

基于TOPSIS的武汉市街道品质评价模型

刘天栋, 陈 芬

武汉市规划设计有限公司, 湖北 武汉

收稿日期: 2022年2月25日; 录用日期: 2022年3月18日; 发布日期: 2022年3月25日

摘 要

本文围绕武汉市街道设计原则和街道通行标准, 从街道功能性、街道安全性和街道舒适性三个方面, 共汇总17类相关要素, 构建街道品质评价指标体系。针对指标体系数据的差异性、主观因素的干扰性、样本对象理想与实际差异性等问题, 提出熵权法和TOPSIS模型作为本文的研究方法, 该组合方法可以排除存在的差异性和主观干扰。最后, 运用熵权法和TOPSIS模型, 基于评价指标体系, 对武汉市街道品质进行评价研究和验证模型的有效性。

关键词

街道品质评价, 熵权法, TOPSIS

Evaluation Model of Wuhan Street Quality Based on TOPSIS

Tiandong Liu, Fen Chen

Wuhan Planning and Design Co., LTD., Wuhan Hubei

Received: Feb. 25th, 2022; accepted: Mar. 18th, 2022; published: Mar. 25th, 2022

Abstract

Based on the street design principles and street standards in Wuhan, this paper summarizes 17 kinds of relevant elements from the three aspects of street functionality, street safety and street comfort, and constructs the street quality evaluation index system. In view of the differences of index system data, interference of subjective factors, and differences between ideal and actual sample objects, the entropy weight method and TOPSIS model are proposed as the research methods of this paper. The combined method can eliminate the differences and subjective interference. Finally, the entropy weight method and TOPSIS model are used to evaluate the street quality of Wuhan city based on the evaluation index system and verify the validity of the model.

Keywords

Street Quality Evaluation, Entropy Method, TOPSIS

Copyright © 2022 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

对于城市公共空间来说, 街道空间是其最为重要的组成部分, 其主要由街道、街道两侧建(构)筑物、植物和设施等元素构成, 同时具有交通和景观的属性, 是人们交通出行和社会活动的外部空间载体。同时街道作为人们居住环境的重要组成, 其交通、安全和美学三方面的价值均对人们的生活具有重要影响, 这也恰恰体现了街道的功能性、街道的安全性和街道的舒适性。街道的空间品质对人民的生活质量有着重要的影响, 因此街道品质的测度与改善是提升城市生活质量的关键, 对街道品质进行评价研究是有意义的。

目前, 国内外对街道品质评价的研究主要集中于以下两个方面: 1) 评价指标体系选取[1]-[6]; 2) 街道品质评价模型的应用和设计[7]-[12]。

在评价指标体系选取方面, 关可汗[1]以街景图片作为选择角度, 选取街道服务型、设施配置性、步行安全性、空间舒适性和视线感官性五大类构建了街道空间品质测度指标体系。叶宇[2]结合街景数据和新分析技术, 以面向人为本为尺度, 选取绿视率、天空可见度、建筑界面、道路机动化程度、步行空间、多样性六大关键特征构建街道品质评价指标体系。徐小童[3]以居民心理感受作为指标体系选取标准, 选取了美观、活力、安全、富裕、萧条、无趣六个方面构建了指标体系。方宇星[4]从个体商户、原住民、顾客三类典型街区使用者需求角度出发, 结合街道空间构成要素的特征, 确立了安全需求、通行需求、舒适需求、活动需求和场所需求的指标体系。刘兴邦[5]以街道绿视率作为研究视角, 以历史街景与当下作为对比, 构建指标评价体系。陈婧佳[6]以促进公共健康作为导向, 从微观尺度的空间特征作为研究角度, 构建街道评价指标体系。

在街道品质评价模型方面, YANG Xin [7]基于分解网格法, 采用城市三维微气候环境动态仿真软件 ENVI-MET, 对街道空间热舒适度进行测量和评价。李政霖[8]通过对开放的网络平台对现状街景图像进行采集, 利用经过训练的深度学习神经网络模型, 基于深度学习技术对街道空间品质大规模评估分析。余俊杰[9]从心理感知出发, 采用 SD 法从环境认知、空间形态、空间秩序、场所特征 4 个方面定制 22 个评价因子, 构成了评价指标体系。陈纯[10]以街景图像等多源数据为载体, 采用非现场建成环境审计等技术方法, 基于空间失序理论对街道空间品质进行大规模测度。Jingxian Tang [11]通过机器学习和 SegNet 分割方法对绿化、开阔度、围合度的三维进行计算, 以及对街墙连续性和截面比例进行二维分析, 实现街道的品质评价研究。梁寒冬[12]对基于车载激光扫描数据的街道三维可视空间品质研究, 利用车载 LiDAR 数据实现了精细网格尺度和街道尺度的三维可视空间品质精细测度与评价。

由上述文献可知, 现有研究仍存在不足之处, 主要包括以下几个方面: 1) 现有指标体系较少考虑街道的空间布局所带来的舒适性、安全性和街道建立的功能需求; 2) 评价模型的应用具有片面性, 并且较少考虑街道设计的理想化状态与实际状态之间的差距造成的影响。因此, 本文以街道设计的目的和原则作为研究角度, 从街道功能性、街道安全性和街道舒适性三个方面, 建立街道品质评价体系, 并运

用熵权法和 TOPSIS 模型的组合方法模型, 以武汉市街道为例, 对其品质进行评价研究, 并证明方法模型的有效性。

2. 街道品质评价指标体系构建

为实现对街道品质进行评价的目的, 本研究围绕武汉市街道设计原则和街道通行标准, 考虑街道的空间布局所带来的舒适性、安全性问题和街道建立的功能需求, 从街道功能性、街道安全性和街道舒适性三个方面, 遵循科学性和适用性原则, 以及以人为本的理念, 为武汉市街道品质评价建立了一个较为完善的指标体系。其中包括三类一级指标和 17 种要素, 具体如下表 1 所示:

Table 1. Evaluation index system
表 1. 评价指标体系

一级指标	二级指标
功能性 C_1	交叉口控制方式 C_{11}
	车道数 C_{12}
	车速 C_{13}
	交叉口安全岛 C_{14}
安全性 C_2	行人通行安全 C_{21}
	通行宽度 C_{22}
	停、落客空间处理 C_{23}
	过街路权 C_{24}
	隔离方式 C_{25}
	行人坡道 C_{26}
舒适性 C_3	休憩设施 C_{31}
	特色 C_{32}
	垃圾箱间距 C_{33}
	美观性 C_{34}
	盲道连续性 C_{35}
	绿化带宽度 C_{36}
	照明设施 C_{37}

3. 基于 TopSIS 的街道品质评价模型

3.1. 熵权法

熵权法是更具有客观性, 能够在一定程度上消除主观因素的干扰, 对结果更好的进行解释, 利用信息之间的差异性进行赋权的方法。运用此方法需要有部分样本量, 通过样本确定权值, 再根据所确定的权值进行分析。熵是信息论中对不确定性的一种度量, 熵值可以判断某个指标的离散程度, 指标的离散

程度越大, 该指标对综合评价的影响越大。

假设有 m 个评价年份 n 个评价指标, 指标值为 X_{ij} 。对于正属性指标, 计算公式为:

$$R'_{ij} = (X_{ij} - \min X_{ij}) / (\max X_{ij} - \min X_{ij}) \tag{1}$$

对于负属性指标, 计算公式为:

$$R'_{ij} = (\max X_{ij} - X_{ij}) / (\max X_{ij} - \min X_{ij}) \tag{2}$$

之后对指标标准化处理, 得到标准化的评价矩阵:

$$R = \begin{pmatrix} R_{11} & R_{12} & \cdots & R_{1n} \\ R_{21} & R_{22} & \cdots & R_{2n} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ R_{m1} & R_{m2} & \cdots & R_{mn} \end{pmatrix} \tag{3}$$

计算第 j 项指标在第 i 个评价样本的权重, 表示为 P_{ij} , 计算公式为:

$$P_{ij} = R_{ij} / \sum_{i=1}^m R_{ij} \tag{4}$$

计算第 j 项指标的熵, 表示为 e_j , 计算公式为:

$$e_j = -k * \sum_{i=1}^m \left[\left(\frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^m P_{ij}} \right) * \ln \left(\frac{P_{ij}}{\sum_{i=1}^m P_{ij}} \right) \right] \tag{5}$$

其中, k 为波尔茨曼常量, 满足 $k = 1 / \ln m$

计算第 j 项指标的权重, 表示为, 计算公式为:

$$w_j = (1 - e_j) / \sum_{j=1}^n (1 - e_j) \tag{6}$$

3.2. TOPSIS 模型

TOPSIS 法又称优劣解距离法, 它依据评价方案与理想解的欧氏距离来进行评价方案的优劣排序。其基本原理是通过分析样本对象的优劣状态, 建立样本对象最优(最劣)方案即正(负)理想点, 并确定样本对象与正(负)理想点的距离, 进而求得样本对象与理想点的贴近程度, 主要步骤如下所示:

建立初始计算矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$;

把初始计算矩阵标准化处理为 $B = (b_{ij})_{m \times n}$;

构建加权矩阵。采用代数法确定组合权重向量 $W = (w_{c01}, w_{c02}, \dots, w_{con})^T$, 通过 $Z = B \times W$ 构造加权规范化决策矩阵 $Z = (z_{ij})_{m \times n}$, 其中 $z_{ij} = w_{con} \times b_{ij}$ 。

计算样本对象与正(负)理想点的距离 D_i^+ (D_i^-) 和贴进度 C_i , $C_i \in [0, 1]$ 。该值越接近 1, 样本就越靠近正理想点, 计算结果就越优; 反之, 则越差。计算公式为:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_j^+ - z_{ij})^2} \tag{7}$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (z_j^- - z_{ij})^2} \tag{8}$$

$$C_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \tag{9}$$

其中, z_j^+ 为样本对象正理想点, z_j^- 为样本对象负理想点。

4. 案例分析

本研究以武汉市的 28 条街道为例, 在武汉市政府官网查找指标体系中的原始数据, 如表 2 所示。将初始数据代入公式(1)到公式(6), 运用熵权法评价各级指标的熵权值, 得到结果如表 3 所示。将得到熵权值和初始数据代入公式(7)到公式(9)中, 分别得出武汉市街道的正、负理想解, 评价指标与正、负理想解的欧式距离和贴进度, 得出的结果如表 4 所示。

Table 2. Initial data of evaluation indicators

表 2. 评价指标初始数据

	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8	Z9	Z10	Z11	Z12	Z13	Z14
C1	C11	100	100	100	100	100	100	60	100	100	100	100	100	100
	C12	100	100	80	100	80	100	60	2	80	100	80	80	80
	C13	80	100	100	80	100	100	80	100	100	100	100	100	100
	C14	0	0	0	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
C2	C21	0	100	0	60	0	0	100	0	60	60	60	60	100
	C22	60	70	70	80	100	100	70	70	60	70	60	60	100
	C23	0	100	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
	C24	0	0	0	0	100	100	0	100	100	100	0	100	100
	C25	0	0	100	100	100	100	0	100	0	0	100	0	0
	C26	100	0	100	100	0	0	0	0	0	0	0	100	100
C3	C31	0	0	100	60	0	0	100	0	60	60	60	0	0
	C32	60	60	60	60	60	60	60	60	80	80	100	60	60
	C33	80	100	80	80	100	60	100	100	80	40	60	60	100
	C34	0	0	0	100	0	0	0	0	0	100	0	0	100
	C35	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	C36	0	0	0	80	0	80	0	0	80	80	80	80	0
	C37	100	60	100	60	100	100	60	100	60	60	60	60	100
	Z15	Z16	Z17	Z18	Z19	Z20	Z21	Z22	Z23	Z24	Z25	Z26	Z27	Z28
C1	C11	100	100	100	100	100	100	100	100	100	60	100	100	100
	C12	80	100	100	100	80	2	80	80	80	80	80	100	80
	C13	100	100	100	80	80	100	100	100	100	100	80	100	100
	C14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Continued

C2	C21	0	100	60	0	100	60	0	100	60	60	0	100	60	60
	C22	100	100	70	100	70	80	70	70	70	60	80	100	80	60
	C23	0	0	0	0	100	0	0	100	100	0	0	0	0	0
	C24	0	100	0	100	0	100	0	0	0	0	0	0	0	0
	C25	0	0	100	0	0	100	100	0	100	0	0	0	0	0
	C26	0	100	0	100	100	0	0	100	0	0	100	0	100	100
C3	C31	60	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	60	60	100
	C32	80	60	60	0	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60
	C33	100	100	20	80	100	100	100	80	100	40	100	60	80	80
	C34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
	C35	0	100	0	0	100	100	100	100	100	100	0	0	0	100
	C36	0	100	80	0	0	0	80	0	0	80	100	0	0	60
	C37	100	60	60	100	60	100	100	60	100	100	60	60	60	60

Table 3. Entropy weights of Wuhan city street evaluation index system
表 3. 武汉市街道评价指标体系熵权值

二级指标	信息熵值	信息效用值	熵权值
C11	0.978	0.022	0.005
C12	0.975	0.025	0.005
C13	0.538	0.462	0.097
C14	0.000	1.000	0.210
C21	0.874	0.126	0.026
C22	0.872	0.128	0.027
C23	0.483	0.517	0.108
C24	0.691	0.309	0.065
C25	0.691	0.309	0.065
C26	0.832	0.168	0.035
C31	0.682	0.318	0.067
C32	0.986	0.014	0.003
C33	0.796	0.204	0.043
C34	0.416	0.584	0.122
C35	0.928	0.072	0.015
C36	0.744	0.256	0.054
C37	0.746	0.254	0.053

Table 4. TOPSIS model calculates the composite score index
表 4. TOPSIS 模型计算得出综合得分指数

街道	正理想解距离(D+)	负理想解距离(D-)	综合得分指数	排序
Z1	0.554517006	0.150050593	0.212968341	17
Z2	0.552591761	0.166242726	0.231267042	11
Z3	0.551126122	0.158180634	0.223007369	14
Z4	0.504043721	0.255659052	0.336525101	3
Z5	0.317167162	0.483187054	0.60371651	1
Z6	0.543677814	0.17583308	0.244378621	10
Z7	0.546830975	0.183961244	0.25172852	8
Z8	0.558782433	0.144071131	0.204980296	20
Z9	0.548557615	0.141434926	0.20498037	19
Z10	0.491666122	0.279487529	0.36242781	2
Z11	0.545389192	0.148898994	0.214462809	16
Z12	0.556635285	0.124310674	0.182555858	25
Z13	0.564914727	0.08443761	0.130033582	28
Z14	0.534773695	0.219275703	0.290797531	4
Z15	0.560100604	0.120801867	0.177414347	27
Z16	0.56071578	0.14053085	0.200401462	21
Z17	0.551549245	0.15983761	0.224684514	13
Z18	0.546657042	0.176904647	0.24449145	9
Z19	0.539830403	0.203693561	0.273956955	5
Z20	0.556159106	0.148913594	0.211203177	18
Z21	0.558662833	0.13669158	0.196578288	23
Z22	0.550210492	0.161336698	0.226740686	12
Z23	0.542974032	0.192267122	0.261502122	7
Z24	0.554782761	0.1374567	0.198568137	22
Z25	0.555458892	0.154879785	0.218036537	15
Z26	0.554579727	0.123192484	0.181760895	26
Z27	0.53267132	0.194427545	0.2674018	6
Z28	0.55541636	0.130886716	0.190712705	24

按照“熵权-TOPSIS”法的基本原理可知, 指标的熵权值越大, 该指标对武汉市街道品质评价结果的影响越大。正、负理想距离的实际意义是评价对象与最优或最劣解的距离, 值越大说明距离越远, 研究对象 D+值越大, 说明与最优解距离越远; D-值越大, 说明与最劣解距离越远。综合得分指数越大说明研究对象越好。由表 3 整体可知, 指标 C14 的熵权值最大为 20.965%, 指标 C32 的熵权值最小为 0.291%。这一现象说明指标 C14 对武汉市街道品质的评价结果的影响较为显著, 而指标 C32 对街道品质评价的影响不显著。由表 4 可知, 在武汉市 28 条街道品质评价中, 街道 4 排名第一位, 其综合得分指数较高为 0.604, 街道 13 排名我最后一位, 其综合得分指数较低为 0.130。

5. 结论

为了针对性提出提升街道品质的举措, 本文在分析国内外街道品质评价指标体系构建和街道品质评价方法模型的基础上, 基于街道功能性、街道安全性和街道舒适性, 构建了武汉市街道品质评价指标体系, 并运用熵权法和 TOPSIS 模型对指标体系的原始数据进行处理和研究, 得出指标体系中每个指标对街道品质评价的影响程度和街道品质的综合得分指数。本研究考虑了街道的空间布局所带来的舒适性、安全性问题和街道建立的功能需求, 并且考虑街道设计的理想化状态与实际状态之间的差距, 在指标体系的建立和方法模型的运用上具有先进性。

基于上述研究角度和研究方法, 本文得出以下结论:

1) 针对武汉市 28 条街道, 街道功能性中交叉口安全岛对街道品质评价的影响最大, 街道舒适性中街道的特色对街道品质评价的影响最小;

2) 对武汉市 28 条街道品质评价排序可知, 序号为 4 的街道品质最高, 序号为 13 的街道品质最差;

3) 武汉市街道建设决策者针对各个街道的品质情况, 应该主要采取提高街道交叉口安全岛、停落客空间处理和美观性的措施, 以达到提升序号为 13、15、26 等排名靠后的街道的品质的目的。

本研究的模型方法与研究思路同样适用于其他领域, 运用于同一类型不同研究对象间的品质评价对比、运营状况对比等方面, 具有普适性。然而, 本研究仍存在不足之处, 一方面在于评价体系的建立和指标体系的选取方面, 其需要更为广泛的标准和更加精细的指标要素。另一方面在于评价模型的选取和应用方面, 尽管主观因素确实存在干扰作用, 但主观因素的存在切实符合现实情况, 有必要从主客观方面共同对初始数据进行处理。因此, 论文的未来研究工作应该是更加精细化和符合现实意义的, 需要运用多种模型, 考虑多种因素的组合干扰完成对街道品质的评价工作。

参考文献

- [1] 关可汗, 赵莹. 基于街景图片的城市街道空间品质对比研究[J]. 地理空间信息, 2021, 19(11): 131-135+10.
- [2] 叶宇, 张昭希, 张啸虎, 曾伟. 人本尺度的街道空间品质测度——结合街景数据和新分析技术的大规模、高精度评价框架[J]. 国际城市规划, 2019, 34(1): 18-27.
- [3] 徐小童, 龚华凤, 赵聪霄, 江楠, 肖洁. 基于居民心理感受的街道空间品质量化评价——以重庆市主城区街道为例[J]. 华中建筑, 2021, 39(11): 70-75.
- [4] 方宇星, 张彤, 贺慧. 基于使用者需求的历史街区街道空间品质评价研究——以武汉市汉正街为例[C]//面向高质量发展的空间治理——2021 中国城市规划年会论文集(07 城市设计), 2021: 748-758.
- [5] 刘兴邦, 董林涛, 赵琳. 绿视率视角下历史街道空间品质优化措施研究——以青岛中山路为例[J]. 城市建筑, 2021, 18(5): 26-28.
- [6] 陈婧佳, 张昭希, 龙瀛. 促进公共健康为导向的街道空间品质提升策略——来自空间失序的视角[J]. 城市规划, 2020, 44(9): 35-47.
- [7] Yang, X., He, S. and Zhang, Q. (2020) Thermal Comfort Measurement and Landscape Reconstruction Strategy of Street Space Based on Decomposition Grid Method: A Case Study of Yangmeizhu Street. *Journal of Landscape Re-*

- search*, **12**, 33-38+46.
- [8] 李政霖, 陈冠舟, 杨孝增, 张浩, 华明睿, 孙波. 基于深度学习技术的城市街道空间品质大规模评估分析——以贵阳市为例[C]//面向高质量发展的空间治理——2020中国城市规划年会论文集(05 城市规划新技术应用), 2021: 524-537.
- [9] 余俊杰. 基于语义分析法的澳门半岛街道空间品质优化策略研究[J]. 中华建设, 2021(8): 156-160.
- [10] 陈纯, 陈婧佳, 贾紫牧, 邓铸, 马爽, 龙瀛. 基于空间失序理论的城市街道空间品质大规模测度——以合肥市二环内为例[J]. 南方建筑, 2020(2): 10-18.
- [11] Tang, J.X. and Long, Y. (2019) Measuring Visual Quality of Street Space and Its Temporal Variation: Methodology and Its Application in the Hutong Area in Beijing. *Landscape and Urban Planning*, **191**, Article ID: 103436. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2018.09.015>
- [12] 梁寒冬. 基于车载 LiDAR 数据的城市街道要素提取与三维可视空间品质测度研究[D]: [博士学位论文]. 上海: 华东师范大学, 2020.