

基于 VIKOR 法的城市公交场站综合开发指数研究

曹 振, 刘芮伶, 王玉萍, 耿 娟, 张 娟

(西安建筑科技大学 土木工程学院, 陕西 西安 710055)

摘要: 我国的城市发展已经步入到以开发存量土地资源为主的阶段, 公交场站用地作为城市公共交通设施的重要土地资源应该积极引入市场机制, 进行综合开发。国内尤其是北方城市, 关于公交场站综合开发的实例较少, 且对于判断某一场站是否适合进行综合开发没有固定的指数标准。首先, 对西安市公交场站概况、区域概况及土地市场调研情况进行梳理总结; 其次, 从已获取的调研情况中选取适宜的因素构建评价公交场站是否适合进行综合开发的指标体系, 并使用因子分析法和熵值法分别求得它们的权重, 运用 VIKOR 评价法建立评价模型与因素的权向量进行运算; 最终以西安市为例, 将西安市现有公交场站代入建立的评价模型, 得出建议进行综合开发场站的先后顺序, 既验证了体系的可行性和适用性, 也为西安市乃至全国公交场站的综合开发提供了思路, 将“优先发展公共交通”践行到实处。

关键词: 存量土地资源; 公共交通设施; 综合开发; VIKOR 评价法; 评价模型

中图分类号: TU984.11⁺3; U491.1⁺7

文献标志码: A

文章编号: 1006-7930(2023)01-0012-08

Study on comprehensive development index of urban public transport stations based on VIKOR method

CAO Zhen, LIU Ruiling, WANG Yuping, GENG Juan, ZHANG Juan

(School of Civil Engineering, Xi'an Univ. of Arch. & Tech., Xi'an 710055, China)

Abstract: China's urban development has gradually entered the stage of developing land resources mainly in stock. As an important land resource of urban public transport facilities, land for public transport stations should be actively introduced into the market mechanism for comprehensive development. In China, especially in the northern cities, there are few examples about the comprehensive development of bus station, and there is no fixed index standard for judging whether a station is suitable for comprehensive development. This article first summarizes the general situation of Xi'an's bus stops, regional profiles and land market surveys. Secondly, the index system of evaluating whether the bus stop is suitable for comprehensive development is constructed by selecting the suitable factors from the obtained research, and the weights of them are obtained respectively by using the factor analysis method and entropy value method, VIKOR evaluation method is used to establish the evaluation model and factor weight vector for calculation. Finally, taking Xi'an as an example, the existing bus stations in Xi'an are substituted into the established evaluation model, and the sequence of proposed stations for comprehensive development is obtained, which not only verifies the feasibility and applicability of the system, but also provides ideas for the comprehensive development of public transport stations in Xi'an and even the whole country, and puts the "Priority development of public transport" into practice.

Key words: Stock land resources; Public transport facilities; Comprehensive development; VIKOR evaluation method; Evaluation model

随着国家优先发展公共交通政策的推行, 对公共交通一体化发展进行探索性试验已为各地的发展提供了指南。公交场站作为保障公交正常运转的重要阵地之一, 全国各城市在前期对其规划

时多缺乏长远的打算, 从而导致现有公交场站面临着用地匮乏、换乘不便、设施老化等诸多问题^[1]。同时, 我国现有公交场站多采用平面式布局, 这种布局形式不能使场站的土地资源得到充

收稿日期: 2022-06-30

修改稿日期: 2023-01-18

基金项目: 陕西省自然科学基金项目(2020-SF159)

第一作者: 曹 振(1978—), 男, 博士, 教授, 主要研究城市公共交通空间综合规划与开发。E-mail: 653102531@qq.com

通信作者: 刘芮伶(1997—), 女, 研究生, 主要研究城市公交场站综合开发。E-mail: 819346735@qq.com

分利用。由此, 公交场站“独立占地”的情况将难以为继, 由平面向立体式发展、与地上地下空间相结合对其进行综合开发将是公交场站发展的必然趋势。影响判断公交场站是否适合进行综合开发的因素众多, 且国内各城市公交场站特点不尽相同, 因此, 研究出对于国内公交场站综合开发通用的指数范围对今后的城市交通发展具有重要意义。

国内外学者对于公共交通用地综合开发评价指标的研究多集中在场站开发模式探讨、商业业态的选择, 以及指数模型建立等三方面。日本于 20 世纪初期, 率先尝试以轨道交通与房地产市场相结合的形式进行综合开发^[2]。紧接着, 新加坡也开始尝试将地铁站点与不同形式的物业相结合的方式综合开发^[3]。Voith^[4]发现, 位于美国费城快速轨道线路附近的房产价格上升了约 8 个百分点。Amstrong^[5]发现位于波士顿轨道交通附近的房产价格上涨了 6.7 个百分点, 在此基础上还发现公共交通的改善同样会引起人流的聚集。Benjamin^[6]发现位于华盛顿地铁站点周边的公寓每靠近站点 160 m, 租金就会减少 2.5 个百分点。Alexa^[7]通过对澳大利亚墨尔本边缘地区进行研究, 发现, 公共汽车具有公共交通和社会交通两种属性, 并探讨了其对周边房地产市场的影响。梁晓红^[8]提出, 我国需要根据具体情况制定差异化的政策从而最大化地利用公交场站用地。陈程^[9]总结出公交场站开发的 4 种模式和适用范围并提出了可能存在的问题。王静^[10]采用线性加权综合评价模型得到了中国省域经济高质量发展指数。曾凡龙^[11]采用熵权-VIKOR 与 AGA-BP 相结合的绩效评价模型。胡立伟^[12]基于 AHM 构建了区域路网服务退化指数模型并成功应用于昆明市主干路路网。刘大林^[13]通过 VIKOR 方法对在电商环境下, 企业对供应商的选择进行了评价。王当仁^[14]根据信息熵模型求得的中心性指数确定轨道交通站点的商业业态。

总结发现, 国内外学者对于公共交通综合开发的研究多是针对轨道交通以及对公交场站开发模式的初步探讨, 关于公交场站是否适合进行综合开发的指数体系研究仍不明确。且国内外对于评价方法的研究多是采用定性评价, 受人为主观影响较大, 多属性决策问题中的 VIKOR 评价法是一种既能最大化群体效益值, 又能最小化个体遗憾值, 还能将决策者的个人偏好加入其中的排序方法。判断公交场站是否适合综合开发并进行排序属于多属性决策问题, 因此, 以西安市公交场

站为实例, 基于 VIKOR 法构建出公交场站综合开发指标体系, 最终输出适合进行综合开发公交场站顺序的结论, 为城市公交场站综合开发提供思路。

1 方法及模型选取

通过对国内外参考文献及现有案例研究发现, 评价公交场站是否适合进行综合开发需在确定评价方法后对场站进行大量调研, 了解各场站大致情况并从中选取适当因素作为指标, 在求得指标权重后将其代入评价模型中, 最终通过模型运算得到适宜进行综合开发的公交场站。

评价公交场站是否适合进行综合开发的关键在于评价方法的选择, 目前, 国内外已有众多评价方法, 考虑到场站综合开发所选各指标多是定性指标, 且评价结果涉及到排序问题, 多属性决策问题中的 VIKOR 方法正是解决此类问题的代表方法, 因此, 以 VIKOR 法建立评价模型。具体步骤如下:

(1) 建立原始矩阵

在评价体系中, 待评价公交场站共 m 个, 每个场站的评价指标有 n 个, 设待评价场站各指标得分分为 c_{ij} , 从而得到 $m \times n$ 的原始矩阵 C 。

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \cdots & c_{mn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

(2) 规范化矩阵

采用平方和归一化法将公式(1)进行规范化处理, 具体公式如式(2)和式(3)所示, 得到矩阵 X 。

$$c_{ij} = c_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^m c_{ij}^2}, (j \in \text{效益型}) \quad (2)$$

$$x_{ij} = \frac{1}{c_{ij}} / \sqrt{\sum_{i=1}^m \left(\frac{1}{c_{ij}}\right)^2}, (j \in \text{经济型}) \quad (3)$$

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1n} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ x_{m1} & x_{m2} & \cdots & x_{mn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

(3) 确定正负理想解

根据公式(5)和公式(6)确定正理想解 r_j^+ 和负理想解 r_j^- 。

$$r_j^+ = \{(\max_i x_{ij} \mid j \in J^+), (\min_i x_{ij} \mid j \in J^-)\} \quad (5)$$

$$r_j^- = \{(\min_i x_{ij} \mid j \in J^+), (\max_i x_{ij} \mid j \in J^-)\} \quad (6)$$

式中: J^+ 表示属性为效益型的总集合, J^- 表示属性为经济型的总集合。

(4) 计算群体效益值 S 、个体遗憾值 R 及 VIKOR 值 Q

通过公式(7)和公式(8)可计算出各待评价场站的群体效益值及个体遗憾值, 其中, ω 为权重。

$$S_i = \sum \omega \left(\frac{r_j^+ - x_{ij}}{r_j^+ - r_j^-} \right) \quad (7)$$

$$R_i = \max \left\{ \omega \left(\frac{r_j^+ - x_{ij}}{r_j^+ - r_j^-} \right) \right\} \quad (8)$$

式中: S 表示待评价场站的群体效益, 值越小说明群体效益越大; R 表示待评价场站的个体遗憾, 值越小说明群体效益越好。

最后根据公式(9)计算 Q 值, Q 值越小说明待评价场站综合开发条件越好, 以此能将待评价场站进行优劣排列。

$$Q = \lambda \frac{S_i - S^-}{S^+ - S^-} + (1 - \lambda) \frac{R_i - R^-}{R^+ - R^-} \quad (9)$$

式中: λ 为决策机制系数, 当 $\lambda > 0.5$ 时, 表示决策者更偏向于群体效益度; 当 $\lambda < 0.5$ 时, 表示决策者更偏向于个体遗憾度; 当 $\lambda = 0.5$ 时, 表示决策者不存在明显偏好。 $S^+ = \max S_i$, $S^- = \min S_i$, $R^+ = \max R_i$, $R^- = \min R_i$ 。

(5) 约束条件

约束条件一: 阈值

$$(Q^2 - Q^1) \geq (m - 1)^{-1} \quad (10)$$

式中: Q^2 和 Q^1 分别表示 Q 值最小的第二和第一位, 规定当最终计算得到的 Q 值满足式(10)时才能确定排在第一的场站综合开发条件优于排在第二的方案; 当有多个方案时, 应将排序第一的方案与其余方案一一代入公式(10)进行比较。

约束条件二: 决策可靠度

$$\begin{cases} S(Q^1) < S(Q^2) \\ R(Q^1) < R(Q^2) \end{cases} \quad (11)$$

为了保证决策结果的可靠性, 规定 Q 值按照从小到大排序第一的方案其 S 及 R 值均应小于排序第二的方案。

评判法则: 若排在第一和第二的方案同时满足式(10)和式(11), 则排在第一的就是最优的方案; 若只满足式(11), 则排在第一和第二的均为最优方案; 若所有方案均无法满足式(10)而只满足式(11), 则所有不满足式(10)的均为最优方案。

2 公交场站综合开发相关因素分析

2.1 场站概况

通过向西安市公共交通集团有限公司了解得

到, 西安市现有公交场站共 36 个, 总占地面积 66.392 hm², 0.012~13.333 hm² 不等, 其中 5 hm² 以上的场站 18 个, 5 hm² 以下的 18 个。36 个场站共涵盖了公交停车场、保养厂、枢纽站及公交首末站等场站类型, 分属于西安市 10 个行政区。场站具体分类情况见图 1。

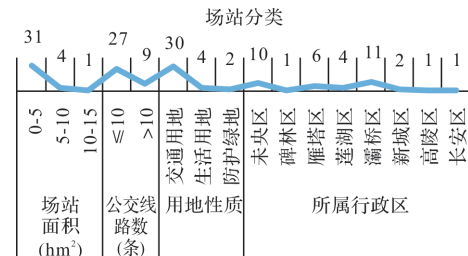


图 1 场站分类图

Fig. 1 Classification of stations

2.2 区域概况

在对各场站所属行政区进行数据统计后得到 10 个行政区在 2020 年的年生产总值(GDP)和在第七次人口普查中显示的常住人口数见图 2。

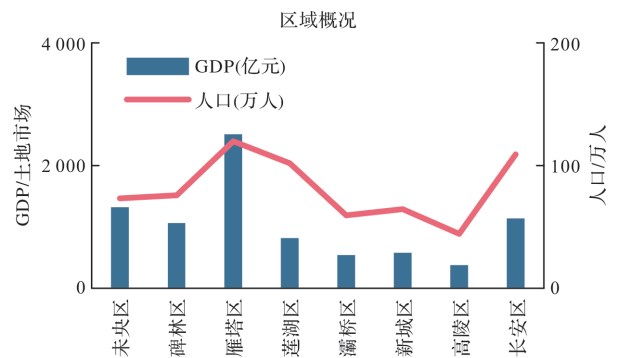


图 2 区域概况图

Fig. 2 Regional overview

若将 36 个场站按照周边交通情况可共分为以下六类: (1)场站周边 1 km 范围内有地铁通行, 且在未来交通规划中还有其他地铁线路通行; (2)场站周边 1 km 范围内有地铁通行, 且在未来交通规划中会有快速路、客运站等重要交通场所; (3)场站周边 1 km 范围内有地铁通行, 但在未来交通规划中暂无任何规划; (4)场站周边 1 km 范围内无地铁通行, 但在未来交通规划中有地铁通行; (5)场站周边 1 km 范围内无地铁通行, 但在未来交通规划中有快速路、客运站等重要交通场所; (6)场站周边 1 km 范围内无地铁通行, 且在未来交通规划中也暂无任何规划。六种类型的场站个数分别为: 7、3、8、3、0、15。

将 36 个场站按照周边 1 km 范围内产业情况进行整理得到: 36 个场站中有 30 个场站周边均有居住配套, 其中有 28 个场站周边小区个数在 1~

10 之间;有 26 个场站周边有教育配套,其中有 20 个场站周边学校个数在 1~5;有 21 个场站周边有医疗配套,其中有 20 个场站周边医院个数在 1~5;有 18 个场站周边有商业配套,且周边大型商场个数均在 1~5;有 13 个场站周边有商务配套,其中有 5 个场站周边公司数在 5~10;有 4 个场站周边有酒店配套,酒店个数均低于 5 个。

再将场站按照周边配套多样性进行分类:场站周边只有一种配套产业的场站有 4 个;有两种配套产业的场站有 8 个;有三种配套产业的有 9 个;有四种配套产业的有 10 个;有五种配套产业的有 5 个;没有有六种及以上配套产业的场站。

2.3 土地市场

对 36 个公交场站所涉及到的 10 个行政区乃至西安市近几年土地市场进行分析总结得到,自 2021 年政府出台一系列关于促进房地产市场平稳发展的政策以来,西安市开发用地价格依然呈上涨的趋势,而商品房市场受政策影响,价格虽然仍在上涨,但增速较之前明显放缓。在 2021 年西安市 10 个行政区中居住用地热点区域有高新区和高陵区;商品住宅和商务、公寓的热点供销区域中有灞桥区和高新区。近几年西安市招拍挂市场商业用地量价变化图如图 3 所示。可以得到,2021 年西安市商业用地成交面积较 2020 年有所下降,而土地单价较 2020 年同比上涨了 6.45%,楼面单价在 2 600 元/m² 左右。

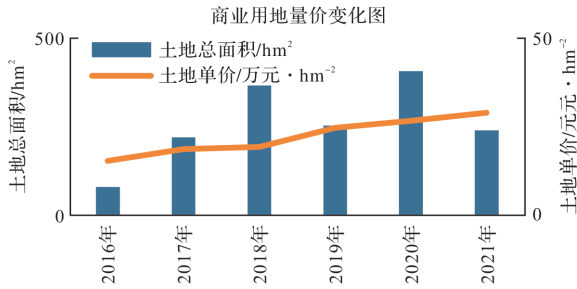


图 3 商业用地量价变化图

Fig. 3 Changes in the volume and price of commercial land

3 西安市公交场站综合开发指数

3.1 指标选取

要判断一个公交场站是否适合进行综合开发,需要对场站各方面进行考量,以求开发后为场站带来的效益最优。根据吴德铭^[15]在其论文中所提到的指标选取原则,再结合国内外场站开发实例,综合考虑选取一级指标层分别为场站因素、交通情况和场站所处区域因素,再根据对西安市现有公交场站现状考察情况最终将各一级指标层细分

为如表 1 中所示的二级指标,指标性质一栏中效益型指标表示数值越大越好,经济型指标表示数值越小越好。

表 1 评价指标体系

Tab. 1 Evaluation index system

一级指标层(A)	二级指标层(B)	指标性质	
场站因素(A ₁)	场站面积(B ₁)	效益型	定量
	用地性质(B ₂)	效益型	定性
	周边用地性质(B ₃)	效益型	定性
交通情况(A ₂)	公交线路数(B ₄)	效益型	定量
	交通现状(B ₅)	效益型	定性
	交通规划(B ₆)	效益型	定性
	距市中心距离(B ₇)	经济型	定量
	交通可达性(B ₈)	效益型	定量
场站所处区域因素(A ₃)	经济情况(B ₉)	效益型	定量
	人口情况(B ₁₀)	效益型	定量
	土地市场(B ₁₁)	效益型	定量
	周边产业(B ₁₂)	效益型	定量
	遗址保护区等级(B ₁₃)	经济型	定量

3.2 原始矩阵建立

通过对国内外公交场站综合开发的实例进行分析研究发现,公交场站面积大小将直接决定场站是否适合进行开发,且面积越大越利于开发,因此,在指标选取时应首先纳入考虑范围。将面积在 0.067 hm² 以下(包括 0.067 hm²)的公交场站赋值为 1,面积在 0.067~6.667 hm² 的场站赋值为 2,面积大于 6.667 hm² 的场站赋值为 3。

公交场站绝大部分为交通场站或交通枢纽用地,要进行综合开发必须先进行用地性质调整,是否持有土地证及调整的难度对场站能否进行开发影响较大,在指标选取时还需从多方面考量。无证场站开发难度大,考虑赋值为 1;有证的交通场站或交通枢纽用地,要进行用地性质调整后开发,赋值为 2;有证的商业用地或居住用地可直接开发,赋值为 3;有证的商住用地开发最便利,赋值为 4。

所有场站周边几乎都有居住用地,考虑到周边工业用地较多的场站不适宜进行开发,因此赋值为 1;以此类推,按照场站周边物流仓储用地、中小学用地、公园绿地、商业用地占比最高分别赋值为 2、3、4、5。

场站通行的公交线路数作为场站人口来源的保障也应纳入指标选取的范畴,初步考虑分别将通行公交线路数≤10 条、10~20 条、20 条以上的场站赋值为 1、2、3。

交通现状按周边 1 km 范围内无任何大型交通设施、1 km 范围内有快速路或立交桥或客运站、

1 km 范围内有 1 条地铁、1 km 范围内有至少 2 条地铁分别赋值为 1、2、3、4。

交通规划按规划范围内无任何规划、规划有快速路或立交桥或客运站、规划有 1 条地铁线路、规划有至少 2 条地铁线路分别赋值为 1、2、3、4。

距市中心距离按 20 km 以上、10~20 km、0~10 km 分别赋值为 1、2、3。

经济情况按区域生产总值在 0~1 000 亿元、1 000~2 000 亿元、2 000~3 000 亿元分别赋值为 1、2、3。

人口情况将直接影响场站开发后的客流量,因此,按场站所处区域常住人口总数在 0~50 万人、50~100 万人、100~150 万人分别赋值为 1、2、3。

土地市场按 3 000~4 000 元/m²、4 000~5 000 元/m²、5 000~6 000 元/m²、6 000 元/m² 以上分别赋值为 1、2、3、4。

周边配套产业过多容易影响场站开发后的收益,过少则说明该场站周边不适于开发,因此,按场站周边配套产业有 1 和 6 个、2 和 5 个、3 和 4 个分别赋值为 1、2、3。

西安市作为历史文化名城,其各行政区域内分布有大量的古遗址,按照相关规定,位于遗址的重点保护范围、保护范围及建设控制地带的建筑均保持现状,不得再修新的建筑。因此,所处区域是否位于遗址保护区域将是影响判断场站是否适合进行综合开发的关键因素。本文所涉及场站均没有位于遗址的重点保护范围和保护范围,因此,按照场站位于一类建设控制地带、二类建设控制地带及遗址景观协调区分别赋值为 0、0、1,其余场站均赋值为 2。

对 36 个场站各指标通过以上方式进行赋值得到原始矩阵 C 。

表 2 原始矩阵 C

Tab. 2 Original matrix C

C_{ij}	B_1	B_2	B_3	B_4	B_5	...	B_{13}
1	3	1	5	1	4	...	2
2	2	3	5	2	3	...	2
3	2	3	4	1	3	...	2
4	2	3	5	1	3	...	2
5	2	3	5	2	3	...	2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
36	1	3	3	1	1	...	2

3.3 权重计算

计算指标权重的方法已有许多,本文首先采

用浓缩信息原理的因子分析法计算各一级指标权重,再通过熵值法计算各二级指标权重,最终将二者结合得到各指标最终权重。

利用 SPSS 软件对各一级指标进行因子分析,得到总方差解释图如下。

总方差解释												
成分	总计	初始特征值			提取载荷平方和			旋转载荷平方和				
		方差百分比	累积 %		总计	方差百分比	累积 %	总计	方差百分比	累积 %		
1	3.815	29.350	29.350		3.815	29.350	29.350	3.188	24.524	24.524		
2	1.760	13.535	42.885	1.760	19.535	48.885	1.958		21.064	45.588		
3	1.740	13.384	66.269	1.740	17.384	66.269	1.907		20.681	66.269		
4	1.284	9.874	76.142									
5	.899	6.917	82.060									
6	.813	6.253	85.313									
7	.640	4.920	88.433									
8	.596	4.585	91.018									
9	.516	3.966	93.484									
10	.420	3.233	95.717									
11	.291	2.240	97.657									
12	.176	1.354	99.011									
13	.051	.389	100.000									

提取方法：主成分分析法。

提取方法:主成分分析法。

图 4 总方差解释表

Fig. 4 Total variance explanatory table

由图 4 可得,前 3 个因子所累积的占比达到了 66.269%,说明该 3 个因子已能表达原数据的 66.269%,且它们的特征根均大于 1,因此符合前期预设的 3 个一级指标。旋转后前 3 个指标分别占比 24.524%、21.064%、20.681%,较为均匀,且方差解释率超过 60%,说明表达效果较好。将 3 个因子占比进行归一化,即能得到各一级指标的权重分别为:0.370,0.318,0.312。

再将原始矩阵 C 代入以下代码,利用 MATLAB 软件,即能得到各二级指标熵值法的权重。

```

A=[]
[n, m]=size(A);
for j=1: m
    C(:, j)=(A(:, j)-min(A(:, j)))/(max(A(:, j))-min(A(:, j)));
end
for i=1: n
    for j=1: m
        P(i, j)=C(i, j)/sum(C(:, j));
    end
end
for i=1: n
    for j=1: m
        if P(i, j)==0
            P(i, j)=1E-6
        end
    end
end
for j=1: m

```



```
e(j)=(-1/log(n))*sum(P(:,j)).*log(P
(:,j)));
end
d=1-e
for j=1:m
w(j)=d(j)/sum(d)
end
s=w*P'; s=s';
```

[ssort, id]=sort(s,'descend')

最终得到各一级指标下的二级指标的熵值法权重. 已知二级指标层各指标对目标层的权重等于二级指标层相对于一级指标层的权重 \times 一级指标层的权重. 由此得到各指标最终权重见表 3.

3.4 规范化矩阵

使用公式(2)和公式(3)将原始矩阵 C 进行规范化处理, 得到矩阵 X, 见表 4.

表 3 权重表
Tab.3 Weight table

一级指标层	权重	二级指标层	熵值法	最终权重
场站因素(A ₁)	0.370	场站面积(B ₁)	0.714 1	0.264 2
		用地性质(B ₂)	0.148 9	0.055 1
		周边用地性质(B ₃)	0.137 0	0.050 7
交通情况(A ₂)	0.318	公交线路数(B ₄)	0.356 4	0.113 3
		交通现状(B ₅)	0.123 8	0.039 4
		交通规划(B ₆)	0.268 9	0.085 5
		距市中心距离(B ₇)	0.051 2	0.016 3
		交通可达性(B ₈)	0.199 8	0.063 5
		经济情况(B ₉)	0.580 5	0.181 1
场站所处区域因素(A ₃)	0.312	人口情况(B ₁₀)	0.075 0	0.023 4
		土地市场(B ₁₁)	0.010 7	0.003 3
		周边产业(B ₁₂)	0.112 1	0.035 0
		遗址保护区等级(B ₁₃)	0.221 7	0.069 2

表 4 规范化矩阵 X
Tab.4 Normalization matrix X

X _{ij}	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₅	B ₆	B ₇	B ₈	B ₉	B ₁₀	B ₁₁	B ₁₂	B ₁₃
1	0.282	0.062	0.222	0.104	0.261	0.331	0.138	0.354	0.281	0.222	0.167	0.199	0.171
2	0.188	0.185	0.222	0.207	0.196	0.331	0.208	0.157	0.187	0.148	0.056	0.133	0.171
3	0.188	0.185	0.178	0.104	0.196	0.248	0.138	0.118	0.094	0.148	0.056	0.199	0.171
4	0.188	0.185	0.222	0.104	0.196	0.331	0.138	0.157	0.094	0.074	0.167	0.133	0.171
5	0.188	0.185	0.222	0.207	0.196	0.166	0.208	0.197	0.281	0.222	0.167	0.199	0.171
6	0.188	0.185	0.222	0.311	0.196	0.083	0.138	0.354	0.281	0.222	0.167	0.133	0.171
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
36	0.094	0.185	0.133	0.104	0.065	0.083	0.208	0.039	0.187	0.148	0.167	0.133	0.171

3.5 场站开发选择指数

在将原始矩阵规范化后根据公式(5)和公式(6)即可得到正负理想解分别为

$$r_j^+ = (0.282, 0.185, 0.222, 0.311, 0.261, 0.331, 0.208, 0.354, 0.281, 0.222, 0.222, 0.199, 0.171)$$
$$r_j^- = (0.094, 0.062, 0.044, 0.104, 0.065, 0.083, 0.069, 0.039, 0.094, 0.074, 0.056, 0.066, 0.000)$$

接着根据公式(7)至公式(9)分别计算 S、R 及 Q 值, 其中, ω 由表 5 表示为: $\omega = (0.114\ 0, 0.038\ 1, 0.037\ 6, 0.153\ 8, 0.093\ 9, 0.197\ 2, 0.036\ 1, 0.101\ 8, 0.018\ 2, 0.055\ 6, 0.069\ 7, 0.084\ 1)$, 本文 λ 取 0.5, 即表示决策者对于群体

效益或个体遗憾不存在明显偏好. 最终按照 Q 值从小到大的顺序对 36 块场站进行排序如表 5 所示.

由表 5 可得, 按照 Q 值由小到大对场站进行排序后, 排在第 1 位的场站为场站二, 第 2 位为场站八, 第 3 位为场站九……, 第 36 位为场站三十二. 将各场站计算得到的 VIKOR 值两两代入式(10)和式(11)进行约束条件验证可得: 排名第七之前的场站(包括场站七), 与排名第一的场站两两进行比较均只满足约束条件一, 表明这七块场站均为建议优先进行综合开发的场站. 在剩余场站中, 结合前期利用熵值法得到的各场站的指标排序情况以及各场站的实际调研情况来看, 认为 Q 值小于 0.5 的场站建议进行综合开发, 而 Q 值大于 0.5 的场站建议暂不开发.

表5 VIKOR 排序表
Tab.5 VIKOR sort table

序号	S	R	Q	排序	序号	S	R	Q	排序
1	0.228	0.154	0.320	7	19	0.640	0.197	0.862	21
2	0.316	0.077	0.077	1	20	0.786	0.197	0.989	35
3	0.502	0.154	0.560	13	21	0.637	0.197	0.858	20
4	0.434	0.154	0.500	9	22	0.734	0.197	0.944	27
5	0.315	0.131	0.303	5	23	0.379	0.197	0.632	15
6	0.357	0.197	0.613	14	24	0.612	0.197	0.837	18
7	0.461	0.154	0.524	10	25	0.625	0.197	0.848	19
8	0.252	0.102	0.124	2	26	0.769	0.197	0.974	31
9	0.265	0.102	0.135	3	27	0.689	0.197	0.904	25
10	0.491	0.154	0.550	12	28	0.793	0.197	0.995	34
11	0.316	0.131	0.304	6	29	0.761	0.197	0.967	33
12	0.398	0.131	0.376	8	30	0.782	0.197	0.986	34
13	0.470	0.154	0.532	11	31	0.742	0.197	0.950	29
14	0.384	0.102	0.240	4	32	0.798	0.197	1.000	36
15	0.657	0.197	0.876	22	33	0.735	0.197	0.945	28
16	0.608	0.197	0.833	17	34	0.688	0.197	0.903	24
17	0.663	0.197	0.881	23	35	0.674	0.197	0.891	23
18	0.578	0.197	0.807	16	36	0.691	0.197	0.906	26

综合来看,西安市现有36块公交场站建议优先进行综合开发的场站有7块,建议进行综合开发的场站有2块,建议暂不开开发的场站有27块。结合前文计算出的各指标权重进行分析,对于场站面积较小尤其是 0.667 hm^2 以下的公交场站不建议进行综合开发,而场站及周边土地用地性质对判断场站是否适合进行开发影响不大,场站本身所通行的公交线路也不是决定场站是否适合进行开发的关键,最关键的影响指数应是场站面积及所处区域是否位于遗址保护区。

由此,根据表中数据及Q值可以为公交场站综合开发指数提供参考数据,即当Q值在区间 $[0, 0.32]$ 时建议优先进行综合开发,在区间 $(0.32, 0.5]$ 时建议进行综合开发,而当Q值在区间 $(0.5, 1]$ 时建议暂不进行开发,该指数可为不同公交场站开发提供参考。本文研究所得到的指数及结论可以为今后城市公交场站的综合开发评价提供参考。

4 结论

本文以西安市公交场站为例,构建出判断现有公交场站是否适合进行综合开发的指数体系,结果表明:

(1)通过因子分析法和熵值法分别求得各指标的权重,通过主观评判加客观评判的方法得出现有公交场站的面积、周边交通现状及规划、所处区域是否位于遗址保护区是影响评价公交场站是否适合进行综合开发的关键指数,在今后的公交场站评价中可优先纳入考虑范围;

(2)将西安市现有36个公交场站代入VIKOR模型,得出有7个场站建议优先进行综合开发,2个场站建议进行综合开发,其余均建议暂不进行开发,总结出现有的公交场站并非所有都适合进行综合开发,并根据Q值给出建议综合开发公交场站的指数集合,可为今后的交通部门及开发商提供参考;

(3)本文仅以西安市公交场站为例,所搜集的资料有限,影响评价场站是否适合进行综合开发的因素还有许多,未来在相关研究中,可考虑与公共交通公司及开发商配合来获取更多数据以完善指数体系。

参考文献 References

- [1] 李昆达. 公交场站综合开发策略及建设模式研究[D]. 北京:清华大学,2014.
LI Kunda. Comprehensive development strategy and construction management and mode of bus stations [D]. Beijing: Tsinghua University,2014.
- [2] William Fox. Strategic options for urban infrastructure management [M]. Washington, D. C.: The World Bank, 1994.
- [3] Kendall, MICHAEL J. A primer on securitization [M]. Massac Huselts;The MIT Press. 2002.
- [4] VOITH R. Changing capitalization of CBD-oriented transportation system evidence from Philadelphia, 1970-1988[J]. Journal of Urban Economics, 1993, 33 (3):361-376.
- [5] AMSTRONG R J. Impact of commuter rail service as reflected in single-family residential property values

- [J]. Transportation Research Record, 1994; 1466.
- [6] BENJAMIN J D, IMANS G S. Mass Transportation, apartment rent and property values[J]. Journal of Real Estate Research, 1996, 1: 1-8.
- [7] KEITH A RATNER, ANDREW R GOETZ. The reshaping of land use and urban form in Denver through transit-oriented development[J]. Cities, 2013, 30: 31-46.
- [8] 梁晓红, 刘智丽, 杜华兵. 城市公共交通用地综合开发若干问题的思考——以北京市为例[J]. 交通运输研究, 2019, 5(3): 18-24.
- LIANG Xiaohong, LIU Zhili, DU Huabing. Key Issues of comprehensive development of urban public transport land use: A case study of Beijing[J]. Transport Research, 2019, 5(3): 18-24.
- [9] 陈程, 俞一杰. 城市公交场站综合开发模式研究[C]//新常态: 传承与变革——2015中国城市规划年会论文集(05城市交通规划). 杭州: 中国城市规划学会城市交通规划学术委员会, 2015: 219-228.
- CHEN Cheng, YU Yijie. Study on comprehensive development mode of urban bus yard and station[C]//The new normal: Inheritance and transformation: Papers collection of China urban planning annual conference 2015 (05 urban transportation planning), Hangzhou: Urban Planning Society of China, 2015: 219-228.
- [10] 王静, 方德斌. 基于“五位一体”的中国经济高质量发展指数研究[J]. 宏观经济研究, 2022(5): 22-34, 73.
- WANG Jing, FANG Debin. Research on high-quality development index of Chinese economy based on “Five in one” [J]. Macroeconomic Research, 2022 (5): 22-34, 73.
- [11] 曾凡龙, 倪静, 王钰华. 基于熵权-VIKOR及AGA-BP模型的企业绩效评价研究——以我国上市物流企业为例[J]. 上海理工大学学报, 2022, 44(1): 94-102.
- ZENG Fanlong, NI Jing, WANG Yuhua. Enterprise performance evaluation based on Entropy-VIKOR and AGA-BP model: Take China's listed logistics enterprises as an example[J]. University of Shanghai for Science and Technology, 2022, 44(1): 94-102.
- [12] 胡立伟, 孟玲, 祁首铭, 等. 基于城市交通拥堵的区域路网服务退化指数研究[J]. 重庆交通大学学报(自然科学版), 2018, 37(12): 92-97.
- HU Liwei, MENG Ling, QI Shouming, et al. Degradation index of regional network service based on urban traffic congestion[J]. Journal of Chongqing Jiaotong University (Natural Science), 2018, 37(12): 92-97.
- [13] 刘大林. 基于VIKOR方法的电商环境下供应商评价研究[D]. 沈阳: 沈阳工业大学, 2021.
- LIU Dalin. Research on supplier evaluation in E-commerce environment based on VIKOR method[D]. Shenyang: Shenyang University of Technology, 2021.
- [14] 王当仁. 城市轨道交通车站商业业态选择研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2020.
- WANG Dangren. Study on the selection of commercial types and form urban rail transit station[D]. Beijing: Beijing Jiaotong University, 2020.
- [15] 吴德铭. 西安市营商环境评价指标体系构建研究[D]. 西安: 西北大学, 2021.
- WU Deming. A study on the construction of business environment evaluation index system in Xi'an city[D]. Xi'an: Northwest University, 2021.
- [16] 蒋金亮, 董爱妹. 基于TOD模式的公交场站综合开发研究[J]. 交通与运输(学术版), 2014(2): 95-98.
- JIANG Jinliang, DONG Aimei. Research on comprehensive development about bus station[J]. Traffic and Transport (Academic Edition), 2014(2): 95-98.
- [17] 刘永欣, 靳来勇, 王超深. 公交场站立体复合开发模式初步探讨——以成都5个场站为例[J]. 城市公共交通, 2020(4): 32-37.
- LIU Yongxin, JIN Laiyong, WANG Chaoshen. Reflection and reconstruction of the target of traffic congestion management in metropolitan cities[J]. Urban Public Transport, 2020(4): 32-37.
- [18] 曾炎盛. 立体式公交综合车场开发模式[J]. 综合运输, 2019, 41(9): 22-26.
- ZENG Yansheng. Development mode of tridimensional bus parking lot [J]. Comprehensive Transportation, 2019, 41(9): 22-26.
- [19] 李冰. 西安市公共交通设施用地综合开发研究[J]. 城市公共交通, 2020(10): 44-48.
- LI Bing. Research on comprehensive development for public transportation facilities of Xi'an[J]. Urban Public Transport, 2020(10): 44-48.
- [20] 陈建凯, 夏迎莹, 肖亮. 中型公交场站上盖开发交通与建筑协调方案设计[J]. 交通与运输, 2019, 32(S1): 192-197.
- CHEN Jiankai, XIA Yingying, XIAO Liang. Design and research on coordination scheme of transportation and building for development of top cover of medium-sized bus station[J]. Traffic and Transport, 2019, 32(S1): 192-197.
- [21] 王志愿, 闫磊磊, 邓迎寅, 等. 基于熵权与VIKOR方法的设计方案评价与优选[J]. 机械设计, 2022, 39(2): 154-160.
- WANG Zhiyuan, YAN Leilei, DENG Yingying, et al. Evaluation and optimization of design schemes based on entropy weight VIKOR method[J]. Journal of Machine Design, 2022, 39(2): 154-160.
- [22] Anna Ibraeva, Gonalo Homem de Almeida Correia, Cecilia Silva, et al. Transit-oriented development: A review of research achievements and challenges [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2020, 132: 110-130.
- [23] Mohammad Hamed Abdi. What the newcomers to transit-oriented development are confronted with? Evidence from Iranian policy and planning[J]. Journal of Transport Geography, 2021, 3: 103005.