

基于云模型快速公交规划设计阶段风险评价

宋朝

(广州市市政工程设计研究总院有限公司, 广东 广州 510600)

摘要: 快速公交作为一种低成本、高运量、建设周期短的公共交通系统,具有项目规模大、涉及专业多、投资额度高和项目风险高等特点,资金筹措、政策支撑、环境影响和管理素质等方面需要综合考虑,从而降低项目管理风险。通过收集基本信息资料、案例分析法和德尔菲法对快速公交规划设计阶段风险因素进行识别并建立风险指标体系;分别采用层次分析法、CRITIC法确定主客观权重,使用博弈理论将主客观权重进行组合,最后通过云模型对快速公交规划设计阶段的风险进行评价。结合延吉快速公交实例分析,该模型能够较为合理、科学地判断快速公交项目在规划设计阶段所存在的风险,可为其他快速公交项目提供参考。

关键词: 快速公交;风险管理;组合赋权;博弈论;云模型

中图分类号: U491.1+7

文献标志码: B

文章编号: 1009-7716(2024)09-0012-06

0 引言

随着社会经济水平的快速发展,我国已迈入存量交通时代,扩张道路规模的交通治理策略难以为继。2022年全国机动车保有量达4.17亿辆,其中汽车3.19亿辆;2022年全国新注册登记机动车3478万辆,新领证驾驶人2923万人,增长5.81%。在此背景下,进一步建设先进的城市公共交通系统是缓解城市拥堵问题、减少私家车使用、提高交通运行效率的必然之路。随着时间的推移和公共交通系统的不断发展,快速公交(Bus Rapid Transit, BRT)系统逐渐成为公共交通的重要组成部分。

1 快速公交与风险管理

1.1 快速公交项目风险研究

国外最早关于快速公交的概念来源于波哥大建设的“Transmilenio”系统,其创新型采用Main line branch line模式,提高高效的运营服务^[1]。近年来,国内外对快速公交各种风险开展研究。孙慧娟^[2]采用灰色聚类分析法对BRT服务水平评价,以济南BRT为例进行评价,对问题提出改善措施和解决办法。鲁梓宏^[3]使用故障树分析方法建立BRT运营风险因素模型,确定各因素对运营失败的影响程度并

提出相应的控制措施,为其他项目提供借鉴。吴兰旗^[4]对南宁BRT项目PPP模式提出了盈利风险、建设风险、运营风险、财务风险和增信风险5个风险因素,同时构建了风险评价指标体系,使用层次分析法设置了风险评价模型,并提出了应对风险的建议。陈冠桦^[5]针对快速公交施工过程中的风险管理进行研究,采用AHP法确定了快速公交项目实施期间风险因素的权重,并通过FCE法将快速公交实施期间的风险分为三个级别,搭建出对应的风险模型。

综上,在选择具体研究对象和范围时,早期研究主要针对快速公交的运营阶段或施工阶段进行分析,着重运营指标和评价以及施工期间的质量控制、进度控制等因素,但对外部环境(如投资风险、社会稳定风险)和实操过程(如技术管理和人员管理等)存在的风险欠缺考虑,有补充完善的空间。

1.2 快速公交项目风险管理

与其他工程项目类似,快速公交项目的风险具有普遍性,即风险贯穿于快速公交项目全过程,包括前期规划设计、中期施工建设和后期运营管理。另外,快速公交项目的风险又有其特殊性。快速公交项目与普通线性市政项目不同,从前期规划、论证、设计和施工有着一定的固定模式。快速公交作为较新较鲜有的公共交通系统项目存在不稳定性,一方面体现在前期线位论证、走廊比选等技术风险和决策能力、舆论压力等政策社会风险;另一方面则是施工时邻避、疏散的

收稿日期: 2023-08-16

作者简介: 宋朝(1993—),男,硕士,工程师,从事市政路桥和交通工程设计工作。

风险,以及运营期间科学合理操作的风险。而规划设计阶段是重中之重,合理有效地控制规划设计阶段的风险源是把握快速公交顺利建设、高效运营的关键。

为进一步提高快速公交项目的顺利推进,本文对快速公交项目的规划设计阶段的风险统筹梳理和有效管理,通过科学、合理、高效的方式进行风险识别,开展较为全面的风险评价,进而减小快速公交项目风险,为项目的顺利推进提供保障。

2 风险识别

2.1 风险识别流程

快速公交项目涵盖的风险种类繁多,十分复杂,对其识别是一个系统性的工程。本文从收集基本信息资料、案例分析法和德尔菲法 3 个方法对快速公交规划设计阶段风险因素进行识别。本文对快速公交规划设计阶段风险识别过程(见图 1)主要如下。

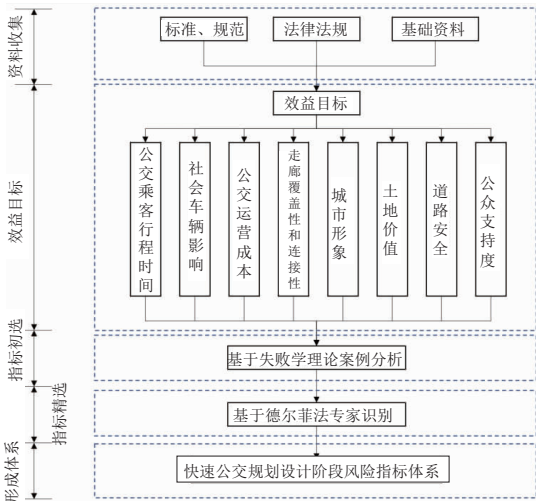


图 1 风险识别流程

(1)资料收集。资料收集包括快速公交规划设计阶段所需的设计规范、国家标准,通用或地方性的法律法规,以及基本信息:当地文化习俗、宗教信仰、城市发展水平、社会秩序等社会环境资料和地质地貌、气候条件等自然环境资料。

(2)制定效益目标。制定效益目标是评判快速公交项目成败的标准,本文通过选择合适的效益目标,定性或定量地判断快速公交运行效果,从而衡量快速公交项目是否失败,进而进一步推导其项目在规划设计阶段的风险因素。

(3)基于失败理论的案例分析。利用失败理论对国内外快速公交案例进行分析,按照制定的效益目标进行对比,分析项目导致失败的原因,对属于规划

设计阶段导致的原因进行指标初选。

(4)德尔菲法专家识别。邀请各领域具备丰富工程经验的专家对初选指标进行分析和判断,在初选指标基础上进行精选,最终形成快速公交规划设计阶段的风险指标体系。

2.2 风险识别结果

通过研究分析在建和已建快速公交项目,结合专业机构和专业人士的意见,最终得出快速公交项目规划设计阶段的风险主要分为技术风险、政策风险、经济风险、社会环境风险和管理风险 5 项一级因素以及 16 项二级因素,构建风险指标体系(见图 2)。

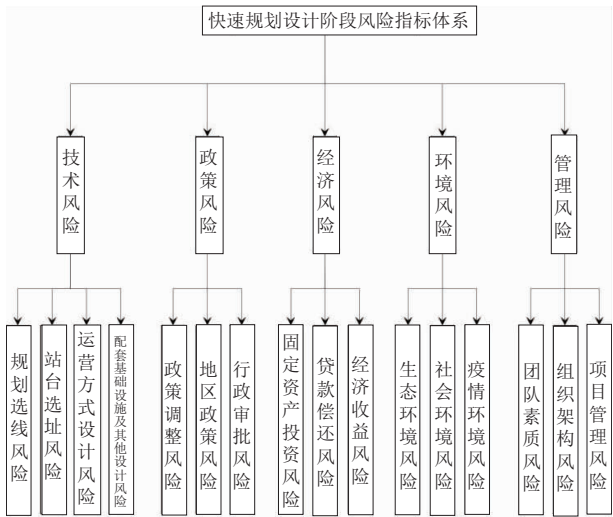


图 2 风险指标体系

3 风险评价模型构建

3.1 评价模型构建思路

本文采用组合赋权方法确定快速公交规划设计阶段的风险权重。采用层次分析法确定主观权重,采用 CRITIC 法确定客观权重,再使用博弈理论将主客观权重进行组合,最后通过云模型对快速公交规划设计阶段的风险进行评价,并对风险因素进行排序。具体技术路线见图 3。

3.2 基于博弈论组合赋权法

博弈论是一种将多个对象和因素相互之间博弈和均衡的决策行为,可以将复杂的关系梳理得更为调理,反映出事物发展的特点和变化。本研究采用博弈论对主客观权重进行组合赋权,本质是采用纳什均衡方法,对主客观权重进行一致化和协调化,减少各个风险因素的权重偏差,趋于平衡,达到最大“利益平衡点”,使得风险评价更为精确。该方法可以保留主客观权重各自的优势,既保留因素之间的固有信息,又可以减少主观随意性。本文选取了层次分析

法(AHP)得到主观权重,选取效果较熵权法更佳的CRITIC法计算客观权重,再利用博弈论将两者组合赋权,确定权重线性系数,构建快速公交规划设计阶段组合赋权模型。

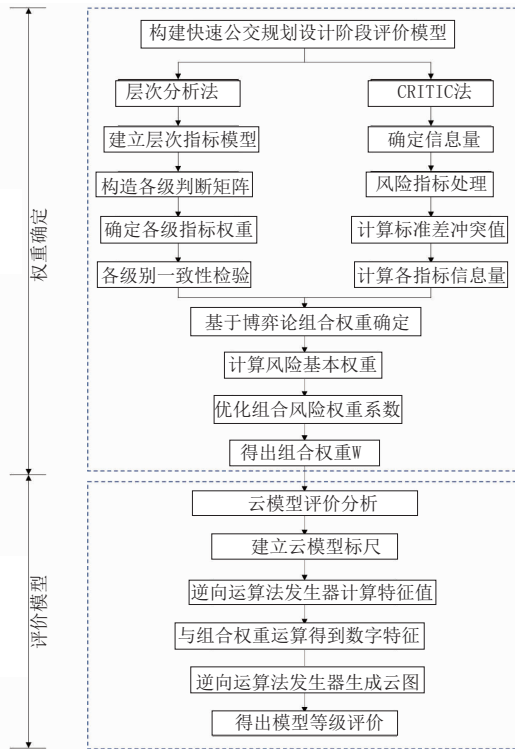


图3 评价模型构建思路

(1)层次分析法(AHP)确定主观权重。层次分析法的基本原理是基于逻辑清晰、层次明晰的评价体系,根据工程项目实际需要,邀请专业机构和专业人士按照对应专业的工作经验客观地评分,进行比重判断,从而构建二元对比判断模型^[6]。本文采访20位有快速公交建设经验的专家(包括建设单位、设计单位及咨询公司等)并进行3轮打分,借用专家丰富的项目经验和专业知识评判在规划设计阶段存在的风险因素。为进一步消除专业人士的主观性影响,提高该方法的科学性和有效性,对矩阵进行检验和修正,最终得到各个风险因素的相对权重值。

(2)CRITIC法确定客观权重。CRITIC法是一种客观赋权方法。1995年由Diakoulaki提出^[7],利用风险因素之间的变异性和冲突性进行客观赋权,利用标准差体现变异性,利用风险因素之间的相关系数表现冲突性。在考虑了指标信息量的情况下还对各个风险因素之间的冲突性进行对比。

(3)基于博弈论的组合权重确定。根据上述AHP法和CRITIC法分别计算得到快速公交规划设计阶段风险因素的主观权重和客观权重,现分别比作向

量 α 和向量 β 。博弈论方法将多个对象和因素相互之间博弈和均衡的决策行为,可以将复杂的关系梳理得更为条理,反映出事物发展的特点和变化。明确风险因素之间最大平衡点,计算出线性优化的组合权重系数。

3.3 基于云模型的风险评价模型

为了进一步完善对快速公交规划设计阶段风险评价,本文提出了基于云模型评价模型,利用云模型的特点评估项目的总体风险等级。该方法能较好地评估项目风险的模糊性和随机性,最后对各风险因素重要程度进行排序^[8]。

首先,使用逆向算法,将定量值转化为定性概念,本文将组合赋权数据转化成云模型的特征值(期望值、方差值、熵值和超熵值);再使用正向运算法,将定性的概念转化为定量的结果,得到风险评估的云图。

步骤一:计算期望值。

$$Ex = \bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

步骤二:计算方差值。

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

步骤三:计算熵值。

$$En = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \times \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - Ex| \quad (3)$$

步骤四:计算超熵值。

$$He = \sqrt{|S^2 - En^2|} \quad (4)$$

最后采用高斯运算法进行云图绘制,得到快速公交规划设计阶段风险评价云。

$$\mu = e^{-\frac{(x-Ex)^2}{2En^2}} \quad (5)$$

4 实例分析

4.1 工程概况

延吉BRT快速公交沿鸿运街、延三公路、公园路和人民路布设,起点文明屯,终点热电厂,全长19.7 km,设站25处,平均站距821 m。走廊推荐采用中央岛式站台和路中错位侧式站台两种形式。建设内容包括快速公交(BRT)车站及专用道建设、BRT站台段车行道拓宽及配套设施改造、BRT运营调度设备购置、安装及集成,沿线慢行系统规划建设,BRT场站选址及规划建设,智慧交通系统提升,以及其他道路配套设施。

4.2 确定权重

(1)层次分析法确定主观权重。通过层次分析法

方法计算得到主观权重,详见表1。

表1 层次分析法权重

A	B1	...	B5	综合权重	单排序	综合排序
	0.315	...	0.119	1		
C11	0.403	...	0	0.127	1	2
C12	0.364	...	0	0.115	2	3
...	...	...	...	...	...	...
C53	0	...	0.151	0.018	3	14

(2)CRITIC 法确定客观权重。梳理快速公交规划设计阶段风险因素原始数据表(见表2);采用Bipolar 方法,将效益型指标和成本型指标转化为0~10 数值,使用 matlab2018a 计算得到关系矩阵,标准差 σ_j 、数据指标冲突代表数值 ρ_{ij} 、信息量 H_j 和客观权重 $W_{CRITICj}$ 。

表2 客观权重

风险因素	标准差 σ_j	冲突性 ρ_{ij}	信息量 H_j	客观权重 $W_{CRITICj}$
C11	0.320	13.655	4.372	0.053
C12	0.348	13.148	4.573	0.055
...	...	...	...	...
C53	0.310	11.752	3.641	0.044

(3)基于博弈论的组合赋权

$$R=\begin{bmatrix} W_{AHP} & W_{AHP}^T & W_{AHP} & W_{CRITIC}^T \\ W_{CRITIC}^T & W_{AHP}^T & W_{CRITIC} & W_{CRITIC}^T \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \alpha_1 \\ \alpha_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{AHP} & W_{AHP}^T \\ W_{CRITIC} & W_{CRITIC}^T \end{bmatrix}$$
$$\alpha_1=1.026\ 3,\alpha_2=0.847\ 4$$

根据上述公式可以求出优化权重系数 α_k , 然后归一化处理得到线性系数 α_k^* 。

层次分析主观赋权法、CRITIC 客观赋权法及基于博弈论的组合赋权法权重计算结果对比见表3和图4。

(4)各赋权方法综合分析。通过对比各赋权方法对比图(详见图4)可知,各个因素的权重大致趋势是一致的,博弈论组合赋权可以科学有效地对层次分析法及 CRITIC 法进行合理地修正。该权重介于两者之间,使得快速公交规划设计阶段风险权重分布更加均衡,使得权重的分配更加科学与合理。

(5)云模型计算。根据上文式(1)~式(5),通过 matlab2018a 计算可得各层级云特征指标。经计算,目标层 $Ex=6.92;En=1.27;He=0.47$ 。总体目标及各分目标云图见图5~图10。

表3 主、客观和组合权重对比

序号	风险因素	AHP 权重	CRITIC 权重	组合权重
C11	规划选线风险	0.127	0.053	0.094
C12	站台选址风险	0.115	0.055	0.088
C13	运营方式设计风险	0.049	0.083	0.064
C14	配套基础设施风险	0.024	0.050	0.036
C21	政策调整风险	0.049	0.077	0.061
C22	地区政策风险	0.092	0.040	0.069
C23	行政审批风险	0.017	0.059	0.036
C31	固定资产投资风险	0.177	0.065	0.128
C32	贷款偿还风险	0.038	0.053	0.045
C33	经济收益风险	0.082	0.065	0.075
C41	生态环境风险	0.015	0.049	0.030
C42	社会稳定分析	0.058	0.069	0.063
C43	疫情环境风险	0.037	0.102	0.066
C51	团队素质风险	0.075	0.046	0.062
C52	组织架构风险	0.026	0.093	0.056
C53	项目管理风险	0.018	0.044	0.030

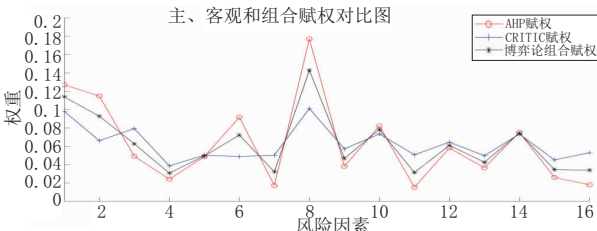


图4 对比各赋权方法对比图

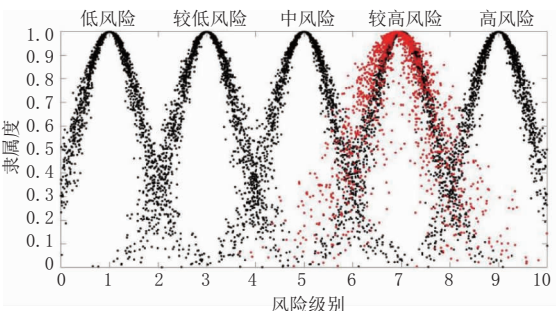


图5 总体风险云图

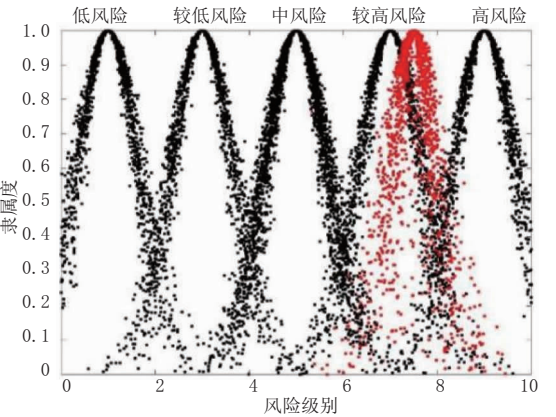


图6 技术风险云图

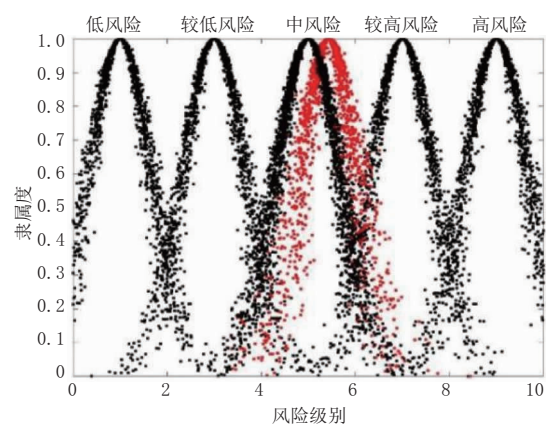


图7 政策风险云图

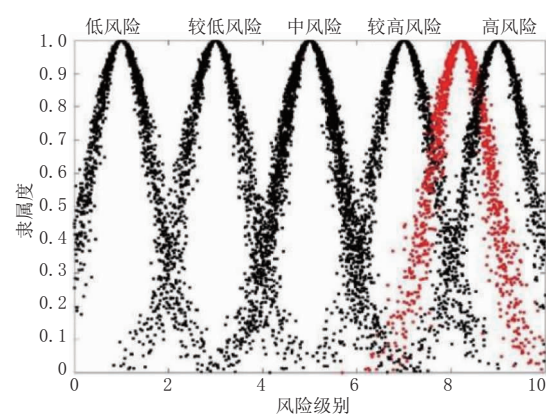


图8 经济风险云图

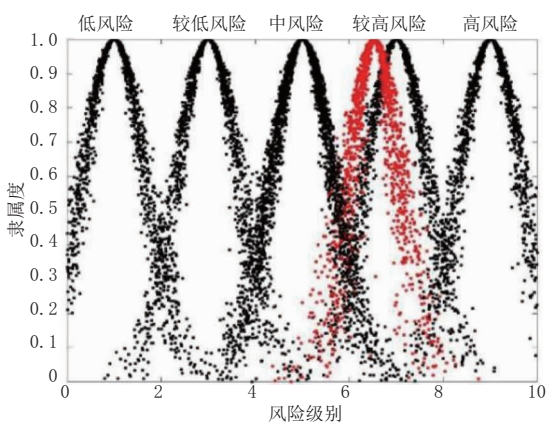


图9 环境风险云图

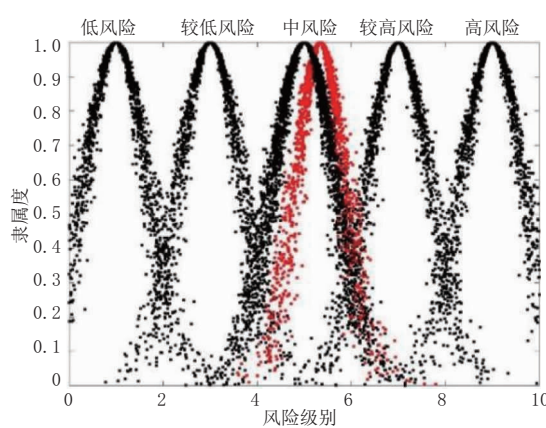


图10 管理风险云图

(6)风险评价。根据隶属度最大原则,延吉快速公交规划设计阶段风险处于“较高”风险等级,风险隶属度为 6.92,表明延吉快速公交在规划设计过程中存在较高的风险,需要加强风险管控。

具体而言,从二级综合评价结果中,技术风险处于“较高”风险等级,高达 7.52,表明该项目技术方面存在较大风险,尤其是规划选线风险在所有子项中排名第二。由此可见,快速公交流量预测和走廊选线是影响快速公交规划设计的主要风险。政策风险中风险级别为“中级”的隶属度最高,为 5.92,同样存在一定的风险性。经济风险方面属于“高级”级别,由于延吉市财政能力有限,建设投资较大的快速公交系统存在一定的财政风险。环境风险方面处于“较高”风险等级。管理风险在风险等级为“中”的隶属度高达 5.332,表明属于中小城市的延吉市在管理方面存在较大的风险,既需要完善相关机制,保证项目实施,又要委托具备经验的设计团队和咨询单位,推进项目的实施。

(7)主要风险防范措施。

a. 走廊选址风险防范措施。根据上文分析,快速公交走廊选择存在极大的风险。由于延吉市常住人口仅 67 万,属于中等城市,若走廊选择不合适,客流量不足,可能出现快速公交利用率低下,甚至面临拆除的风险,造成建设资金的浪费。

通过项目前期现场踏勘和调查,公园路走廊高峰小时双向为 5 385 人次/h,单向为 2 800 人次/h;结合交通专项规划及周边用地开发进行交通流量预测,远期可超过 4 000~6 000 人次/h(单向),满足建设快速公交的客流条件。

b. 固定资产投资风险防范措施。延吉市 2022 年政府一般公共预算支出仅 52 亿元,延吉快速公交一期总投资约 4.4 亿元,占 8.4%,存在较大投资风险。为了缓解地方政府财政的压力的同时保证城市的基础设施建设高质量发展,在前期规划设计阶段,延吉市政府采用国家主权贷款的形式,向亚洲开发银行贷款 1.3 亿美元。该贷款利率较低,还贷期限长,具有性价比高、贷款偿还风险低的特点。同时,按照有关部门依法依规编制资金申请报告和财政评审报告,获得国家有关部门批复并享受设备进口税收优惠等政策,进一步降低财政投资风险。

5 结 语

本文结合工程经验和实际项目情况,着眼于快

速公交项目前期阶段所存在的各个方面的风险因素。研究提出由 5 个一类指标、16 个二类指标组成的快速公交规划设计阶段风险评价指标体系。采用基于博弈论的主、客观组合赋权法,主观采用层次分析法,客观赋权采用 CRITIC 赋权法,既包含了专家基于工程经验的主观意向,又保留了客观基本信息,使得风险权重更加科学合理。再基于云模型构建快速公交规划设计阶段的评价模型,研究了模糊性和随机性及两者之间的关联性。本文选择延吉快速公交项目进行实例分析,一方面检验模型的合理性和实用性,另一方面针对该项目提出了针对性的风险防控措施。

实例分析表明,该评价模型具有比较好的实用性,能够较为合理、科学地判断快速公交项目在规划设计阶段所存在的风险,可为其他快速公交项目提

供参考。

参考文献:

[1] 徐艳文.波哥大的快速公交系统[J].城市公共交通,2020(6):80-81.
[2] 孙慧娟.城市快速公交服务水平评价研究[D].成都:西南交通大学,2009.
[3] 鲁梓宏.基于 FTA 的快速公交系统运营风险研究[J].价值工程,2016,35(9):33-35.
[4] 吴兰旗.南宁市快速公交工程 PPP 项目风险管理研究[D].南宁:广西大学,2018.
[5] 陈冠桦.城市 BRT 项目施工阶段风险评价研究[D].武汉:华中科技大学,2019.
[6] 邓雪,李家铭,曾浩健,等.层次分析法权重计算方法分析及其应用研究[J].数学的实践与认识,2012,42(7):93-100.
[7] 张玉,魏华波.基于 CRITIC 的多属性决策组合赋权方法[J].统计与决策,2012(16):75-77.
[8] 沈进昌,杜树新,罗祎,等.基于云模型的模糊综合评价方法及应用[J].模糊系统与数学,2012,26(6):115-123.

《城市道桥与防洪》杂志

是您合作的伙伴,为您提供平台,携手共同发展!

欢迎新老读者订阅期刊 欢迎新老客户刊登广告

投稿网站:<http://www.csdqyfh.com> 电话:021-55008850 联系邮箱:cdq@smedi.com