在操作风险度量中的应用进行了研究。记分卡方法是新巴塞尔协议推荐的高级计量方法之一,相关研究也较多,但其更适合于对未来风险进行估计。赵蕾(2007)<sup>[9]</sup>借助影响图度量寿险公司的操作风险,但局限是样本数据不足,且没有考虑操作风险事件在不同业务线上损失具有差异性。

综上所述，笔者将基于拓扑数据模型的影响图方法应用于车险业务操作风险的度量上，具有较强的理论意义和现实意义。文章通过分析车险业务中的操作风险，利用数学领域的拓扑数据模型来识别其在承保、理赔等业务管理及流程中存在的损失风险，对其进行操作风险度量，并配置经济资本，为财险公司的操作风险管理提供依据。

## II. 风险分析

### A. 车险业务特点

自 2006 年交强险制度实行以来，车险的覆盖面迅速扩大，车险市场呈现以下三个特点：（1）增速较快。2009 年全国财产险保费收入 2992.9 亿元，同比增长 22.35%；车险保费收入 2155.61 亿元，同比增长 26.61%，车险保费增速明显超过财产险的总保费增长速度。（2）占比较高。从表 1 可以看出，财险市场上市场份额较高的前四家公司的车险业务占比均超过了 71%。（3）盈利能力有待改善。从全国范围看，车险业务的简单赔付率（简单赔付率=赔款金额÷保费收入）在 50%左右，部分公司甚至高达 71.8%，车险的赔款金额占公司总赔款的比率也都超过了 71%，车险业务效益状况有待改善。

车险业务规模大，对财产险公司实现可持续性的快速发展起着举足轻重的作用，而车险业务的盈利状况却不容乐观，因此在保证车险业务规模的前提下，如何实现盈利水平的提高成为各家财险公司关注和研究的重点。笔者通过识别和度量车险核心业务流程中的操作风险，达到提高车险盈利能力的目的。

### B. 车险操作风险分析

操作风险的定义分别在 Solvency II 与巴塞尔新资本协议中有较明确的描述。在 Solvency II 中操作风险是指内部管理或流程不当等原因而可能产生的风险。在巴塞尔新

表 1 2009 年财产保险公司保费及赔款情况  
(亿元人民币)

财产险 保费	车险 保费	车险 占比	总赔款 支出	车险 赔款 占比	车险 简单 赔付率
1194.64	855.28	71.59%	716.78	513.46	71.63%
386.12	294.6	76.30%	163.55	117.86	72.06%
342.28	254.49	74.35%	177.53	138.26	77.88%
194.67	145.73	74.86%	134.47	104.64	77.82%

人保 财险	1194.64	855.28	71.59%	716.78	513.46	71.63%	60.03%
平安 产险	386.12	294.6	76.30%	163.55	117.86	72.06%	40.01%
太保 产险	342.28	254.49	74.35%	177.53	138.26	77.88%	54.33%
中华 联合	194.67	145.73	74.86%	134.47	104.64	77.82%	71.80%

数据来源：《2010 年中国保险统计年鉴》

资本协议中，操作风险按风险来源分类细分为四个部分：（1）人员；（2）系统；

（3）流程；（4）外部事件，因为该分类便于管理者识别操作风险，从而在源头上管理操作风险，所以本文采用巴塞尔新资本协议中的定义作为度量操作风险的基础。结合上述四种分类及操作风险特征，笔者将基本的车险业务流程划分为核保核赔流程、资金运用流程、财务流程和单证管理流程，后文引入拓扑数据模型识别和度量车险业务的操作风险也是基于上述流程。

## III. 车险操作风险影响图及计算

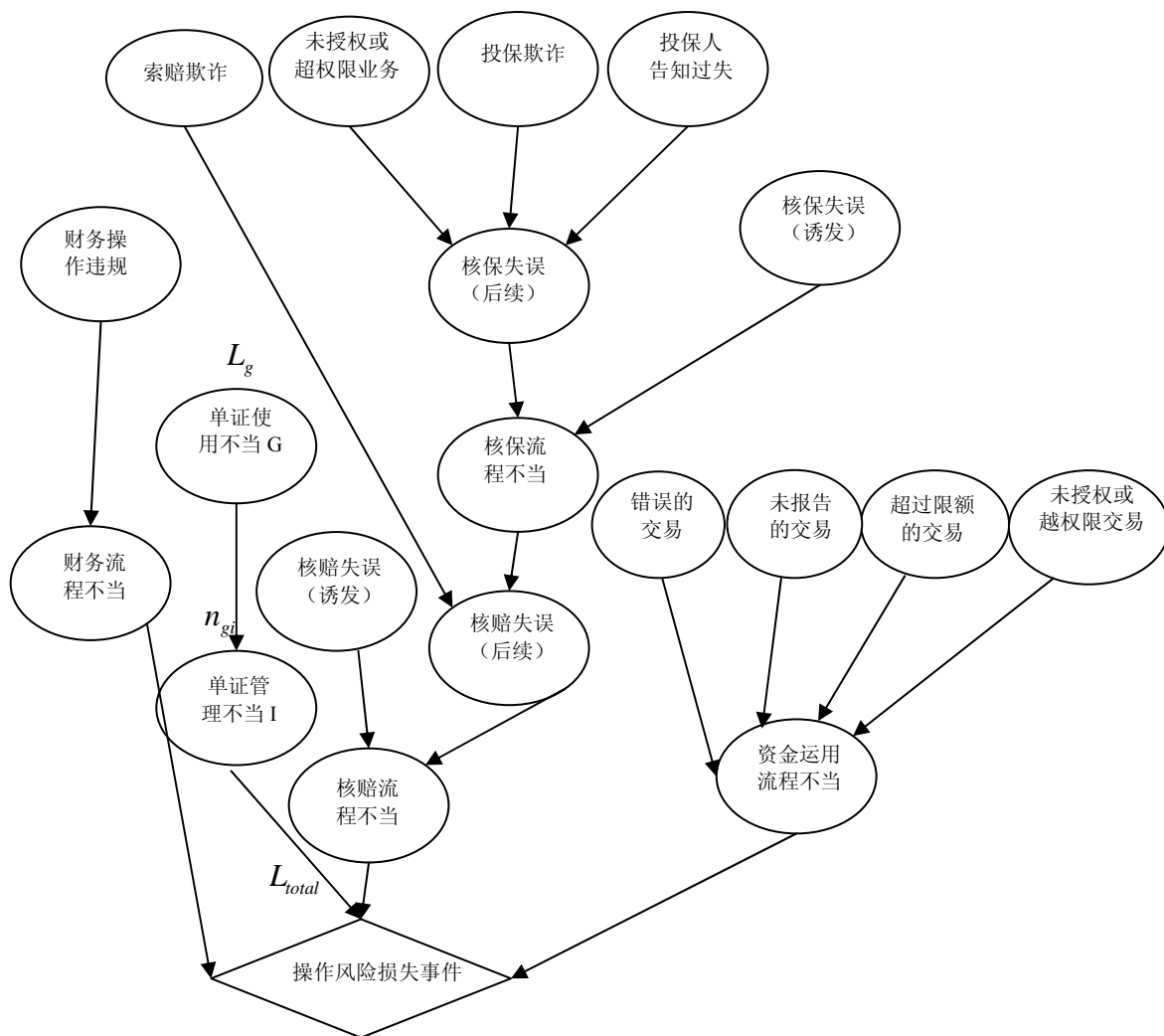
### A. 车险核心业务流程的拓扑数据模型

拓扑学是研究连续性现象的一个重要数学分支，拓扑形成的一致且清晰简洁的空间结构可以反映数据间的关联性。将拓扑数据结构用于记录操作风险事件的发生过程，符合操作风险事件记录特点，利于挖掘操作风险历史数据的各种信息。如图 1 所示，笔者给出车险业务的核心流程的操作风险拓扑数据结构，构成有后续结点的影响图，即诱发原因与最终损失事件间至少有一个后续风险原因，之所以选择有后续结点的流程，是因为当后续流程完善和有效时，能很好的控制和减少因初始风险原因导致的操作风险损失，流程类风险因素在操作风险的管理中起着重要的作用。

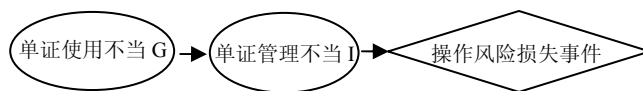
选取单证管理流程对拓扑数据模型的应用进行具体说明，为方便叙述，对初始原因“单证使用不当”编号 G，后续原因“单证管理不当”编号 I。如下图 1， $L_g$  表示诱发

原因“单证使用不当”G引起的操作风险初始事件的损失金额， $n_{gi}$ 代表后续原因“单证管理不当”对诱发原因G造成的损失的影响乘数， $L_{total}$ 表示所有前续原因引起的最终损失额。

响乘数， $L_{total}$ 表示所有前续原因引起的最终损失额。



财险公司操作风险影响图结点数据的计算分为三步：第一步计算影响图中每一条路径的损失强度分布；第二步计算每一条路径的频率分布；第三步将两者复合，计算操作风险总损失额分布。下面三节主要探讨操作风险初始分布、最终损失强度分布以及事件频率的选取及计算方法。



## B. 初始分布的选取

以路径 GI 为例，利用影响图度量操作风险的第一步是获取诱发原因 G 导致的初始损失额  $L_g$  的分布  $f_{L_g}(l)$ ，理论上有两种方法可以获得  $f_{L_g}(l)$  的分布：客观数据获得法，主观数据获得法。由前面分析可知，现阶段无法找到与财险公司操作风险相关的客观数据，因此只能依靠专家估计的主观数据。

分布形式的选取要综合考虑专家能否较为准确地给出估计值以及研究对象的风险特征。三角分布、变种三角分布、BetaPERT 分布和 General 分布是专家意见建模的分布中常用于来诱发原因初始估计初始损失的四种分布。在获得操作风险诱发原因初始损失分布主观概率时，笔者选择 BetaPERT 分布，这是基于下列几个原因：首先，BetaPERT 分布只需估计三个参数，减少专家估计的难度；其次 BetaPERT 分布形式可随参数的改变而灵活变化，可以适应不同操作风险的损失强度分布的多样性；最后，利用该分布得到的是一个完整的函数，便于计算。

BetaPERT 分布是一种由三个参数：最小值 a、最可能值 b 和最大值 c 决定的 beta 分布，但 BetaPERT 分布的均值假定为：

$$\mu = \frac{a + 4b + c}{6}$$

与 PERT 网络法中对均值的假定相同，所以称为 BetaPERT 分布。该分布的密度函数为：

$$BetaPERT(a,b,c) = \begin{cases} \frac{(\alpha+\beta-1)!}{(\alpha-1)!(\beta-1)!} \left(\frac{x-a}{c-a}\right)^{\alpha-1} \left(1-\frac{x-a}{c-a}\right)^{\beta-1} & \text{若 } a < x < c \\ 0 & \text{其它} \end{cases}$$

$$\text{其中： } \alpha = \frac{(\mu-a)(2b-a-c)}{(b-\mu)(c-a)}, \quad \beta = \frac{\alpha(c-\mu)}{(\mu-a)}$$

由 BetaPERT 分布均值的计算公式可以看出，均值对最可能值 b 的敏感性四倍于对最小值 a 和最大值 c 的敏感性。BetaPERT 分布突出了最可能值对均值的影响，这也就是采用该分布的优势所在。

## C. 损失强度分布的计算

结合全概率公式与条件概率公式，以只有一个后续控制/流程类结点的 GI 路径为例，探讨每条路径的最终损失强度分布的计算。

受后续原因影响的操作风险事件可能有两种情况有 1、2 两种状况，因此分别研究其损失强度分布计算方法，再加总。情况 1：若流程原因 i 的设计合理且被正确执行时，可以发现诱发原因 g 导致的操作风险事故，这种情况记为事件  $G_{gi}$ ，其发生的概率为  $P(G_{gi}) = q_{gi}$ ；情况 2：在流程 i 设计是合理的且被正确执行时，仍无法发现初始原因 g 引发的操作风险事故，此时记为事件  $\bar{G}_{gi}$ ，概率为  $P(\bar{G}_{gi}) = 1 - q_{gi}$ 。其中  $q_{gi}$  与流程 i 和诱发原因 g 的种类有关。

在情况 1 下，存在两种 A、B 情况，第 A 种：单证管理流程 i 设计没有漏洞并且被正确执行，此时，由诱发原因“单证使用不当”导致的操作风险事件将被发现，称为流程 g 有效，这时，该后续流程能缩小前续原因（即诱发原因）造成的损失，这个缩小倍数的概率密度函数为  $f_y(n_{gi} | yes)(n_{gi} < 1)$ ；第 B 种：单证管理流程 i 存在漏洞或者该流程没有被正确执行时，初始原因“单证使用不当”导致的操作风险事件将不能被发现，称为流程 i 无效，这时，该后续流程会放大前续原因（即诱发原因）造成的损失，其扩大倍数的概率密度为  $f_y(N_{gi} | no)(N_{gi} > 1)$ 。放大和缩小倍数统称为流程 i 对前续损失的影响乘数。

为了便于获得分布函数形式，笔者假设上述影响乘数服从两点分布。且其两点的取值是  $f_y(n_{gi} | yes)$ 、 $f_y(N_{gi} | no)$  的均值，

设

$$\begin{aligned} E[f_y(n_{gi} | yes)] &= n_{gi0} \\ E[f_y(N_{gi} | no)] &= n_{gi1} \end{aligned}$$

已知诱发原因 g 已引发操作风险损失的前提条件下，将流程原因 i 对风险 g 造成损失的影响乘数记为随机变量  $C_{gi}$ ，其服从两点分布。设在上述情况下流程 i 以概率  $P_i$  有效，此时，其对诱发原因造成损失的影响乘数为  $C_{gi} = n_{gi0}$ ；同理，流程 i 以概率  $1 - P_i$  失效，此时影响乘数  $C_{gi} = n_{gi1}$ 。其中  $P_i$  只与流程 i 的风险类型相关。

表 2 影响乘数  $C_{gi}$  的两点分布

$C_{gi}$	$n_{gi0}$	$n_{gi1}$
$P_i$	$P_i$	$1 - P_i$

已知诱发原因“单证管理不当 g”已经造成的初始损失为  $L_g$ ，其分布只与诱发原因 g 有

关, 为  $f_{L_g}(l)$ 。将情况 1 时最终损失额  $X_{gi}$  的分布假设为  $F_{X_{gi}}(x)$ , 则:

$$\begin{aligned} F_{X_{gi}}(x) &= P(X \leq x) \\ &= P(X \leq x | C_{gi} = n_{gi0})P(C_{gi} = n_{gi0}) + P(X \leq x | C_{gi} = n_{gi1})P(C_{gi} = n_{gi1}) \\ &= P(L_g \leq \frac{x}{n_{gi0}} | C_{gi} = n_{gi0})p_i + P(L_g \leq \frac{x}{n_{gi1}} | C_{gi} = n_{gi1})(1-p_i) \end{aligned}$$

乘数  $C_{gi}$  与初始损失  $L_g$  是没有相关性的, 则

$$\begin{aligned} F_{X_{gi}}(x) &= P(L_g \leq \frac{x}{n_{gi0}})p_i + P(L_g \leq \frac{x}{n_{gi1}})(1-p_i) \\ &= F_{L_g}(\frac{x}{n_{gi0}})p_i + F_{L_g}(\frac{x}{n_{gi1}})(1-p_i) \end{aligned}$$

对这个式子两边进行求导, 可以得出情况 1 下的最终损失  $X_{gi}$  的密度函数为:

$$f_{X_{gi}}(x) = f_{L_g}(\frac{x}{n_{gi0}}) \frac{p_i}{n_{gi0}} + f_{L_g}(\frac{x}{n_{gi1}}) \frac{1-p_i}{n_{gi1}}$$

在情况 2 时, 因为后续流程不能发现诱发操作风险事件, 则最终损失  $X_{gi}$  的密度函数为诱发原因导致的初始损失的分布, 即:

$$g_{X_{gi}}(x) = f_{L_g}(l)$$

综合情况 1 和 2, 可以得出存在后续流程时, 操作风险引起的最终损失强度分布的密度函数:

$$\begin{aligned} h_{X_i}(x) &= \left[ f_{L_g}(\frac{x}{n_{gi0}}) \frac{p_i}{n_{gi0}} + f_{L_g}(\frac{x}{n_{gi1}}) \frac{1-p_i}{n_{gi1}} \right] q_{gi} + f_{L_g}(l)(1-q_{gi}) \\ &= f_{L_g}(\frac{x}{n_{gi0}}) \frac{p_i q_{gi}}{n_{gi0}} + f_{L_g}(\frac{x}{n_{gi1}}) \frac{(1-p_i) q_{gi}}{n_{gi1}} + f_{L_g}(l)(1-q_{gi}) \end{aligned}$$

若某一个诱发原因后续存在多个后续流程类控制结点, 此时可以看作情况 2 中流程结点  $i$  作为增加一个新的后续流程结点的初始结点。新增结点的初始损失分布密度函数即为前部分最终损失强度密度函数, 有两个以上的后续控制结点的计算方法依此类推。

拓扑数据模型记录规则和影响图的利用原则使得操作风险影响图中每条路径的损失强度

分布是相互独立的。因此利用其独立性, 结合每条路径的损失强度分布和频率分布, 运用 Monte Carlo 等方法可以计算出车险业务的操作风险总损失额的分布形式。

## D. 频率分布

操作风险事件一旦被某个诱发风险原因触发后, 都会导致一起操作风险损失事件, 因此操作风险诱发风险原因的触发频率等于每条路径损失事件的发生频率, 且各路径的触发频率是相互独立的。因此对每条路径的诱发操作风险事件的数量进行求和, 便可得一年中由该诱发原因引起损失事件总件数。财险公司的车险业务量非常大, 因此可以认为操作风险事件符合泊松分布, 当然在以后客观数据积累比较丰富时可以用贝叶斯检验方法对这一假定进行检验和修正。

## IV. 车险操作风险度量结果

### A. 车险的影响图实例

因操作风险损失事件历史数据的不完整和缺乏系统性分类, 笔者通过调查表的形式获取专家估计的主观经验数据, 笔者定义的专家是在相关岗位工作至少三年的员工。调查表需获取以下几类主观数据: 其一是诱发原因的初始 BetaPERT 分布的三个参数: 最小值  $a$ 、最大值  $b$  和最可能值  $c$ ; 其二是诱发原因的频率, 根据前文假设, 损失频率服从泊松分布, 需要专家估计诱发原因触发频率的平均值  $\lambda$ ; 其三是能发现前续原因引发的操作风险事件的比率  $q_{ij}$ 、后续流程环节的有效率  $P_i$  以及影响乘数  $n_{ij}$ 。根据这些要求, 综合前期的调查情况, 笔者参考文献 9, 制作调查表以获取样本数据, 表 3 为调查表中单证管理流程的部分子样本。

表 3 单证管理流程的部分子样本

度量值	问卷描述	样本 1	样本 2	样本 3	样本 4	样本 5
1. 频率	每 1000 次单证使用中发生“单证使用违规”的平均次数:	5	10	5	10	100
2. 最初损失 BetaPERT(a, b, c)	“一次单证使用违规”给企业直接造成的最初损失: 最小值 $a$ 、最可能值 $b$ 和最大值 $c$ :	50/ 200/ 500	100/ 1000/ 3000	1000/ 5000/ 20000	100/ 500/ 5000	100/ 2000/ 1000
3. 发现率 $q_{gi}$	如果单证管理制度设计科学并且被正确执行, 有多少比例的“单证使用违规”可以被发现?	90%	75%	15%	75%	50%

4. 后续流程环节 $i$ 的有可以发现的“单证使用违规”真正被发现的效率 $P_i$	的概率是多少?	40%	75%	15%	85%	50%
5. $n_{gi0}$	每一次单证使用违规被发现后, 经过处理, 企业的最终损失将会减少为最初损失的倍数:	0.05	0.2	0.5	0	0.3
6. $n_{gi1}$	每一次单证使用违规未被发现, 未经过处理, 企业的最终损失将会扩大为最初损失的倍数:	2	2	1	2	10

调查表的发放对象是湖南省 8 家财险公司的车险部, 共回收 76 份, 有效的是 50 份, 效度为 66%, 效度不高的原因是剔除了填写不完整及非专家填写的调查表。专家普遍反映对数据需求可以理解和接受。调查范围为操作风险事件频发的业务流程, 即: 核保、理赔和单证管理。

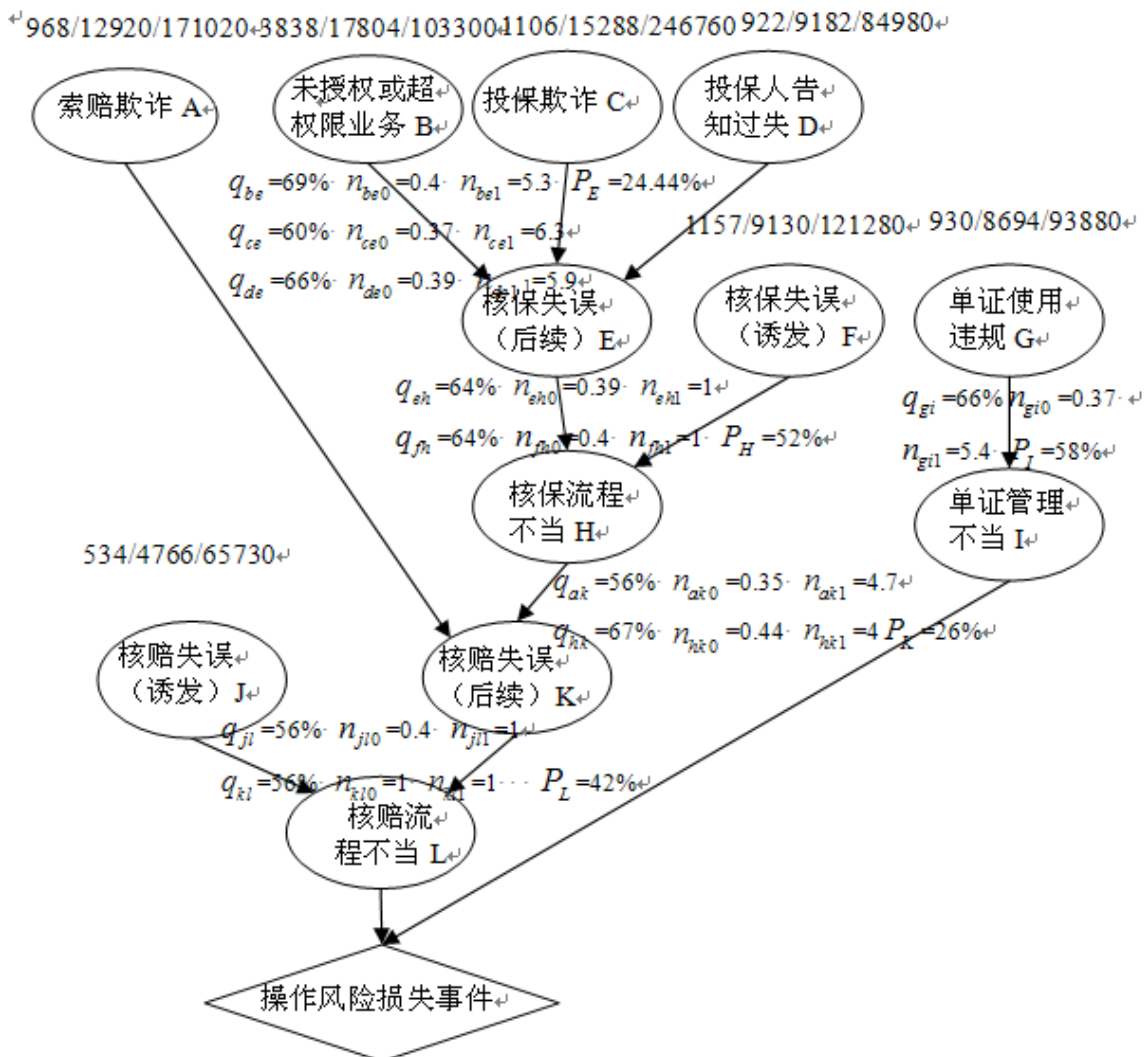
为了避免披露保险公司的信息, 案例分析中假设所有企业每年平均收到车险投保申请 100000 份, 平均承保 90000 份, 平均出险索赔 10000 份, 并对每个结点进行编号。如下图所示, 边缘结点分别是 A、B、C、D、F、G、

J, 从边缘结点到最终结点的路径共有 7 条, 分别是 JL、AKL、BEHKL、CEHKL、DEHKL、FHKL、GI。本文利用简单的算术平均法归纳和整理了这 50 份有

效的调查表, 将 BetaPERT 分布的参数、乘数、 $q_{ij}$  及有效率等数据标在图 3 上。

### B. 每条路径的损失强度

笔者借助 Matlab 软件辅助计算各路径的最终损失分布密度函数。对于每一条路径, 依靠 Matlab 软件利用筛选法编写相关程序, 运



行产生 100 个符合图 3 中七条边缘结点损失分布的随机数，将每个随机数作为一次操作风险事件被触发的初始损失额，按照前文的推导和假设，计算出后续流程影响后的最终损失额。

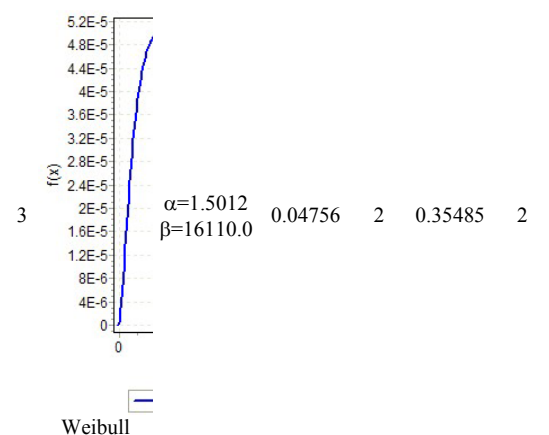
用只有一个后续结点的路径 GI 演示如何利用前一章第三节中的公式 1，由最初触发损失额计算出最终损失额。假设诱发原因 G 的初始损失额为  $x$ ，则后续结点 I 的最终损失额为：

$l = [xn_{gi0}P_I + xn_{gi1}(1-P_I)]q_{gi} + x(1-q_{gi})$ 。若是后续结点多于一个，则将每个后续结点之前产生的损失额作为该结点之前的初始损失额代入上式进行计算。

为提高后续拟合数据的精度，对于每条路径得到的 100 个最终损失额的数据样本，笔者使用 Easyfit 软件来拟合其损失强度密度函数也都具有明显的厚尾特征，这说明车险的核心业务（核保、核赔、单证管理）的操作风险事件引发的损失大多集中在低额水平。

表 4 路径 GI 损失强度分布的参数及检验

#	分布	参数值	K-S 检验		A-D 检验	
			Statistic	Rank	Statistic	Rank
1	Johnson SB	$\gamma=1.3217$ $\delta=0.96736$ $\lambda=62038.0$ $\xi=-277.56$	0.04365	1	0.26046	1
2	Log-Pearson 3	$\alpha=19.403$ $\beta=-0.18277$ $\gamma=12.875$	0.05407	3	0.42597	3



数，并用 K-S 检验和 A-D 检验结果的拟合优度。

SB 分布、Log-Pearson3 分布、Weibull 分布，对其进行 K-S 检验和 A-D 检验，选取检验排名最优的 Johnson SB 分布，近似作为路径 GI 的损失强度分布函数，画出其密度函数曲线，并用图形直观的比较样本数据的累计分布和经验 Johnson SB 累计分布，如图 4 的密度函数曲线可以很直观的看出路径 GI 按照上述方式拟合，如表 4 所示,选取拟合效果最好的三种分布 Johnson，

因“单证使用不当”触发的操作风险事件的最终损失强度具有较强的厚尾性。以此类推，可以得出其他 6 条路径的最终损失强度的最优拟合分布，画出密度函数曲线图，

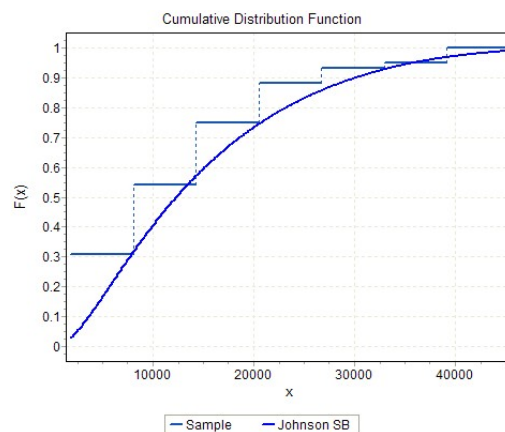


图 4 GI 路径的损失强度累计分布函数图及密度函数图

### C. 损失频率

表 5 是通过调查表获取的车险操作风险损失频率的数据信息，从中可以看出作为触发原因的正常业务的核保 F 和核赔失误 J 发生的频率较低，这说明财险公司的车险承保理赔等核心业务处理系统还比较完善，核保核赔关键技术基本上能满足业务操作流程的要求；而在调查的七条路径中，由内、外部人为的欺诈或操作失误引起的操作风险损失事故的占比相对较高，其中索赔欺诈 A 和投保人告知过失 D 占操作风险初始事件的频率比例都是 25%以上。

表 5 频率分布数据

	JL	AKL	BEHKL	CEHKL	DEHKL	FHKL	GI
频率的均值	32	440	218	256	523	25	260
频率占比	1.82%	25.08%	12.43%	14.60%	29.82%	1.43%	14.82%



### D.总损失额分布

根据前文笔者的假设，各个诱发原因每年的触发操作风险事件符合泊松分布，且由调查表已知均值的主观估计，可以得到各边缘结点的损失频率分布。每条路径的最终损失强度分布在第二节中已经得出了近似的分布形式，借助 Easyfit 软件实现 Monte Carlo 模拟的过程，计算案例一年中操作风险的总损失额的分布。

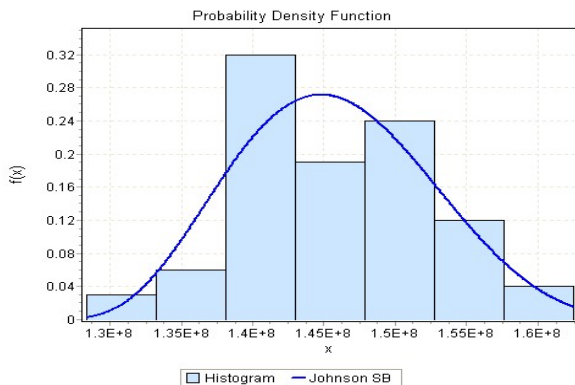
在得到各路径的损失发生频率的均值  $\lambda$  和损失金额分布的参数后，我们就可以利用 easyfit 软件进行模拟计算了。具体步骤如下：

1. 每个路径产生一个符合其诱发操作风险事件频率分布的随机数  $N$ ，用其作为为下一次迭代的次数；
2. 按照该路径的最终损失强度分布的参数产生  $N$  个随机数，将其进行累加，作为该路径一年内产生总损失的一个样本数据；
3. 将 7 条路径得到的总损失额进行相加，得到操作风险影响图在一个年度里操作风险总损失额的一个样本；
4. 重复上述过程 100 次，得到 100 个可能的操作风险损失值，对其进行拟合并检验。

表 6 总损失额拟合检验最优的分布参数及检验值

分布	参数值	K-S 检验		A-D 检验	
		Statistic	Rank	Statistic	Rank
Johnson SB	$\gamma=0.5056$ $\delta=1.7856$ $\lambda=5.2401E+7$ $\xi=1.2294E+8$	0.07737	1	0.4711	1

通过计算，由获取的 100 个年度总损失额的样本，运用 Easyfit 软件拟合其分布，并进行 K-S、A-D 拟合优度检验，Johnson SB 分布在两种检验排名中都是第一的（如表 6）。且两种检验方法无论是在 80%、90%、95%、98%和 99%的置信水平下，检验结果都是不能



拒绝原假设，即样本数据服从 Johnson SB 分布。如图 5 所示，做出这 100 个样本的直方图和 Johnson SB 分布的密度曲线。

图 5 100 个样本的直方图和 Johnson SB 分布密度曲线

表 7 总损失分布的重要统计值

统计量	数值	百分位数	数值
Sample Size	100	Min	1.2836E+8
Range	3.4144E+7	5%	1.3513E+8
Mean	1.4570E+8	10%	1.3837E+8
Variance	4.5435E+13	25% (Q1)	1.4013E+8
Std. Deviation	6.7406E+6	50% (Median)	1.4532E+8
Coef. of Variation	0.04626	75% (Q3)	1.5027E+8
Std. Error	6.7406E+5	90%	1.5514E+8
Skewness	0.17355	95%	1.5762E+8
Excess Kurtosis	-0.38426	Max	1.6251E+8

我们可以从结果中得出表 7 的重要统计数据，如均值、标准差和各分位点的数值，特别需要说明的是偏斜度 0.17355，大于 0 表明该分布向右偏斜，操作风险总损失分布的厚尾性不明显。偏斜度较小，表明各财险公司在日常经营活动中对车险的操作风险预期损失进行规范后（即预期损失为操作风险损失分布的均值），需为非预期损失提取的经济资本的需求量较小。这与通常提及的操作风险的特征有一定偏差，原因是本文选取的操作风险度量对象是车险的核心业务流程，虽然各条路径的损失强度密度函数曲线都表现出很强的厚尾特征，但从财险公司整体操作风险损失事件来看，这部分损失属于高频率、低损失额事件，所以高频率使总损失额分布表现出较小偏斜度和较小变异系数，因此所需的经济资本较小。

### E.经济资本的计算

获得操作风险总损失额分布函数的重要目的是为财险公司车险业务提取合理的经济资本。文章的样本是湖南省 8 家财险公司的车险业务，虽然各公司面对的客户群是一样的，但因各自管理水平的不同，一年中操作风险损失事件也存在着差异，所以本文计算出的经济资本是针对财险公司车险业务的一个平均值。

在 99%的置信水平下，预期损失是操作风险损失分布的均值，那么需要提取的资本就是 99%分位数减去均值。即： $159754772-145312407=14442365$ ，约为 1444 万元。根据在险价值（Value at Risk，简称 VaR）的含义，在平均提取 1444 万元的资本后，湖南省内各财险公司车险的核心业务系统（核保、理赔和单证管理）就可以抵御百年一遇的巨额操作风险损失。



## V. 结论与讨论

本文从操作风险的角度，通过借助拓扑数据模型定性分析了车险业务核理赔与单证管理流程的操作风险的表现，利用调查表和 Monte Carlo 模拟定量对车险业务的操作风险进行度量，并为其配置经济资本，最后，文章实例计算的结果显示：在度量操作风险的过程中七条路径的损失强度分布都具有明显的厚尾性，且损失频率较高，但总损失额的分布厚尾性较小，偏斜度为 0.17355，配置的经济资本为 1444 万。分险种分别提取操作风险的经济资本及在财险公司全面风险管理层面上实现操作风险的度量是本论题进一步的研究内容。

## References

- [1] Liu Xinxu and Gong Yisheng, A Study on Operation Risk and Management of China's Property Insurance Companies, Insurance Research, 2009, 7. 刘新喜, 龚贻生. 我国财险公司操作风险探析及其管理对策[J]. 保险研究, 2009, (7).
- [2] Xu Keqi, The Investigation on the issue 'High Insurance Amount and Low Compensation' on Auto Insurance, China Youth Daily, 2011-04-01. 徐可奇. 被质疑为霸王条款 车险“高保低赔”引发监管调查[N]. 青年报, 2011-04-01.
- [3] Rosenberg, M. Automobile insurance reform in New Jersey: Moving Toward a New Pricing System[J]. Journal of insurance regulation, 1992, 11(1): 79-103.
- [4] Cripe Frederick, F., Robert Hunter. Automobile Classification Systems: age, sex, marital status, and territory- are they unfairly discriminatory? [J]. actuarial review, 1992, (8): 356-382.
- [5] Feng Fangyuan, A study on Improving China's Auto Insurance, China Insurance, 2010, 4. 冯方圆. 借鉴英美做法完善中国车险制度[J]. 中国保险, 2010, (4): 62-64.
- [6] Zhang Yin, A Research on Auto Insurance Rating in Sight of Human Factors, Dissertation of Master, Hunan University, 2007. 张茵. 对加入从人因素的我国车险费率厘定的研究[D]: [湖南大学硕士学位论文]. 长沙: 湖南大学, 2007.
- [7] Alexander, C., Statistical Model of Operational Risk Loss [M]. Operational risk, Pearson Education Limited, 2003.
- [8] Giudici, P., Integration of Qualitative and Quantitative Operational Risk Data: A Bayesian Approach [M]. Operational Risk Modelling and Analysis, Risk Books, 2004.
- [9] Zhao Lei, A Research on the Measurement of Operational Risk in Insurance Enterprises, Dissertation of Master, Kyoto University, 2007. 赵蕾. 保险企业操作风险度量研究[D]: [同济大学经济与管理学院硕士学位论文]. 上海: 同济大学, 2007.

## 基于拓扑数据模型的车险操作风险度量

陈迪红, 桂芬, 沈建美  
金融与统计学院, 湖南大学, 长沙, 中国, 410079

**摘要:** 操作风险是影响财险公司偿付能力的主要风险之一, 但历史数据缺乏及模型不完善, 使其管理仍处于识别阶段。在财险公司经营的多种业务中, 机动车辆保险的占比最高, 本文以其为研究对象, 分析车险核心业务流程中操作风险的表现形式, 借助拓扑数据模型及 Monte Carlo 模拟对其进行度量。度量结果显示损失强度表现出较强的厚尾性, 事件频率具有高频性, 但总损失额分布的厚尾特征不明显, 这些结果为操作风险进行经济资本配置及管理提供了依据。

**关键词:** 操作风险; 拓扑数据模型; 总损失额分布