



道路交通 统计生命价值 评价研究

刘文歌 ● 著



DAOLU JIAOTONG TONGJI
SHENGMING JIAZHI PINGJIA YANJIU

中国财经出版传媒集团
经济科学出版社
Economic Science Press

2016 年度国家自然科学基金项目：“道路交通统计生命价值测算方法和测算模型研究”（51608088）

2016 年度教育部人文社会科学研究项目：“轨道交通统计生命价值评价方法和评价模型研究”（16YJC630075）

2015 年度辽宁省社会科学规划基金项目：“基于道路交通安全的生命价值评价研究”（L15BGL003）

道路交通统计生命 价值评价研究

刘文歌 著



中国财经出版传媒集团



经济科学出版社
Economic Science Press

图书在版编目 (CIP) 数据

道路交通统计生命价值评价研究/刘文歌著. —北京:
经济科学出版社, 2019. 1

ISBN 978 - 7 - 5218 - 0247 - 4

I. ①道… II. ①刘… III. ①交通运输事故 - 研究
IV. ①U492. 8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2019) 第 024919 号

责任编辑: 刘 莎
责任校对: 王肖楠
责任印制: 邱 天

道路交通统计生命价值评价研究

刘文歌 著

经济科学出版社出版、发行 新华书店经销

社址: 北京市海淀区阜成路甲 28 号 邮编: 100142

总编辑部电话: 010 - 88191217 发行部电话: 010 - 88191522

网址: [www. esp. com. cn](http://www.esp.com.cn)

电子邮件: [esp@ esp. com. cn](mailto:esp@esp.com.cn)

天猫网店: 经济科学出版社旗舰店

网址: [http://jjkxcbs. tmall. com](http://jjkxcbs.tmall.com)

北京时捷印刷有限公司印装

710 × 1000 16 开 12 印张 200000 字

2019 年 1 月第 1 版 2019 年 1 月第 1 次印刷

ISBN 978 - 7 - 5218 - 0247 - 4 定价: 42. 00 元

(图书出现印装问题, 本社负责调换。电话: 010 - 88191510)

(版权所有 侵权必究 打击盗版 举报热线: 010 - 88191661)

QQ: 2242791300 营销中心电话: 010 - 88191537

电子邮箱: [dbts@ esp. com. cn](mailto:dbts@esp.com.cn))

前 言

21 世纪的中国追求的是和谐、环保、安全、创新的发展理念，安全问题是建设和谐社会的首要任务。道路交通安全不仅是交通行业健康、良好发展的基础保证，更是国家安全体系的重要组成部分。道路交通事故不仅造成车辆、财产的损坏，路面、环境的破坏，更重要的是人身伤亡；交通事故的发生不仅造成直接的巨大的经济损失，更会对人的心理、社会的发展造成长远的不利影响。随着我国经济的快速发展和城市化进程的持续加快，我国汽车保有量从 2007 年的 4 417 万辆增长到 2017 年的 3.10 亿辆，近十年间增幅接近 7 倍。汽车数量的快速增长为人们的生活带来了方便的同时，也给城市的发展带来了严重的问题，如道路交通拥堵问题、道路交通安全问题、环境污染问题以及能源消耗问题等，其中道路交通安全问题日趋突出。因此提高道路交通安全、降低道路交通事故是交通行业相当关注的问题，也是交通安全政策制定中非常重要的问题。

近年来，我国道路交通管理部门实施了多种道路交通安全项目，道路交通安全形势取得一定好转。但与日本、欧美等发达国家相比，我国道路交通安全形势仍十分严峻，道路交通事故死亡人数一直位居世界之首。因此，改善道路交通安全状况，降低道路交通事故发生率和死亡人数是交通安全领域一项长期而艰巨的任务。为了改善道路交通安全状况，政府需要从长远角度出发，大量投资道路交通安全项目从车、人、路和环境等方面进行监督和控制。但由于政府资源有限，不可能对道路交通安全项目进行盲目投资。为保证项目投资掷地有声、项目实施切实有效，对道路交通安全项目进行

科学合理地评价尤为重要。目前，国内外普遍采用成本效益分析法（cost-benefit analysis）对道路交通安全项目进行评价。道路交通安全项目的效益体现在道路交通事故风险降低带来的经济效益，包括致命事故风险降低挽救的人的生命价值以及非致命事故风险降低节省的伤残费用和减少的财产损失，其中如何科学合理地评价致命事故风险降低挽救的人的生命价值是国内外学术界和政府非常关注和一直探讨的热点和难点。

对于“人的生命价值”的量化评估主要基于两大理论方法，一是20世纪50年代初至60年代末盛行的人力资本法（HC：human capital approach），二是70年代初至今盛行的支付意愿法（WTP：willingness to pay approach）。人力资本法的观点认为人的生命价值是个人对社会财富的创造，即个人在未来预期年份（如果没有死亡）实际净收入的现值之和，强调的是对个体生命赋值。但由于人力资本法自身的局限性以及与成本效益分析经济原则相背离，70年代初许多经济学家对此提出质疑，并认为评估人的生命价值应当遵循支付意愿的原则，由此支付意愿法取代人力资本法被广泛研究与应用。支付意愿法的思想认为人的生命价值取决于人们对死亡风险降低的支付意愿，是站在统计学的角度衡量人的生命价值，即统计生命价值。目前支付意愿法已取代人力资本法成为衡量人的生命价值的主要方法，统计生命价值衡量人的生命价值已被大多数经济学家认可，成为衡量死亡风险降低挽救人的生命价值的重要指标，并且应用于许多安全领域或风险背景，如生态环境、职业安全、疾病健康、公共安全及交通安全等领域。

道路交通统计生命价值是以道路交通安全为风险背景，衡量道路交通死亡风险降低挽救人的生命价值，现已成为道路交通安全项目成本效益评价中必不可少的基础数据，并在欧美等许多发达国家和一些发展中国家广泛研究和应用。统计生命价值的评价研究在国外有40余年的研究历史，但在我国起步较晚且相关研究凤毛麟角。基于此，本书以私家车出行者为研究对象，以国内外相关文献为研究基础，对道路交通统计生命价值的形成机理、评价方法和评价模型进行系统研究，旨在拓展我国道路交通安全研究和交通经济学研究的领域，同时为政府进行道路交通安全项目经济评价提供基本参数，并为保险公司制定和划分致命事故赔偿标准提供参考依据。

本书共分为六章内容。第一章“绪论”，基于现实背景和方法应用背景

提出本书的研究问题，并阐述研究的理论意义和现实意义；点明本书的研究目标并阐述研究方法和技术路线。第二章“道路交通统计生命价值研究综述”，在广泛收集相关文献基础之上，对道路交通统计生命价值的研究脉络进行梳理。首先介绍道路交通统计生命价值的概念、应用范围及研究对象；其次利用元分析方法，从研究主题、参考学科、研究方法和分析层次四个维度出发分析 1995~2011 年间道路交通统计生命价值的研究特征；再其次从评价方法、评价模型和影响因素三大研究主题入手，归纳道路交通统计生命价值的研究成果；最后总结国内外研究进展并指出现有研究存在的不足。第三章“道路交通统计生命价值形成机理”，首先基于计划行为理论并结合其他行为理论，提出道路交通统计生命价值形成机理的理论框架；其次以大连市私家车出行者为调查对象，实施交通意向调查；再其次利用结构方程模型构建道路交通统计生命价值形成机理模型，并对模型进行估计、评价、修正和假设验证；最后通过修正后的形成机理模型，分析道路交通统计生命价值影响因素之间的关系，并揭示私家车出行者的社会经济特征对道路交通统计生命价值的驱动作用。第三章的研究结论是第四章和第五章构建统计生命价值评价模型时变量选择的依据。第四章“基于条件价值法的道路交通统计生命价值评价研究”，首先基于条件价值法并结合确定性校准法，提出道路交通统计生命价值的评价思路；其次利用多项 Logit 模型，构建单边界、双边界和三边界二分式统计生命价值评价模型；再其次以购买交通安全产品和支付安全道路为假设场景进行了交通意向调查；最后对模型进行实证检验获得统计生命价值评估值，并对两种假设场景和三种评价模型进行比较分析。第五章“基于意愿选择法的道路交通统计生命价值评价研究”，首先基于意愿选择法并结合正交试验法，提出了道路交通统计生命价值的评价思路；其次利用 2 项 Logit 模型和混合 Logit 模型，引入路径特性变量和个人特性变量，构建了 4 种统计生命价值评价模型；再其次以出行路径选择为假设场景进行了交通意向调查；最后利用 Monte Carlo 方法对 ML 模型进行了 150 次仿真模拟，完成了模型的实证检验并获得了统计生命价值评估值，从而对 4 种评价模型进行了比较分析，并揭示了路径特性和个人特性对统计生命价值的影响。第六章“结论与展望”，归纳和总结了本书的主要研究成果并提出若干建议，并针对研究中存在的局限性和不足提出了未来的研究方向。

本书创新点体现在理论方法创新和应用实践创新两个层面，具体包括如下三点：

(1) 基于计划行为理论，引入个人风险因素和个人社会经济特征因素，提出了道路交通统计生命价值形成机理的理论框架，并利用结构方程模型构建了道路交通统计生命价值形成机理模型。从理论方法层面，将计划行为理论与利他行为理论相结合，引入风险控制能力、风险暴露程度和风险厌恶程度三个个人风险因素作为行为态度的前因变量，并引入年龄、性别、学历、驾龄、车险五个个人特性变量作为三大风险因素的前因变量，提出了道路交通统计生命价值的形成机理模型，使计划行为理论在道路交通统计生命价值研究领域的应用得到了丰富和拓展。从实践应用层面，道路交通统计生命价值形成机理模型的构建，揭示了道路交通统计生命价值影响因素之间的相互关系，解释了私家车出行者的风险控制能力、风险暴露程度和风险厌恶程度对道路交通统计生命价值的影响作用，以及私家车出行者的性别、年龄、学历、驾龄、车险对道路交通统计生命价值的驱动作用。研究结果可为驾驶员安全教育培训体系的制定、交通安全法规的制定和执行、交通安全设施和设备的研制和推广，以及交通安全保险产品的设计提供理论基础支持。

(2) 将条件价值法与确定性校准法相结合，并基于单边界、双边界和三边界二分式格式设计了调查问卷，利用 MNL 模型构建了单边界、双边界和三边界 VOSL 评价模型，并进行了比较研究。研究表明：三边界二分式格式获得的 WTP 数据更为精准；三边界二分式 VOSL 评价模型的精确性更高，并且 VOSL 评估结果更为合理。从理论方法层面：基于三边界二分式格式的调查问卷设计，拓展了道路交通统计生命价值的评价思路；三边界二分式 VOSL 评价模型的构建为道路交通统计生命价值提供了更为可靠的评价模型。

(3) 将意愿选择法和正交实验法相结合设计了调查问卷，利用 BL 模型和 ML 模型构建了 VOSL 评价模型，提出了利用 Monte Carlo 仿真算法标定 ML 模型思路，并对评价模型进行了比较研究。研究表明：将意愿选择法与正交实验法相结合设计调查问卷，能够大大提高调查效率，使调查数据更为精准；基于 ML 模型构建的 VOSL 评价模型精确性更高、灵活性更强，并且能够形象地揭示出统计生命价值的变化规律，即服从对数正态分布。从理论方面层面：将意愿选择法与正交实验法相结合的调查问卷设计，拓展了道

路交通统计生命价值的评价思路；基于 ML 模型的 VOSL 评价模型的构建为道路交通统计生命价值提供了更为可靠的评价模型。

本书的调查对象仅限于私家车出行者，未来研究方向可以针对行人、乘客、公交司机等其他道路交通参与者，并深入分析不同类型出行者统计生命价值的异同；本书调查样本仅限于大连地区，未来研究方向是利用离散选择模型可移植性较高的特点，结合地区交通与经济特点，在其他地区开展统计生命价值的评价研究，从而分析地区间经济、文化差异对统计生命价值的影响。最后，建议进一步深入分析我国民众的生命价值观与西方国家的区别，从而建立具有我国价值观特点的统计生命价值评价方法体系。

第一章

绪论 / 1

第一节 问题的提出 / 1

第二节 研究目标与研究方法 / 5

第二章

道路交通统计生命价值研究综述 / 10

第一节 道路交通统计生命价值的含义 / 10

第二节 道路交通统计生命价值的研究对象 / 16

第三节 道路交通统计生命价值的研究特征 / 19

第四节 道路交通统计生命价值的研究成果 / 30

第五节 道路交通统计生命价值的研究进展 / 38

本章小结 / 44

第三章

道路交通统计生命价值的形成机理 / 46

第一节 研究理论与方法 / 47

第二节 理论假设与变量分析 / 57

第三节 问卷设计及数据分析 / 65

第四节 模型构建与分析 / 68

本章小结 / 80

第四章

基于条件价值法的道路交通统计生命价值评价研究 / 81

第一节 研究理论与方法 / 82

第二节 问卷设计及数据分析 / 88

第三节 单边界二分式 VOSL 评价模型构建与标定 / 98

第四节 双边界二分式 VOSL 评价模型构建与标定 / 102

第五节 三边界二分式 VOSL 评价模型构建与标定 / 104

第六节 VOSL 评价模型标定结果比较分析 / 107

本章小结 / 110

第五章

基于意愿选择法的道路交通统计生命价值
评价研究概述 / 111

第一节 研究理论与方法 / 111

第二节 问卷设计及数据分析 / 119

第三节 基于 BL 的 VOSL 评价模型构建与标定 / 123

第四节 基于 ML 的 VOSL 评价模型构建与标定 / 130

第五节 VOSL 评价模型标定结果比较分析 / 138

本章小结 / 139

第六章

结论与展望 / 140

第一节 主要结论与建议 / 140

第二节 研究局限与展望 / 145

附录一 道路交通安全支付意愿影响因素调查问卷 / 147

附录二 基于 CVM 的交通安全支付意愿调查问卷 / 150

附录三 基于 SCM 的出行路径选择意愿调查问卷 / 155

附录四 正交表 $L_{27}(3^5)$ / 159

附录五 ML 模型仿真结果 / 161

参考文献 / 165

| 第一章 |

绪 论

第一节 问题的提出

一、研究背景

自 1886 年汽车问世以来，道路交通事故就一直困扰着世界各国，道路交通安全状况也越来越受到各国重视。据世界卫生组织报告：全球每天大约有 1.6 万人死于各种意外伤害，其中道路交通事故造成的死亡人数每年超过 130 万人，占总死亡人数的 20% 以上。世界卫生组织已发出警告：如不采取紧急行动，到 2030 年道路交通事故将成为人类第五大死亡原因。2010 年 3 月 2 日联合国大会通过决议，宣布 2011 ~ 2020 年为“道路安全行动 10 年”，目标是通过全球共同行动，减少因道路交通事故造成的人身伤亡。

我国是世界上道路交通事故发生最严重的国家之一。20 世纪五六十年代，我国道路交通事故死亡人数为每年几千人，70 年代末增至 2 万多人，80 年代末增至 5 万多人，90 年代年均死亡人数迅速上升，至 2002 年达到顶峰。2003 年，我国政府颁布并实施了《道路交通安全法》，同年国务院批复同意建立了全国道路交通安全工作部际联席会议制度，从此，我国道路交通安全形势开始好转。从 2002 ~ 2015 年，在全国上下的共同努力下，我国道路交通

事故在事故次数、死亡人数、受伤人数以及经济损失等方面分别以年均 5.4%、3.4%、4.6% 和 4.9% 的速度逐步下降（如表 1-1 所示）。

表 1-1 2000~2016 年我国道路交通事故统计

年份	交通事故数（万起）	死亡人数（人）	受伤人数（人）	直接经济损失（亿元）
2000	61.7	93 853	418 721	26.7
2001	75.5	105 930	546 485	30.9
2002	77.3	109 381	562 074	33.2
2003	66.7	104 372	494 174	33.7
2004	51.8	107 077	480 864	23.9
2005	45.0	98 738	469 911	18.8
2006	37.9	89 455	431 139	14.9
2007	32.7	81 649	380 442	12.0
2008	26.5	73 484	304 919	10.1
2009	23.8	67 759	275 125	9.1
2010	21.9	65 225	254 075	9.3
2011	21.1	62 387	237 421	10.8
2012	20.4	59 997	224 327	11.7
2013	19.8	58 539	213 724	10.4
2014	19.7	58 523	221 882	10.8
2015	18.8	58 022	199 880	10.4
2016	21.3	63 093	226 430	12.1

资料来源：《中国交通年鉴》。

尽管我国道路交通安全状况有所缓解，但与日本、欧美等发达国家相比，我国道路交通安全形势仍十分严峻，道路交通事故死亡人数一直居世界之首。从 2011 年万车死亡率（人/万车）上看，日本是 0.77，英国是 1.1，澳大利亚是 1.17，加拿大是 1.2，法国是 1.59，美国是 1.77，而我国是 6.2，远远高于其他国家（如图 1-1 所示）。据《道路交通安全发展报告（2017）》相关数据显示，我国道路交通事故万车死亡率为 2.14。由此可见，改善道路

交通安全状况，降低道路交通事故发生率和死亡人数是交通安全领域一项长期而艰巨的任务。

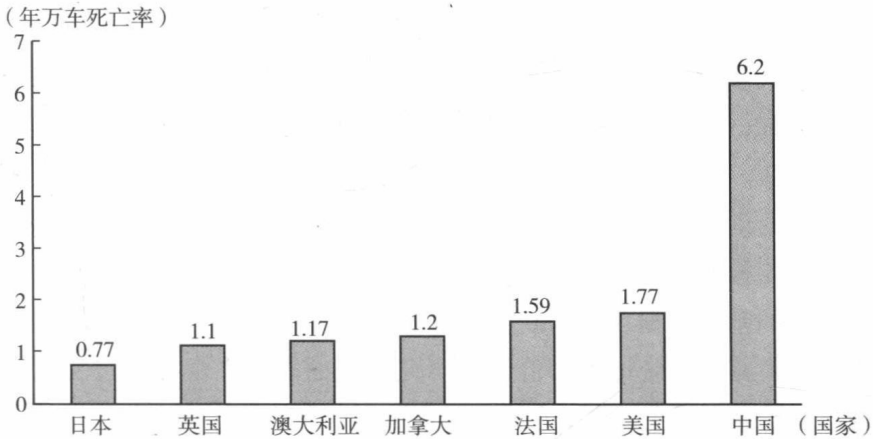


图 1-1 2011 年各国万车死亡率

为了改善道路交通安全状况，政府需要从长远角度出发，大量投资道路交通安全项目从车、人、路和环境等方面进行监督和控制。但由于政府资源有限，不可能对道路交通安全项目进行盲目投资。为保证项目投资掷地有声、项目实施切实有效，对道路交通安全项目进行科学合理的评价尤为重要。目前，国内外普遍采用成本效益分析法（cost-benefit analysis）对道路交通安全项目进行评价。道路交通安全项目的效益体现在道路交通事故风险降低带来的经济效益，包括致命事故风险降低挽救的人的生命价值以及非致命事故风险降低节省的伤残费用和减少的财产损失，其中如何科学合理的评价致命事故风险降低挽救的人的生命价值是学术界和政府非常关注和一直探讨的难题。

对于“人的生命价值”的量化评估主要基于两大理论方法，一是 20 世纪 50 年代初至 60 年代末盛行的人力资本法（HC: human capital approach），二是 70 年代初至今盛行的支付意愿法（WTP: willingness to pay approach）。人力资本法的观点认为人的生命价值是个人对社会财富的创造，即个人在未来预期年份（如果没有死亡）实际净收入的现值之和，强调的是对个体生命赋值。但由于人力资本法自身的局限性以及与成本效益分析经济原则相悖离，70 年代初许多经济学家对此提出质疑，并认为评估人的生命价值应当遵循支

付意愿的原则，由此支付意愿法取代人力资本法被广泛研究与应用。支付意愿法的思想认为人的生命价值取决于人们对死亡风险降低的支付意愿，是站在统计学的角度衡量人的生命价值，即统计生命价值。目前支付意愿法已取代人力资本法成为衡量人的生命价值的主要方法，统计生命价值衡量人的生命价值已被大多数经济学家认可，成为衡量死亡风险降低挽救人的生命价值的重要指标，并且应用于许多安全领域或风险背景，如生态环境、职业安全、疾病健康、公共安全及交通安全等领域。

道路交通统计生命价值是以道路交通安全为风险背景，衡量道路交通死亡风险降低挽救人的生命价值，现已成为道路交通安全项目成本效益评价中必不可少的基础数据，并在欧美等许多发达国家和一些发展中国家广泛研究和应用。道路交通统计生命价值的研究覆盖面非常广泛，通过文献综述研究发现，其研究主题主要集中在影响因素分析、评价方法研究和评价模型研究上。通过对上述三大主题的研究成果分析，发现道路交通统计生命价值的影响因素主要集中在定性分析和基于线性回归模型的定量分析，对于影响因素之间的相互关系以及如何影响统计生命价值的深入分析不足。对于道路交通统计生命价值的评价方法，目前以条件价值法和意愿选择法为主，但是存在假设偏差和数据偏差等局限需要进一步改进。对于道路交通统计生命价值的评价模型，以线性回归模型和离散选择模型为主，但其精确性及评价结果合理性都存在进一步提高的空间。通过文献综述研究发现，目前道路交通统计生命价值的影响因素有待进一步深入剖析，评价方法和评价模型有待改进和修正。

基于上述现实背景和方法应用背景，提出本书的两大研究问题：一是道路交通统计生命价值的形成机理研究；二是道路交通统计生命价值的评价方法与评价模型研究。

二、研究意义

道路交通安全系统由车辆、人员、道路及环境三要素构成。道路交通安全项目包括如何提高车辆安全性、如何提高人员技术水平和提升人员安全意识以及如何改善道路基础设施及周边环境，其受益对象是道路交通行为参与者，包括客货车驾驶员、私家车驾驶员、乘客及行人。本书以私家者驾驶员为研究对

象,提出道路交通统计生命价值形成机理的理论框架及评价模型,并在大连地区实施问卷调查收集数据,从而通过实证研究验证理论框架及评价模型。

本书研究的现实意义体现在三个方面:一是道路交通统计生命价值评价模型可以通过模型移植技术应用到其他驾驶员、乘客、行人等出行者,也可应用到其他城市乃至全国范围,其评估结果可以为政府选择行之有效的道路交通安全项目提供可靠的决策依据,使政府在现有资源下最大限度地改善道路交通安全。二是道路交通统计生命价值可以用来计算道路交通事故成本,能够拓展和丰富目前我国交通事故成本构成的内容。三是道路交通统计生命价值可以应用到道路交通事故保险领域,为道路交通致命事故赔偿标准的制定与划分提供理论依据。

本书研究的理论意义体现在两个层面:一是理论方法层面,将交通工程、管理学、经济学、统计学、数学等学科的理论方法相融合,为道路交通统计生命价值的评价构建了一套较为完善的理论体系。具体体现在:将计划行为理论与利他行为理论相结合,分析了道路交通统计生命价值的形成机理;将条件价值法与确定性校准法相结合,将意愿选择法和正交试验法相结合,进行了道路交通统计生命价值的评价研究。二是模型研究层面,将离散选择模型进行改进和修正,完成了实证研究和比较研究,为道路交通统计生命价值的评价提出了更为精确、合理的模型,从而拓展了评价思路。具体体现在:利用离散选择模型中的MNL(multinomial logit)模型构建了单边界二分式、双边界二分式和三边界二分式VOSL(value of a statistical life)评价模型,并通过比较分析指出三边界二分式VOSL模型精确性更高;利用离散选择模型中的BL(binary logit)模型和ML(mixed logit)模型构建了VOSL评价模型,并通过比较分析指出基于ML模型的VOSL评价模型精确性及灵活性更高。

第二节 研究目标与研究方法

一、研究目的

本书从城市内私家车出行者的视角分析道路交通安全支付意愿的影响因

素，进而分析道路交通统计生命价值的形成机理，并以此为基础提出基于条件价值法和意愿选择法的道路交通统计生命价值评价思路，利用离散选择模型的 MNL 模型、BL 模型和 ML 模型构建道路交通统计生命价值评价模型，最后借助 GAUSS 软件和 Monte Carlo 仿真算法对道路交通统计生命价值进行评估。本书希望达成三大目标：

1. 深入分析道路交通统计生命价值的形成机理

以道路交通安全支付意愿的影响因素分析为前提，以计划行为理论为基础，提出道路交通安全支付意愿形成的理论框架；通过交通意向调查收集研究数据，利用结构方程模型对理论框架进行实证检验，从而获得道路交通统计生命价值的形成机理模型。该模型揭示了道路交通统计生命价值影响因素之间的关系以及如何作用于统计生命价值。

2. 提出更为合理的道路交通统计生命价值评价模型

基于条件价值法和意愿选择法两大方法，利用离散选择模型提出道路交通统计生命价值的评价模型，并通过交通意向调查获取数据进行实证检验和比较分析，从而提出更为合理的统计生命价值评价模型。首先，基于条件价值法，利用离散选择模型中的 MNL 模型，构建单边界、双边界和三边界二分式 VOSL 评价模型，并通过比较分析获得精确性更高的评价模型。其次，基于意愿选择法，利用离散选择模型中的 BL 模型和 ML 模型构建 VOSL 评价模型，并通过比较分析获得精确性更高、灵活性更强的评价模型。

3. 获得大连市私家车出行者的统计生命价值评估值

以交通意向调查数据为基础，利用 GAUSS9.0 软件对已构建的评价模型进行标定和检验，从而获得统计生命价值评估值。其中，基于 ML 模型的 VOSL 评价模型，利用 Monte Carlo 仿真算法模拟统计生命价值的分布，从而获得统计生命价值的评估值。通过评估值之间的对比分析及与现实的比较分析，最终获得更为合理的统计生命价值评估值，旨在为政府决策提供依据。