

分散组团式城市公共交通选择模式研究

傅军伟¹ 阎柄辰²

(1. 淄博市建设项目环境评审服务中心, 山东 淄博 255300;
2. 淄博市环境污染防治中心, 山东 淄博 255300)

【摘要】采用定性与定量相结合的方法对组团城市客运交通模式进行研究,根据居民出行时选择交通方式的各种影响因素和指标建立分散组团式城市公交模式选择的指标体系,利用层次分析法(AHP)构建分散组团式城市公共交通模式的递阶层次选择模型;结合分散组团式城市的特点和各种公共交通模式的自身属性,建立了城市公共交通发展模式的判断矩阵,利用AHP和模糊综合评判法通过对多目标决策问题的求解来进行城市公共交通发展模式的选择。

【关键词】公路交通; 公交模式选择; 层次分析法; 模糊综合评价法

我国经济的持续高速发展使得国内城市化进程不断加快,城市高速、高密度、集中开发特征明显,多元化、城市布局形态集中紧凑等特征逐渐显现,并且城市的机动化进程的加快以及交通需求的猛增让许多城市由传统交通模式向机动化交通模式进行转变,但是各种交通问题与城市用地问题的矛盾十分尖锐突出,其主要矛盾为传统的交通供给思想对自身缺少深刻认识,被动适应交通需求的增长,而城市形态、交通供给和交通需求等环节之间的联系和互动作用又不够紧密,导致交通建设消耗大量的城市资源。

国外早在20世纪30、40年代就已经有许多关于城市形态以及城市形态与公共交通相互作用机理方面的研究,指出了在城市空间形态的演变过程中城市交通系统对其产生的影响作用。而国内起步较晚,在规划和管理方面以相关理念的引进为主,在实证研究方面仍然较为缺乏。基于城市形态的公交模式选择有4种方法,包括经验借鉴法,城市规划法,模糊综合评价法,多目标决策法,其中模糊综合评判法和层次分析法能够解决多目标属性决策的优选问题,适用于一个城市中多种公交模式的选择。

本文从城市形态与城市交通互动机理方面入手,分析城市形态同城市公共交通之间的相互作用对于制定城市交通发展模式的影响,使用层次分析法(AHP)综合评价法构建分散组团式城市客运交通模式的选择模型,提出适合分散组团式城市发展情况所对应的合理有效的公交发展模式,并结合实例对模型

进行验证。

一、城市形态与公交模式关系

道路交通与城市空间结构相互循环作用,两者存在着双向反馈关系。城市正是在城市空间结构与道路交通不断的互动影响下完成发展与规模的扩大。城市形态的发展模式可以分为两种:一种是单中心发展,一种是多中心发展。单中心发展的形式有团块状、带形、组团式和卫星式,多中心发展的主要形式是卫星式城市中的卫星城经济活动和空间集中功能加强,导致卫星城独立性增强,从而形成多中心的发展模式,而我国的城市形态演变的主要形式是外延跳跃,演变的主要方向是人文关怀和人地和谐,城市增长形式有内涵式增长和外延式增长,它们是相互补充的,在城市发展的不同时期表现出不同的特征。

城市形态则可以分为团块状、带形、组团城市、带卫星城城市四大类,而常规公交、快速公交系统、轻轨、地铁和出租车又是我国城市发展公共交通中最常见的4种形式,这四种形式各有优劣,各自都有其他形式不具有的优势,都是重要的城市基础设施,但是城市形态的差异对于城市选择发展公共交通模式又有着极大的影响。

二、公交发展模式选择模型

(一) 公交交通流分析以及所面临的问题

分散组团式结构的城市具有一个非常强大的市中心,中心团占规模上的绝对优势,是城市的政治、经济、文化和商业中心,在市中心边缘有若干个外

围组团，具有组团式结构模式的城市，各组团之间和组团内部的交通联系的效率决定了城市的总体运行效率。选择合适的公共交通来疏导中心组团和分散组团之间的出行所面临的主要问题：一个是交通流方向的不均衡性，组团间交通流变化呈现单向的潮汐式特点。公路干道越靠近城区和组团中心区则交通量越多，交通组成越复杂，交通干扰因素越多，因而车速越低；另一个是中心组团路网承载压力大，组团间交通出行目的一般以通勤、通学为主，中心城区组团由于基础设施的优势，聚集了城市大部分的职工流、学生流，给中心城区带来了严重的交通压力。中心城区交通网由于不仅要承担自身内部的交通流量，同时还要承担整个城市组团间大部分交通流量，加剧了交通需求与供给的矛盾，不仅导致了交通不畅，也严重地影响了城市环境。

（二）公交模式选择模型构建

在分散组团式城市的交通系统中，有多种公交模式可以选择，这是一个典型的具有层次结构特征的多目标属性决策问题，即各种公交模式为备选模式，决策者根据各公交模式的各项指标结合分散组团式城市自身的实际情况来进行综合比较，从中选择最适合该城市的公交模式，对城市公共交通主要发展模式选择问题求解的核心是对各备选方案进行评价后排序各方案的优劣次序，再从中选优。

本文结合分散组团式城市的特点来建立一个分析与评价公共交通模式的公共交通选择指标体系，将分散组团式城市的公交模式选择的指标分为四个大指标公交模式的服务性能指标 B1，组团主要指标属性 B2，公交模式的环境属性 B3，各公交模式的可持续发展能力 B4，这四个大指标又分成 13 个小指标 C1-C13，建立了分散组团式城市的公交模式选择层次结构模型。

接着，构造判断矩阵并进行一致性检验。从第二层开始，把同一层级的因素用成对比较法和一定比较尺度构造判断矩阵，直到最后一层。

判断矩阵构建完成后，需要对矩阵进行一致性检验，判断此矩阵的一致性是否可以接受，上述矩阵的一致性比率 $CR=0.0016<0.1$ ，说明此判断矩阵的一致性可以接受，从而可计算 B 对于 A 的权重向量为：

$$\omega_{A-B} = (0.3937, 0.3937, 0.0752, 0.1374)。$$

以此类推，构建指标层 B 对指标层 C 的判断矩阵：

$$\omega_{B_1-C} = (0.3994, 0.1794, 0.2814, 0.1398)，\quad \omega_{B_2-C} = (0.5278, 0.3325, 0.1396)，\quad \omega_{B_3-C} = (0.4231, 0.2274, 0.2274, 0.1222)，\quad \omega_{B_4-C} = (0.7500, 0.2500)。$$

（三）层次总排序及一致性检验

根据前面计算得到的指标层 B 对指标层 A 的权重和指标层 B 对指标层 C 的权重，计算得到指标层 C 对指标层 A 的层次总排序权重，制成柱状图，一致性检验通过，层次总排序可以接受。

根据各指标权重对比情况，对包含的指标进行了分档。按照权重的大小分为了三档；指标按性质又可以分为三类，分别是正向性质指标，劣向性质指标以及中心性质指标。

通过对指标权重的分析，兼顾主要因素和次要因素，综合考虑，才能选择适合地方特点的公交模式。确定了公交模式选择指标体系权重以后，再讨论公交模式方案层相对指标层的判断矩阵问题。为此，设方案层的 n 个方案相对于准则层中某一指标，通过两两方案对比，可构造如下的判断矩阵：

$$B_j = [b_{ik}^j]_{n \times n} \quad (j=1, 2, \dots, m)$$

式中 b_{ik}^j 的取值有以下三种情况：

（1）若 C_j 为正向指标，则表示指标值越大方案越有利。比如方案 i 与方案 k 进行比较时，有

$$b_{ik}^j = \frac{a_{ij}}{a_{kj}} \quad (a_{kj} > 0) \quad (1)$$

（2）若 C_j 为劣向指标，则表示指标值越大方案越不利。但指标值的倒数 $\frac{1}{a_{ij}}$ 越大方案越有利，于是：

$$b_{ik}^j = \frac{\frac{1}{a_{ij}}}{\frac{1}{a_{kj}}} = \frac{a_{kj}}{a_{ij}} \quad (a_{ij} > 0) \quad (2)$$

（3）若 C_j 为中心指标，则表示与中心值 a_{ij} 的差值越小方案越有利，反之方案越不利。这里可以用归一化的方法进行描述。指标 $a_{ij}^* = \frac{a_{ij}}{a_{ij} + |a_{ij} - a_{fj}|}$ 越大方案越有利。于是：

$$b_{ik}^j = \frac{a_{ij}^*}{a_{kj}^*} = \frac{a_{fj} + |a_{kj} - a_{fj}|}{a_{fj} + |a_{ij} - a_{fj}|} \quad (a_{ij} > 0) \quad (3)$$

通过三种不同指标性质的属性所对应的矩阵构建方法，可以构建公交选择方案层相对于指标层的判断矩阵，从而计算得到公交选择方案层相对于指标层的权重。

（四）基于模糊综合评价的公交模式选择

首先，根据所建立评价指标体系的特点，可以将

评价指标分为服务性能指标、组团指标属性、环境属性和可持续发展能力四个大类和十三个小类，并建立模糊综合评价结构模型。

根据建立的公交模式选择模糊综合评价模型可进行实例城市的公交模式选择研究，因为公交模式选择包括了四个大类指标和十三个小类指标，可以通过二级模糊综合评价进行计算，模糊综合评价法采用加权平均模型进行计算，最后按照最大隶属度原则选择适合的公交模式。

三、公交发展模式选择的实证研究

基于 AHP 和模糊综合评价的公交发展模式选择：

根据建立的公交选择评价指标体系，将四种公交模式作为四种方案建立各个组团之间公交模式选择的递阶层次结构图。

由于构建的判断矩阵是一致阵，故不需再对其进行一致性检验，权重计算采用和法，根据各指标的判断矩阵可以计算出各指标的权重，下面以快速性指标的计算为例，建立四个方案对其他十一个指标的权重，结果在进行公交模式选择时有多种模式可以选择，但选择哪种模式最合适，这是一个模糊问题，可以用模糊综合评价法进行解决，步骤如下：

1. 指标权重确定。考虑到前面已经采用层次分析法建立了各因素和子因素的权重，在模糊综合评价法中继续采用前面的权重集。

因素类权重集为 $A^{(2)}$ ，各因素子类的权重集为 $A_1^{(3)}$ ， $A_2^{(3)}$ ， $A_3^{(3)}$ ， $A_4^{(3)}$ 。

2. 备择方案的确定。备择集采用常规公交、快速公交、轻轨和地铁四种备选交通模式组成，如下式所示： $V=\{\text{常规公交，快速公交，轻轨，地铁}\}=\{v_1, v_2, v_3, v_4\}$

可以通过各子指标的权重值与备择集相对于各子指标的权重值进行一级模糊综合评价计算，进而结合一级模糊综合评价结果与因素类权重集相乘进行二级模糊综合评价来得到四种备择方案的评价结果。

3. 一级模糊综合评价。第一级模糊综合评价 $B_i^{(1)}$ 至 $B_4^{(1)}$ 采用层次分析法得到的权重值，则第一级评判的公式为：

$$B_i^{(1)} = A_i^{(1)} \circ R_i^{(1)}, i=1,2,3,4$$

服务性能指标：

$$B_1^{(1)} = A_1^{(1)} \circ R_1^{(1)}$$

同理，可计算组团指标属性 $B_2^{(1)} = A_2^{(1)} \circ R_2^{(1)}$ ，环境指

标属性 $B_3^{(1)} = A_3^{(1)} \circ R_3^{(1)}$ ，可持续发展能力 $B_4^{(1)} = A_4^{(1)} \circ R_4^{(1)}$ 。

4. 二级模糊综合评价。第二级的模糊综合评价 $B^{(2)}$ 是由 $B_1^{(1)}$ 至 $B_4^{(1)}$ 组成，而第二级评判的结果就是对四种公交模式对分散组团式城市公交模式选择的评价：

$$\begin{aligned} B^{(2)} &= A^{(2)} \circ R^{(2)} \\ &= [0.2533 \ 0.1904 \ 0.2643 \ 0.2943] \end{aligned}$$

结果显示，在进行公交模式选择中地铁的隶属度最大，其次是轻轨，再次是常规公交和快速公交。轨道交通和 BRT 都是大运量公交模式，并且建设成本比较高，城市发展的经验表明，除非是北京、上海等特大城市，别的城市出于客流量和自身经济的考虑，在发展轨道交通的情况下不需要继续发展快速公交。因此分散组团式城市适合发展以轨道交通为骨干，常规公交为主体，出租车作为补充的综合公共交通体系。

四、总结与展望

在分析了城市形态的类型和特点以及当前存在的几种城市主要公共交通模式（常规公交、快速公交系统、轻轨和地铁）的技术经济特性的基础上，结合分散组团式城市的特点和各种公共交通模式的自身属性，建立了分散组团式城市的公交模式选择层次结构模型。利用层次分析法通过对多属性决策问题的求解来进行城市公共交通发展模式的选择。

分散组团式城市的公交模式选择是一个复杂的过程，本文仅仅针对分散组团式城市公交模式的选择作了初步的探讨，需要进一步研究的问题还很多，主要有以下两点：指标体系的划分可以更加细化，并且可以加入更多模型指标；研究可以结合更多的实地调查，进行交通流出行特点分析。

参考文献：

- [1] Aseem Inam, Jonathan Levine, Richard Werbel. Developer-Planner Interaction in Transportation and Land Use Sustainability[R].MTI Report, 2002
- [2] Wener, Richard E Evans.The effect of transportation on the urban structure[J].Transportation, 2000(3): 121-126
- [3] 王健. 缓解城市交通问题的革命性方案——关于快速公共交通系统的探讨 [J]. 城市车辆, 2005, 1: 25-27