

基于 DEA 的城市中运量捷运系统制式选择研究

郁强¹, 张陈楠², 张金², 许泰彦², 刘巍巍², 何祎豪³

(1. 中车城市交通有限公司, 上海, 200082; 2. 上海理工大学, 上海, 200093;
3. 浙江大学城乡规划设计研究院, 浙江 杭州, 310030)

摘要: 随着交通需求的增长, 公共交通为主的多种交通方式协调的发展理念已成共识。中运量捷运系统形式多样, 工程体量小, 选线灵活的特点使得其受到众多城市青睐; 对于中运量制式选择成为各城市公共交通发展的主要问题。本文在各种中运量捷运制式的研究分析的基础上, 通过 DEA 数据包络分析的方法, 建立了城市中运量捷运系统制式的综合决策模型。以四川省宜宾市为案例, 对快速公交、智能轨道快运系统以及有轨电车三种系统制式的适应性进行了评价排序, 研究中运量捷运系统的制式选择和对宜宾市的适应性。

关键词: 中运量捷运系统; DEA 数据包络分析; 智能轨道快运系统; 宜宾市

中图分类号: U121 **文献标识码:** A **文章编号:** 1006—7973 (2022) 10—0146—03

当前我国各城市的公共交通系统主要是以低运量的地面交通以及大运量的轨道交通相结合的单一模式, 缺少中运量捷运系统对大运量轨道交通无法联络的地区进行补充。国内外诸多知名学者对中运量捷运系统进行了研究和评价。其中, 张金辉^[1]运用层次分析法和模糊综合评价法对车辆制式选择进行综合评价。孔令洋^[2]提出了“轨道交通模式—系统制式—车辆制式”三级选型理论体系。许莹^[3]运用层次分析—灰色关联度分析方法建立了中低运量城市轨道交通系统制式决策模型。而关于城市中运量捷运系统制式的选择主要采用效率评价理论, 建立公交线路综合评价模型。此概念由 Farrell 在 1957 年第一次提出^[4], 构成了 DEA 理论的基本思想。Lovell, Färe R^[5,6]等人对 Farrell 提出的企业效率评价进行了详细的讨论分析。

本文在各种中运量捷运制式的研究分析的基础上, 通过 DEA 数据包络分析的方法, 建立综合决策模型。以四川省宜宾市为案例, 对快速公交、智能轨道快运系统以及有轨电车三种系统制式的适应性进行了评价排序, 研究中运量捷运系统的制式选择和对宜宾市的适应性。

1 城市中运量捷运系统分析

城市在选择中运量捷运系统制式时将会从运能、技术、经济、环保等多个维度进行综合考虑, 择优而行。对 BRT、现代有轨电车和智轨从技术特性、经济性、环保性以及美观和舒适性四个维度进行分析。就未来的选型和发展来看, 智轨将会是一种极具竞争力的公共交通出行方式。

2 中运量捷运系统制式选择评价方法

2.1 评价指标的选择

基于对中运量捷运系统线路服务水平评价指标内容的理解和认识, 本文研究构建了一套比较常规的公交线路服务水平评价的指标体系, 如图 1 所示。

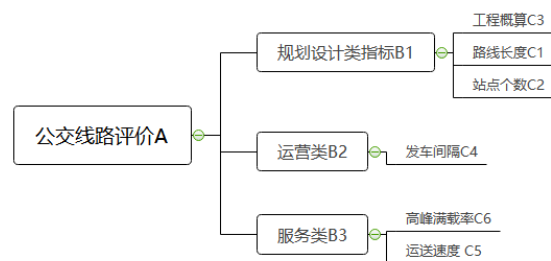


图 1 公交线路服务水平评价指标体系

2.2 中运量捷运线路综合评价模型

假设城市内有大于 n 个被输入评价的评估公交线路, 每条输入评价评估公交线路都应该有一个大于 m 种的改进输入输出评价评估指标以及一个 s 种的改进输出输入评价评估指标, 表示第 j 条输入评价评估公交线路的第 q 个输出输入评价指标, 表示第 j 条输入评价评估公交线路的第 r 个改进输出输入评价评估指标 ($q=1,2,\dots,n;r=1,2,\dots,s$), 则第 j 个输入评价评估公交线路的每个输入输出评价的目标指数, 由下列评价公交线路经过数学综合规划最优评价价值的指标个数进行决定:

$$\max h_j = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_{rj}}{\sum_{q=1}^m v_q x_{qj}}$$

$$s.t \begin{cases} \sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - \sum_{q=1}^m v_q x_{qj}, (j=1,2,\cdots,n) \\ u_r \geq 0, r=1,2,\cdots,s \\ v_q \geq 0, q=1,2,\cdots,m \end{cases} \quad (1)$$

式中: v_q 为输入指标 q 的权重系数; u_r 为输出指标 r 的权重系数。通过 C^2 的对偶变换, 可得 $\min=V_D$

$$s.t \begin{cases} \sum_j x_j \lambda_j + S^- = \theta x_j \\ \sum_j y_j \lambda_j + S^+ = y_j \\ \lambda_j \geq 0, (j=1,2,\cdots,n) \\ S^- \geq 0, S^+ \geq 0 \end{cases} \quad (2)$$

式中: S^- 为松弛变量, S^+ 为剩余变量

在实际情况下, 大部分的决策单元都能取到最大的效率值 1, 所以仅仅通过 V_D 不能区分决策单元的优劣。因此, 为解决决策单元取值问题, 将对决策单元的优劣进行排序, 此处采用对抗型交叉效率模型。

交叉效率评价矩阵为:

$$E = \begin{bmatrix} E_{11} & E_{12} & \cdots & E_{1n} \\ E_{21} & E_{22} & \cdots & E_{2n} \\ \vdots & \vdots & \cdots & \vdots \\ E_{n1} & E_{n2} & \cdots & E_{nn} \end{bmatrix} \quad (3)$$

矩阵中的代表第 i 个决策单元对于第 j 个决策单元的评价值, 即交叉效率评价, 当 $i=j$ 时, 等于模型的评价结果, 用第 j 列的平均值表示决策单元 DM 的综合评价结果。

3 四川宜宾中运量捷运系统制式实例研究

3.1 宜宾概况

宜宾, 四川省辖地级市, 有“万里长江第一城、中国酒都、中国竹都”之称。辖区面积 13283 平方千米, 辖 3 区、7 县。随着宜宾市本地经济的发展, 给城市的交通带来了日渐增加的压力, 因此对宜宾的骨干型城市交通系统建设提出了一个新的发展要求: 宜宾需要研究构建一个多层次的骨干型公共交通系统结构, 弥补现有公共交通服务系统结构性的缺失, 提升公共交通服务水平。

3.2 中运量捷运系统制式选择方案

考虑宜宾市的城市人口与其国内生产总值规模, 根据 2003 年关于申报发展中低速轻轨的基本条件, 结合宜宾市的实际情况, 确定可供选择的中运量捷运系统制式方案主要有 3 个, 分别为 BRT 快速公交、ART 智能城市轨道快运交通系统 (以下简称智轨) 以及有轨电车。因此将通过选定评价指标对这 3 种制式的适应性做出评价。

3.3 确定评价指标

输入指标主要是指公交运营服务企业和提供者的输入, 即公交运营企业在公交服务运营中需要投入的人力和资源, 输出是指客流量, 车票销售, 以及服务的满意度, 乘坐的舒适度等各种质量性地产出。由于本文中的 DEA 评价指标模型特别要求每项评价指标的数量最好不超过公交服务决策中每个单元的评价指标数量, 过综合分析考虑后选定的输入和输出指标为权重较大的 6 项: 线路长度 U11、站点个数 U12、发车间隔 U13、工程概算 U14、运送速度 U21、高峰满载率 U22。

3.4 DEA 模型的计算结果

模型指标输入后并不断进行调整, 利用对抗型交叉效率评价模型计算各个公交线路的相对效率, 通过计算矩阵中各列的平均值可得到各公交线路的平均效率值并对其进行优劣排序, 计算结果及排序情况如图 2 所示。

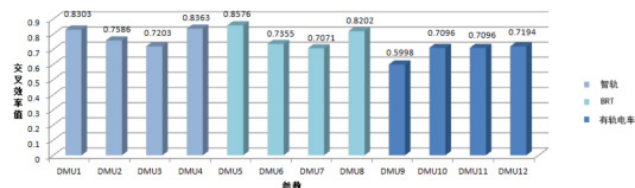


图2 新交叉效率模型评价结果及排序情况

结果显示, 将智轨 1 线的发车间隔调小之后, 它的效率值排名有了明显的上升。由此可以得出发车间隔对效率的影响是较大的。在城市公共交通运输规划设计时将发车间隔进行调整优化, 减小延误, 使车辆更加准时, 保证服务效率。

4 结论

(1) 以快速公交、智能轨道快运系统和现代有轨电车等为代表的城市中运量捷运系统能够作为二线城市的轨道交通的骨干线, 以及现在多方面的组团线, 满足区域间的接驳, 成为城市发展的大势所趋。

(2) 城市轨道交通系统制式选择是一项复杂的系

钢混组合结构桥在危桥快速改造中的应用

李秀金, 沈红军, 荆伟伟, 杨永平

(嘉善县交通运输局, 浙江 嘉兴 314100)

摘要: 钢混组合结构桥与混凝土梁桥相比具有自重轻、施工快、养护简单的优点, 本文以芦墟塘桥为例验证了钢混组合结构桥施工的高效性以及公路周边地形的良好适用性, 为我国的危桥快速改造施工提供新思路。

关键词: 钢混组合结构桥; 危桥改造

中图分类号: U443

文献标识码: A

文章编号: 1006—7973 (2022) 10—0148—03

1 引言

桥梁是地区发展的纽带, 保障其正常运营是经济发展的必要条件。我国大量早期建设的桥梁在长时间运营后因原设计标准低, 重载交通、船舶撞击、环境侵蚀等因素影响, 出现裂缝、破损、露筋锈蚀等病害, 导致桥梁承载力下降, 成为危桥。为保障安全运营, 必须有计划地对这部分桥梁改造, 延长其使用寿命, 恢复其承载能力, 满足持续正常的交通运输需求。对桥梁损伤情况进行科学评估, 制定精细化的改造方案, 不仅避免拆除重建耗费大量资金, 也具有极大的社会和经济效益。

本文以杨汾线芦墟塘桥危桥改造为例, 对改造方案比选过程加以分析, 介绍其主要施工要点等, 可为同类工程参考。

2 钢混组合结构桥特点

钢混组合结构用于桥梁上部, 组成同一截面受力,

使钢材的抗拉性能和混凝土的抗压性能均得到充分发挥。此外, 钢混组合结构与钢筋混凝土结构相比, 还具有结构自重轻、截面小、抗震性能好、施工方便、经济耐用、养护简单等优点, 与单一钢梁结构相比用钢量少、造价低、稳定性好, 因此在桥梁工程中得到广泛应用。常用的钢混组合结构形式有钢板组合梁、钢箱组合梁、钢桁架组合梁、波纹钢腹板组合梁、钢桁腹杆组合梁等。其中钢板组合梁桥和钢桁架组合梁桥因结构简单、加工方便在农村公路的中、小桥建设中逐渐应用推广。

3 工程实例

3.1 桥梁概况

芦墟塘桥位于嘉兴市嘉善县县道杨汾线上, 于1986年建成通车, 跨径 $3 \times 27\text{m}$, 全长 88.8 米宽 9 米, 跨芦墟塘 VI 级航道。上部结构采用钢筋混凝土钢架拱桥 (图 1), 拱片间各设 1 道微弯板, 每道微弯板各设 8

统工程, 影响因素很多, 结合线路具体特点, 选出合适的系统制式不仅需要很渊博的专业知识, 还需要丰富的工程经验。对城市轨道交通制式选择的分析, 仍需进一步的研究优化已经建立的评价指标体系; 中低运量的城市轨道交通仍在发展阶段, 缺少作为依据的基础数据, 在今后的研究分析中, 要不断收集累计数据, 进行对比分析, 加强基础研究, 为优化评价指标体系提供依据。

参考文献:

- [1] 张金辉. 城市轨道交通车辆制式选择技术研究 [D]. 北京: 北京交通大学, 2008. DOI:10.7666/d.y1339810.
- ZHANG JinHui. Research on Train Location Method in Urban Rail Traffic [D]. Beijing Jiaotong University, Beijing, China, 2008. DOI:10.7666/d.y1339810.

- [2] 孔令洋. 城市轨道交通系统型式选择研究 [D]. 北京交通大学, 2009.

KONG LingYang. Study on the Urban Rail Transit Category Selection [D]. Beijing Jiaotong University, Beijing, China, 2009.

- [3] 许莹. 中低运量城市轨道交通系统制式选择研究 [D]. 北京交通大学, 2014.

- [4] Farrell M J. The Measurement of Productive Efficiency [J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1957, 120(3):253-290.

- [5] Fare R, Grosskopf S, Lovell C A K. The Measurement of Efficiency of Production [J]. 1985, 10.1007/978-94-015-7721-2.

- [6] Fare R, Norris G M. Productivity Growth, Technical Progress, and Efficiency Change in Industrialized Countries: Reply [J]. American Economic Review, 1997, 87(5):1040-1043.