
自行车交通安全的模糊综合评价及优化

——以衢州市为例^{*1}

李涛¹ 杨珺¹ 陈维¹ 徐慧刚² 郑辉²

(1. 浙江海洋大学 港航与交通运输工程学院, 浙江 舟山 316022;

2. 衢州市衢江区交通运输局, 浙江 衢州 324000)

【摘要】: 为评价城市公共自行车的安全程度, 利用鱼刺图法逆向推导出影响自行车安全的原因并建立相应的评价指标体系。基于城市自行车安全评价的主观性与模糊性, 应用熵权法确定各指标权重, 建立模糊综合评价模型对城市自行车安全作出综合评价并提出优化建议, 结合衢州市公共自行车系统实例进行了验证, 结果表明该方法对于评价城市公共自行车安全具有一定的参考价值。

【关键词】: 城市公共自行车; 安全评价; 熵权法; 模糊综合评价

【中图分类号】:U491 **【文献标识码】**:A

城市公共自行车系统是城市交通系统的重要组成部分, 但我国的公共自行车通勤普遍面临着安全问题, 也导致了自行车交通事故频发以及自行车利用率不断下降。国内外对于自行车安全的研究主要集中在电动自行车的安全研究, 对于城市自行车的安全研究并不充足, 目前国内外关于自行车安全研究主要有以下成果, 在定性分析方面, Lawson 等建立了一套城市自行车安全风险的评价指标体系来评价自行车的安全性, 并结合都柏林市进行了实例验证。王陈等从交通管理的角度对城市自行车安全状况作出了分析, 提出应加强城市交通管理来保障自行车交通安全。李金刚等详细论述了城市自行车交通事故的成因及特点, 提出了一系列针对性建议。在定量研究方面, Schepers 等构建了自行车流量与交通安全风险之间的关系模型, 得出自行车流量的增加会使自行车交通安全风险降低。Chataway 等利用结构方程模型对自行车的交通事故风险作出了评价, 得出道路交通设施对自行车交通安全具有一定的影响。聂进等通过利用逻辑回归方法对城市道路自行车安全作出了定量研究, 得出机动车行驶速度对于自行车骑车者的伤亡风险具有较大的影响。董苓构建了交通风险感知模型和结构方程模型对影响自行车安全的风险因素作出了定量研究。

城市公共自行车安全的评价是一个系统性问题, 本文选用鱼刺图分析影响其安全的原因以做到指标的全面性。自行车安全评价也具有一定的主观性与模糊性, 本文通过将熵权法与模糊综合评价相结合对城市自行车安全进行定量分析, 能够有效降低安全评价中的主观性与模糊性, 为自行车安全的客观评价与优化提供参考。

¹ 收稿日期:2017-06-23

作者简介: 李涛(1974—), 男, 湖南岳阳人, 博士, 教授级高级工程师, 硕导, 研究方向: 公路工程, 工程项目管理; 杨珺(1994—), 男, 安徽安庆人, 硕士研究生, 研究方向: 城市交通工程。

1 衢州公共自行车安全评价

衢州市地处浙江省西部，自 2013 年以来，为提高公共交通分担率，实现绿色交通的理念，结合地区实际情况建设了城市公共自行车系统，但是由于衢州的道路情况、交通管理与环境等因素尚存在不完善之处，导致公共自行车的交通事故频发。本文以衢州市西区公共自行车交通安全评价为例，旨在通过对西区相关路段的公共自行车交通安全情况进行综合评价并确定关键的安全指标，继而提出相应的优化建议。

1.1 鱼刺图确立评价指标体系

通过文献阅读及结合衢州市西区的实际调研情况，用鱼刺图法确立评价指标体系如图 1 所示，其中骑车人，非机动车道，自行车，交通环境，管理等 5 个因素作为一级指标并分别编号，其余因素作为二级指标。

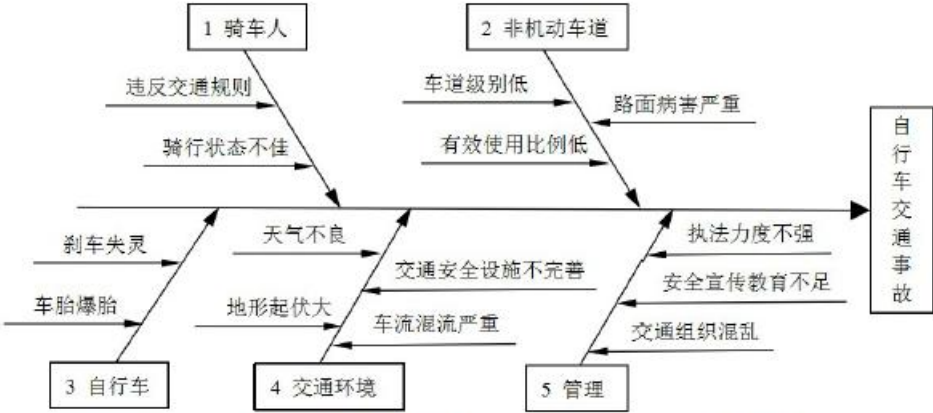


图 1 城市公共自行车交通事故鱼刺图

1.2 确定安全评价指标的评语集

根据实地调研情况及经验数据，本文将安全评价分为 4 个等级，即 $t = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ ，评语集：{优（90），良（80），中（70），差（60）}，得分越低表明安全风险越大。

1.3 熵权法计算评价指标权重

依照已建立的安全评价指标体系，邀请 10 名来自于公共自行车系统的设计方、建设方，维护运营方以及研究非机动车交通安全的专家对公共自行车安全评价的各指标相对重要性进行评分，按照重要性从低到高，评分范围可分为 1~5，对 5 个一级指标的相对重要性进行评分并计算一级指标下的各专家评分比重如表 1 所示：

表 1 一级指标专家评分比重表

骑车人	0.075	0.05	0.125	0.1	0.125	0.075	0.1	0.125	0.1	0.125
非机动车道	0.125	0.1	0.075	0.1	0.075	0.125	0.125	0.1	0.075	0.1
自行车	0.1	0.08	0.1	0.08	0.1	0.12	0.12	0.12	0.1	0.08

交通环境	0.1	0.125	0.125	0.05	0.05	0.125	0.075	0.1	0.125	0.125
管理	0.075	0.1	0.075	0.125	0.075	0.1	0.125	0.125	0.075	0.125

应用熵权法计算可得出一级指标的权重向量集： $b=(b_1, b_2, b_3, b_4, b_5) = (0.244, 0.137, 0.087, 0.350, 0.182)$ ；以同样的方法可求出二级指标的权重向量集，具体见表 2。

表 2 二级指标权重及模糊评价表

一级指标	二级指标	权重	优	良	中	差
骑车人 (V1)	违反交通规则 (V11)	0.809	0.1	0.1	0.3	0.5
	骑行状态不佳 (v12)	0.191	0.3	0.5	0.2	0
	车道级别低 (V21)	0.352	0.2	0.6	0.1	0.1
非机动车道 (V2)	有效使用比例低(V22)	0.416	0.1	0.3	0.5	0.1
	路面病害严重 (V23)	0.232	0.5	0.3	0.2	0
	刹车失灵 (v31)	0.841	0.5	0.5	0	0
自行车 (V3)	车胎爆胎 (V32)	0.159	0.6	0.4	0	0
	天气不良 (V41)	0.087	0.7	0.2	0.1	0
	地形起伏大 (V42)	0.124	0.5	0.2	0.2	0.1
交通环境 (V4)	交通安全设施不完善 (V43)	0.332	0.1	0.2	0.3	0.4
	车流混流严重 (V44)	0.457	0.1	0.2	0.2	0.5
	执法力度不强 (v51)	0.131	0.1	0.2	0.3	0.4
管理 (V5)	安全宣传教育不足 (V52)	0.142	0.3	0.3	0.4	0
	交通组织混乱 (V53)	0.727	0.1	0.1	0.3	0.5

1.4 构建评价矩阵

邀请 10 位来自于交通管理部门，运营维护单位以及研究自行车交通安全的专家对各二级指标进行安全评价并做加权处理后可得到各指标的模糊评价矩阵，具体见表 2。

1.5 模糊综合评价

本文采用“加权平均算子”对各指标进行模糊合成，根据表 2 中各二级指标的模糊评价矩阵及权重，将两者合成后可分别得出一级指标的综合评价，对骑车人指标的综合评价为 $X_1=(0.1382, 0.1764, 0.2809, 0.4045)$ ；非机动车道指标的综合评价为 $X_2=(0.2280, 0.4056, 0.2896, 0.0768)$ ；自行车指标的综合评价为 $X_3=(0.5159, 0.4841, 0, 0)$ ；交通环境指标的综合评价为 $X_4=(0.2018, 0.2000, 0.2245, 0.3737)$ ；管理指标的综合评价为 $X_5=(0.1284, 0.1415, 0.3142, 0.4159)$ ；将一级指标综合评价组合后与其所对应的权重集成后可得到 $Y=(0.2038, 0.2365, 0.2440, 0.3157)$ ，将 Y 与相应评语集成后可得到西区的公共自行车安全风险的综合评分为 73.285，因此可认为西区的公共自行车交通安全风险水平处于中度水平，可以接

受但有进一步优化的空间。依据最大隶属度原则，可以确定出各二级指标的安全等级（如表 3 所示），可以得出骑车人违反交通规则，交通安全设施不完善，车流混流严重，执法力度不强，交通组织混乱等指标的安全评级为差，非机动车道有效使用比例低，安全宣传教育不足等指标的安全评级为中，因此需要对这些指标做出进一步优化，以提高衢州西区公共自行车的交通安全。

表 3 二级指标安全等级表

v11	v12	v21	v22	v23	v31	v32	v41	v42	v43	v44	v51	v52	v53
差	良	良	中	优	良	优	优	优	差	差	差	中	差差

2 衢州公共自行车安全优化建议

根据上文中安全评级为“差”和“中”的指标提出进一步优化的建议，具体如下。

2.1 针对违规骑车行为的建议

骑车人的违反交通规则除了骑车人自身的交通安全意识淡薄之外，也与交通管理情况有关，因此，可以将上文的多个因素组合在一起共同优化。针对骑车人的交通安全意识淡薄，交通管理部门应该加大执法力度，加强道路巡查，对于骑车人故意违反交通规则的行为予以相应处罚；同时，也应该加强交通安全宣传教育，在主干道及道路醒目处设置相关的安全提示与标语，定期向骑车人发放交通安全宣传教育文件，以此来培养骑车人的交通安全意识。

2.2 针对非机动车道不足的建议

非机动车道的路权是城市自行车交通安全的基础。针对非机动车有效比例低的问题，城市及交通管理部门应该进一步加大对违法占道，违规停车问题的检查与执行力度。此外，有效比例低的另一个原因是非机动车道建设不足，交通建设部门应该加强对城区非机动车道的建设，对于现有的非机动车道做适当的改扩建。

2.3 针对交通环境不良的建议

第一，在部分未设置路灯的支路上加装路灯以保证夜晚骑车安全；第二，在部分长下坡路段设置减速带及安全护栏以保证下坡路段的骑车安全；第三，加大对行人的安全宣传教育，注意在巡查中纠正行人的违规行为，引导行人走人行道，不要随意穿越非机动车道，以避免人车混流；第四，对现有的非机动车道进行评估，在有条件用绿化带分流的地区尽量加修绿化带进行机非分流，没有条件的路段应加修安全护栏以防止机非混流；第五，在西区车流量较大的主要交叉口推广西区已有的经验，设置自行车与行人过街分道线（如图 2 所示），引导交叉口的行人与自行车分流。第六，在电动车流量较大的非机动车道，可以设置电动车与自行车分车道线，如图 3 中虚线所示，从而实现电动车与自行车分流。



图2 西区交叉口人车分隔线



图3 非机动车道分隔线

2.4 针对交通组织混乱的建议

交通组织的混乱主要体现在道路交叉口信号相位的问题，衢州西区的多个交叉口都存在左转或右转车流与非机动车流发生交通冲突的问题，如图4所示。

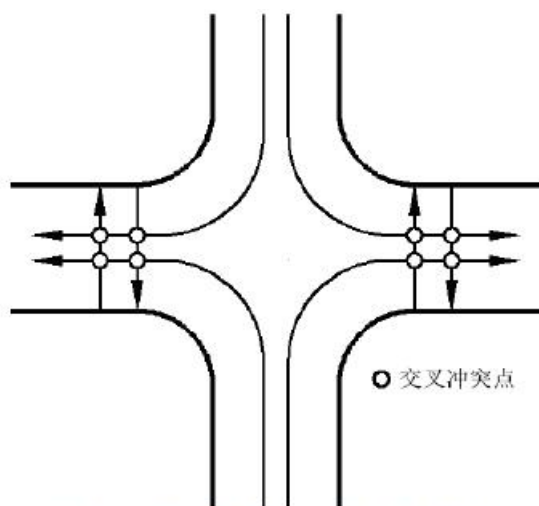


图4 西区交叉口冲突点示意图

交通管理部门应适时调整相应交叉口的信号相位，在大力倡导公共交通的理念下，应优先保证非机动车的通行权，结合各主要交叉口的交通实际通行情况合理设置信号相位，令机动车与非机动车在交叉口不发生交通冲突。

3 结论

(1) 本文从人，车，路，环境，管理等五个要素出发，应用鱼刺图法较为清晰、准确的分析出了影响城市公共自行车交通安全的因素。

(2) 提出基于熵权法的城市公共自行车安全模糊综合评价模型，减小了城市自行车安全评价中的主观性与模糊性，提高了评价结果的客观性。

(3) 结合衢州市西区公共自行车系统安全评价进行了实例验证并提出了相应的优化建议，可为其他城市的自行车安全优化提供参考。

参考文献:

- [1] Lawson AR, Pakrashi V, Ghosh B, et al. Perception of safety of cyclists in Dublin City[J]. Accident; analysis and prevention, 2013, 50 (2) : 499-511.
- [2] 王陈, 王艳华. 中小城市步行和自行车交通管理现状及对策研究[J]. 公路与汽运, 2014 (6) : 63-67.
- [3] Schepers JP, Kroeze PA, Sweers W, et al. Road factors and bicycle motor Vehicle crashes at unsignalized priority intersections. [J]. Accident Analysis & Prevention, 2011, 43 (3) : 853-861.
- [4] Chataway ES, Kaplan S, Nielsen TAS, et al. Safety perception sand reported behavior related to cycling in mixed traffic: Acomparision between Brisbane and Copenhagen[J]. Transportation Research Part F Traffic Psychology & Behaviour, 2014, 23 (5) : 32-43.
- [5] 聂进, 吴京梅, 吴玲涛, 等. 基于行人和自行车交通安全的城市道路限速值研究[J]. 中国公路学报, 2014 (07) : 91-97.
- [6] 董苓. 非机动车骑行者不安全行为风险感知研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2015.
- [7] 王招贤. 基于平交路口的自行车交通安全特性研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2007.
- [8] 徐程. 路段混合自行车交通运行特性与风险评估[D]. 长春: 吉林大学, 2016.
- [9] 张磊, 任刚, 王卫杰. 基于计划行为理论的自行车不安全行为模型研究[J]. 中国安全科学学报, 2010 (07) : 43-48.
- [10] 罗赞. 城市公共自行车选择行为研究[D]. 西安: 长安大学, 2013.