

# 武汉公共交通与城市发展适应性研究

詹斌, 郑撼昊

(武汉理工大学 交通学院, 湖北 武汉 430063)

**摘要:** 随着近年来武汉城市圈的不断扩张及社会的发展, 公共交通面临不断增长的出行需求的考验。为评价近期武汉公共交通与城市发展的适应性, 分析两者发展中存在的短板, 从公共交通投入、运营服务、环境效益三方面选取指标建立武汉城市公共交通系统评价指标体系, 利用层次分析法得到判断矩阵, 结合 MATLAB 软件计算各指标权重并对指标进行筛选, 采用二级模糊综合评价法构建模糊评价关系矩阵得到适应性评价向量, 根据最大隶属度原则和适应性评价等级确定武汉公共交通与城市发展之间的适应程度为基本适应; 最后对公共交通系统的改进给出相关建议, 为未来武汉公共交通发展提供参考。

**关键词:** 城市交通; 公共交通; 城市发展; 适应性评价; 武汉

中图分类号: U491

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2020)01-0016-04

公共交通是城市现代化建设的重要部分, 对政治、经济、文化等都有重大影响, 特别是对于大城市, 其发展水平的高低直接关系到城市能否有效运转。若公共交通的发展落后于城市的发展, 则会阻滞未来城市的发展; 而公共交通的发展领先于城市发展超过合理范围, 又可能造成不必要的资源浪费。而且公共交通与城市发展是否相适应, 将对城市未来发展战略的制定产生很大影响。

自“十三五”以来, 武汉城市发展迎来高速增长期, 2018 年 GDP 达到 14 847.29 亿元, 较上年增长 8%; 常住人口达 1 108.1 万人, 较上年增加 18.81 万人。公共交通的发展也紧随其后, 2018 年常规公交线路达 519 条, 较上年增长 9.03%; 全年公交客运量 14.97 亿人次, 同比增长 2.5%。总体而言, 武汉城市发展和公共交通都处于较好的发展势头。随着“军运会”的召开, 武汉城市发展必将进入一个崭新阶段。因此, 对武汉公共交通发展与城市发展的适应程度作出评价十分必要。由于城市公共交通与城市发展的适应性涉及因素复杂、评价对象层次性明显, 选取层次分析和模糊综合评价相结合的方式, 先运用层次分析法确定各指标权重、筛选指标并构建指标体系, 再采用模糊综合评价法进行总体评价。

## 1 公共交通与城市发展评价指标体系

### 1.1 指标体系的构建

参考相关文献和有关学者意见, 将武汉城市公共交通对城市发展适应性的评价指标分为公共交通

投入、运营服务、环境效益三方面。

(1) 公共交通投入。公共交通投入主要体现在基础设施建设等方面, 是支撑公共交通发展的基石。选用万人车辆拥有量、公共交通固定资产投资率、公交营运线路总长度作为其评价指标。

(2) 运营服务。公共交通的运营服务水平是乘客在日常出行中感受和体验最直观的方面, 也是城市公共交通综合实力的外在体现。其评价指标包括系统运能、公交满意度、公交出行比例、机动化分担率、行车准点率、高峰时段满载率、空调车比例。

(3) 环境效益。从能源消耗与污染物排放两方面考察公共交通的环境效益。考虑到目前中国新能源汽车已进入快速发展阶段, 在有关部门的推动下, 新能源公交车在城市中所占比重不断增大, 采用新能源车占比作为环境效益评价指标。

### 1.2 指标筛选与权重确定

根据指标选取原则, 为保证各指标之间的独立性, 使其能较好地反映城市公共交通与城市发展适应性的实质, 且易于操作, 利用层次分析法确定指标权重, 根据权重对上述指标进行适当筛选。步骤如下: 1) 根据所建立的评价指标体系, 确立目标层、准则层和指标层的各因素; 选择多名在该领域有丰富经验的专家, 根据 1~9 的尺度, 对处于同一层次的因素的重要程度进行两两比较, 构建判断矩阵  $A$  [见式(1)]。2) 计算该矩阵的最大特征根和特征向量, 利用一致性指标  $CI$ 、随机一致性指标  $RI$  和一致性比率  $RI$  对判断矩阵进行一致性检验, 确定各

指标的权重系数。3) 根据设定的取舍权数进行指标筛选。

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

式中:  $a_{ij} > 0, a_{ij} = 1/a_{ji}$ 。

利用 MATLAB 软件筛选指标并进行一致性检验,得到筛选后符合一致性要求的各级指标的权重(见表 1)。

表 1 公共交通与城市发展适应性评价指标体系及权重

一级指标	权重	二级指标	权重
公共交通投入	0.637	万人车辆拥有量	0.333
		公共交通固定资产投资率	0.667
运营服务	0.258	系统运能	0.467
		公交满意度	0.277
		机动化分担率	0.160
		空调车比例	0.096
环境效益	0.105	新能源车占比	1.000

## 2 武汉公共交通与城市发展适应性综合评价

### 2.1 评价标准

因武汉公共交通与城市发展适应性评价存在多个层次,选择二级模糊综合评价法进行评价。将武汉公共交通与城市发展的适应性划分为 4 个等级,得评语集  $V = \{V_1, V_2, V_3, V_4\} = \{\text{完全适应, 基本适应, 部分适应, 欠适应}\}$ 。以《武汉市人民政府关于优先发展城市公共交通的实施意见》、《武汉市交通运输发展“十三五”规划》及《城市道路交通运输规划设计规范》等为依据,参考其他城市如上海、北京、香港等公共交通发展状况,结合武汉自身城市建设及交通运营实际情况,确定适应性评价准则(见表 2)。

### 2.2 综合评价

根据上述评价指标体系,武汉公共交通与城市发展适应性评价指标分成 3 个子指标集,评价因素集  $U = \{\text{公共交通投入 } u_1, \text{运营服务 } u_2, \text{环境效益 } u_3\}$ 。根据 2018 年武汉城市公共交通数据对各子指标集的二级指标适应性进行单因素评价(数据来源于武汉市交通发展战略研究院《2018 武汉市交通发展年度报告》、《武汉统计年鉴 2018》,部分数据使用 2017 年数值),得到 2018 年武汉公共交通与城市发展适应性的单因素评价结果(见表 3)。

表 2 武汉公共交通与城市发展适应性评价准则

指标	评价准则			
	完全适应	基本适应	部分适应	欠适应
万人车辆拥有量/ (标台·万人 <sup>-1</sup> )	$\geq 15$	[10,15)	[5,10)	$< 5$
公共交通固定 资产投资率/%	$\geq 75$	[50,75)	[25,50)	$< 25$
系统运能/ (万人·d <sup>-1</sup> )	$\geq 1\ 500$	[1 000,1 500)	[500,1 000)	$< 500$
公交满意度/%	$\geq 90$	[80,90)	[70,80)	$< 70$
机动化分担率/%	$\geq 80$	[60,80)	[40,60)	$< 40$
空调车比例/%	$\geq 80$	[70,80)	[60,70)	$< 60$
新能源车占比/%	$\geq 70$	[60,70)	[50,60)	$< 50$
综合适应 性水平 AD	$\geq 0.8$	[0.7,0.8)	[0.6,0.7)	$< 0.6$

表 3 武汉公共交通与城市发展适应性单因素评价结果

一级指标	二级指标	指标值	评价等级
公共交通投入	万人车辆拥有量/ (标台·万人 <sup>-1</sup> )	19.6	完全适应
	公共交通固定 资产投资率/%	51.7	基本适应
运营服务	系统运能/(万人·d <sup>-1</sup> )	734.6	部分适应
	公交满意度/%	94.3	完全适应
	机动化分担率/%	61.0	基本适应
	空调车比例/%	96.2	完全适应
环境效益	新能源车占比/%	66.1	基本适应

根据表 1,各一级指标对目标层的权重(一级权重)为  $W = (w_1, w_2, w_3) = (0.637, 0.258, 0.105)$ ;各子集  $U_i (i=1, 2, 3)$  中各指标的权重(二级权重)为:公共交通投入各指标权重  $W_1 = (w_{11}, w_{12}) = (0.333, 0.667)$ ,运营服务各指标权重  $W_2 = (w_{21}, w_{22}, w_{23}, w_{24}) = (0.467, 0.277, 0.160, 0.096)$ ,环境效益指标权重  $W_3 = (w_{31}) = (1.000)$ 。

以公共交通投入为例,  $U_1 = \{\text{万人车辆拥有量, 公共交通固定资产投资率}\}$ ,  $V = \{\text{完全适应, 基本适应, 部分适应, 欠适应}\}$ ,由前文数据得到从  $U_1$  到  $V$  的模糊关系矩阵为:

$$R_1 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

模糊评价值为:

$$B_1 = W_1 \circ R_1 = (0.333, 0.667) \circ \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.333, 0.667, 0, 0)$$

式中：“ $\circ$ ”为模糊合成算子，采用 Zadeh 算子 ( $\wedge, \vee$ ) 进行计算。

同理，得其他子集的评价指标矩阵  $B_2 = (0.373, 0.160, 0.467, 0)$ 、 $B_3 = (0, 1, 0, 0)$ 。 $B_1$ 、 $B_2$ 、 $B_3$  组成综合模糊评价关系矩阵  $R$ ：

$$R = \begin{bmatrix} B_1 \\ B_2 \\ B_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.333 & 0.667 & 0 & 0 \\ 0.373 & 0.160 & 0.467 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

从而得到 2018 年武汉公共交通与城市发展适应性综合评价结果 (见表 4)。

表 4 2018 年武汉公共交通与城市发展适应性综合评价结果

评价 指标	评价结果/%				评价 结论
	完全 适应	基本 适应	部分 适应	欠适 应	
公共交通投入	33.3	66.7	0.0	0	基本适应
运营服务	37.3	16.0	46.7	0	部分适应
环境效益	0.0	100.0	0.0	0	基本适应

进行模糊变换，得到适应性评价向量：

$$B = W \circ R = (0.637, 0.258, 0.105)$$

$$\begin{bmatrix} 0.333 & 0.667 & 0 & 0 \\ 0.373 & 0.160 & 0.467 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} = (0.308, 0.571, 0.121, 0)$$

基于模糊综合评价结果向量，为使评价结果更直观，对评价结果进行量化处理，计算武汉公共交通与城市发展适应性的综合得分  $F$ ：

$$F = B \times P$$

式中： $P^T = (4, 3, 2, 1)$ 。

最后将综合得分归一化，适应性综合得分的最大值为 4，可利用综合得分与 4 的比值来描述综合适应性水平  $AD$ ，即  $AD = F/4$ 。 $F = (0.308, 0.571, 0.121, 0) \times (4, 3, 2, 1)^T = 3.187$ ， $AD = 3.187/4 = 0.797$ ，即 2018 年武汉公共交通与城市发展适应性综合评价值为 0.797。根据表 2，2018 年武汉公共交通与城市发展总体适应性水平为基本适应。其中：公共交通投入水平和环境效益的状态为基本适应，基本能满足公共交通系统和城市系统协调发展的需求；运营服务水平状态为部分适应，还有较大提升空间，尤其是系统运能方面。为实现公共交通系统和城市的协调发展，除需继续保持较高的投入水平和维持良好的环境效益外，应更加重视提升系统的

整体运能水平。

### 3 对策建议

#### 3.1 加大投入，推进基础建设

武汉市应从提高未来城市公共交通与城市发展适应程度的角度出发，在符合当前城市发展规划的前提下，结合自身财政状况，适当加大公共交通专项资金投入，用于新设施建设、老设施改造及维护。如增加运营车数量、对现有公交站点进行改造等，使其能适应城市发展带来的公共交通需求增长；加强公共交通网络及公共交通信息平台建设，提升城市公共交通线网密度和信息化水平，增强城市公共交通网络一体化程度，使之成为一个有机整体，实现由线到面的转化；合理增加对公共交通企业的补贴，完善补贴制度，提升资金利用效率，增强城市公共交通的活力及韧性，推动公共交通可持续发展。

#### 3.2 科学规划，提升服务水平

借鉴其他城市的成功管理经验，结合自身实际情况，在有效考量当前交通需求的前提下进行城市公共交通整体布局，保证各条线路规划的科学合理性，提高公共交通的便捷性。随着未来 5 号、8 号等地铁线路的通车及新汉阳站、光谷站的投入使用，武汉公共交通将迎来一次大的飞跃，政府应积极完善政策法规体系，提高公共交通的优先级，对基础设施、线路布局、经营管理、企业规章等进行必要的规划。此外，系统运能的评价结果为部分适应，与万人车辆拥有量等指标的评价结果相冲突，这是由公交运营效率偏低所致。应从硬件、管理、技术等方面提高公交运营效率，提高公交的可达性和便捷性，加快公交大数据平台建设，优化公交运营，提升公共交通机动化分担率。

加快相关公共交通配套服务设施建设，构建以国家铁路枢纽为节点、城市轨道交通为骨干、常规公共交通为基础的综合城市公共交通体系，强化各交通方式之间的衔接。加强对公共交通优先车道的监督管理，并以共享单车等慢行交通方式作为补充，在加大公交服务子系统运能的同时逐步提高公交覆盖率、准点率和运营速度。

#### 3.3 加强宣传，建设绿色交通

公共交通出行的主体是人，在保持公共交通普惠性、舒适性的同时，加强公共交通出行优势及绿色公共交通的宣传力度，结合城市实际情况向公民宣传选择公共交通对方便出行及构建绿色城

市的必要性,增强公民的环境意识,提升公共交通在公民心中的地位,使未来有更多的人选择公共交通作为首选出行方式。同时采取加大燃油和车辆购置征税力度、提高停车收费、限时限路禁行等措施限制私家车的发展,调节公共交通与非公共交通之间的平衡。

构建公众与公共交通管理部门的沟通平台,加强公众与相关部门的交流,促进城市公共交通系统的服务质量不断提高,提升公民对公共交通服务质量的满意度;完善节能减排机制,政企联合不断健全节能减排管理体系,制定节能减排管理和考核制度,进一步加大力度促进公交企业持续推进节能减排,并给与适当政策优惠充分调动其积极性;加强绿色公交相关硬件部署,提高新能源车使用比例,并不断完善新能源车配套设施的建设布局。

#### 参考文献:

- [1] 玛依拉·艾则孜,林强,姚志刚.基于DEA方法的城市公交与经济社会发展协调性研究[J].公路交通科技,2017,34(9).
- [2] 吴瑶,陆建,邱红桐,等.基于TOPSIS模型城市常规公共交通适应性评价[J].交通信息与安全,2014,32(6).
- [3] 张培林,吴宏宇,莫杨辉,等.大城市综合交通适应性评价[J].交通科学与工程,2018,34(4).
- [4] 金霞,雷桂荣,朱顺应,等.公路建设与经济发展适应性宏观诊断[J].武汉理工大学学报:交通科学与工程版,2018,42(4).
- [5] 乔欢,张鹤.城市公共交通发展评价指标体系研究[J].交通与运输:学术版,2009(2).

\*\*\*\*\*  
(上接第15页)

#### 参考文献:

- [1] 钟铭恩,吴平东,彭军强,等.基于脑电信号的驾驶员情绪状态识别研究[J].中国安全科学学报,2011,21(9).
- [2] 陈骥驰,王宏,王翹秀.基于脑电信号的疲劳驾驶状态研究[J].汽车工程,2018,40(5).
- [3] 耿磊,梁晓昱,肖志涛,等.基于多形态红外特征与深度学习的实时驾驶员疲劳检测[J].红外与激光工程,2018(2).
- [4] 王琳,张陈,尹晓伟.一种基于驾驶员生理信号的非接触式驾驶疲劳检测技术[J].汽车工程,2018,40(3).
- [5] 金雪.基于驾驶行为的疲劳驾驶检测方法研究[D].北京:北京工业大学,2015.

- [6] 栗子越.北京城市公共交通对城市发展的适应性研究[J].中国商论,2015(19).
- [7] 许文娟.城市公共交通与城市发展的适应性评价研究[D].北京:北京交通大学,2014.
- [8] 陈曦,曾亚武,刘伟.基于模糊层次分析法的农村水库大坝安全二级模糊综合评价[J].水利水电技术,2019,50(2).
- [9] Chao Sun, Wen Chen. Fuzzy comprehensive model based on combination weighting in watershed application of ecological health assessment[A]. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science[C], 2019.
- [10] 朱顺应,王红,朱真才.公路交通与经济发展适应性客观模糊评价[J].重庆交通学院学报,2004,23(1).
- [11] Xiuxia Zhang, Qingnian Zhang, Tingting Sun, et al. Evaluation of urban public transport priority performance based on the improved TOPSIS method: A case study of Wuhan[J]. Sustainable Cities and Society, 2018, 43.
- [12] 郭志刚,张庆年,张秀侠.城乡公交一体化与社会经济发展适应性评价研究[J].公路与汽运,2018(3).
- [13] 陈晓芬,王玉刚,张东东.重庆交通规划标准适应性研究[J].公路与汽运,2015(4).
- [14] 闫攀宇,杜汇川.城市交通适应性评价方法研究[J].交通与运输:学术版,2006(1).
- [15] 武旭,胡思继,崔艳萍,等.交通运输与经济协调发展评价的研究[J].北京交通大学学报:社科版,2005,4(2).
- [16] 代珂璠.城市公共交通与社会经济的适应性研究[D].西安:长安大学,2009.

收稿日期:2019-06-16

- [6] 茆佳能,王维锋,张立.疲劳驾驶检测系统的设计与实现[J].公路与汽运,2016(4).
- [7] 张聪,李晓霞,张天宇,等.疲劳驾驶监测技术综述[J].公路与汽运,2013(4).
- [8] 王荣本,郭克友,储江伟,等.适用驾驶员疲劳状态监测的人眼定位方法研究[J].公路交通科技,2003,20(5).
- [9] 王君龙.基于Kinect的驾驶员状态检测系统设计与实现[D].重庆:重庆邮电大学,2018.
- [10] 祝宇虹,刘海平,查富生,等.基于呼吸信号的驾驶员疲劳状态实时监测系统[J].江南大学学报:自然科学版,2014,13(1).

收稿日期:2019-07-25