

基于随机 Petri 网的车险理赔效率建模与分析

彭传港,李方媛*

山东交通学院汽车工程学院,山东 济南 250357

摘要:为提高车险理赔效率,构建车险理赔效率随机 Petri 网模型,基于工作流网结构和实务操作流程分析模型的正确性并改进模型,采用软件 PIPE 验证模型的合理性。以某保险公司 500 起车险事故理赔数据为研究对象,构建与随机 Petri 网同构的车险理赔效率马尔可夫链,分析车险理赔流程中的低效率环节。结果表明:拒赔、定损和赔款处理流程耗时较多,与车险理赔实际情况吻合。车险理赔效率随机 Petri 网模型通过变迁利用率和标识流速能动态地描述车险理赔系统的运行时效。根据车险理赔效率分析结果,可缩减定损环节和赔款处理环节时间,显著提升保险公司的车险理赔效率和客户的服务体验。

关键词:车险理赔;随机 Petri 网;工作流网;马尔可夫链;理赔效率

中图分类号:F840.634

文献标志码:A

文章编号:1672-0032(2023)02-0014-06

引用格式:彭传港,李方媛.基于随机 Petri 网的车险理赔效率建模与分析[J].山东交通学院学报,2023,31(2):14-19.

PENG Chuangang, LI Fangyuan. Modeling and analysis of efficiency of auto insurance claim based on stochastic Petri net[J]. Journal of Shandong Jiaotong University, 2023, 31(2): 14-19.

0 引言

汽车保有量的增加助力车险市场的飞速发展。自 2014 年以来,我国汽车保有量和车险保费收入分别增长 1.65、1.35 倍^[1]。但我国车险赔付率一直维持在 50%左右,高赔付率给汽车保险业带来了巨大的挑战,特别是 2020 年“车险费改”后,赔付率超过 70%。为应对车险市场竞争激烈、车险产品同质化严重、赔付率居高不下等问题,各家保险公司将重心放在提升车险理赔效率上,车险理赔效率正向影响客户服务体验和车险企业的经济效益^[2-3]。车险理赔效率低下将严重影响投保人的满意度及行业内部合作关系,成为保险公司健康发展的巨大隐患。

薛恒^[4]认为车险理赔流程有待科学化,有选择的实行区别对待,对事件属实的案件,保险公司可参照国外经验自行取证,省去查勘环节直接定损,并从公司政策层面平衡承保高成本和理赔高成本间的长期矛盾,承保更多优质车源,同时给予客户理赔的平衡支点。刘云贺^[5]借助互联网技术研究企业管理,分析企业理赔经营信息,对保险公司的理赔流程及管理模式提供针对性的对策;陈浩等^[6]对车险理赔业务整体流程进行 Petri 网建模,分析车险理赔工作流的时效性,但模型节点较少,与车险理赔实务偏差较大;毛古宝^[7]基于 Petri 网模型优化车险理赔基本流程,并采用工作流关系和 Tina 软件验证模型的可行性和有效性,但缺少模型的实践应用。

通过梳理多家保险公司的车险理赔流程,本文构建基于随机 Petri 网模型的保险公司车险理赔效率模型,根据工作流网结构及车险实务操作流程分析并改进模型,采用 PIPE 软件验证模型合理性,在此基

收稿日期:2022-06-27

基金项目:山东省自然科学基金项目(ZR2020MG22)

第一作者简介:彭传港(1997—),男,济南人,硕士研究生,主要研究方向为车险理赔优化,E-mail:1640982019@qq.com。

*通信作者简介:李方媛(1984—),女,内蒙古赤峰人,副教授,工学博士,主要研究方向为汽车保险与交通安全管理,E-mail:15753120911@163.com。

础上,通过同构的马尔可夫链分析车险理赔各流程的变迁利用率和标识流速,以某保险公司 500 起车险事故理赔数据为例,分析提升车险理赔效率的切入点。

1 车险理赔效率建模

1.1 基于随机 Petri 网的车险理赔效率建模

完整的车险理赔流程为出险→报案→调度→查勘→定损→核价→核损→理算→核赔→支付→存档等步骤。随机 Petri 网对离散事件可同时分析每个环节的相互影响和时效性,本文采用随机 Petri 网对车险理赔流程进行建模分析。基本的随机 Petri 网包括库所集 P 、变迁集 T 、弧集 F 、初始标识集 M_0 ^[8-10]。依据车险理赔流程及其对理赔效率的影响^[11-13],构建基于随机 Petri 网的车险理赔效率模型,如图 1 所示,模型中各符号含义见表 1。

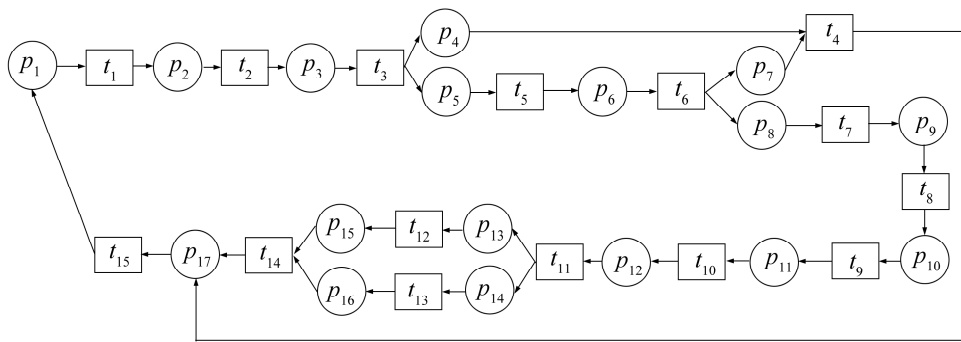


图 1 车险理赔效率随机 Petri 网模型

表 1 车险理赔效率随机 Petri 网模型中各符号的含义

符号	含义	符号	含义	符号	含义	符号	含义
t_1	拨打报案电话	t_9	核价核损	p_2	通话完毕	p_{10}	定损完毕
t_2	报案受理	t_{10}	理算	p_3	查勘员收到报案信息	p_{11}	核价核损完毕
t_3	查勘	t_{11}	核赔	p_4	不属于理赔责任	p_{12}	理算完毕
t_4	发送拒赔信息	t_{12}	发送赔偿信息	p_5	属于理赔责任	p_{13}	赔偿信息
t_5	确认索赔类型	t_{13}	发送赔偿金	p_6	索赔类型确认完毕	p_{14}	赔偿金
t_6	检查客户保险是否属于保险责任	t_{14}	记录客户理赔档案	p_7	确认不属于保险责任	p_{15}	收到赔偿信息
t_7	上传查勘材料	t_{15}	案件处理完成	p_8	确认属于保险责任	p_{16}	收到赔偿金
t_8	定损	p_1	出险	p_9	确认查勘材料已上传	p_{17}	客户档案记录完毕

1.2 随机 Petri 网模型正确性及合理性分析

从 workflow 网结构和实务操作流程 2 方面分析车险理赔效率随机 Petri 网模型的正确性。在结构上,车险理赔效率随机 Petri 网模型可等效为 workflow 网,依据 workflow 网正确性判定的 3 个充分必要条件^[14-17],验证分析图 1 模型:1)在变迁 t_{15} 后有源库所 p_1 ,即 $t_{15}^{\bullet} = p_1$;2)在变迁 t_{15} 前有终止库所 p_{17} ,即 ${}^{\bullet}t_{15} = p_{17}$;3)车险理赔流程终止于终止库所 p_{17} ,且终止时,终止库所里只有唯一的 1 个标识。该随机 Petri 网是强连通的,模型在结构上是正确可行的。

从实务操作流程验证图 1 模型,结果表明:1) t_3 有 p_4 和 p_5 2 个输出库所,当 t_3 发生时, p_4 和 p_5 必须都有 1 个标识,但在实际操作中,当 t_3 发生时, p_4 和 p_5 只能有 1 个存在,不能同时存在;2) t_6 有 p_7 和 p_8 2 个输出库所,当 t_6 发生时, p_7 和 p_8 中必须都有 1 个标识,但在实际操作中,当 t_6 发生时, p_7 和 p_8 只能有 1 个存在,不能同时存在。基于此,改进的车险理赔效率随机 Petri 网模型,如图 2 所示,模型中各符号含义见表 2。

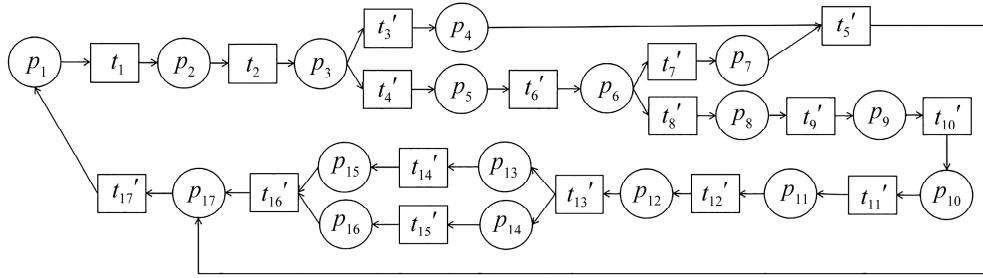


图2 改进的车险理赔效率随机 Petri 网模型

表2 改进的车险理赔效率随机 Petri 网模型中符号的含义

符号	含义	符号	含义	符号	含义	符号	含义
t_3'	查勘并认定不可理赔	t_7'	认定客户保险不属于保险责任	t_{11}'	核价核损	t_{15}'	发送赔偿金
t_4'	查勘并认定可理赔	t_8'	认定客户保险属于保险责任	t_{12}'	理算	t_{16}'	记录客户理赔档案
t_5'	发送拒赔信息	t_9'	上传查勘材料	t_{13}'	核赔	t_{17}'	案件处理完成
t_6'	确定索赔类型	t_{10}'	定损	t_{14}'	发送赔偿信息		

由图2可知:改进的车险理赔效率随机 Petri 网模型将原变迁 t_3 改为 t_3' 和 t_4' 2 个变迁,当 t_3' 发生时,标识进入 p_4 ,当 t_4' 发生时,标识进入 p_5 , p_4 和 p_5 仅有 1 个标识,不同时存在。同理,将原变迁 t_6 改成 t_7' 和 t_8' 2 个变迁, p_7 和 p_8 仅有 1 个标识,不同时存在。

采用软件 PIPE 中的 state space analysis 函数对改进后的车险理赔效率随机 Petri 网模型进行合理性分析^[18],运行结果显示:Bounded 属性、Safe 属性和 Deadlock 属性均为 true,说明所建车险理赔效率随机 Petri 网模型是有界的、安全的、活性的,模型合理,能正常工作。

2 车险理赔效率分析

2.1 随机 Petri 网与马尔可夫链结合

假设改进的车险理赔效率随机 Petri 网模型中所有时延变迁服从指数分布,利用随机 Petri 网与马尔可夫链同构的性质,可计算每个标识在稳定分布状况下的概率。

车险理赔效率随机 Petri 网模型的初始标识集 $M_0 = (1, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0)$, M_0 中的数字 1 表示当前库所存在标识,即当前标识存在于库所 p_1 中,数字 0 表示当前库所无标识。为方便记录,将存在标识的库所下标编号记为标识集中的数字,即 M_0 写作 $M_0 = (1)$ 。经过变迁触发规则,得到 1 组可实现的可达状态集: $M_0 = (1), M_1 = (2), M_2 = (3), M_3 = (4), M_4 = (5), M_5 = (6), M_6 = (7), M_7 = (8), M_8 = (9), M_9 = (10), M_{10} = (11), M_{11} = (12), M_{12} = (13, 14), M_{13} = (14, 15), M_{14} = (13, 16), M_{15} = (15, 16), M_{16} = (17)$,由变迁集与可达状态集的关系构建车险理赔效率随机 Petri 网可达标识图,如图 3 所示。

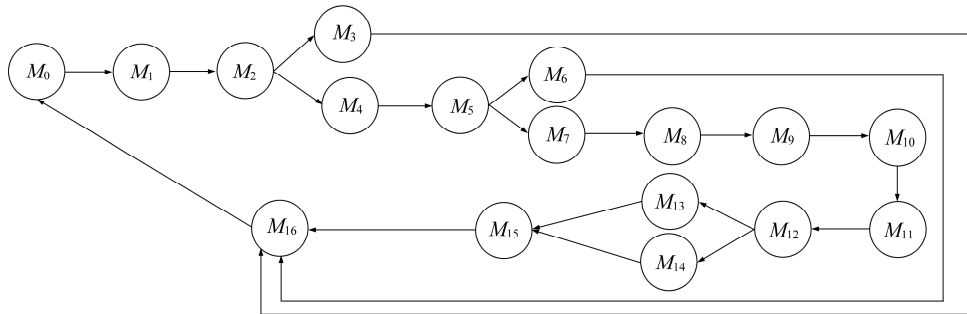


图3 车险理赔效率随机 Petri 网可达标识图

式中: E 为使 t_j 可发生的全部可达状态集, $W(t_j, p_k)$ 为变迁到后置库所的弧权。

2.2 车险理赔效率短板问题分析

根据 $P(M_0) \sim P(M_{16})$ 计算随机 Petri 网模型中各库所的平均标识数 u_j (u_j 反映库所的繁忙率,如 $u_{13} = P(M_{12}) + P(M_{14}) = 0.091$),结果如表3所示。

表3 各库所的平均标识数

u_1	u_2	u_3	u_4	u_5	u_6	u_7	u_8	u_9	u_{10}	u_{11}	u_{12}	u_{13}	u_{14}	u_{15}	u_{16}	u_{17}
0.019	0.012	0.063	0.199	0.010	0.005	0.087	0.023	0.228	0.091	0.014	0.018	0.091	0.152	0.141	0.080	0

由表3可知:库所 p_4, p_9, p_{14} 在稳定状态下的平均标识数较多,造成变迁 t_5', t_{10}', t_{15}' 的耗时较长,即在车险理赔流程中的发送拒赔信息环节、定损环节和赔款处理环节耗时较多,所以保险公司应提高发送拒赔信息、定损、赔偿金发放的效率^[23-24]。核对所得结果与实际理赔数据,发现所建模型能客观反映实际,能准确评价保险公司的理赔效率。

2.3 车险理赔系统时效性分析

根据式(2)计算变迁 t_1 的利用率 $U(t_1) = P(M_0) = 0.019$,流入系统标识的标识流速 $R(t_1, p_2) = 0.146$,整个车险理赔系统的平均标识 $\bar{N} = 1.271$,由车险理赔系统的处理周期 $T = \bar{N}/R(t_1, p_2)$,计算得到保险公司从车险案件受理到案件处理完成的平均工作时间为8.7 d,即客户从申请报案到收到赔偿金所需等待的平均时间为8.7 d。

3 结论

1) 基于随机 Petri 网建立车险理赔效率模型,从 workflow 网结构和实务操作流程 2 方面分析模型的正确性,并进行模型改进,采用软件 PIPE 验证了模型的合理性。

2) 利用随机 Petri 网与马尔可夫链同构的性质,构建车险理赔效率马尔可夫链,分析车险理赔效率,得到拒赔、定损和赔款处理环节耗时较多,结果能客观反映实际,所建模型能准确评价保险公司的理赔效率。

根据理赔效率分析结果,建议保险公司针对定损系统制定标准化制度,实现高效、透明的管理方式,查勘岗、理算岗、核赔岗对赔偿信息、统计计算及发放金额应做到“细、准、快”。

参考文献:

- [1] 杨瑞. 车险业务结构与经营情况的分析探讨[J]. 中国信用卡, 2021(9): 65-70.
- [2] 赵筱瑜. 制约车险理赔服务质量的因素浅析[J]. 金融理论与实践, 2006(6): 62-64.
ZHAO Xiaoyu. Analysis on the factors of restricting motor insurance claims service quality[J]. Financial Theory & Practice, 2006(6): 62-64.
- [3] TALLA N G. Effect of claim settlement practices on the operating efficiency and profitability of life insurance companies of India: a comparative study of public and select private sector[J]. Asian Journal of Management, 2017, 8(4): 1207-1215.
- [4] 薛恒. 加强和改善车险理赔服务问题研究[J]. 价值工程, 2013, 32(24): 305-309.
XUE Heng. To strengthen and improve the problem of auto insurance claims service[J]. Value Engineering, 2013, 32(24): 305-309.
- [5] 刘云贺. XA 保险公司车险理赔业务流程改进研究[D]. 长春: 吉林大学, 2017.
LIU Yunhe. XA insurance company car insurance claims business process improvement [D]. Changchun: Jilin University, 2017.
- [6] 陈浩, 王铭, 何飞, 等. 基于随机 Petri 网汽车保险业务流程建模与分析[J]. 电脑知识与技术, 2017, 13(20): 90-93.
- [7] 毛古宝. 基于 Petri 网的机动车保险业务流程优化分析[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2021, 37(2): 238-243.
MAO Gubao. Optimization analysis of automobile insurance business process based on Petri net [J]. Journal of Harbin

- University of Commerce(Natural Sciences Edition),2021,37(2):238-243.
- [8] 林闯,李雅娟,单志广.基于随机 Petri 网的系统性能评价[J].清华大学学报(自然科学版),2003(4):475-479.
LIN Chuang, LI Yajuan, SHAN Zhiguang. Performance evaluation of systems using stochastic Petri nets[J]. Journal of Tsinghua University(Science and Technology), 2003(4):475-479.
- [9] 郭磊,兰洪杰.基于 Petri 网的冷链配送流程仿真优化研究[J].物流科技,2010,33(2):9-14.
GUO Lei, LAN Hongjie. Research on the cold chain distribution process simulation and optimization based on Petri net[J]. Logistics Sci-Tech, 2010,33(2):9-14.
- [10] LIU S L, LI W J, GAO P, et al. Modeling and performance analysis of gas leakage emergency disposal process in gas transmission station based on stochastic Petri nets[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2022, 226: 108708.
- [11] 张小强,胡芳捷,骆玲.基于随机 Petri 网的铁路货运流程优化研究[J].铁道学报,2015,37(10):7-15.
ZHANG Xiaoqiang, HU Fangjie, LUO Ling. Optimization of railway freight transportation process based on stochastic Petri net[J]. Journal of the China Railway Society, 2015,37(10):7-15.
- [12] ZHOU J F, GENSERIK R. Petri-net based cooperation modeling and time analysis of emergency response in the context of domino effect prevention in process industries[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2022, 223(C): 108505.
- [13] 盛梦君.基于 Petri 网的网购退换货系统建模优化分析[J].佳木斯大学学报(自然科学版),2019,37(6):891-894.
SHENG Mengjun. Modeling optimization analysis of online shopping return and exchange system based on Petri net[J]. Journal of Jiamusi University(Natural Science Edition), 2019,37(6):891-894.
- [14] 潘启澍,姜兵.基于 Petri 网的工作流建模技术及应用[J].清华大学学报(自然科学版),2000,40(9):86-89.
PAN Qishu, JIANG Bing. Petri net based workflow modeling techniques and applications [J]. Journal of Tsinghua University(Science and Technology), 2000,40(9):86-89.
- [15] 高春玲,负亚利.基于工作流的高校办公系统的研究与实现[J].计算机与现代化,2011(8):204-206.
GAO Chunling, YUN Yali. Research and realization of university office information system based on workflow [J]. Computer and Modernization, 2011(8):204-206.
- [16] 刘磊,余汾芬,李仁旺.基于 Petri 网工作流程模型时间关键路径优化方法[J].控制工程,2015,22(5):986-991.
LIU Lei, YU Fenfen, LI Renwang. Timed critical path optimization of workflow model based on Petri network[J]. Control Engineering of China, 2015,22(5):986-991.
- [17] 姚惠,刘祥伟,王丽丽.基于 Petri 网的贷款业务流程一致性优化分析[J].大庆师范学院学报,2017,37(6):69-72.
YAO Hui, LIU Xiangwei, WANG Lili. Consistency optimization analysis of loan business process model based on Petri net [J]. Journal of Daqing Normal University, 2017,37(6):69-72.
- [18] 田力群.基于 PIPE 的可用性评估工具的研究[D].哈尔滨:哈尔滨工业大学,2009.
TIAN Liqun. Research on availability analysis tool based on PIPE[D]. Harbin:Harbin Institute of Technology, 2009.
- [19] 张四平,余维,王梅.城市公交故障抢修的随机 Petri 网建模及分析[J].微电子学与计算机,2012,29(9):125-128.
ZHANG Siping, SHE Wei, WANG Mei. Modeling and analysis of urban public transportation fault repair based on stochastic Petri net[J]. Microelectronics & Computer, 2012,29(9):125-128.
- [20] KIM C, YU T S, LEE T E. Reachability tree-based optimization algorithm for cyclic scheduling of timed Petri nets [J]. IEEE Transactions on Automation Science and Engineering, 2021, 18(3): 1441-1452.
- [21] SUN H L, LIU J G, HAN Z Q. Stochastic Petri net based modeling of emergency medical rescue processes during earthquakes [J]. Journal of Systems Science and Complexity, 2021, 34: 1063-1086.
- [22] 李子成.基于 Petri 网的工业火灾应急响应行动建模与性能分析[D].广州:广东工业大学,2019.
LI Zicheng. Modeling and performance analysis for emergency response actions of industrial fire based on Petri net [D]. Guangzhou:Guangdong University of Technology, 2019.
- [23] ZHANG T C, ZHANG J, FENG T. A novel two phases Petri net image segmentation based on rough sets and roughness entropy [J]. Optik: Zeitschrift fur Licht-und Elektronenoptik, 2022, 259: 168912.
- [24] 高春成,王蕾,吕经纬,等.电力市场交易平台移动端用户信息安全研究:基于模糊 Petri 网理论的等级划分方法分析[J].价格理论与实践,2019(8):132-136.
GAO Chuncheng, WANG Lei, LÜ Jingwei, et al. Research on users information security of electricity transaction mobile client: analysis of security classification method based on fuzzy Petri net [J]. Price: Theory & Practice, 2019(8): 132-136.