

doi: 10. 13624/j. cnki. issn. 1001-7445. 2017. 0587

# 城市道路交通安全评价体系研究与模型构建

罗 强 胡三根 龚华炜 臧晓冬

(广州大学 土木工程学院, 广东 广州 510006)

**摘要:** 城市交通的快速发展在给人们的生活带来很大便利的同时也引发了一系列的交通问题,因此有必要对影响城市道路交通安全的因素进行研究,以建立一套能够合理准确对城市交通安全进行评价的体系和模型。文中首先在全面分析现有研究文献的基础上,将影响交通安全的因素归纳为四类,即人、车、道路及环境因素,深入分析了每个影响因素,利用层次分析法,依次选取相应的二级和三级评价指标,进而建立城市道路交通安全评价的综合体系;然后基于此评价体系利用模糊算法建立了城市交通状况的评价模型;最后利用建立的评价模型对5个城市进行评价,并与10位专家的评价结果进行比较,结果表明,新建立模型与专家的评价结果完全一致,可用于评价城市道路交通安全。

**关键词:** 交通工程; 城市道路; 交通安全评价; 模糊算法

中图分类号: U491 文献标识码: A 文章编号: 1001-7445(2017)02-0587-06

## Model building and research of urban road traffic safety evaluation system

LUO Qiang, HU San-gen, GONG Hua-wei, ZANG Xiao-dong

(School of Civil Engineering, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China)

**Abstract:** The fast-growing development of urban traffic gives great convenience to people, but also causes a series of traffic problems. Therefore, it is necessary to study factors that influence on urban road traffic safety, and to design a new traffic safety assessment method and model. First, basing on comprehensive analysis of previous studies, the factors are divided into four classes, including human, vehicle, road condition and environment factor. Then, basing on the analytic hierarchy process, second and third valuation index for each factor were chosen to establish the urban traffic safety evaluation system. Then, basing on fuzzy algorithmic, an evaluation model for urban traffic condition is designed. Finally, five cities' urban road traffic were evaluated using the evaluation system and model, and made a comparison of results from 10 experts. The comparison results show that new evaluation model is accuracy and practicability. This evaluation system can be used to evaluate urban road traffic safety.

收稿日期: 2016-09-29; 修订日期: 2016-11-06

基金项目: 国家自然科学基金项目(51268017); 2015年广东高校青年创新人才类项目(2015KQNCX121); 2016年广州市市属高校科研青年项目(1201630172)

通信作者: 罗强(1986—)男,江西高安人,广州大学讲师,博士; E-mail: luoqiang0617@yeah.net。

引文格式: 罗强, 胡三根, 龚华炜, 等. 城市道路交通安全评价体系研究与模型构建[J]. 广西大学学报(自然科学版) 2017, 42(2): 587-592.

**Key words:** traffic engineering; urban road; traffic safety evaluation; fuzzy algorithm

## 0 引言

众所周知,交通运输业的发展对于社会发展影响很大,它推动着社会生产力的发展,加快了人和物的输送,进而大大改善了人们的生活。但是,在交通为我们带来种种便利的同时,随之而来的交通问题也慢慢浮现,如交通事故、环境污染等等。全世界每年因交通事故而死亡的人数逾100万,而我国每年死于交通事故的人数更是连续多年高于世界其他国家。截至2014年11月25日,仅广东省共发生了23 527起道路交通事故,共有4 816人死亡<sup>[1]</sup>。因此,研究出一套城市交通安全的评价体系,以便及时发现潜在的交通危险并采取有效措施以避免交通事故的发生具有很重要的现实意义和社会意义。

国外较早关注道路交通安全问题,也得到了很多评价模型,但是对道路交通安全评价指标体系的研究较少。比较有代表的研究工作始于2003年瑞典 Ghazwan 博士<sup>[2]</sup>所建立的道路安全评价指标体系。随后陆续出现了时间序列分析法、相对事故率法以及回归分析法等道路交通安全评价方法<sup>[3-5]</sup>。2012年,Xiang等<sup>[6]</sup>将现代先进的物联网技术应用到道路交通安全预警机制的研究中。国内的研究主要以国外的研究成果为基础,并针对我国特有国情展开相关研究。如清华大学陆化普等<sup>[7]</sup>建立的交通管理评价系统能够评价同一周期内、不同的城市在交通管理水平方面的差异。潘福全等<sup>[8]</sup>在分析影响信号交叉口安全服务水平因素的基础上制定了安全服务水平评价方案,建立了基于机动车与行人、机动车与机动车、机动车与非机动车冲突点的安全服务水平主模型以及基于交叉口几何特征、交通标志等次要影响因素的修正模型,并由此得到信号交叉口安全服务水平总模型。刘思思等<sup>[9]</sup>利用交通冲突分析技术分析城市信号平面交叉口情况,建立以交通量为自变量的交通安全服务水平评价模型。因此,本研究对影响道路安全的因素进行全面、深入的分析,并细化为可计量的指标,进而构建合理准确的交通安全评价指标体系,再利用模糊算法建立评价模型,用于合理地评价城市的道路交通安全。

## 1 影响因素分析

道路交通系统是由人、车、路及其所处的环境所构成的动态综合系统。当系统处于安全运行状态时,则说明系统中的四个要素能够在时间和空间上保持合理有序、相互协调的状态,一旦这种运行状态遭到破坏失去平衡,就代表着道路交通系统可能发生事故。因此,可以通过对道路交通安全的影响因素进行分析来发现潜在的问题,从而制定相应的对策,避免交通事故的发生,进而提高道路的安全水平。

影响道路交通安全的因素来自于道路交通系统的三要素(人、车、路)。结合实际情况,将城市道路交通安全的影响因素分为人、车、道路条件和环境等四大类<sup>[10]</sup>。

人是四个要素中对安全影响最大的因素,可分为行人、驾驶员和自行车行者。在交通运行过程中,人的各种行为受环境、心理素质、生理条件等影响大,其自由度较大,相对来讲可靠性比较差。

车辆是人或物移动的载体,也是交通系统中影响交通安全的关键因素。本文从机动车性能和车辆管理两方面进行分析。机动车性能可从车辆的操纵性能和制动性能两方面来评价;车辆管理可从车辆的定期维护和保养、车辆使用年限等来评价。

道路条件主要包括道路的几何线形、道路结构物以及道路的交通流状况等。交通条件与交通安全密切相关,应当合理设置以满足汽车的安全行驶。

交通环境包括道路条件、交通条件、管理条件、气候条件等在内的各种条件,可分为硬环境和软环境两种。前者包括交通安全设施、道路的条件、天气等,后者则是指交通管理的措施、相关的法律法规等。鉴于评价对象为城市,本文中所分析的环境因素主要偏重于交通的管理条件。

## 2 评价体系的建立

### 2.1 指标选择原则

一个合理的评价系统需要选取合适的评价指标。评价指标选择一般要遵循以下原则<sup>[11-13]</sup>:

① 指标“宜少不宜多,宜简不宜繁”。评价指标过多会造成评价工作的繁琐和困难,而少量的具有针对性的评价指标则能很明确地显现出城市道路所存在的问题,同时,评价指标应相对独立,以免造成重复工作,既加大评价难度,也浪费资源。

② 单个指标应能代表评价对象的某方面特性,由选取指标构建的指标体系则尽可能反映城市道路交通安全的整体水平<sup>[10]</sup>。

③ 各个指标体系要层次分明、简明扼要。围绕综合评价的目的向外层层展开,评价的结果需明确地反映评价目的。

### 2.2 安全评价体系建立

通过前文中各影响因素的分析,在现有研究方法的基础上,采用三级指标建立城市道路交通安全评价体系。其中,一级指标1项,即城市交通安全水平;二级指标为7项,分别对应前文所分析的影响交通安全的因素;三级指标为43项。细化的一级指标和二级指标名称如图1所示。

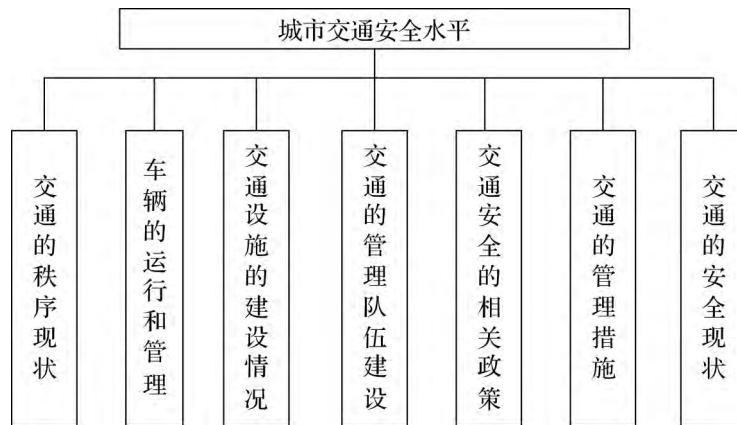


图1 交通安全评价体系

Fig.1 Traffic safety evaluation system

在图1中,跟人因素对应的二级指标为城市交通的秩序;跟车因素对应的二级指标为车辆的运行和管理;跟道路交通条件对应的二级指标为城市交通管理措施和交通设施的建设情况;跟交通环境对应的二级指标为城市交通的管理队伍建设和安全相关政策。同时,综合考虑各因素后新增一项对应于城市交通安全现状的二级指标,即城市交通的安全现状<sup>[14]</sup>。

根据前文中对人、车、路、交通环境因素的分析,结合大量调查与分析,确定以下7个二级指标对应的三级指标。

城市交通秩序现状对应的三级指标为机动车违章率、非机动车违章率、行人违章率、违章停车率、路口违章驾驶率、让行标志违章率等。这些都是与行人相关的主要因素,也是反映城市交通秩序现状的重要指标。

车辆的运行和管理对应的三级指标为机动车登记率、机动车定期查检率、对车辆监测工作的管理和监督、对改装车辆的监管、对校车的监督管理、对运输企业及其营运车辆的管理、对客运班车夜间通行的管理等。

交通设施的建设情况对应的三级指标为城市交通的基础设施建设、城市交通的管理设施建设、交通

标志设置、交通标线施划、路口的渠化率、路口的灯控率、行人过街设施的设置情况、人行横道灯控率、学校周边的安全设施设置情况等。

交通的管理队伍建设对应的三级指标为管理队伍的快速反应率、事故的简易程序处理率、交通事故的紧急救援、事故数据的统计和分析、交通事故逃逸案的破案率、管理队伍的人员素质比率、群众对交通管理工作的评价等。

交通安全的相关政策对应的三级指标为城市交通安全规划、政府将城市的交通安全工作纳入议事日程、成立相关的领导机构、实施道路安全工程等。

交通的管理措施对应的三级指标为城市交通指挥中心的建设情况、城市交通管理信息系统的建设情况、评价区域内的道路管理控制率、自动监控设备的设置情况、交通事故黑点的整治情况等。

交通的安全现状对应的三级指标为万车交通事故死亡率、万人交通事故死亡率、交通事故致死率、综合事故率、经济损失等。

### 3 道路交通安全评价方法与实例验证

#### 3.1 交通安全评价方法

在交通系统中,人们对“安全”的评价是一个定性的、比较模糊的概念,如很不安全、不安全、安全、较安全等之类的模糊语言。因此,用传统的方法对城市交通安全进行评价就显得有些不合理,用经典的数学理论也无法很好地描述<sup>[14-15]</sup>。故本研究中采用模糊综合算法来描述人们对“安全”的定义,分别对前文中选定的三级指标逐个进行评价,从下向上,最终得到综合交通安全的评价结果。设定:

$$X = \{x_1, x_2, x_3, \dots, x_n\}, \quad (1)$$

$$Y = \{y_1, y_2, y_3, \dots, y_n\}, \quad (2)$$

其中  $X, Y$  均为有限集合,  $X$  表示被评价对象,  $x_i (i = 1, 2, 3, \dots, n)$  为各个评价对象,  $Y$  表示评价指标集,  $y_j (j = 1, 2, 3, \dots, n)$  为对应评价指标。

设函数  $z_j$  为评价指标  $y_j$  的隶属函数,即  $z_j = f(y_j), z_j \in [0, 1]$ , 则得到一个有限的集合作为评价指标,其隶属函数集为:

$$Z = \{z_1, z_2, z_3, \dots, z_m\}, \quad (3)$$

因此,能够得到一个模糊评价的关系矩阵  $K: X \times Z \rightarrow [0, 1]$ , 即:

$$K = \begin{Bmatrix} K_1 \\ K_2 \\ \vdots \\ K_m \end{Bmatrix} = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdots & k_{1n} \\ k_{21} & k_{22} & \cdots & k_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ k_{m1} & k_{m2} & \cdots & k_{mn} \end{bmatrix}. \quad (4)$$

建立第一级的评价空间,并给定一个模糊向量  $Q = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_m\}$  作为判断各评价指标重要程度的依据。本文只采用一个模糊算子作为评价得分的平均值,据此建立的评价模型为:

$$R = \left( \sum_{j=1}^m q_j k_{j1}, \sum_{j=1}^m q_j k_{j2}, \sum_{j=1}^m q_j k_{j3}, \dots, \sum_{j=1}^m q_j k_{jn} \right). \quad (5)$$

依据第一级空间的评价模型,计算各种模型的权重,得出最后的评价结果。由于本文只采用一种模糊算子,故将其权重设为 1,则该模型最终得出的评价结果为:

$$S = R = \left[ \sum_{j=1}^m q_j k_{j1}, \sum_{j=1}^m q_j k_{j2}, \sum_{j=1}^m q_j k_{j3}, \dots, \sum_{j=1}^m q_j k_{jn} \right]. \quad (6)$$

#### 3.2 实例分析

本研究选取广州及其周边的 5 个城市,即广州、珠海、惠州、东莞和佛山,通过各种途径查找城市的

交通安全状况及近几年的交通年报或相关资料,邀请一些高校或研究院的交通安全评价专家,对这些城市进行初步评价,再与本文建立评价方法的评价结果进行比较,以验证其合理性。

第一步:邀请 10 位专家对 5 个城市的 7 项指标分别进行打分,满分为 100 分。专家在评价过程需综合考虑指标体系中三级指标的实际情况进行打分。

第二步:综合考虑各专家的打分情况,以其平均值作为该城市各指标所得分值。由于篇幅有限,原始打分数据不列出。各指标平均分值的结果如表 1 所示。

表 1 5 个城市平均分

Tab. 1 Average score of five cities

指标	东莞	广州	珠海	佛山	惠州
城市交通的秩序现状	72.1	76.0	74.6	81.6	86.0
城市车辆的运行和管理	65.4	74.4	76.6	83.2	91.4
城市交通设施的建设情况	77.2	80.2	74.4	84.8	92.2
城市交通的管理措施	75.2	83.6	82.4	80.4	92.6
城市交通的管理队伍建设	81.4	81.8	78.4	83.8	89.2
城市交通安全的相关政策	76.6	84.2	85.1	83.6	92.8
城市交通的安全现状	79.2	82.8	80.2	84.2	92.4

第三步:统计专家打分,可以得到 5 个城市各项指标得分的取值样本矩阵  $K$  为:

$$K = \begin{bmatrix} k_{11} & k_{12} & \cdots & k_{15} \\ k_{21} & k_{22} & \cdots & k_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ k_{71} & k_{72} & \cdots & k_{75} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 72.0 & 76.0 & 74.6 & 81.6 & 86.0 \\ 65.4 & 74.4 & 76.6 & 83.2 & 91.4 \\ 77.2 & 80.2 & 74.4 & 84.8 & 92.2 \\ 75.2 & 83.6 & 82.4 & 80.4 & 92.6 \\ 81.4 & 81.8 & 78.4 & 83.8 & 89.2 \\ 76.6 & 84.0 & 85.0 & 83.6 & 93.0 \\ 79.0 & 82.8 & 80.2 & 84.2 & 92.4 \end{bmatrix}。$$

本次评价中,所用到的隶属函数计算公式为:

$$z = f(k_j) = \begin{cases} 0, & k_j \leq 60 \\ 1 - \frac{1}{1 + 0.016(k_j - 60)^{0.988}}, & k_j > 60 \end{cases}。 \tag{7}$$

第四步:对 5 个城市各项指标得分值样本矩阵  $K$ ,利用模糊关系求得综合评价模型。

在本次评价中,由于各项二级指标并没有显著的差异,模糊向量  $Q = \{q_1, q_2, q_3, \dots, q_m\}$ ,对于模型  $R$ ,  $q_i (j = 1, 2, 3, \dots, m) = 1/m$ 。故综合评价模型为:

$$S = R = \left[ \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m k_{j1}, \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m q_j k_{j2}, \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m q_j k_{j3}, \dots, \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m q_j k_{jn} \right]。 \tag{8}$$

第五步:代入数据,便可计算得到总的评价矩阵为:

$$S = R = [0.188 \quad 0.238 \quad 0.224 \quad 0.262 \quad 0.322]。$$

上述矩阵中 5 个元素分别对应 5 个城市的交通安全评价结果,列于表 2 中。

由表 2 可以看出,5 个城市的安全水平排序由高到低依次为:惠州、佛山、广州、珠海、东莞。此评价结果与 10 位专家的初始评价相吻合,进而检验了本文所建立的评价方法的正确性。

表 2 5 个城市的道路交通安全模糊综合评价指数

Tab. 2 Road traffic safety fuzzy comprehensive evaluation index of five cities

城市	东莞	广州	珠海	佛山	惠州
综合评价指数	0.188	0.238	0.224	0.262	0.322

## 4 结 语

本文首先对影响道路交通安全的因素进行深入分析,构建了交通安全评价指标体系,再利用模糊算法建立了评价模型;然后邀请10位专家根据调查资料对5个城市的交通安全情况进行了初评,并与本文的评价模型的评价结果进行比较,验证了新评价模型的准确性和实用性。但由于研究时间和客观条件的限制,评价体系中指标仍有待完善,今后将会进行更深入的研究。

## 参考文献:

- [1] 景有荣,李捷. 道路交通安全评价综述[J]. 科技传播,2013(22): 60-62.
- [2] GHAZWAN A H. Towards a road safety development index ( RSDI): development of an international index to measure road safety performance[M]. Linköping: Linköping University Electronic Press,2005.
- [3] GHAZWAN A H. Road safety development index ( RSDI) theory, philosophy and practice[D]. Linköping: Linköping University,2007.
- [4] SAFARI M,ATAEI M,KHALOKAKAIE R, et al. Mineral processing plant location using the analytic hierarchy process—a case study: the Sangan iron ore mine( phase 1) [J]. Mining Science and Technology,2010,31(5): 691-695.
- [5] BLAEIJ A D,FLORAX R J,RIETVELD P, et al. The value of statistical life in road safety: a meta-analysis[J]. Accident Analysis & Prevention,2003,35(6): 973-986.
- [6] XIANG H K,JI W C. Research of early warning mechanism for traffic safety based on internet of things[J]. Advances in Information Sciences and Service Sciences,2012,4(3): 131-138.
- [7] 陆化普,王建伟,李江平等. 城市交通管理评价体系[M]. 北京: 人民交通出版社,2003.
- [8] 潘福全,陆键,项乔君,等. 公路信号平面交叉口安全服务水平研究[J]. 东南大学学报(自然科学版),2008,38(2): 298-303.
- [9] 刘思思. 城市四支平面信号控制交叉口交通安全服务水平研究[D]. 北京: 北京交通大学,2011.
- [10] 倪艳明,董泽文. 面向城市交通的安全评价系统设计与实例验证[J]. 中国水运,2016,16(8): 91-93.
- [11] 范东凯,曹凯. 基于主成分分析法的城市道路交通安全评价[J]. 中国安全科学学报,2010(10): 147-151.
- [12] 程巧梦,张广泰,王立晓. 基于AHP的城市道路交通安全评价指标体系[J]. 交通科技与经济,2014,16(5): 1-4.
- [13] 汪莹,黄新. 交叉口交通安全评价方法回顾与分析[J]. 森林工程,2013,29(2): 90-92.
- [14] 许伦辉,吴彩芬,等. 基于层次分析的交通状态模糊综合评价方法[J]. 广西师范大学学报(自然科学版),2015,33(2): 1-8.
- [15] 吕国英,李茹. 基于层次分析法的专家系统开发平台测评指标权集[J]. 广西师范大学学报(自然科学版),2007,25(4): 63-66.

(责任编辑 裴润梅)