

doi: 10.3969/j.issn.1002-0268.2015.05.022

# 灵活型定制公交系统综合评价方法研究

卢小林, 张 娴, 俞 洁, 邹 难

(山东大学 控制科学与工程学院, 山东 济南 250061)

**摘要:** 灵活型定制公交系统作为新型辅助式公交客运模式, 其评价指标体系和综合评价方法的研究是对该系统进行全面认识、有效评估、科学改进的重要前提。在对灵活型定制公交系统内涵及评价指标研究现状进行综述的基础上, 从乘客感知、公交运营、政府管理3个层面构建了系统综合评价指标体系, 并给出了每一指标值的获取方法和建议取值。随后根据系统固有特点, 结合各种评价方法优缺点, 构建了基于层次分析法的灰色关联度综合评价模型。最后对济南市131路模拟灵活型定制公交线路进行了综合评价。结果表明: 该灵活型定制公交线路运营合理, 处于二级良好水平。

**关键词:** 交通工程; 灵活型定制公交系统; 层次分析法; 灰色关联度; 评价指标体系; 综合评价

中图分类号: U491.1<sup>+</sup>7

文献标识码: A

文章编号: 1002-0268(2015)05-0135-06

## Research of a Comprehensive Evaluation Method for Customized Flexible Transit System

LU Xiao-lin, ZHANG Xian, YU Jie, ZOU Nan

(School of Control Science and Engineering, Shandong University, Jinan Shandong 250061, China)

**Abstract:** The customized flexible transit system is a new emerging mode of auxiliary public transit system in recent years. The research of its evaluation index system and comprehensive evaluation method is the basis of better understanding, valid assessment and scientific improvement of such a system. Based on the review of the connotation and the evaluation of the system, we established a comprehensive evaluation index system from the perspectives of passenger perception, bus operation and government management, and gave the access method and recommended value of each index. Then, we developed a synthetic evaluation model of grey correlation based on analytic hierarchy process (AHP) based on the inherent characteristics of the system and the advantages and disadvantages of various evaluation methods. At last, the comprehensive evaluation on the simulated customized flexible transit system for Route 131 in Jinan City is conducted. The result reveals that the operation of the simulated system is reasonable and the evaluation result is good and in the second level.

**Key words:** traffic engineering; customized flexible transit system; analytic hierarchy process; grey correlation; evaluation index system; comprehensive evaluation

## 0 引言

随着居民出行的需求逐步呈现出多样化的趋势, 相对单一的常规公交系统服务模式已很难满足出行者多样化、个性化的出行需求, 且在客流量较少的

新兴区域中运营效率低下。在这种矛盾之下, 旨在解决高峰期人流密集区居民上下班乘坐公交出行难和公交服务质量差等问题的定制公交的推广和应用初露端倪。定制公交的目的是解决高峰期居民乘坐公交出行难的问题, 因此其遵循“定人、定点、定

收稿日期: 2014-08-15

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2014BAG03B04); 山东大学基本科研业务专项资金项目(2014JC036)

作者简介: 卢小林(1988-), 女, 山东冠县人, 博士研究生. (luxiaolin1314@gmail.com)

时、定价、定车”的服务原则<sup>[1]</sup>，能够很好地吸引部分客流并保证高水平的服务质量。然而在平峰期或客流需求尚未达到开线要求的地区，居民乘坐公交出行仍然面临着“最后一公里”的难题，急需一种更加灵活的公交系统来提供舒适、灵活的服务。

灵活型定制公交系统是一种介于常规固定线路公交系统（Fixed Route Transit, FRT）和需求响应公交系统（Demand Responsive Transit, DRT）之间的新型公交服务模式，能够为乘客提供方便快捷的门口到门出行服务<sup>[2]</sup>。不同于常规公交相对固定的运营模式，该系统能够根据乘客预约信息灵活调整运营线路和站点，采用中小巴实现运营服务，同时具有常规公交的低成本性和需求响应型公交的高灵活性，是解决居民出行“最后一公里”的有效途径，同时也是城市公共交通辅助客运模式的重要发展方向<sup>[3]</sup>。

灵活型定制公交系统综合评价体系研究是对该系统进行全面认识和有效评估的基础，它能够为系统组织优化、运营成本控制、政府宏观调控等方面提供科学依据。目前国内外对灵活型定制公交系统评价体系方面的研究较少。国外研究主要集中于影响因素确定<sup>[4-5]</sup>、环境影响评价<sup>[6]</sup>、企业运营效益<sup>[7-9]</sup>等单一方面；国内则局限于需求响应型公交服务质量评价指标的简要阐述<sup>[10]</sup>。国内外对灵活型定制公交系统综合评价体系方面的研究仍处于空白阶段。

### 1 灵活型定制公交系统评价体系

#### 1.1 评价体系建立

综合考虑灵活型定制公交系统涉及范围主体。以评价体系构建的科学性和系统性为指导，以指标选取的简洁性、独立性、可操作性为原则，从乘客感知（服务对象）、公交运营（服务提供）、政府管理（服务监督）3个层面，建立了灵活型定制公交系统综合评价指标体系，共计 15 个评价指标，如图 1 所示。各评价指标描述及获取方式如表 1 所示。

#### 1.2 评价指标无量纲化

在灵活型定制公交系统评价指标体系建立的基础上，对各评价指标进行量化并确定其评价等级。指标  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$  的量化和评价等级界定，参考国内外相关需求响应型公共交通系统研究成果<sup>[4,9]</sup>，根据灵活型定制公交系统特征加以修正；指标  $A_7, A_8, A_{10}, A_{11}, A_{13}, A_{14}$  的衡量与常规型公共交通系统相似，其量化和评价等级界定参考常规型公共交通系统指标量化方法和等级界定经验确

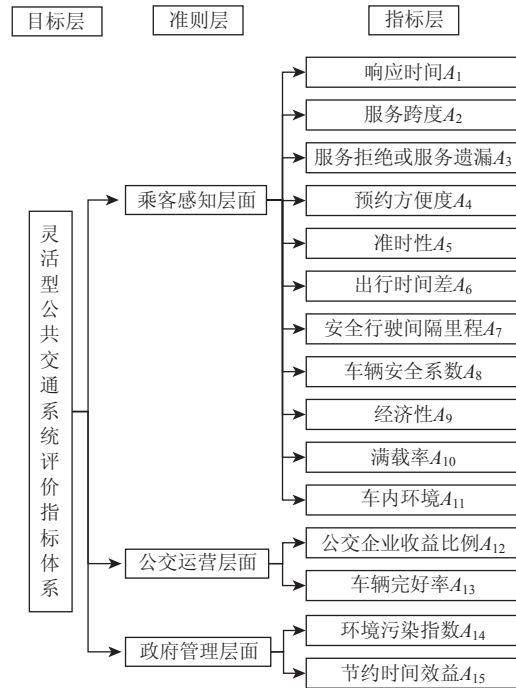


图 1 灵活型定制公交系统综合评价指标体系  
Fig. 1 Comprehensive evaluation index system of customized flexible transit system

表 1 灵活型定制公交系统评价指标描述  
Tab. 1 Description of customized flexible transit system evaluation indexes

指标名称	指标描述	指标获取方式
响应时间 $A_1/h$	预约时间与提供服务时间之间的最小差值	系统固有特征
服务跨度 $A_2/h$	以周为单位，对每天的服务小时数进行加权	系统固有特征
服务拒绝或服务遗漏 $A_3/\%$	服务拒绝或服务遗漏的次数占所有意愿出行次数的百分比	统计
预约方便度 $A_4/min$	预约所用总时间与总预约次数的比值	统计
准时性 $A_5/\%$	允许时间范围内到达指定站点的次数占出行总次数的百分比	统计
出行时间差 $A_6/min$	灵活型定制公交出行时间与对应的小汽车出行时间的差值	计算
安全行驶间隔里程 $A_7/万公里$	车辆总行程与车辆发生责任事故数的比值	统计
车辆安全系数 $A_8/\%$	车厢内各安全性指标符合情况	系统固有特征
经济性 $A_9$	对比灵活型定制公交出行与常规型公交出行、出租车出行费用	计算
满载率 $A_{10}/\%$	实际载客量与额定载客量比值	统计

续表 1

指标名称	指标描述	指标获取方式
车内环境 $A_{11}/\%$	车厢内各环境指标符合情况	系统固有特征
公交企业收益比例 $A_{12}/\%$	灵活型定制公交收益率占常规型公共交通收益率的百分比	计算
车辆完好率 $A_{13}/\%$	完好车日占运营车日的百分比	统计
环境污染指数 $A_{14}$	各污染物实际排放值与国家要求排放限值的比值	计算
节约时间效益 $A_{15}$	灵活型定制公交出行时间与常规型公交出行时间的比值	计算

定<sup>[11-12]</sup>; 指标  $A_6, A_9, A_{12}, A_{15}$  的量化和评价等级界定则基于以上两种情况, 结合灵活型定制公交系统自身特点确定。最终得到灵活型定制公交系统评价指标评价等级建议值如表 2 所示。可以看出, 各评价指标具有不同的单位, 不具有任何可比性, 因此需要将各评价指标进行无量纲化处理, 使各个评价价值转化为 0~1 之间的具体数值。针对越小越优型(如成本)和越大越优型(如效益)两种评价指标, 分别给出两种类型的评价指标隶属度函数。

表 2 灵活型定制公交系统评价指标等级建议值

Tab. 2 Suggested values of levels of customized flexible transit system evaluation indexes

指标	评价等级				
	一级	二级	三级	四级	五级
响应时间 $A_1/h$	小于 0.5 h	0.5 h 到 2 h	超过 2 h 但仍在当天提供服务	提前 24 h 预定, 第 2 天服务	提前 24 h 以上预定
服务跨度 $A_2/h$	$\geq 90$	[60, 90)	[30, 60)	[20, 30)	< 20
服务拒绝或服务遗漏 $A_3/\%$	$\leq 1$	(1, 3]	(3, 5]	(5, 10]	> 10
预约方便度 $A_4/min$	$\leq 1$	(1, 2]	(2, 3]	(3, 5]	> 5
准时性 $A_5/\%$	$\geq 95$	[90, 95)	[85, 90)	[80, 85)	< 80
出行时间差 $A_6/min$	$\leq 5$	(5, 10]	(10, 20]	(20, 30]	> 30
安全行驶间隔里程 $A_7/$ 万公里	$\geq 125$	[100, 125)	[75, 100)	[50, 75)	< 50
车辆安全系数 $A_8/\%$	100	[85, 100)	[70, 85)	[60, 70)	< 60
经济性 $A_9$	小于常规公交	大于常规公交, 小于出租车 30%	大于出租车 30%, 小于出租车 50%	大于出租车 50%, 小于出租车 80%	大于出租车 80%
满载率 $A_{10}/\%$	$\leq 60$	(60, 70]	(70, 80]	(80, 90]	> 90
车内环境 $A_{11}/\%$	100	[80, 100)	[70, 80)	[50, 70)	< 50
公交企业收益比例 $A_{12}/\%$	$\geq 90$	[80, 90)	[70, 80)	[60, 70)	< 60
车辆完好率 $A_{13}/\%$	$\geq 95$	[92, 95)	[88, 92)	[85, 88)	< 85
环境污染指数 $A_{14}$	< 0.4	[0.4, 0.6]	[0.6, 0.75]	[0.75, 1.0)	$\geq 0.7$
节约时间效益 $A_{15}$	< 0.5	[0.5, 0.8)	[0.8, 1.2)	[1.2, 1.5)	$\geq 1.2$

(1) 指标越小越优型无量纲化隶属度函数

$$U_{d_i}(X_i) = \begin{cases} 1, & X_i \leq m_i \\ (M_i - X_i)/(M_i - m_i), & X_i \in d_i, \\ 0, & X_i \geq M_i \end{cases} \quad (1)$$

式中,  $X_i$  为原评价指标值;  $U_{d_i}(X_i)$  为无量纲化处理后的评价指标值;  $d_i = [m_i, M_i]$  为评价指标值论域。

(2) 指标越大越优型无量纲化隶属度函数

$$U_{d_i}(X_i) = \begin{cases} 1, & X_i \geq M_i \\ (X_i - m_i)/(M_i - m_i), & X_i \in d_i, \\ 0, & X_i \leq m_i \end{cases} \quad (2)$$

## 2 灰色关联度综合评价模型

灵活型定制公交系统是一个复杂的综合性系统, 单一的常规评价方法不能准确地对系统进行全面评价, 需要根据系统的固有特点, 结合各种评价方法的优缺点, 构建适合灵活型定制公交系统的综合评价模型。

该系统作为新兴模式, 一是没有足够的经验数据支撑其模型参数; 二是其评价体系涉及因素较多, 指标较为复杂, 部分指标之间存在关联性和重复性, 信息相对不完全。因此本文选用灰色关联度分析法建立综合评价模型。考虑到灰色关联度分析法将所有指标对于总目标的影响程度视作等同, 评价可信度较低, 本文首先通过科学的方法确定指标权重, 将其与关联度系数相结合, 增加评价结果的科学性和有效性。由于层次分析法具有可置换性、互容性、对称性等较优性质, 能够有效地将定性分析与定量分析相结合, 适用于灵活型定制公交系统评价指标权重的确定。因此, 本文引入基于层次分析法的灰色关联度综合评价模型, 在建立基于三方主体的综合评价体系同时量化评价指标的基础上, 进一步对各指标进行无量纲化处理, 利用层次分析法, 对系统各指标的权重进行判断, 进而建立灰色关联度评价矩阵, 与各指标权重相结合, 确定灵活型公共交通系统总体水平的综合评价结果。

### 2.1 构造判断矩阵

层次分析法将同层次之间各评价指标的重要程度进行两两相互比较和判断, 通过引入合适的数值表示判断结果, 这些数值构成判断矩阵  $B = [b_{ij}]_{n \times n}$ , 其中  $i, j \in (1, 2, \dots, n)$ ,  $n$  为该层指标数量。

$$B = \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & \dots & b_{1n} \\ b_{21} & b_{22} & \dots & b_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ b_{n1} & b_{n2} & \dots & b_{nn} \end{bmatrix}, \quad (3)$$

式中,  $b_{ij}$  为指标  $i$  相对于指标  $j$  的重要性, 并且  $1 \geq b_{ij} = 1/b_{ji}$  ( $i \neq j$ )  $> 0$ 。矩阵  $B$  也称为正反矩阵, 其构造可以使权重决策判断定量化, 通常情况下采用 1-9 标度法进行构造。

## 2.2 判断矩阵的一致性检验及权重的计算

利用和积法完成矩阵  $B$  每一列的归一化处理, 得到各指标的权重向量矩阵  $W$ :

$$W = W_i / \sum_{i=1}^n W_i, \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (4)$$

式中  $W_i$  为指标  $i$  的权重向量, 进而对判断矩阵  $B$  的最大特征根  $\lambda_{\max}$  进行求解。

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(BW)_i}{W_i}, \quad (5)$$

式中  $(BW)_i$  为向量  $BW$  的第  $i$  个元素。

从而得到一致性比例  $CR$ :

$$CR = \frac{(\lambda_{\max} - n)}{(n - 1)RI}, \quad (6)$$

式中  $RI$  为平均一致性指标。对于一、二阶矩阵,  $RI$  为 0, 可以不进行检验。当  $n > 3$  时, 若  $CR < 0.1$ , 可判定矩阵  $B$  具有一致性, 即它的不一致程度是合理的。反之, 当  $CR > 0.1$  时, 则判定矩阵  $B$  不具有有一致性, 即它的一致性程度是不合理的, 应对矩阵  $B$  进行一定的调整, 然后重新计算新判断矩阵的一致性, 直到判断矩阵具有一致性为止。

## 2.3 建立二级指标评价矩阵

根据规定的指标评价等级, 本文确定综合评价等级  $Z = (z_1, z_2, z_3, z_4, z_5) = (\text{优秀, 良好, 一般, 较差, 差}) = (\text{一级, 二级, 三级, 四级, 五级})$ 。对无量纲化的二级指标值进行单独评价, 设共有  $n$  个二级指标集, 每个二级指标集有  $m$  个评价指标, 其中  $i = 1, 2, \dots, n, j = 1, 2, \dots, m$ , 从而建立二级指标评价矩阵  $E_i$ :

$$E_i = (e_{ij1}, e_{ij2}, e_{ij3}, e_{ij4}, e_{ij5}) = \begin{bmatrix} e_{i11} & e_{i12} & \cdots & e_{i15} \\ e_{i21} & e_{i22} & \cdots & e_{i25} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ e_{im1} & e_{im2} & \cdots & e_{im5} \end{bmatrix}. \quad (7)$$

## 2.4 建立灰色关联度评价矩阵

根据灰色关联度理论, 二级指标  $e_{ij}$  为参考指标。由无量纲化隶属度函数以及向量评语集可知, 无量纲化指标评价值越趋近于 1, 则表示评价结果越好, 因此令相对最优比较指标为  $e_o = (e_{o1}, e_{o2}, e_{o3}, \dots, e_{om}) = (1, 1, 1, \dots, 1)$ , 其中  $m$  为该评价指标集合中评价指标的个数。基于灰色关联度的内涵, 二级指

标各点的灰色关联度为:

$$r(e_{ij}, e_{oj}) = \frac{\min_{1 \leq i \leq n} \min_{1 \leq j \leq m} |e_{ij} - 1| + 0.5 \max_{1 \leq i \leq n} \max_{1 \leq j \leq m} |e_{ij} - 1|}{|e_{ij} - 1| + 0.5 \max_{1 \leq i \leq n} \max_{1 \leq j \leq m} |e_{ij} - 1|}. \quad (8)$$

令关联系数  $r_{ij} = r(e_{ij}, e_{oj})$ , 则二级指标灰色关联度评价矩阵  $R_i$  为:

$$R_i = \begin{bmatrix} r_{i11} & r_{i12} & \cdots & r_{i15} \\ r_{i21} & r_{i22} & \cdots & r_{i25} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{im1} & r_{im2} & \cdots & r_{im5} \end{bmatrix}. \quad (9)$$

## 2.5 确定一级指标评价向量

以二级指标权重向量与二级指标灰色关联度评价矩阵的乘积作为一级指标灰色关联度评价矩阵, 将一级指标权重向量与一级指标灰色关联度评价矩阵相乘, 得到一级指标评价向量  $\tilde{Z}$  为:

$$\tilde{Z} = W \cdot \tilde{C} = (W_1, W_2, \dots, W_i) \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{15} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{25} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{i1} & c_{i2} & \cdots & c_{i5} \end{bmatrix} = (z_1, z_2, z_3, z_4, z_5), \quad (10)$$

式中  $\tilde{C}$  为一级指标灰色关联度评价矩阵。

## 2.6 确定综合评价结果

为便于评价, 将  $\tilde{Z}$  做归一化处理, 即:

$$Z = \left\{ \frac{z_1}{\sum_{q=1}^5 z_q}, \frac{z_2}{\sum_{q=1}^5 z_q}, \frac{z_3}{\sum_{q=1}^5 z_q}, \frac{z_4}{\sum_{q=1}^5 z_q}, \frac{z_5}{\sum_{q=1}^5 z_q} \right\}, \quad (11)$$

式中  $q$  为综合评价等级的个数。

按照隶属度最大原则, 选取  $\max_q (z_q / \sum_{q=1}^5 z_q)$  对应的等级作为综合评价结果, 也可取各种评价等级值向量  $D = (0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1)^T$ , 最终得到最后的综合评价值  $S = Z \cdot D$ 。

## 3 案例分析

参考国内相关灵活型定制公交系统适应性分析研究成果<sup>[15]</sup>, 选取济南市 131 路公交线路进行灵活型定制公交运营模拟, 并对模拟案例进行综合分析与评价。

### 3.1 案例背景

济南市 131 路公交线路如图 2 所示, 全长 6.8 km, 主要是为出行者提供偏远地区 (经旅游路沿线) 至大型换乘点燕山立交桥之间的短距离公交

运输服务, 是典型的连接城市外围居民区与城市主要公交换乘点的支线公交线路。根据线路特点、沿线用地功能、人口分布情况, 结合各站点上下客人数, 对 131 路常规型公交线路进行灵活型定制公交运营模拟, 选取固定站点及预约站点如图 3 所示, 对上行线路进行灵活型定制公交模拟案例分析。



图 2 济南市 131 路常规公交线路走向和站点

Fig. 2 Route and stops of Jinan No. 131 conventional bus



图 3 济南 131 路灵活型定制公交固定和预约站点

Fig. 3 Route and fixed and appointed stops of Jinan No. 131 customized flexible bus

### 3.2 综合评价

采用基于层次分析法的灰色关联度评价模型, 对济南 131 路模拟灵活型定制公交案例进行综合评价。根据 131 路常规公交运营数据和模拟灵活型定制公交运营结果, 对评价指标值进行统计和收集, 参考各评价指标等级界定建议值, 对各指标进行无量纲化处理, 结果如表 3 所示。

最终, 济南市 131 路模拟灵活型定制公交评价指标值和无量纲化结果如表 3 所示, 其运营综合评价结果如表 4 所示。

取各评价等级值向量  $D = (0.9, 0.7, 0.5, 0.3, 0.1)^T$ , 则  $S = Z \cdot D = 0.668$ , 可知 131 路模拟灵活型定制公交运营评价等级为二级, 同时按照隶

表 3 济南市 131 路模拟灵活型定制公交评价指标值和无量纲化结果

Tab. 3 Evaluation data and nondimensionalization result of simulated customized flexible transit system Jinan No. 131 bus

指标层	指标值	无量纲化评价值
响应时间 $A_1/h$	1	0.73
服务跨度 $A_2/h$	15	0.78
服务拒绝或服务遗漏 $A_3/\%$	0	1.00
预约方便度 $A_4/min$	2.5	0.50
准时性 $A_5/\%$	78.5	0.19
出行时间差 $A_6/min$	13.6	0.57
安全行驶间隔里程 $A_7/万公里$	251	1.00
车辆安全系数 $A_8/\%$	6 项	0.85
经济性 $A_9$	大于常规公交, 占出租车费用 33%	0.63
满载率 $A_{10}/\%$	75	0.50
车内环境 $A_{11}/\%$	6 项	1.00
公交企业收益比例 $A_{12}/\%$	80	0.60
车辆完好率 $A_{13}/\%$	98.65	1.00
环境污染指数	0.50	0.70
节约时间效益	10.8	0.46

表 4 济南市 131 路模拟灵活型定制公交运营评价结果

Tab. 4 Evaluation result of simulated operation of customized flexible transit system of Jinan No. 131 bus

等级	一级	二级	三级	四级	五级
范围	[0.8, 1]	[0.6, 0.8]	[0.4, 0.6]	[0.2, 0.4]	[0, 0.2]
结果	21.9%	48.7%	25.1%	0	4.3%

属度最大原则, 其评价在二级范围内所占比例最大。综上所述, 济南市 131 路模拟灵活型定制公交运营处于二级良好水平。

### 3.3 结果分析与建议

济南市 131 路灵活型定制公交模拟线路评价分值为 0.668 分 (总分 1 分), 按照 5 个等级 (优秀、良好、中等、较差、差) 来衡量, 属于二级良好级别, 反映出该模拟线路总体属于中等偏上水平。

(1) 乘客感知层面评价。系统几乎不存在拒绝和遗漏乘客的情况, 车内设施完备, 舒适度、安全性等方面服务水平也较高, 能够满足乘客需求; 预约方便度、出行时间、出行费用处于一般水平, 有必要通过预约方式的改进和运营组织的优化来缩短预约时耗、减少出行时间、降低出行费用; 准时性作为乘客十分关注的因素, 评价结果较低, 在一定程度上拉低了系统整体水平, 有待通过系统调度的优化等予以提高。

(2) 公交运营层面。从常规公交到灵活型定制

公交的转变,在一定程度上增加了运营成本。然而灵活定制公交系统具有方便、灵活、舒适等多种优越性,同时能够为老年人、残疾人等弱势群体提供满意服务。考虑到公共交通的社会效益理应大于经济效益,且灵活定制公交的运营成本在可接受范围之内,因此从公交运营层面分析,该灵活型定制公交系统运营水平良好。

(3) 政府管理层面。灵活型定制公交系统的投入使用可有效降低能源消耗和污染物排放,可以考虑使用新型环保车辆代替燃油车辆,进一步减少环境污染。灵活型定制公交系统与对应的常规型公交系统出行时间持平,应当通过系统层面的优化进一步提升灵活型定制公交系统节约时间效益的能力。

#### 4 结论

本文在对灵活型定制公交系统内涵和评价指标研究现状进行分析综述的基础上,建立了灵活型定制公交系统综合评价指标体系,构建了基于层次分析法的灰色关联度综合评价模型。最终以济南市131路模拟灵活型定制公交线路为例,证明了评价指标体系和评价模型的科学性和可行性。本文提出的灵活型定制公交系统综合评价指标体系和评价方法,有助于从乘客、公交公司、政府3个层面系统全面地为灵活型定制公交系统在我国的推广、建设、运营提供科学有效的参考。

#### 参考文献:

#### References:

- [1] 徐康明, 李佳玲, 冯浚, 等. 定制公交服务初探 [J]. 城市交通, 2013 (5): 24 - 27.  
XU Kang-ming, LI Jia-ling, FENG Jun, et al. Discussion on Subscription Bus Services [J]. Urban Transport of China, 2013 (5): 24 - 27.
- [2] 杨冰, 宋俊. 论发展门到门公共交通 [J]. 公路交通科技, 2002, 19 (4): 101 - 104.  
YANG Bing, SONG Jun. Development of Door-to-Door Public Transport [J]. Journal of Highway and Transportation Research and Development, 2002, 19 (4): 101 - 104.
- [3] 潘述亮, 俞洁, 卢小林, 邹难. 灵活型公交服务系统及其研究进展综述 [J]. 城市交通, 2014, 12 (2): 62 - 68.  
PAN Shu-liang, YU Jie, LU Xiao-lin, ZOU Nan. A Review of Flexible Transit Service [J]. Urban Transport of China, 2014, 12 (2): 62 - 68.
- [4] KFH Group, Urbitran Associates, McCollom Management Consulting, et al. Guidebook for Measuring, Assessing, and Improving Performance of Demand-response Transportation [M]. Washington, D. C.: Transportation Research Board, 2008.
- [5] ELLIS E H, MCCOLLOM B E. Guidebook for Rural Demand-response Transportation: Measuring, Assessing, and Improving Performance [M]. Washington, D. C.: Transportation Research Board, 2009.
- [6] DIANA M, QUADRIFOGLIO L, PRONELLO C. Emissions of Demand Responsive Services as an Alternative to Conventional Transit Systems [J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2007, 12 (3): 183 - 188.
- [7] SANDLIN A B, ANDERSON M D. Serviceability Index to Evaluate Rural Demand-responsive Transit System Operations [J]. Transportation Research Record, 2004, 1887: 205 - 212.
- [8] PALMER K, DESSOUKY M, ZHOU Z. Factors Influencing Productivity and Operating Cost of Demand Responsive Transit [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2008, 42 (3): 503 - 523.
- [9] MAGEEAN J, NELSON J D. The Evaluation of Demand Responsive Transport Services in Europe [J]. Journal of Transport Geography, 2003, 11 (4): 255 - 270.
- [10] 杨晓光, 滕靖. 公共交通通行能力和服务质量手册 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2010.  
YANG Xiao-guang, TENG Jing. Manual of Transit Capacity and Service Quality [M]. Beijing: China Architecture & Building Press, 2010.
- [11] 陈柳. 常规公交服务质量评价指标及对策研究 [D]. 重庆: 重庆交通大学, 2012.  
CHEN Liu. Research for Evaluation Index and Countermeasures of Service Quality in Conventional Public Transport [D]. Chongqing: Chongqing University, 2012.
- [12] 胡启洲. 城市常规公共交通系统评价方法研究 [D]. 南京: 东南大学, 2008.  
HU Qi-zhou. Study on Urban Conventional Public Transport System Evaluation Method [D]. Dongnan University, 2008.
- [13] 王颖. 需求响应型公共交通系统框架设计及适应性评价关键技术研究 [D]. 济南: 山东大学, 2012.  
WANG Ying. Research on Demand Responsive Transit System Framework Design and Adaptability Analysis Key Technology [D]. Jinan: Shandong University, 2012.