

# 基于新技术手段的通学路交通环境安全性评估 ——以北京市为例

韩治远<sup>1</sup>, 费晨仪<sup>2</sup>, 陈宇琳<sup>3</sup>, 姜洋<sup>1,2</sup>

(1.北京数城未来科技有限公司, 北京 100004; 2.宇恒可持续交通研究中心, 北京 100004; 3.清华大学建筑学院, 北京 100084)

**摘要:** 通学路交通环境质量关乎青少年群体上下学的基本出行, 对其开展安全性评估具有重要意义。以北京市为例, 基于开源数据挖掘集成五环快速路范围内 391 所中小学的通学路交通环境数据, 利用新媒体公众参与平台“路见”获取 1 722 份公众提案数据。进一步从客观和主观视角构建物理性安全指数和感知性安全指数相结合的通学路交通环境安全性评估体系。实证分析发现: 位于城市核心的西城区和东城区通学路交通环境的安全性最高, 海淀区和朝阳区次之, 外围丰台区最低; 超过 1/4 的学校存在多处安全隐患, 占道停车和过街设施不足是引发通学路安全风险的重要原因。

**关键词:** 儿童出行; 交通环境; 通学交通; 安全性; 北京市

**Safety Environment Assessment of School Route with New Technologies: A Case Study of Beijing**  
Han Zhiyuan<sup>1</sup>, Fei Chenyi<sup>2</sup>, Chen Yulin<sup>3</sup>, Jiang Yang<sup>1,2</sup>

(1.CityDNA Technology Co., Ltd., Beijing 100004, China; 2.China Sustainable Transportation Center, Beijing 100004, China; 3.School of Architecture Tsinghua University, Beijing 100084, China)

**Abstract:** Since the quality of school route traffic environment affects the school-bound teenager trips, it is important to assess the safety of school routes. Taking Beijing as an example, the paper acquired the data of 1,722 suggested improvements from the public opinion by means of “Pinstreet”, a new media platform featuring public participation activities based on the school route traffic environment data of 391 primary and middle schools within the express fifth ring road. These data are explored and integrated with open source data. The paper develops a traffic environment safety assessment system for school route in combined physical safety indicators and perceived safety indicators from the objective and subjective perspectives. The results show that: the traffic environment safety is the highest in Xicheng District and Dongcheng District located in the core area of Beijing, followed by Haidian District and Chaoyang District; the traffic environment safety of the Fengtai District is the lowest. More than 1/4 schools have multiple safety inefficiencies: parking right on roadway and lack of pedestrian crossing facilities are key risky problems on school routes.

**Keywords:** children's travel; traffic environment; school-bound traveling; safety; Beijing

收稿日期: 2019-12-17

基金项目: 国家社会科学基金青年项目“基于空间视角的流动人口社会融合研究”(16CRK020)、欧盟地平线 2020 研究与创新计划“Transition Towards Urban Sustainability Through Socially Integrative Cities in the EU and in China”(770141)

作者简介: 韩治远(1991—), 男, 黑龙江齐齐哈尔人, 数据分析师, 主要研究方向: 城市大数据挖掘与可视化、新媒体公众参与。E-mail: zhiyuanhan@citydnatech.com

通信作者: 姜洋(1983—), 男, 北京人, 博士, 注册城乡规划师, 宇恒可持续交通研究中心副主任, 北京数城未来科技有限公司首席执行官, 主要研究方向: 低碳城市规划、绿色交通规划。

E-mail: yangjiang@chinastc.org

## 0 引言

在全球范围内, 道路交通安全问题备受关注。2015 年, 联合国通过《2030 年可

持续发展议程》(The 2030 Agenda for Sustainable Development), 提出到 2020 年将全球道路交通碰撞死亡和伤害数量减半的目标, 并对儿童的道路交通安全问题给予了特

别重视<sup>[1]</sup>。世界卫生组织报告称,全世界每年共有186 300名18岁以下儿童死于道路交通事故,占事故死亡人数的21%。中国儿童的出行安全性同样堪忧,据统计,每年约1万名儿童死于道路交通事故<sup>[2]</sup>。其中,儿童步行和骑行上下学存在较高的潜在危险。以北京市为例,全市约33%的中小学生步行上下学,约20%的学生骑自行车或乘坐电动自行车上下学<sup>[3]</sup>。此类出行方式大多缺少针对儿童的保护机制,因而容易导致通学路交通事故。

对学校周边道路进行安全性评估从而改善和解决问题显得尤为重要,但学术界相关讨论仍显不足。既有国内文献侧重评估整体城市街道的步行友好性<sup>[4]</sup>、空间设计公共性<sup>[5]</sup>以及设施布局协调性<sup>[6]</sup>等方面问题,强调街道的舒适性、便捷性和通行效率,对学校周边道路安全性的关注较少。部分国外文献探讨了影响学校道路安全的主要因素和评估指标体系。如文献[7]使用社会生态模型(Socioecological Model, SEM)作为综合性框架对美国“安全上学路”(Safe Routes to School, SRTS)项目的有效性进行评估,指标涵盖年龄、出行态度、私人小汽车拥有情况等社会因素,以及到学校的距离、街道连通性、学校位置等环境因素。文献[8]提出需要优化学校选址、设置适当的人行道宽度以及控制学校周围的交通拥堵状况(特别是交叉口),以减少步行、骑车通学儿童的出行距离并提升出行安全性。文献[9]在工程、执行、教育的交通安全“3E”(Engineering, Enforcement, Education)框架基础上,提出10项具体指标,包括工程方面的人行道、自行车道、交通减速应用、信号灯、中间过渡带,执行方面的执法积极性、学校区域闪光灯和过街警卫,以及教育方面的儿童步行教育计划和驾驶教育计划。在评估指标数据收集方面,已有研究主要采用问卷调查和自然观察法,如通过问卷获取儿童通学行为和家長对通学路交通环境的主观评估,或安排研究人员观察指定研究区域的行人、自行车和车辆的交通特征<sup>[10-11]</sup>。总体而言,国外有关通学路安全评估的研究多从设施、社会、环境等不同视角开展指标体系构建与个案实证,缺乏广泛人群意愿信息获取和精细化环境指标采集,相关实证结论对中国城市政府制定政策措施的指导意义也存在局限性。

本文聚焦学校周边通学路的交通环境,以北京市五环快速路内的中小学为研究对象,运用开源数据集成和新媒体公众参与等新技术手段获取基础数据,从客观和主观两个视角构建通学路交通环境安全性的评估指标体系,并开展实证评估,分析通学路安全隐患的主要构成及其在不同城区的表现差异,进而提出通学路安全性提升改善的政策建议。

## 1 研究方法

### 1.1 交通环境数据采集加工

基于城市建成环境和交通秩序视角的客观评估方法具有广泛的适用性,数据全部取自互联网开源数据和开放数据平台,适用于多数城市的通学路交通安全性评估。首先,从高德地图和百度地图的开放数据接口获取北京市五环快速路范围内391所中小学的空间位置信息(包括校门的位置),其中涵盖221所小学和170所中学,并将其作为通学路交通安全性评估的基本空间单元。其次,通过开放街道地图(Open Street Map)获取基础路网的矢量数据,该数据属性中自带的道路等级信息可用于识别快速路。进一步利用地理信息系统(Geographic Information System, GIS)的空间分析工具,对矢量路网进行拓扑简化和道路中心线提取,并从单线路网数据中识别道路交叉口的点源数据。此外,利用百度地图和腾讯地图等开放地图平台获取街景图像数据和实时道路拥堵数据。由于道路横断面形态和基础设施情况随不同路段变化较大,本文利用GIS和单线路网数据,沿道路每隔50 m生成一个识别点,用于获取覆盖整个研究范围的街景图像,从中识别人行道、非机动车道和过街设施(含斑马线、信号灯、人行天桥和人行地道)。同时,在通学早高峰(7:00—8:00)和晚高峰(16:00—18:00)时段获取道路拥堵信息,并将以上信息空间化,与路网进行匹配,从而得到研究范围内每个路段人行道有无、非机动车道有无和拥堵水平的信息,以及道路交叉口的空间分布。通过上述数据集成方法,本文对研究范围内所有中小学及其周边的交通环境数据实现全面获取,发挥网络开源数据高覆盖率、高颗粒度、强时效性等优势特点,以支持开展后续分析工作。

## 1.2 新媒体公众参与调查

人的主观感受对于评估通学路交通环境同等重要。“路见”作为中国首个基于新媒体的公众参与平台，聚焦城市空间品质和民生问题，致力于收集公众的主观问题描述和意愿诉求。借助微信在中国智能手机用户群体中的高渗透率，“路见”通过微信公众号和小程序建立公众互动平台，提供基于位置的服务(Location Based Service, LBS)，在保证大量数据采集效率的同时，提高用户参与公共决策的便利性和精确性，降低公众参与的门槛。2018年9月，本文依托“路见



图1 公众参与活动海报  
Fig.1 Poster for public participation activities

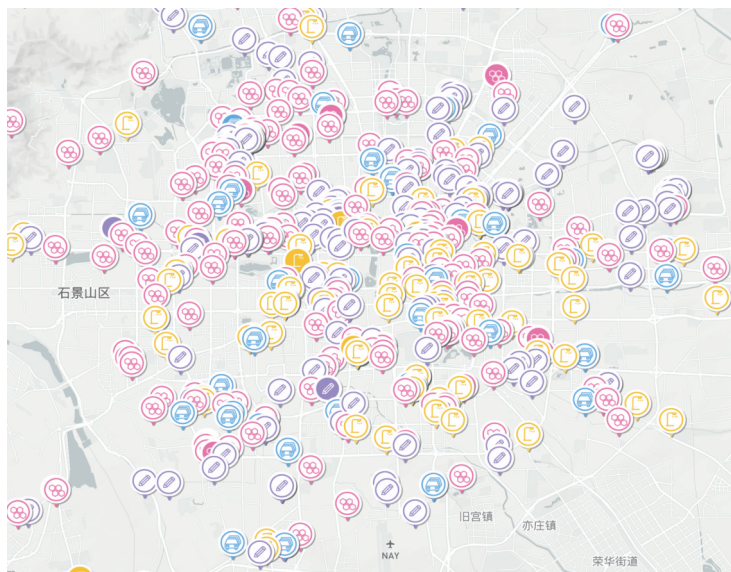


图2 “路见 PinStreet” 微信小程序公众提案分布  
Fig.2 Distribution of public opinion on the Wechat mini program “PinStreet”

PinStreet” 微信小程序开放地图平台，结合“922绿色出行活动”面向北京市中小学学生及家长开展“路见安全上学路·提案有奖征集”活动(见图1)，通过平台设置了“占道停车、安全步行空间、过街设施、照明与监控、车辆超速和自定义”6类议题，参与者可选择任意一项或多项议题，通过文字和图片的形式，提交相关的问题描述和改善建议。共收集公众提案1722份，覆盖北京市五环快速路内5个主要行政区(西城区、东城区、海淀区、朝阳区和丰台区)，超过1700人参与(见图2)。根据统计学抽样误差理论，测算得到在90%置信度的情况下，本研究的相对抽样误差可控制在2%以内<sup>[12]</sup>。同时基于文本反垃圾算法，对公众提案数据进行清洗，移除无效内容，并结合人工审核去除不相关内容，以保证数据的可用性。

## 1.3 通学路交通环境安全指数构建

相较于对影响道路安全的各类社会因素、制度因素、物理因素等进行综合性评估，本文偏重于考察学校周边区域的建成环境和交通秩序，并基于主客观评估相结合的视角，提出由物理性安全指数和感知性安全指数共同构成的通学路交通环境安全性评估指标体系(见表1)。指标选取参考了公安部发布的《中小学与幼儿园校园周边道路交通设施设置规范》(GA/T 1215—2014)(以下简称《规范》)<sup>[13]</sup>，其针对中小学周边道路交通设施，从交通信号灯、交通标志和标线、人行设施、分隔设施、停车设施、监控设施以及照明设施7个方面，分别明确了设置的原则、要求与方法。同时，参考文献<sup>[14]</sup>提出的街道步行和骑行安全性指数评估体系，考量有无过街设施、有无人行道(或非机动车道)、以及违法停车侵占人行道(或非机动车道)的比例。本文对上述指标进行归纳和分类，进而提出交叉口毗邻度、快速路毗邻度、过街设施可达性、人行道通达性、非机动车道通达性以及上下学高峰道路拥堵水平6个客观数据指标，对北京市五环快速路内中小学周边交通环境安全性进行评估。

此外，占道停车、监控设施与照明设施等对通学路的环境安全也有重要影响，但由于难以从开源数据渠道获取和识别，并未体现在客观评估指标体系中。为突破数据来源的瓶颈，并充分体现利益相关者的问题视角和主观诉求，本文基于新媒体平台收集公众



意愿调查数据,将平台预设的6类议题进行整合与再分类,提出占道停车、过街、交通设施和步行空间4个维度,以公众提及相关问题的频率(语义热度)作为测量标准,从而实现通学路交通安全性的主观评估。

基于上述指标体系,采用熵值法对通学路的安全指数进行计算<sup>[15]</sup>。熵值法根据指标间的变异程度(即信息熵)求权重,能够克服人为确定权重的主观性,避免多指标变量间信息的重叠,自适应能力强,因而被广泛应用于社会经济等研究领域<sup>[15-19]</sup>。具体计算步骤为:

1) 建构由  $m$  所学校和  $n$  项指标构成的数据矩阵

$$X = \{X_{ij}\}_{m \times n} \quad (1 \leq i \leq m, 1 \leq j \leq n). \quad (1)$$

2) 由于不同指标具有不同的量纲和单位,为消除量纲和单位的不同所带来的不可公度性,对基础指标进行无量纲化处理,得到同度量指标值

$$X'_{ij} = (X_{ij} - \min\{X_{j}\}) / (\max\{X_{j}\} - \min\{X_{j}\}), \quad (2)$$

$$X'_{ij} = (\max\{X_{j}\} - X_{ij}) / (\max\{X_{j}\} - \min\{X_{j}\}), \quad (3)$$

其中,满足表1中正方向假设的指标采用公式(2)进行计算,满足负方向假设的指标采用公式(3)进行计算。

3) 计算指标的比重

$$R'_{ij} = X'_{ij} / \sum_{i=1}^m X'_{ij}. \quad (4)$$

4) 计算第  $j$  项指标的熵值

$$e_j = \frac{1}{\ln n} \sum_{i=1}^m R'_{ij} \ln R'_{ij}, \quad (5)$$

若  $R'_{ij} = 0$  则认为  $\ln R'_{ij}$  为  $0$ 。

5) 计算第  $j$  项指标的差异性系数

$$g_j = 1 - e_j. \quad (6)$$

6) 计算第  $j$  项指标的权重

$$W_j = g_j / \sum_{j=1}^n (1 - g_j). \quad (7)$$

7) 计算第  $i$  所学校第  $j$  项指标的分值

$$V_{ij} = \sum_{j=1}^n W_j X'_{ij} \times 100. \quad (8)$$

8) 第  $i$  所学校的通学路安全指数为

$$V_i = \sum_{j=1}^n V_{ij}. \quad (9)$$

根据上述方法分别求得第  $i$  所学校的物理性安全指数  $V_i^p$  和感知性安全指数  $V_i^s$ 。综合北京市五环快速路范围5个主要行政区内各学校的平均安全指数,即得到分行政区的物理性安全指数和感知性安全指数。尽管石景山区同属于北京市中心城区,但由于该

区的主体区域位于五环快速路外,本次评估不予统计。

## 2 评估结果分析

### 2.1 物理性安全指数

总体来看,北京市五环快速路内有42所中学、66所小学共108所学校存在多处安全隐患,占五环快速路内全部中小学数量的27.6%。以下针对各个指标的表现情况逐一阐述(见表2)。

表1 通学路交通环境安全性评估指标体系

Tab.1 School route traffic environment safety assessment indicator system

评估视角	指标名称 <sup>1)</sup>	计算方法
物理性安全指数(客观视角)	交叉口毗邻度(-)	校门100 m步行范围内有无交叉口(0=无,1=有) <sup>2)</sup>
	快速路毗邻度(-)	校门200 m步行范围内有无快速路(0=无,1=有)
	过街设施可达性(-)	校门至过街设施的平均距离(400 m步行范围内,考虑不同方向的最近过街点)
	人行道通达性(+)	校门400 m步行范围内铺设人行道的路段比例 <sup>3)</sup>
	非机动车道通达性(+)	校门400 m步行范围内划定非机动车道的路段比例
	上下学高峰道路拥堵水平(-)	校门所在路段200 m范围早晚高峰(7:00—8:00和16:00—18:00)时段道路是否拥堵(0=否,1=是) <sup>4)</sup>
	占道停车(-)	停车位、占道停车、违法、堵塞、乱停放等相关词汇出现的次数
感知性安全指数(主观视角)	过街(-)	过马路、红绿灯、天桥、斑马线、人行横道、十字路口等相关词汇出现的次数
	交通设施(-)	照明、路灯、监控、摄像头、限速、标志等相关词汇出现的次数
	步行空间(-)	步行、人行道、护栏、狭窄、穿行、缝隙、碰撞等相关词汇出现的次数

1)指标的“+”标记表示其与安全性呈正相关,“-”标记表示其与安全性呈负相关;2)《规范》规定校园出入口应设置在距交叉口100 m以外;3)《规范》规定校园周边道路应设置宽度不小于2 m的永久性或临时性人行道、新建校园周边道路应设置永久性人行道,宽度不得小于3 m;4)拥堵水平分为4级:畅通、缓行、拥堵、严重拥堵,相应路段如果评级属于后两者,则判定为拥堵路段。

表2 各指标的描述性统计

Tab.2 Descriptive statistics of all indicators

指标名称	观测样本数	均值	最小值	最大值	标准差
交叉口毗邻度	391	0.32	0	1	0.47
快速路毗邻度	391	0.03	0	1	0.18
过街设施可达性	391	542.31	0	2 327.11	471.54
人行道通达性	391	0.74	0	1	0.24
非机动车道通达性	391	0.47	0	1	0.25
上下学高峰道路拥堵水平	391	0.23	0	1	0.42

1) 从“交叉口毗邻度”来看,共有71所小学、56所中学校门100 m内有道路交叉口,未能达到《规范》标准。这意味着学生上下学的交通环境较为复杂,过街挑战尤为突出。过街安全取决于交叉口是否有斑马线、信号灯或者人行天桥(地道),以及所在道路是否有限速等交通条件。从图3a中可以看出,这种情况在北京市普遍存在。其中,未达标数量最多的是朝阳区,有33所学校校门100 m内有交叉口。若考虑未达标学校占该区学校总数的比例,则路网较细密的东城区和西城区数值较高,达到40%。

2) 从“快速路毗邻度”来看,共有46所小学、26所中学校门200 m步行范围内有快速路(见图3b),反映出通学路存在交通秩序混乱、过街距离长且需绕行等问题。尽管

有的学校出入口未直接设置在快速路边,而是在辅路或地块内部的道路上,但200 m的步行距离也不足以使中小學生完全规避复杂的路况、混乱的交通秩序和高速行驶的机动车带来的危险。另一方面,宽阔的快速路往往会直接切断两侧的城市空间,过街点之间的距离相对较远,且宽马路过街距离长,难以穿越。如果学校邻近快速路,很可能意味着学生每天都要绕行很远去上学。相较于二环快速路内的东城区和西城区,相对外围的丰台区、朝阳区与海淀区的情况更糟糕,其中丰台区约30%的学校存在此类问题。

3) 从“过街设施可达性”来看,北京市五环快速路内79%的学校周边安全过街距离超过400 m(见图3c),缺少交通设施保障过街安全的情况普遍存在。二环快速路以外

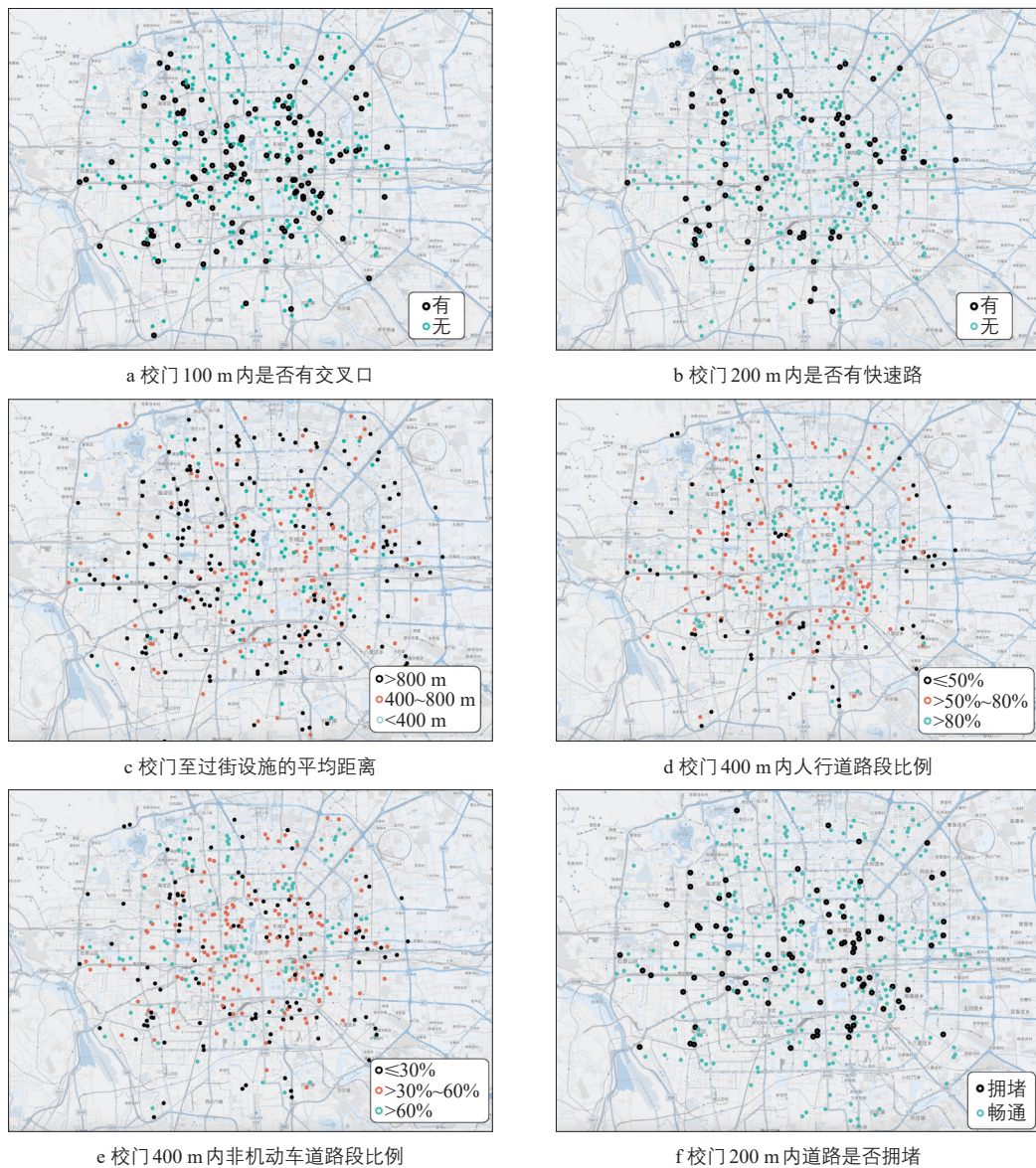


图3 北京市五环快速路内中小学各项指标空间分布

Fig.3 Spatial distribution of all indicators of primary and middle schools within express fifth ring road of Beijing



的大部分学校周边平均安全过街距离都在800 m以上，以朝阳区、海淀区和丰台区最为突出，这意味着小学生在校门外至少要步行15 min、中学生步行10 min才有安全过街设施，否则学生只能在车流中穿行，这极大地增加了过街的安全风险。

4) 从“人行道通达性”来看，区域内38所小学、27所中学周边的步行独立路权未得到最基本的保障(见图3d)。学校周边道路的人行道设置比例低于50%，意味着步行环境较差，学生有超过50%的步行时间与机动车混行。这一现象较为明显的是丰台区(23所学校)和朝阳区(18所学校)。然而，并非设置了人行道，学生的步行空间就得到了保障。在现实中，人行道很容易被违法停车侵占，或因树池、电线杆等公共设施的干扰造成有效宽度不足，难以承受早晚高峰时段的人流量。

5) 从“非机动车道通达性”来看，有70%的中小学周边道路的非机动车道设置比例低于60%(见图3e)，学校周边的骑行环境明显落后于步行环境。问题最为严重的仍然是丰台区与朝阳区，丰台区有37所学校周边非机动车道比例低于30%，占丰台区学校总数的48%；朝阳区有29所学校周边非机动车道比例低于30%，占朝阳区总数的28%。由于没有非机动车道或非机动车道不连续，学生只能在人行道或机动车道上骑车，两种情况均会造成严重的安全隐患。

6) 从“上下学高峰道路拥堵水平”来看，90所学校门口路段在早晚高峰时段出现了拥堵情况(见图3f)，其中东城区(20所)与朝阳区(20所)最为严重。在没有足够的临时停靠区或上落客区的情况下，上下学时家长接送子女的车辆会造成学校周边拥堵，如果没有独立的步行空间，学生只能在车流中穿行。

采用熵值法对东城区、西城区、海淀区、朝阳区和丰台区进行总项安全性和分项安全性的数值计算(见图4和表3)。从总分来看，位于二环内的东城区(73分)和西城区(68分)的通学路环境安全性整体更好，丰台区(61分)的学校区域交通环境则亟待改善。具体来看，毗邻交叉口、缺少过街设施、缺少非机动车道是各区域较为突出的问题。对于二环快速路内的东城区和西城区而言，尽管路网密度较高，但由于过街设施较为缺乏，

一定程度上导致行人过街安全保障的缺失；外围的海淀区、朝阳区和丰台区的街区尺度更大，容易造成过街设施的密度不足，由此形成过街设施可达性差等问题。可以看出，无论是总项安全性还是分项安全性的指数评估，对各区域有针对性地改善通学路交通环境具有重要的现实指导意义。

## 2.2 感知性安全指数

学生家长对于通学路安全性问题的主观认识方面，总体来看，有62%的提案聚焦占道停车和过街安全。通过语义分析发现(见图5a)，停车、车辆被提及的频次最高，是人们感受最强烈的因素。占道停车不仅造成拥堵，还会阻断步行和骑行空间，将学生置于人车混行的危险中，对通学路的影响最为突出，因此也是人们最关注的交通环境话题。

另外，本文针对5个行政区的提案进行了单独的语义分析(见图5b~5f)。

1) 东城区与西城区：两个行政区均位于北京内城，路网细密，提案反映的主要问题相似，包括上下学时人多路窄，道路两侧全部停满车辆，家长开车接送、胡同容易拥堵，缺少信号灯、路灯和监控设施等。

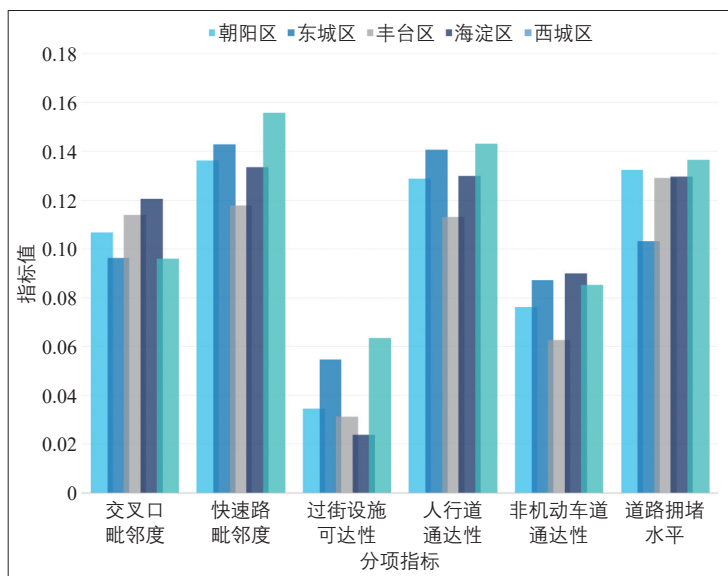


图4 各行政区分项指标

Fig.4 Itemized indicators of all administrative regions

表3 各行政区物理性安全指数

Tab.3 Physical safety indicators of all administrative regions

行政区	西城区	东城区	海淀区	朝阳区	丰台区
物理性安全指数	73	68	67	66	61

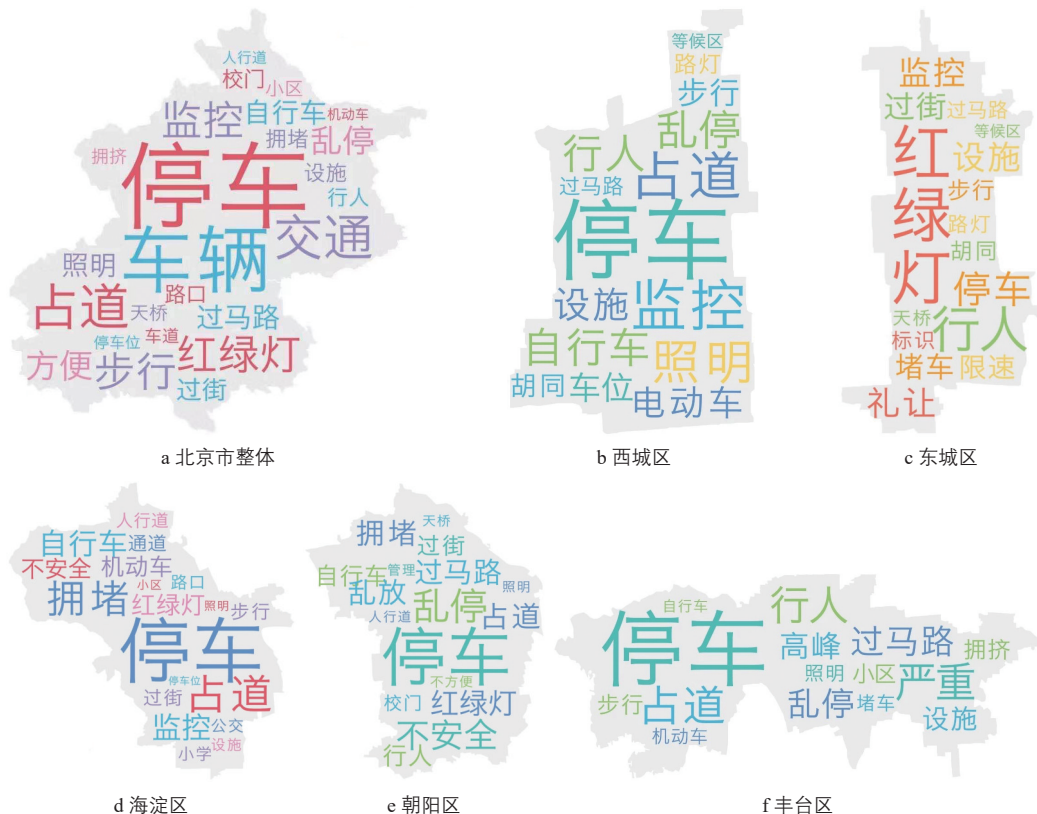


图5 语义热点词云  
Fig.5 Word cloud of hot topic semantics

表4 各行政区感知性安全指数

Tab.4 Perceived safety indicators of all administrative regions

行政区	西城区	东城区	海淀区	朝阳区	丰台区
感知性安全指数	67	53	49	52	45

2) 海淀区：海淀区是北京市的教育强区，然而在学校周边建成环境方面仍存在诸多安全性问题，包括路内乱停车、容易造成拥堵，自行车占道严重，上下学时段学生与过往机动车流线交叉等，交通秩序相对混乱。

3) 朝阳区：朝阳区街区尺度大，因此车流量大、过街不方便带来的步行安全性问题突出。此外，学校门口占道停车、经常施工造成通行不便等问题也普遍存在。

4) 丰台区：丰台区有许多学校距离快速路较近，车辆行车速度太快，每天上下学时段道路非常拥堵。另外，部分学校校门与大型居住社区出入口相邻，存在居民乱停车、学生步道经常被占等问题。

通过对各区域的语义分析发现，停车难几乎成为所有区域关心的关键问题。其他方面，如东城区的“信号灯”、昌平区的“过街”“天桥”则指向过街问题。另外，本文根据提案数据再次对5个行政区的通学路交通安全性进行数值计算，可以看到，结果与

基于大数据的安全性指数排名基本一致。西城区在公众的学校交通环境感知中是最安全的城区，而由于占道停车在综合排名中权重相对较高，该问题突出的海淀区、朝阳区和丰台区排名较低(见表4)。

### 2.3 综合评估

北京市五环快速路内通学路的物理性安全指数和感知性安全指数在区域维度体现出相同的特征，位于城市核心的西城区和东城区通学路交通安全性总体优于海淀区和朝阳区，更优于外围的丰台区。从指标分析结果来看，两个方法体系均呈现出影响通学路安全的首要因素是过街设施不足，其次是占道停车问题，不仅影响行人和自行车的安全通行，在很多学校周边甚至扰乱机动车交通秩序。物理环境和主观感知两种评估视角下，北京市行政区之间的安全指数排名基本一致，可以认为，两个评估方法体系的有效性互相得到了验证。

同时，物理性和感知性方法的评估结果也存在一定差异，就同一问题提供了更丰富的信息。例如，基于城市大数据的分析结果显示，东城区的过街设施相对丰富，但居民的提案中，“信号灯”却成为首要的诉求。

这可以解释为：一方面，其他城区以“信号灯”为代表的过街问题可能同样严重，但停车矛盾更加突出；另一方面，过街设施包括斑马线、信号灯、人行天桥和人行地道等，而在物理性安全指数测算时，同一位置的多种过街设施不会重复计算。尽管大数据显示东城区的斑马线设置较多，但在实际中可能部分交叉口缺乏信号灯，在人车流量大的情况下，驾驶人未能礼让行人，造成过街困难。部分交叉口即使有信号灯，也可能因相位设置不合理导致行人等候时间长或选择违法过街，对主观安全感受产生负面影响。

### 3 改善建议

针对北京市五环快速路内的通学路交通安全性改善提出以下建议：

1) 基本设施保障：设置校园周边限速标志(限速值  $30 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ )、注意儿童标志、测速设备、人行横道线、校门口网状线。若校门所在路段或邻近交叉口车流量大，校门周边应设置减速带。

2) 过街保障：校门周边或邻近主次干路的过街处，应设置信号灯和交通违法监测记录设备。如果是4车道及更宽的道路，在上下学高峰时段每个信号周期应给行人至少20 s的绿灯时间。右转车辆往往也会影响行人通行，可以考虑在道路交叉口设置右转专用信号相位；当行人与右转车辆在同一相位时，可将行人信号提前5~10 s放行，让行人优先过街。

3) 校门周边无车化：校门周边禁止停车，可考虑设置防撞栏。若校门所在路段宽度不足15 m，建议在上下学时段将校门所在路段设置为禁行区，禁止机动车通行，将学校门口的空间转化为学生与家长的集散空间，并在稍远处设置临时停车区。教师停车场出入口建议设在地块外侧，从而将车的流线和人的流线完全分开。

4) 鼓励绿色出行：保障从周边公共交通车站到校门人行道的连续性。学校宜使用校车，并将校车停车位设置在离校门近、无须过街的位置上。安全通学路的范畴可以扩展，从校门到校车站点，再从不同的落客点连接到社区门口，让学生可以平安回家。

5) 完善步行环境：改善学校周边的照明环境，保证人行道有效宽度在2 m以上且

连贯通畅，避免被停车、商铺外摆、市政设施、树池等影响有效通行空间。如果校门所在路段狭窄，可设置单侧人行道。

### 4 结语

本文聚焦学校周边区域，从步行环境、骑行环境、过街设施、占道停车、道路拥堵和交通设施等方面构建通学路交通环境安全性评估指标体系。结合开源城市大数据，以客观视角测度物理性安全指数，实现宏观的、自上而下的方法框架设计和数据分析，适用于大尺度、多维度的综合评估。此外，依托“路见”新媒体平台的公众参与手段，自下而上采集公众意愿数据，以主观视角测度感知性安全指数，不仅灵活适用于多维度的分析，还可以在微观层面聚焦到一所学校、一个路段的更精准和具体的问题描述，提供基于居民缄默知识视角的对策建议。同时，公众反馈的信息，例如占道停车、照明与监控设施缺失以及车辆超速的情况，是对大数据评估指标很好的补充，利于突破开源数据获取的瓶颈。值得一提的是，本文主要结论见诸媒体后，取得了良好的社会反响，北京市政府高度重视，积极推进全市校园周边安全隐患的全面摸排与立项整改。

本文提出的主客观视角相结合的评估体系和方法，由于数据可获得性较高，具有广泛的适用性，可应用于更多城市、不同尺度的研究。而公众意愿数据仅从问题和诉求的角度提供了文本信息，缺少对参与主体特征、区域治安等社会因素的采集分析，难以形成适用于不同人群和社会环境的更具针对性的政策建议。同时，城市形态具有多样性，如胡同、单位大院、新建大型居住组团等，其周边的通学路环境面临不同挑战，应对不同典型区域的通学路安全性提升提出差异化的对策建议。因此，如何进一步细化分析维度、挖掘不同人群或不同城市形态区域更深层次的问题规律和适用性建议，是未来通学路安全性研究与实践的重点方向。最后，本文仅聚焦通学路交通环境维度的安全性评估，未来研究可以将社会环境(如治安水平)、自然环境(如空气质量)、出行行为(如出行频率)等更多维度的因素纳入考虑，以形成更为综合完整的通学路安全性评估指标体系。



参考文献:

References:

- [1] United Nations. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development [R]. New York: United Nations, 2015.
- [2] World Health Organization. Global Status Report on Road Safety[R]. Geneva: World Health Organization, 2015.
- [3] 澎湃新闻. “路见”数据 | 北京五环内中小学上学路足够安全吗 [EB/OL]. 2018 [2019-12-11]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1611275639974903950&wfr=spider&for=pc>.
- [4] 姚怡亭. 城市步行友好性评价[J]. 城市交通, 2019, 17(1): 85-88+126.  
Yao Yiting. Evaluation of Chinese Cities' Walkability[J]. Urban Transport of China, 2019, 17(1): 85-88+126.
- [5] 戴继锋, 李鑫. 新时代街道规划设计工作的实践与思考[J]. 城市交通, 2019, 17(2): 17-25.  
Dai Jifeng, Li Xin. Urban Street Planning and Design in the New Era[J]. Urban Transport of China, 2019, 17(2): 17-25.
- [6] 王悦, 姜洋, 杨丽辉. 宜人街道设计与管控要求编制探索: 以《昆明城市街道设计导则》为例[J]. 城市交通, 2019, 17(2): 34-41.  
Wang Yue, Jiang Yang, Yang Lihui. Livable Street Design and Management Requirements: An Example of Kunming Street Guideline[J]. Urban Transport of China, 2019, 17(2): 34-41.
- [7] Weigand L. A Review of Literature: The Effectiveness of Safe Routes to School and Other Programs to Promote Active Transportation to School[R]. CUS-CTS-08-01, Portland: Initiative for Bicycle and Pedestrian Innovation, 2008.
- [8] Cynecki M J, Brownlee R. School Site Planning, Design, and Transportation[J]. ITE Journal, 2007, 77(9): 28-32+37.
- [9] Dumbaugh E, Frank L. Traffic Safety and Safe Routes to Schools: Synthesizing the Empirical Evidence[J]. Transportation Research Record, 2007, 2009(1): 89-97.
- [10] McDonald N C, Aalborg A E. Why Parents Drive Children to School: Implications for Safe Routes to School Programs[J]. Journal of the American Planning Association, 2009, 75(3): 331-342.
- [11] Boarnet M G, Day K, Anderson C, et al. California's Safe Routes to School Program: Impacts on Walking, Bicycling, and Pedestrian Safety[J]. Journal of the American Planning Association, 2005, 71(3): 301-317.
- [12] 车东. 如何确定抽样统计的最小样本量 (附: 随机抽样统计的抽样误差Excel计算表格)[EB/OL]. 2010 [2019-12-11]. <https://www.chedong.com/blog/archives/001462.html>.
- [13] GA/T 1215—2014 中小学与幼儿园校园周边道路交通设施设置规范[S].
- [14] Gu Peiqin, Han Zhiyuan, Cao Zhejing, et al. Using Open Source Data to Measure Street Walkability and Bikeability in China: a Case of Four Cities[J]. Transportation Research Record, 2018, 2672(31): 63-75.
- [15] Shannon C E. A Mathematical Theory of Communication[J]. Bell System Technical Journal, 1948, 27(3): 379-423.
- [16] Lopez-Garcia Pedro, Onieva E, Masegosa A D, et al. GACE: A Meta-Heuristic Based in the Hybridization of Genetic Algorithms and Cross Entropy Methods for Continuous Optimization[J]. Expert Systems with Applications, 2016, 55: 508-519.
- [17] Selvan S E, Subathra M S P, Christinal A H, et al. On the Benefits of Laplace Samples in Solving a Rare Event Problem Using Cross-Entropy Method[J]. Applied Mathematics and Computation, 2013, 225: 843-859.
- [18] Chen Faan, Wang Jianjun, Deng Yajuan. Road Safety Risk Evaluation by Means of Improved Entropy TOPSIS - RSR[J]. Safety Science, 2015, 79: 39-54.
- [19] Mensi W, Beljid M, Managi S. Structural Breaks and the Time-Varying Levels of Weak-Form Efficiency in Crude Oil Markets: Evidence from the Hurst Exponent and Shannon Entropy Methods[J]. International Economics, 2014, 140: 89-106.
- [20] Ngoduy D, Maher M J. Calibration of Second Order Traffic Models Using Continuous Cross Entropy Method[J]. Transportation Research Part C: Emerging Technologies, 2012, 24: 102-121.