

街道品质虚拟评价与现场调研评价方法的一致性分析

——以深圳轨道核心区街道为例

□ 郭馨，赖建东，马志锋，夏吉喆

【摘要】街道品质评价研究自 20 世纪中期以来不断发展并愈发受到重视。相比传统的现场调研评价方式，近年来随着大数据技术的快速发展，以街景图像为代表的远程虚拟评价方式受到越来越多学者的关注和应用。文章通过梳理既有文献，结合环境行为学及城市形态学对现有两种评价方法进行深入的一致性检测，并构建两维度、三层次的 SOC 主客观一致性检测体系。在此基础上，文章以深圳轨道核心区的 37 个街段为例，通过调查问卷、图像语义分割和现场调研等方式，分析两种评价方式在全局主观评价、分类主观评价、客观影响因素及关键客观指标方面的全流程一致性，从而总结出街景图像主观评价的边界适用条件，为当前大规模、全市域、多尺度、多形态的街景图像主观评价的精细化发展提供新思路和新方法。

【关键词】街景图像；现场调研；一致性分析；街道空间品质；城市形态

【文章编号】1006-0022(2022)06-0070-09 **【中图分类号】**TU984 **【文献标识码】**B

【引文格式】郭馨，赖建东，马志锋，等. 街道品质虚拟评价与现场调研评价方法的一致性分析——以深圳轨道核心区街道为例[J]. 规划师, 2022(6): 70-78.

A Study on the Consistency Between Street View Survey and On-Site Survey: Shenzhen Example/Guo Xin, Lai KinTung, Ma Zhifeng, Xia Jizhe

【Abstract】 Street quality has received much academic attention since mid twentieth century. Besides traditional on-site survey, virtual survey based on street view with big data technologies is being used by scholars. Based on literature review, environment behavior theory, and urban morphology research, the paper makes a deep evaluation on the consistency of the two methods, and establishes a SOC evaluation system with three levels at two dimensions. By questionnaire and machine learning image recognition, the paper studies the whole process consistency of global subjective evaluation, categorical subjective evaluation, significant influential factors, and key objective factors between virtual survey and on-site survey, identifies the application condition for using the virtual street view survey, and provides a new concept for refined development of street view evaluation.

【Key words】 Street view, On-site survey, Consistency analysis, Street space quality, Urban morphology

0 引言

街道作为城市生活重要的公共空间，近年来受到越来越多的重视。与此同时，针对街道的各类评价方式也在不断更新迭代。近年来，大数据技术快速发展，以街景图像为代表的虚拟评价方法被越来越多地用于街道品

质评价，其大规模、广覆盖、易获取的特点大大降低了传统街道评价中最为耗时耗力的现场调研难度，受到了学者们的广泛关注和积极响应，并快速发展成为当前街道品质评价的重要方式之一^[1-3]。评价方法直接影响着评价结论，而评价结论则极有可能直接指导设计决策及实施方向。然而，当前的街道品质评价研究

【基金项目】 国家自然科学基金青年科学基金项目 (51908359)

【作者简介】 郭馨，深圳大学建筑与城市规划学院副教授。

赖建东，深圳大学建筑与城市规划学院硕士研究生。

马志锋，深圳大学建筑与城市规划学院硕士研究生。

夏吉喆，通讯作者，深圳大学建筑与城市规划学院副教授，深圳大学深圳市空间信息智能感知与服务重点实验室副主任。

主要通过单一方式(虚拟评价或现场调研评价)对街道空间进行主客观评价及影响因素分析,大多数研究忽视了对两种评价方法之间的差异探讨。因此,当前对街道品质评价的研究应关注以下两方面:一方面,需要向上积极拓展以街景图像为代表的虚拟评价方法的前沿可能性,并认识到城市空间评价方法已逐渐从以现实环境(现场调研)为主导发展到当前现实环境(现场调研)与虚拟环境(图像及录像)并重,并呈现出以虚拟环境(图像及录像)为主导的发展趋势;另一方面,也需要向下认真挖掘和探讨以街景图像主观评价替代现场调研主观评价的真实有效性,并对二者的一致性边界条件进行充分探讨。

1 街道品质评价相关研究进展

当前关于街道品质评价的研究众多,但从研究方法上看主要有两种主导方法:一种是基于现场调研,在现场对人群的主观评价及客观要素进行提取^[4-7];另一种则是基于远程图像,通过采集现场照片或大数据街景图片,对数据图像进行主观评价及客观要素提取^[8-11]。

基于现场调研的街道品质评价研究在 Whyte W H、Gehl J、Jacobs J 等人的长期推动下,形成了系统的基于环境行为学及环境心理学的研究方法^[4-5, 12-14]; Mehta V 使用行为注记法记录街道空间中的人群活动情况,同时对街道建成环境进行现场勘测,并通过数理统计分析找出人群活动的关键客观影响因素^[6];徐磊青等人通过问卷调查和现场勘测的方式,获取人们对于街道空间步行品质评价和街道建成环境的指标,并对两者进行统计分析,探究步行品质和街道建成环境之间的关系^[15]。综合相关研究发现,对于现场调研的主观评价多以现场空间的使用者为研究对象,通过问卷调查、活动访谈、注记等方式采集使用者对空间的评价及其行为特征信息。客观要素的提取通常是结合现场勘测及采用客观数据对现场物理环境要素进行统计描述,

整合构成街道客观建成环境要素集。在此基础上,通过定性或定量的方式分析其主客观之间的环境行为学规律。

近年来,随着谷歌及百度地图对街景图像的持续开发,基于街景图像的街道品质虚拟评价研究受到了学者们的广泛关注 and 积极应用。例如,龙瀛结合街景图像,通过图像识别技术评价街道的绿化水平,并通过图片人工打分评价街道的可步行性^[16];叶宇等人通过机器学习算法对上海街景的空间要素进行提取,构建神经网络算法打分评价模型并对街道空间品质进行测度^[11]。综合相关研究发现,对于街景图像的主观评价多采用图片专家打分和机器学习打分的评价模型;客观要素提取多采用图像语义分割方法,并由此作为基础构建侧重不同方面的品质评价体系。

在当前街景图像被大量用于主客观分析的背景下,关于现场调研和虚拟评价的一致性分析却十分有限。Rundle A G、Badland H M 等人利用谷歌街景及现场调研的方式分别对新西兰及纽约的社区街道客观环境构成要素进行主观评价,并检验两种评价数据之间的一致性^[9, 17];Clarke P 等人利用谷歌街景对芝加哥社区街道的客观设施进行记录,并将其与早期的社区大规模住户实地观察调研数据进行一致性比较^[8]。研究表明,虚拟评价在效率方面具有明显优势,但在一致性分析上的研究结论不尽相同,如 Badland H M 等人研究的 21 个指标中有 5 个指标呈现出高度一致性,5 个指标具有较大差异;在 Rundle A G 等人的研究中,有 54.3% 的指标具有高度一致性,22.9% 的指标一致性较低;在 Clarke P 等人的研究中,6 类环境客观设施指标中有 3 个存在高度一致性,有 3 个出现较大差异。

因此,在针对街道客观指标的一致性分析中,虚拟评价虽然具有一定的一致性可能,但是在何种条件下,虚拟评价能够高效替代现场评价则需更多研究样本的支持和界定。与此同时,上述研究主要针对街道的客观指标,并未涉及

当前逐渐被开拓的街道主观评价研究,且研究大多针对建成环境接近的社区型街道。此外,在现有一致性研究中,虚拟评价的调研被试者数量大多为 1 人,最多不超过 5 人,样本量过于受限使一致性研究结论受个体差异影响较大。由此可见,当前的一致性分析远远不足以满足当下大规模、全市域、多尺度、多形态的街道主客观评价需求。

因此,本研究针对当前街道主观评价一致性研究较为缺失的问题,通过对既有文献的梳理,结合环境行为学及城市形态学,构建主观评价主导的两维度、三层次的 SOC (Subjective and Objective Consistency Evaluation System) 主客观一致性检测体系。在此基础上,以深圳轨道核心区 37 个街段为例,通过街景图像主观评价及现场调研主观评价两种方式,首先采用调查问卷方式对街道空间的 1 个主观评价总指标、8 个主观评价分项指标进行评价,并结合街道空间形态进行全局主观评价、分类主观评价一致性对比;其次,对街景图像进行机器学习中的图像语义分割、对现场进行实地勘测,通过两种方式同步采集街道客观指标,并将其与对应的主观评价总指标进行统计回归分析及一致性检测,从而全流程地对两种方式的客观影响指标及关键客观指标进行一致性比对,以归纳总结出街景图像主观评价在针对不同类型街道空间时的有效性及底层差异成因,从而针对性地总结出街景图像主观评价的边界适用条件,为验证当前快速发展的街景图像主观评价有效性提供新思路和新方法,以促进大规模、精细化的街道品质远程虚拟评价的长期发展。

2 街道品质评价研究的对象、问题、指标和框架

2.1 研究对象

本研究以深圳轨道核心区内的代表性街道作为研究对象。为保证街道类型的多样性,本研究选取深圳福田区下沙



图1 研究范围示意图

站域 600 m 半径范围内 8 条典型街道的 37 个街段作为研究对象 (图 1)。

2.2 研究问题

本研究的核心问题有 3 个: ①对比同一空间的街景图像主观评价及现场调研主观评价的一致性; ②分析街景图像主观评价及现场调研主观评价的客观影响因素的一致性; ③对同时影响街景图像主观评价和现场调研主观评价的关键客观指标进行一致性分析。

2.3 研究指标

2.3.1 主观评价指标

在街景图像主观评价方面, Ewing R 等人以意向性、围合性、人本尺度、透明度和复杂性 5 个指标来衡量街道空间品质^[18]; 唐婧娴等人以停驻意愿为标准对街景图像进行人工评分, 以衡量街道空间品质的整体水平^[19]; 徐磊青等人通过对街道安全感进行感知评价, 构建评分模型^[20]。在现场调研主观评价方面, Gehl J、赵春丽等人从公共空间品质的防护性、舒适性、愉悦性 3 个标准出发, 对空间展开打分评价^[13, 21]; 徐磊青通过对公共空间进行问卷满意度调查, 分析了建筑与空间形态、环境设施等对满意度评价的影响^[22]; 陈咏等人从连续性、安全性、舒适性、愉悦性等维度出发, 研究步行者对街道的满意度评价及影响

表 1 基于街景图像识别的客观指标体系

序号	客观指标	量化内容
1	机动化程度	衡量图像中的机动车道所占比例
2	汽车出现率	衡量图像中的汽车所占比例
3	总步行界面	衡量图像中的行人通行区、临街区等步行铺装所占比例
4	多样性	衡量除绿植、天空、各式道路、建筑、行人等特征外的其他要素所占比例
5	开敞度	衡量图像中的天空所占比例
6	行人出现率	衡量图像中的行人所占比例
7	临街区空间	衡量图像中的底层商铺临街区所占比例
8	绿视率	衡量图像中的绿植所占比例, 包括行道树、路沿植被等
9	行人通道	衡量图像中的路沿行人通道所占比例
10	围合度	衡量图像中的建筑、绿植等围合所占比例
11	建筑界面	衡量图像中的建筑所占比例

因素^[23]; 杨俊宴等人构建了城市街道可步行性的测度体系, 从通畅度、安全性、便利度、舒适度 4 个角度出发对街道空间进行分析测度^[24]。综合比较后, 本研究选取停驻意愿作为主观评价总指标, 再综合安全性、舒适性、愉悦性 3 个维度, 选取交通安全、步行顺畅、视觉丰富、功能丰富、活动舒适、尺度宜人、绿化宜人和建筑品质 8 个主观评价分项指标, 构成主观评价的指标体系。

2.3.2 客观评价指标

(1) 图像客观指标。

图像客观指标的提取通常借助于机器学习算法中的图像语义分割技术, 将图像中的各环境要素转变为对应的语义特征, 如天空、建筑、树木等。唐婧娴等人利用 Kendall A 等人开发的 SegNet 图像分割工具, 根据绿视率、界面围合度、开敞度和机动化程度 4 个指标对街景图像进行要素解译^[25-26]; 叶宇、杨俊宴、狄迪等人运用机器学习算法对图像数据进行空间要素提取, 选取了绿视率、天空开敞度、建筑界面、步行空间、机动化程度、多样性等特征要素作为客观空间要素指标^[11, 24, 27]。综合相关研究, 本研究采用深度学习全卷积网络对图像进行识别^[28], 建立包含机动化程度、汽车出现率、总步行界面、多样性、开敞度在内的 11 个图像识别元素的客观指标体系 (表 1)。

(2) 现场客观指标。

基于现场调研的客观指标采集日趋全面, Mehta V 在商业街道建成环境特征的测量中, 现场勘测了商业及公共座椅、步行道宽度、商业多样性、个性化设施、社交场所数量等客观指标^[6]; 徐磊青、陈咏、黄丹等人在街道客观建成环境特征的测量评价中, 现场勘测了人行道宽度、店面密度、功能密度、透明度、贴线率等客观指标^[7, 29-30]; 李昆澄等人则归纳总结了评价街道环境品质的街墙比例、街道界面间距、商业界面比例、人车流量等客观测度指标^[31]。本研究在相关研究的基础上, 从街道界面和使用特征层面选取了街道界面间距、建筑界面长度、高宽比、贴线率等 14 个通过现场调研得出的客观指标组成客观指标体系 (表 2)。

2.3.3 街道空间类型

针对当前大规模、全市域展开的街景图像主观评价, 街道空间类型极其多样, 而不同的街道空间类型可能会对街景图像主观评价的一致性产生影响, 因此在进行全局一致性检测后, 本研究还将针对不同的街道空间进行分类一致性检测。Berghauser Pont M Y 等人通过建筑建设强度、基底紧凑度、路网密度 3 个变量建立密度与城市形态之间的空间矩阵关系^[32]; 郭洪旭等人以建筑密度、用地多样性、人口密度、道路密度等作为分析城市空间紧凑特征的指标^[33]; 殷

子渊等人将建筑密度、功能设施分布等作为城市紧凑度指标,用以比较空间形态特征^[34];金俊等人选择容积率、建筑密度、商务用地占比等作为城市中心区紧凑度的测度指标^[35]。综合考虑普遍性原则,本研究选择采用建筑密度作为街道空间紧凑度分类的指标,其计算公式为:

$$R = \frac{A'}{A} \times 100\% \quad \text{公式 (1)}$$

式中, R 为紧凑度系数, A 为街道中心线半径 30 m 范围内的缓冲区面积, A' 为缓冲区内的建筑占地面积。

2.4 两维度、三层次的 SOC 主客观一致性检测体系框架

本研究通过归纳总结既有文献中对于街景图像和现场调研的街道主观评价方法及街道客观指标,构建主观评价主导的两维度、三层次的 SOC 主客观一致性检测体系框架(图 2)。

首先,结合街道空间形态特征对主观评价总指标进行全局一致性及分类一致性两维度检测。

其次,结合客观要素通过三层次的一致性分析,深入挖掘主观评价之间、影响主观评价的显著客观指标之间及影响街景图像主观评价与现场调研主观评价的共同客观指标之间的一致性,以探索街景图像主观评价和现场调研主观评价差异的底层逻辑,为构建可自修正的精准图像评价体系提供实证支持。

表 2 基于现场调研的客观指标体系

序号	客观指标	量化方式
1	高宽比	沿街建筑的平均高度 / 人行道宽度
2	贴线率	建筑立面线长度 / 街段中心线长度
3	遥感绿化	由遥感卫星获取的街道绿化覆盖率
4	社交场所密度	街段范围内的公共社交场所数量
5	商业界面比例	商业功能的界面长度占街段长度的百分比
6	店面密度	街段范围内店铺的数量
7	功能密度	街段范围内的功能业态种类数量
8	透明度	透明度 = (开放式门面长度 × 1.25 + 通透式橱窗或门面长度 × 1 + 广告玻璃橱窗长度 × 0.75 + 实墙 × 0) / 建筑沿街界面总长度 ^[30]
9	座椅密度	街段范围内座椅的总长度, 座椅总长度 = (基本座椅长度 × 1 + 一类辅助座椅长度 × 0.5 + 二类辅助座椅长度 × 0.25) / 街段长度 ^[7]
10	街道界面间距	街道两侧建筑界面之间的距离
11	建筑界面长度	街段范围内建筑界面的长度
12	人行道宽度	行人通行区宽度 + 临街区宽度
13	临街区宽度	行人通行区与底层建筑之间的宽度
14	行人密度	统计规定时段内行人通过的流量 ^[31]

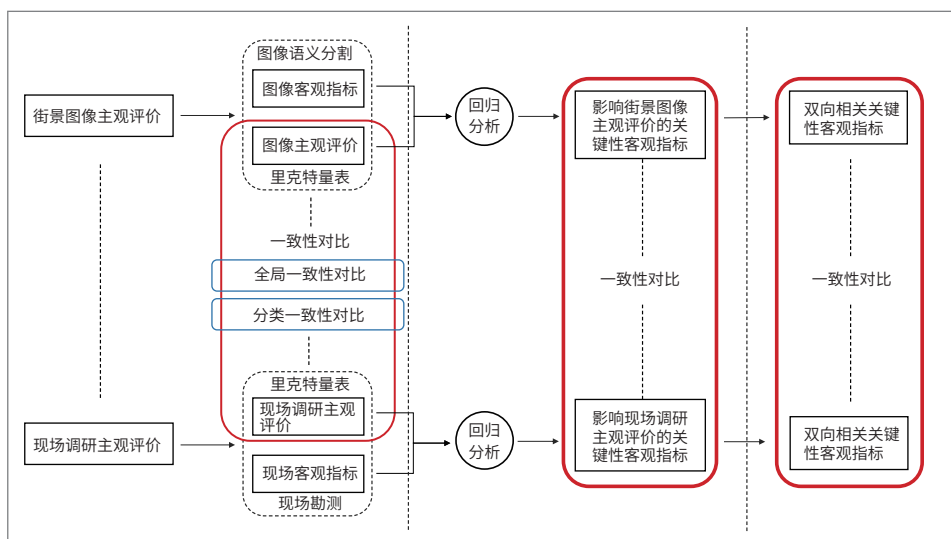


图 2 两维度、三层次的 SOC 主客观一致性检测体系框架图

3 深圳轨道核心区街道空间品质评价一致性分析

3.1 街景图像主观评价与现场调研主观评价的一致性对比

本研究选取 30 名建筑学 / 城市规划专业的本科 / 硕士研究生作为被试者(男女比例为 1 : 1.3)。被试者以街景图像主观评价(网络问卷)和现场调研主观评价(现场问卷)两种方式分别对 37 个街段空间的 1 个主观评价总指标、8 个主观评价分项指标进行评分,评分赋值为 1 ~ 5 分,分别代表“很好、较好、一般、较

不好、很不好”。

经过街景图像和现场调研的主观评价问卷调查,得到 37 个街段空间的停车意愿和各单项满意度评价。其中,通过街景图像主观评价收回有效满意度网络问卷共 1 110 份,停车意愿的平均得分为 2.79 分,方差为 0.822;通过现场调研主观评价收回有效满意度问卷共 1 110 份,停车意愿的平均得分为 2.95 分,方差为 0.783。

3.1.1 全局一致性对比

在针对主观评价的全局一致性对比

中,将各街段的现场调研主观停车意愿平均得分以升序排列并与街景图像主观停车意愿得分进行对比,发现街景图像主观停车意愿得分呈现出明显的波动性和差异性,但并未呈现出明显的一致性趋势(图 3)。

同时,对数据进行统计学检测,将主观评价的停车意愿及各单项满意度两组数据进行组内相关系数(ICC)的信度检验。结果发现,在主观评价总指标的一致性检测中,两组数据呈现出较弱的一致性。在 8 个主观评价分项指标中,绿

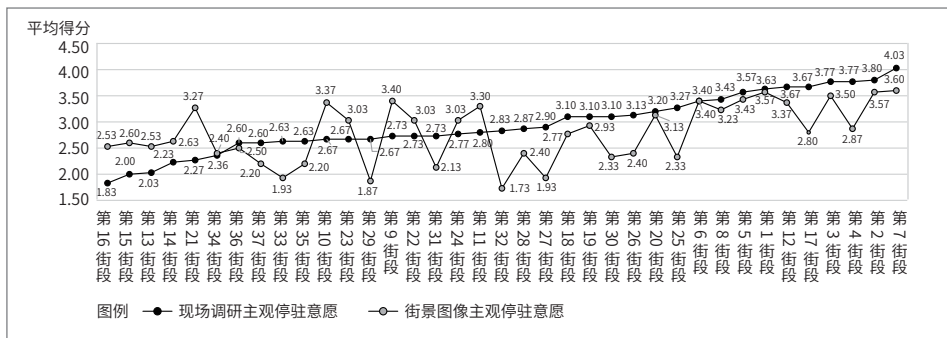


图3 街道空间的主观停车意愿平均得分示意图

表3 街景图像主观评价和现场调研主观评价的一致性信度检验

评价因素	街景图像主观评价平均得分	现场调研主观评价平均得分	ICC	95%置信区间
停车意愿	2.79	2.95	0.32 ^b	0.24 ~ 0.40
交通安全	2.86	2.81	0.51 ^c	0.45 ~ 0.57
步行顺畅	2.96	2.94	0.42 ^c	0.35 ~ 0.48
视觉丰富	3.04	3.26	0.37 ^b	0.29 ~ 0.45
功能丰富	2.95	3.19	0.35 ^b	0.27 ~ 0.42
活动舒适	2.87	2.89	0.36 ^b	0.28 ~ 0.43
尺度宜人	2.97	2.97	0.38 ^b	0.30 ~ 0.45
绿化宜人	2.90	2.99	0.70 ^d	0.67 ~ 0.74
建筑品质	2.99	3.13	0.56 ^c	0.50 ~ 0.61

注: ICC为同类相关系数; “b”表示一致性较差(ICC为0.2~0.4); “c”表示一致性合理(ICC为0.4~0.6); “d”表示一致性较好(ICC为0.6~0.8); “e”表示一致性极好(ICC>0.8)。

化宜人呈现出较好的一致性, 交通安全、步行顺畅、建筑品质表现出合理可接受的一致性, 而视觉丰富、功能丰富、活动舒适、尺度宜人4个指标则呈现出较弱的一致性(表3)。

3.1.2 分类一致性对比

在全球一致性对比的基础上, 本研究进一步根据街道空间的形态特征, 将37个街段依据紧凑度分为4种类型(紧凑度高、紧凑度较高、紧凑度较低、紧凑度低), 并分别对4种类型街段的主观评价总指标进行一致性分析; 根据主观评价停车意愿的分值, 将两种评价方式的得分差值在0.5分以内(即浮动在10%以内)的街段视为具备较高一致性, 而得分差值超过0.5分的街段则视为一致性水平较低。

从总体样本来看, 37个街段中主观评价停车意愿评分差值在0.5分以内的街段共有20个, 占总体样本的54.1%; 主观评价停车意愿评分差值超过0.5分的街段有17

个, 占总体样本的45.9%, 一致性程度较弱, 与统计分析及图表分析结论一致(表4)。

在分类统计中, 针对不同的街道空间形态, 街景图像主观评价和现场调研主观评价两种方式的一致性呈现出较大差异。当紧凑度低或高时, 街景图像主观评价和现场调研主观评价呈现出较大偏差, 其中在紧凑度高的路段, 街景图像主观评价的13个街段中有12个街段的分值(92.3%)低于现场调研主观评价的得分, 呈现出分值普遍偏低的情况; 而在紧凑度较低和较高的街段, 街景图像主观评价的一致性明显上升, 分别达到85.7%和63.6%的一致性(表5)。

3.2 主观评价的客观影响指标一致性对比

3.2.1 街景图像主观评价的客观影响指标

为进一步挖掘街景图像主观评价的

客观影响因素, 本研究首先通过图像语义识别提取街景图像的11个客观指标, 并通过SPSS软件对37个街段的街景图像主观评价与街景图像客观指标进行相关性分析和回归分析。在相关性分析中, 呈现出显著相关的是围合度、绿视率、临街区空间、开敞度、建筑界面、总步行界面和多样性; 其他指标如行人通道、机动化程度、汽车出现率、行人出现率则与街景图像主观评价不存在显著相关性(表6)。

其次, 将显著相关的影响街景图像主观评价的客观指标放进多元线性回归模型进行分析, 结果发现, 在排除共线性指标后, 模型调整后R方值为0.607。其中, 绿视率对街景图像主观评价产生较强的正向影响, 即绿视率越高越容易吸引停车活动; 临街区空间与街景图像主观评价也有明显的正向影响关系, 即临街区空间越多则停车的机会越多; 而开敞度、总步行界面及多样性3个指标则未显示出显著影响(表7)。

3.2.2 现场调研主观评价的客观影响指标

针对现场调研主观评价的客观影响因素, 本研究首先基于现场勘测对街道建成环境的14个客观指标进行采集, 通过SPSS软件与街道空间的现场调研主观评价结果进行相关性分析和回归分析。在相关性分析中, 显著相关的指标有座椅密度、人行道宽度、社交场所密度、临街区宽度、遥感绿化、街道界面间距、店面密度和透明度, 其余客观指标如功能密度、贴线率、建筑界面长度等则与现场调研主观评价不存在显著相关性(表8, 表9)。

其次, 将存在显著相关性的8个客观指标与现场调研主观评价进行回归分析, 调整后R方值为0.72, 人行道宽度、座椅密度、社交场所密度、遥感绿化对现场调研主观评价具有明显的正向影响, 说明人行道越宽, 座椅和社交场所的数量越多, 绿植越多, 人们的停车意愿就越高; 街道界面间距与停

驻意愿则具有明显的负相关性，即街道界面间距越大，驻意愿越低。而剩余的临界区宽度、店面密度及透明度3个指标则未显示出显著影响(表10)。

3.2.3 街景图像主观评价与现场调研主观评价的客观影响指标一致性对比

经过街景图像主观评价与现场调研主观评价的相关性分析及回归分析，将关键性指标按照影响程度排序，发现相较于现场调研主观评价，影响街景图像主观评价的客观指标极为有限，且在绿化指标上最为显著。这在某种程度上指出，当人们欣赏街景图像时，树木茂盛的图像会给人留下直观的优质印象，从而弱化人们对步行空间、设施及可活动场所等关键因素的关注。虽然绿化指标同时影响着现场调研主观评价，但是并未呈现出最显著影响。影响现场调研主观评价的客观指标则呈现出多元关注点，涉及步行、设施、场所及空间形态等多个方面，这与人们使用街道的行为习惯相吻合(表11)。

而在多个影响指标中，同时对街景图像主观评价及现场调研主观评价有显著影响的指标有两类：一类是和绿化程度相关的绿视率与遥感绿化；另一类是与步行界面相关的临街区空间与人行道宽度。因此，这两类指标作为街景图像主观评价的11个客观指标和现场调研主观评价的14个客观指标中的关键共性指标，是否具有一致性则需做进一步的对比，以深入理解两种评价方式差异的底层逻辑。

3.3 关键性客观指标一致性对比

根据上述客观影响指标一致性比较结果，绿化指标和步行界面指标对两种评价方式下的主观评价均呈现出较为显著的影响。为了能深入理解两种评价方式差异的底层逻辑，需进一步对这两类双影响的关键性客观指标进行一致性分析。

由于测量方式不同，针对同一因素的不同指标数值和单位并不一致，如图像识别的临街区空间的单位是百分比，

表4 街道空间驻意愿得分差值

序号	街景图像主观驻意愿得分	现场调研主观驻意愿得分	差值	准确性
1	3.57	3.63	-0.06	●
2	3.57	3.80	-0.23	●
3	3.50	3.77	-0.27	●
4	2.87	3.77	-0.90	○
5	3.43	3.57	-0.14	●
6	3.40	3.40	0	●
7	3.60	4.03	-0.43	●
8	3.23	3.43	-0.20	●
9	3.40	2.73	0.67	○
10	3.37	2.67	0.70	○
11	3.30	2.80	0.50	○
12	3.37	3.67	-0.30	●
13	2.53	2.03	0.50	○
14	2.63	2.23	0.40	●
15	2.60	2.00	0.60	○
16	2.53	1.83	0.70	○
17	2.80	3.67	-0.87	○
18	2.77	3.10	-0.33	●
19	2.93	3.10	-0.17	●
20	3.13	3.20	-0.07	●
21	3.27	2.27	1	○
22	3.03	2.73	0.30	●
23	3.03	2.67	0.36	●
24	3.03	2.77	0.26	●
25	2.33	3.27	-0.94	○
26	2.40	3.13	-0.73	○
27	1.93	2.90	-0.97	○
28	2.40	2.87	-0.47	●
29	1.87	2.67	-0.80	○
30	2.33	3.10	-0.77	○
31	2.13	2.73	-0.60	○
32	1.73	2.83	-1.10	○
33	1.93	2.63	-0.70	○
34	2.40	2.36	0.04	●
35	2.20	2.63	-0.43	●
36	2.50	2.60	-0.10	●
37	2.20	2.60	-0.40	●

注：“●”表示得分差值在0.5分以内，评价为准确；“○”表示得分差值超过0.5分，评价不准确。

表5 不同街段空间类型的驻意愿一致性对比

分类	样本数	分差 / 分	准确率	街段数量
紧凑度低	6个	2个<0.5, 4个≥0.5	33.3%	街景≥现场: 4个, 现场>街景: 2个
紧凑度较低	7个	6个<0.5, 1个≥0.5	85.7%	街景≥现场: 1个, 现场>街景: 6个
紧凑度较高	11个	7个<0.5, 4个≥0.5	63.6%	街景≥现场: 7个, 现场>街景: 4个
紧凑度高	13个	5个<0.5, 8个≥0.5	38.5%	街景≥现场: 1个, 现场>街景: 12个

表 6 街景图像主观停驻意愿与单项客观指标的相关性系数

指标	围合度	绿视率	临街区空间	开敞度	建筑界面	总步行界面	多样性	行人通行度	机动车程度	汽车出现率	行人出现率
停驻意愿	0.810**	0.716**	0.462**	0.328*	-0.776**	-0.374*	-0.327*	0.037	0.284	-0.001	-0.185

注：“***”表示在 0.01 级别（双尾）的相关性显著；“**”表示在 0.05 级别（双尾）的相关性显著。

表 7 街景图像主观停驻意愿与单项客观指标的回归分析

指标	绿视率	临街区空间	开敞度	总步行界面	多样性
停驻意愿	0.540**	0.274*	0.059	-0.277	-0.133

注：“***”表示回归分析的显著性 P 值小于 0.05；“**”表示回归分析的显著性 P 值小于 0.10。

表 8 现场调研主观停驻意愿与单项客观指标的相关性系数（存在显著相关性）

指标	座椅密度	人行道宽度	社交场所密度	临街区宽度	遥感绿化	街道界面间距	店面密度	透明度
停驻意愿	0.806**	0.780**	0.682**	0.643**	0.593**	0.528**	-0.435**	-0.361*

注：“***”表示回归分析的显著性 P 值小于 0.05。

表 9 现场调研主观停驻意愿与单项客观指标的相关性系数（不存在显著相关性）

指标	功能密度	贴线率	行人密度	建筑界面长度	高宽比	商业界面比例
停驻意愿	0.166	-0.134	-0.164	-0.231	-0.237	-0.260

注：“***”表示回归分析的显著性 P 值小于 0.10。

表 10 现场调研主观停驻意愿与单项客观指标的回归分析

指标	人行道宽度	座椅密度	社交场所密度	遥感绿化	街道界面间距	临街区宽度	店面密度	透明度
停驻意愿	0.421**	0.384**	0.279*	0.235**	-0.422**	0.139	0.095	-0.118

注：“***”表示在 0.01 级别（双尾）的相关性显著；“**”表示在 0.05 级别（双尾）的相关性显著。

表 11 影响停驻意愿的关键客观指标对比

街景图像主观评价的关键性客观指标	现场调研主观评价的关键性客观指标
绿视率 (0.540**)	街道界面间距 (-0.422**)
临街区空间 (0.274*)	人行道宽度 (0.421**)
—	座椅密度 (0.384**)
—	社交场所密度 (0.279*)
—	遥感绿化 (0.235**)

而人行道宽度的单位则是米。因此，针对关键性客观指标的一致性分析，本研究通过排序对街段进行 4 级分档（前 25%、25%~50%、50%~75% 和后 25%），再通过级别差异判断一致性。统

计结果显示，在绿化方面，37 个街段中有 21 个街段的街景图像绿视率指标和实地遥感绿化指标测量数据同处以上 4 级分档中的任一层级，高度一致性街段占比达 56.7%，同处以上 4 级分档中任一

前后层级的一致性街段则有 35 个，占比达 94.6%。在步行界面方面，37 个街段中只有 8 个街段同处以上 4 级分档中的任一层级上，高度一致性街段占比仅为 21.6%，同处以上 4 级分档中任一前后层级的一致性街段有 21 个，占比达 56.8%。

由此可见，作为影响指标中仅有的两类高度重合的关键显著客观指标，针对绿化的两种客观指标具有高度一致性，而针对步行的两种指标则一致性极低。因此，如需从全局上提升街景图像主观评价的有效性，或许可以从更为有效的步行界面指标校准入手，整体提升关键客观指标的一致性。

4 街道空间品质评价一致性分析结论及针对性策略

本研究以深圳轨道核心区街道空间作为研究对象，通过构建两维度、三层次的 SOC 主客观一致性检测体系，对当前快速发展的基于街景图像的空间品质评价方式和传统的现场调研评价方式进行一致性比较，结果如下。

(1) 在主观评价的全局一致性对比上，两种评价方式的差异较大。

基于一致性信度检验，两种评价方式在针对停驻意愿这一主观评价总指标上的分析呈现出较大差异，街景图像较难有效地反映现场调研主观评价的总体停驻意愿。在 8 个主观评价分项指标检测中，绿化宜人具有较高一致性，交通安全、步行顺畅、建筑品质呈现出合理可接受的一致性，而视觉丰富、功能丰富、活动舒适、尺度宜人的一致性则较弱。由此可见，街景图像主观评价在针对绿化宜人、交通安全及建筑品质的分项主观评价中具备反映现场调研主观评价结果的可能性，其中以绿化指标的主观评价最为稳定有效；而在针对视域、功能、活动、尺度等与人本行为相关的主观评价方面则不具备有效一致性，如采用远程虚拟的方式进行评价，则需结合多源数据予以综合评价（图 4）。

(2) 在主观评价的分类一致性对比上, 针对不同城市空间形态, 街景图像主观评价结果呈现出显著差异。

紧凑度低、紧凑度高的街段街景图像主观评价与现场调研主观评价出现较大偏差, 评价一致的街段分别占 33.3% 和 38.5%。而在紧凑度较低、紧凑度较高的街段中, 评价一致的街道可以占到同类空间形态街段的 85.7% 和 63.6%。由此可见, 街景图像在对极端紧凑度的街道空间形态进行主观评价时, 容易出现较大的偏差, 难以有效反映现场调研主观评价结果; 而在针对紧凑度适中的街道空间形态进行主观评价时, 一致性较高, 具备有效反映现场调研主观评价结果的可能性。因此, 针对不同空间形态宜采用不同的虚拟评价方式, 对于紧凑度适中的街道空间, 可积极拓展街景图像主观评价的应用边界; 而在对极端紧凑度的街道空间进行评价时, 则需谨慎论证利用单一街景图像的方式进行主观评价的有效性 (图 5)。

(3) 在影响主观评价的客观指标一致性对比上, 显著影响现场调研主观评价的客观指标比显著影响街景图像主观评价的客观指标多 2.5 倍, 且客观指标的重要性排序具有明显差异。

显著影响现场调研主观评价的客观指标依次为街道界面间距、人行道宽度、座椅密度、社交场所密度及遥感绿化, 而影响街景图像主观评价的客观指标依次为绿视率和临街区空间。由此可见, 在街景图像主观评价中, 绿化情况对人们观看图像所产生的主观评价具有最为显著的影响; 而其他影响现场调研主观评价的客观指标, 如街道尺度、街道设施、街道场所等重要的三维空间体验要素则较难通过二维街景图像形成有效感知, 从而影响主观评价。因此, 利用以街景图像为代表的二维图像对三维空间进行主观评价所产生的差异性, 从本质上来源于人底层的感知系统对二维图像评价和三维空间评价的差异性。

针对这一问题, 或许可分别从被试

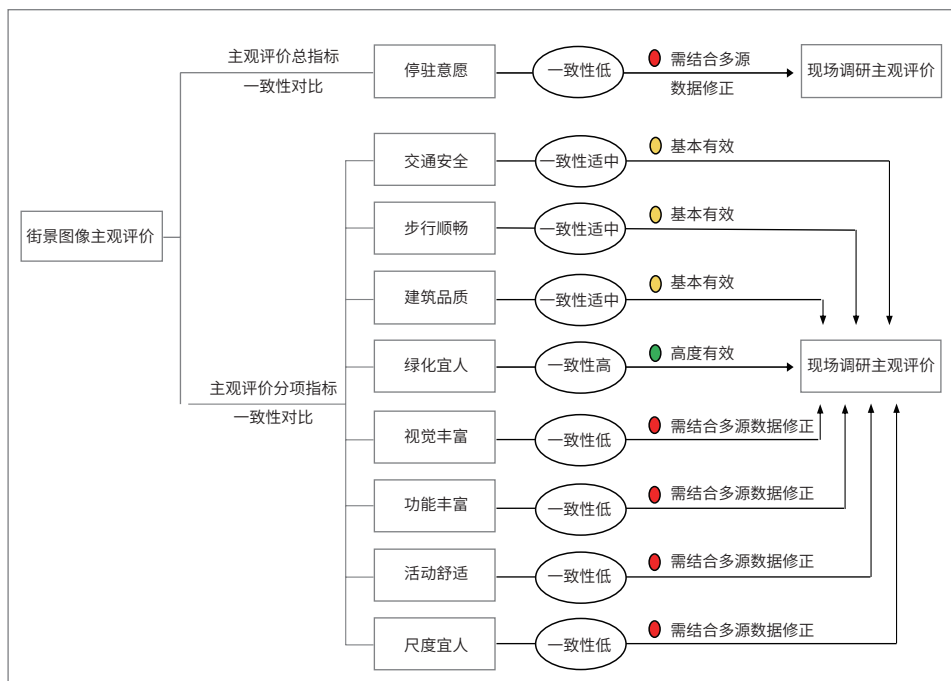


图 4 主观评价全局一致性对比结论及针对性策略示意图

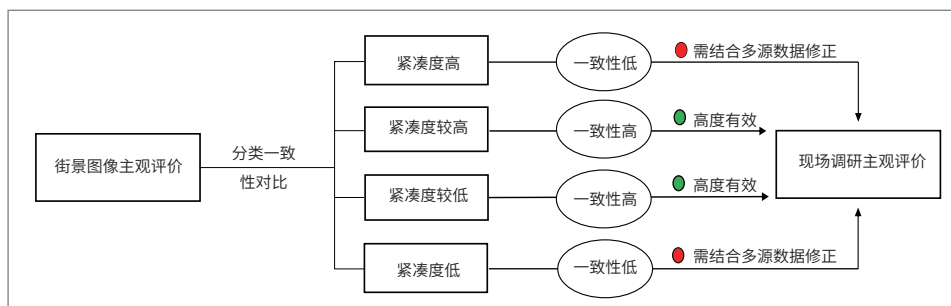


图 5 主观评价分类一致性对比结论及针对性策略示意图

者或街道对象两个主导方向入手, 采取针对性策略。①针对被试者的策略。被试者需要经过更系统的专业训练, 反复校准通过二维图像评价三维空间的感知差异, 在一定程度上主动降低被二维图像感知放大的客观指标重要性 (如绿化率); 同时, 针对性地补充能反映关键客观指标的图像, 形成综合图像感知, 从而实现从单一街景图像主导的主观评价的校准, 形成更为有效的图像评价结论。②针对街道对象的策略。可通过控制变量, 从空间类型上缩小街道在尺度、场所、设施等关键三维空间客观元素的差异性, 从而获取更有针对性的有效评价结果。

(4) 在共同关键客观指标的一致性对比上, 反映绿化程度的绿视率和遥感绿化指标呈现出高度一致性; 而反映步行

界面的临街区空间和人行道宽度指标则呈现出较大差异。

由上述结论可知, 影响主观评价的客观指标类型具有较大的差异性, 而在共同影响主观评价的同类型关键客观指标中, 指标本身存在的差异性则在最底层影响着上层主观评价的一致性。因此, 只有从底层提升关键客观指标本身的有效性, 才有可能自下而上地提升全局主观评价的一致性。以步行界面指标为例, 当前街景图像所呈现出的表示人行道宽度的临街区空间难以有效反映人行道宽度的真实情况, 因此需结合多视图街景图像、卫星影像等多源图像, 校准人对街景图像二维变形后所形成的人行道宽度的感知偏差, 提升关键客观指标的一致性。

5 结语

本研究针对街景图像主观评价和现场调研主观评价的一致性问题的研究，建立两维度、三层次的SOC主客观一致性检测体系，并以深圳为例，挖掘一致性差异的底层逻辑和有效性的边界适用条件。但受限于场地条件和人数，本研究主要针对深圳轨道核心区的37个街段样本及30位专业被试者展开。在未来的研究中，还需进一步扩大分析范围并进行结论核对，以获取更为普适性的远程虚拟评价一致性边界条件，为街道空间品质的大规模、精细化的虚拟评价测度提供实证支持。■

[参考文献]

- [1] Glaeser E L, Kominres S D, Luca M, et al. Big Data and Big Cities: The Promises and Limitations of Improved Measures of Urban Life [J]. *Economic Inquiry*, 2018(1): 114-137.
- [2] 龙瀛, 唐婧娴. 城市街道空间品质大规模量化测度研究进展 [J]. *城市规划*, 2019(6): 107-114.
- [3] 张丽英, 裴韬, 陈宜金, 等. 基于街景图像的城市环境评价研究综述 [J]. *地球信息科学学报*, 2019(1): 46-58.
- [4] Whyte W H. *The Social Life of Small Urban Spaces*[M]. Washington D C: The Conservation Foundation, 1980.
- [5] Gehl J. *Life Between Buildings*[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.
- [6] Mehta V. Lively Streets: Determining Environmental Characteristics to Support Social Behavior[J]. *Journal of Planning Education and Research*, 2007(2): 165-187.
- [7] 徐磊青, 康琦. 商业街的空间与界面特征对步行者停留活动的影响——以上海市南京西路为例 [J]. *城市规划学刊*, 2014(3): 104-111.
- [8] Clarke P, Ailshire J, Melendez R, et al. Using Google Earth to Conduct a Neighborhood Audit: Reliability of a Virtual Audit Instrument[J]. *Health & Place*, 2010(6): 1 224-1 229.
- [9] Rundle A G, Bader M D, Richards C A, et al. Using Google Street View to Audit Neighborhood Environments[J]. *American Journal of Preventive Medicine*, 2011(1): 94-100.
- [10] 龙瀛, 周垠. 图片城市主义: 人本尺度城市形态研究的新思路 [J]. *规划师*, 2017(2): 54-60.
- [11] 叶宇, 张昭希, 张啸虎, 等. 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(1): 18-27.
- [12] Jacobs J. *The Death and Life of Great American Cities*[M]. New York: Random House, 1961.
- [13] Gehl J, Gemzø E L. *Public Spaces Public Life*[M]. Copenhagen: Danish Architectural Press, 2004.
- [14] Gehl J. *New City Life*[M]. Copenhagen: Danish Architectural Press, 2006.
- [15] 徐磊青, 施婧. 步行活动品质与建成环境——以上海三条商业街为例 [J]. *上海城市规划*, 2017(1): 17-24.
- [16] 龙瀛. 街道城市主义新数据环境下城市研究与规划设计的新思路 [J]. *时代建筑*, 2016(2): 128-132.
- [17] Badland H M, Opit S, Witten K, et al. Can Virtual Streetscape Audits Reliably Replace Physical Streetscape Audits?[J]. *Journal of Urban Health*, 2010(6): 1 007-1 016.
- [18] Ewing R, Handy S. Measuring the Unmeasurable: Urban Design Qualities Related to Walkability[J]. *Journal of Urban Design*, 2009(1): 65-84.
- [19] 唐婧娴, 龙瀛, 翟炜, 等. 街道空间品质的测度、变化评价与影响因素识别——基于大规模多时相街景图片的分析 [J]. *新建筑*, 2016(5): 110-115.
- [20] 徐磊青, 江文津, 陈箴. 公共空间安全感研究: 以上海城市街景感知为例 [J]. *风景园林*, 2018(7): 23-29.
- [21] 赵春丽, 杨滨章, 刘岱宗. PSPL 调研法: 城市公共空间和公共生活质量的评价方法——扬·盖尔城市公共空间设计理论与方法探析 (3)[J]. *中国园林*, 2012(9): 34-38.
- [22] 徐磊青. 广场的空间认知与满意度研究[J]. *同济大学学报: 自然科学版*, 2006(2): 181-185.
- [23] 陈泳, 何宁. 轨道交通站地区宜步行环境及影响因素分析——上海市12个生活住区的实证研究 [J]. *城市规划学刊*, 2012(6): 96-104.
- [24] 杨俊宴, 吴浩, 郑屹. 基于多源大数据的城市街道可步行性空间特征及优化策略研究——以南京市中心城区为例 [J]. *国际城市规划*, 2019(5): 33-42.
- [25] 唐婧娴, 龙瀛. 特大城市中心区街道空间品质的测度——以北京二三环和上海内环为例 [J]. *规划师*, 2017(2): 68-73.
- [26] Kendall A, Badrinarayanan V, Cipolia R. Bayesian Segnet: Model Uncertainty in Deep Convolutional Encoder-decoder Architectures for Scene Understanding[J]. *ArXiv Preprint ArXiv: 1511.02680*, 2015. DOI: 10.48550/arXiv.1511.02680.
- [27] 狄迪, 蒋映红, 叶丹, 等. 新城市科学支持下的城市街道空间品质综合评价——以上海市中心城区为例 [J]. *规划师*, 2021(16): 5-12.
- [28] Yao Y, Liang Z, Yuan Z, et al. A Human-machine Adversarial Scoring Framework for Urban Perception Assessment Using Street-view Images[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2019(12): 2 363-2 384.
- [29] 陈泳, 赵杏花. 基于步行者视角的街道底层界面研究——以上海市淮海路为例 [J]. *城市规划*, 2014(6): 24-31.
- [30] 黄丹, 戴冬晖. 生活性街道构成要素对活力的影响——以深圳典型街道为例 [J]. *中国园林*, 2019(9): 89-94.
- [31] 李昆澄, 程世丹, 李欣. 城市街道品质指标及测度方法 [J]. *统计与决策*, 2019(11): 4.
- [32] Berghauer Pont M Y, Haupt P A. *Space, Density and Urban Form* [D]. Delft: Delft University of Technology, 2009.
- [33] 郭洪旭, 黄莹, 赵黛青, 等. 基于格网法的城市空间紧凑度研究——以广州市天河区为例 [J]. *国际城市规划*, 2016(4): 51-57.
- [34] 殷子渊, 薛求理. 深港轨道站站域空间紧凑度对比研究 [J]. *城市规划*, 2016(3): 76-82.
- [35] 金俊, 齐康, 张静宇, 等. 城市中心区紧凑度量化评价与分析——广州珠江新城与香港中环对比研究 [J]. *城市规划*, 2018(6): 47-56.

[收稿日期] 2022-04-18