

上海生活性街道步行防卫安全感知研究

——融合多源数据与具身循证技术的精细化测度

李琳¹ 陈泳² 叶宇³

摘要: 行人防卫安全是构建宜步行城市街道环境的基本要求,提高步行者在街道环境中的感知安全是提升城市公共空间品质的关键措施。辨析影响行人安全感知的重要环境要素,可为理解“个体感知一步行环境”的内在关联提供依据。研究选取上海市 29 个典型街道采样点,综合运用街景数据和机器学习算法等新近涌现的分析技术,对步行者的防卫安全感知开展精细化测度。文章首先构建沉浸式虚拟现实场景,让测度者根据场景体验做出选择偏好,运用 Trueskill 算法得出每个采样点的评分。其次,对环境要素进行测量,为研究街道环境设计要素对行人防卫安全感知的影响提供依据。最后,通过决策树模型,测度环境特征要素对步行安全感知的影响,提取核心指标并计算其权重。研究发现:人行道宽度、行人数量、界面透明度、路灯照明和天空开敞度等要素等对行人防卫安全感知具有显著影响。研究结论可用于分析步行安全影响机制、构建步行安全评价体系 and 提供导控建议,为优化城市街道步行环境提供科学依据。

关键词: 步行者安全感知; 街道公共空间; 虚拟现实; 机器学习算法

Keywords: Pedestrian Security Perception; Street Open Space; Virtual Reality; Machine Learning Algorithm

资助项目情况: 国家自然科学基金项目“认知友好社区环境的步行主动干预要素及影响机理研究”(编号 52178023); 国家自然科学基金课题-国际(地区)合作与交流项目“升级公共交通导向发展模式(TOD2): 应对气候中和的公共空间与交通枢纽设计方法与技术”(编号 72361137008); 国家自然科学基金项目“基于多源数据和深度学习的公共空间品质评价模型与设计支持研究”(编号 52078343); 广州市城市规划勘测设计研究院科研课题“重点地区数字化城市设计工作平台研究与应用(编号 2022 科研(院)136)”资助。

引言

街道是城市公共空间的重要组成部分,其空间品质直接影响着居民的出行体验和意愿。在亚伯拉罕·马斯洛(Abraham H. Maslow)和乔恩·朗(Jon Lang)的需求层次理论和框架中,安全需求是影响城市活动的基本依据^{[1][2]},安全的街道环境保障步行者出行,激发积极的户外活动和社会交往,是提升公共空间品质的应有之义^[3]。经典城市设计理论认为步行安全主要指步行者的交通、活动和防卫安全^[4],其中,防卫安全是本文讨论的重点。

为保障步行者的防卫安全,就要保障其在行走、休憩和社交行为活动时,尽可能避免受到偷盗、伤害等犯罪行为的攻击。犯罪学、社会学、环境心理学和城市规划领域的研究者在探索犯罪

¹ 李琳, 同济大学建筑与城市规划学院, 博士研究生

² 陈泳, 同济大学建筑与城市规划学院, 教授

³ 叶宇(✉), 同济大学建筑与城市规划学院, 副教授, 邮箱: yye@tongji.edu.cn

高风险地区分布特征、犯罪逃跑路径和环境设计影响犯罪等方面已取得丰硕成果^{[5][6]}。60年代以对欧美工业化国家城市建设导致的社区衰败为背景,探讨保护社区居民免受犯罪侵害的措施,并引发了70、80年代对于可防御空间的思考^{[7][8]}。90年代后,学界更加重视地点环境对预防犯罪的作用,主要关注街道和特殊功能空间等微环境对犯罪的影响^[9]。西方社会学研究者认为,防卫安全感即犯罪恐惧感(Fear of Crime),指周边环境中的犯罪事件带来的危险情绪^[10],包括认知和情感两方面,即认知受害的可能性和对犯罪行为的情感反应^[11]。随着社区更新的兴起和对街道空间品质的关注日渐增强,注重步行者的感知体验成为安全研究的焦点。国内受社会性质和传统文化影响,防卫安全感更多关注综合治安情况。公安部把防卫安全感定义为“公民对社会治安状况的主观感受和评价,是公民对人身、财产等合法权益是否受到侵害的心态反应”^[12]。学者们认为:人行道宽度和街道高宽比等空间因素^[13],沿街建筑界面和道路结构等形态因素^[14],以及行道树和路灯照明等设施因素^[15]与步行者的安全感知显著相关;充足的人行道空间、柔性的街道界面和易识别的道路结构可以提高行人的安全感知;店面较少和路灯照明欠佳的街道对安全感知呈负向影响。然而,既有研究中,对环境要素偏向于描述性建议,步行环境与安全感知之间关系的实证研究较少;通过构建模型方式对街道环境进行简化,用以控制特征变量数量,但对行人在街道行走时视觉图像的重要性认识不充分;在评判环节中通常采用专家评分的方法,缺乏公众评价的支持。这些不足导致相关研究成果难以深入讨论关键环境要素的作用机制,因此,这些成为本文讨论的重点。

近年来,量化分析和数据计算等方法的大量应用为研究带来了新思路与新技术^[16]。对物质环境要素与步行安全关系的研究逐渐从定性研究向定量研究发展,环境数据测量和步行态度采集工具的开发使得数据获取更为便利,尤其是对相关城市形态和步行者心理感知数据的挖掘,有助于深入分析建成环境要素对步行安全的影响,同时扩展了研究的视角和维度。街景图片技术通过捕捉街道界面特征,用于对街道环境品质的测度^[17]。虚拟现实(Virtual Reality)等新成像工具为在实验室中进行街景环境呈现提供了可靠的技术支持^[18]。决策树(Decision Tree)和随机森林(Random Forest)等机器学习算法,则有助于呈现环境要素与环境品质之间的复杂关系^[19]。简而言之,新的研究工具对测量“不可测量的”感知品质提供了技术支持。目前,在建筑与规划领域的城市安全感知评估主要基于视觉调查,运用机器学习算法开发训练集,对海量街景地图进行深度学习,实现对街道空间大规模且精细度高的安全品质测量^{[20][21][22]},但并不侧重于对变量关系的解释。本文将在研究设计中综合考虑技术工具的互补性,尝试对重要影响要素的作用机制作出诠释。

1 研究设计

1.1 研究框架

本研究分为四个阶段:数据收集、图像评价、特征提取和指标识别(图1)。首先,对具有街景代表特征的生活性街道进行图像采样,组建图像集。其次,基于Python语言创建可用于进行陈述偏好(Stated Preference, SP)测度的两两比较图像组,对街景图像进行测评,运用Trueskill算法计算相应图像得分。再次,对环境要素进行测量,为研究街道环境设计要素对行人防卫安全感知的影响提供依据。最后,运用回归树(Classification and Regression Tree, CART)和随机森林算法确定核心指标,并分析影响机制。

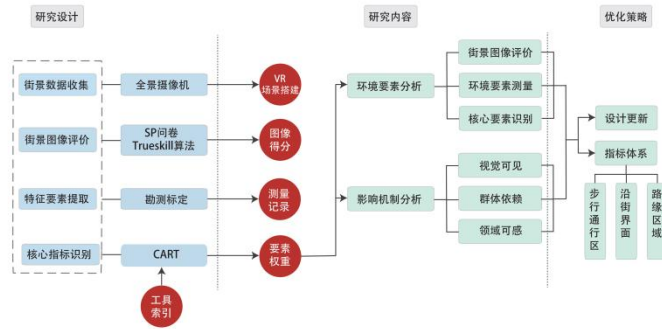


图 1 研究框架（图片来源：作者自绘）

1.2 区域界定

在上海市杨浦区和浦东新区 6 个街道社区内的 12 个街坊进行街景图像采集（图 2），采集对象为步行者使用频率较高的生活服务性街道。首先，运用 Python 对目标街道进行采样，路段总长共 43.75 公里，20 米设置一个采样点，共采集百度街景图片 2171 张。其次，依据剔除相似度较高或环境要素识别度不清晰的图像这一标准，筛选出典型街景图像 29 例。最后，使用柯达 4K360 度相机的双鱼眼模式现场采集街景 VR 场景。根据文献可知，清冷的冬季夜间是步行者最易感受到人身伤害威胁的时段。因此，样本街道的 VR 图像拍摄于 2021 年 2 月 12 日-17 日冬季日落后的 18:00-19:00，保证了取景时间的一致性。为实现对街道环境的真实还原，本研究将采集点设定在街道人行道中央，以步行者视角进行人工现场采样。

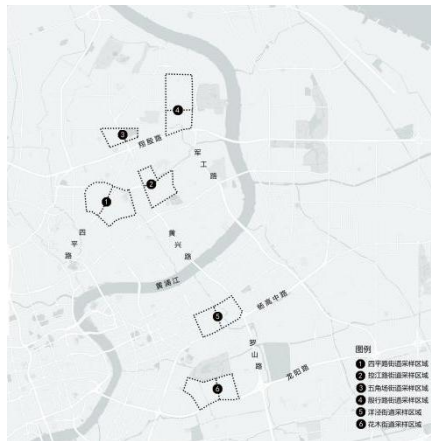


图 2 采集区域示意图（图片来源：作者自绘）

1.3 技术方法

首先，基于 VR 技术评价街景图像。研究采用 SP 法测度 88 名志愿者的步行安全感知，其中男性与女性各 44 人，分别占比 50%；18—30 岁与 31—64 岁各 44 人，分别占比 50%。测评者中拥有建筑、城市规划或艺术设计专业背景 38 人，非专业背景 50 人，比例为 1 : 1.3，可以保证测评人员背景信息的丰富性。研究将筛选出的 29 个样本图像以“1-29”为单位编号，运用 Python 进行简单随机抽样设置实验组，并通过预测试结果确定最终的实验组数。通过 Viveport 平台的 Virtual Space 软件实现 VR 图像的呈现，并引导测试者进行图像比较。并运用 Trueskill 算法汇总计算测试者的测度结果，依据此评分对 29 个街道图像进行安全程度赋值。在实验中，测试者佩戴 HTC Vice 头戴设备沉浸式体验虚拟现实环境，并对图像进行判断。测试者在同组的两张图像中进行选择，判别前一个街景是否比后一个看起来更安全，这里的安全主要指没有或较小存

在被抢劫、胁迫等人身伤害的风险（图3）。



图3 基于VR技术的街景SP问卷图像示例（图片来源：作者拍摄）

其次，街道空间环境要素测量。研究依据经典城市设计理论，运用量化分析技术，选取相关环境要素。这不仅需要关注要素在现有文献资料中出现的频率，映射明确的空间特征，同时这些要素也可以被准确地度量。

最后，基于机器学习识别核心要素。研究运用Python语言构建决策树模型，并用scikit-learn工具箱进行图像呈现，以对街道场景图片的Trueskill感知评价分数为目标变量，针对不同街景要素特征为评估因子对预测变量的重要性进行评估，探寻影响行人防卫安全感知的核心环境要素。研究采用CART算法将29个样本按7:3的比例进行划分，即训练20个样本、预测9个样本。为保证样本分布均匀，根据得分将样本分为9个等级，每个等级选取1个作为预测样本，并用平均绝对误差（Mean Absolute Error, MAE）和均方差误差（Mean Square Error, MSE）来检验预测性能。

2 环境要素分析

2.1 街景图像评价

研究运用Trueskill算法对88位测度者累计25520次测度结果进行打分，将偏好选择转换为街景图像的排名分数。基于贝叶斯推断的Trueskill算法由微软研究院开发，主要用于多人游戏中。Trueskill排名系统充分考虑到了玩家水平的不确定性，可以认为一个玩家在Trueskill的排名是在大量游戏中的平均表现。实验中，将用于测度的样本图片视为参赛选手，在Python中基于Trueskill评分算法对测度结果进行评级。当测度者在图片对比中选择时，设定被选择的图片为该场竞赛的赢家。通过该算法，试验将实验组两两比较结果转化为图片的一个具体评分，并按照排名值的大小进行排序，得到最终得分及排名榜单。相较其他工具，Trueskill算法充分考虑到了单次评价的不确定性，该算法以平均值和标准差代表图像的“平均得分”和“得分稳定性”，可以认为图像在Trueskill算法中的排名是大量对比的平均表现，该算法将多次运算比较结果，直到最终结果趋于稳定。

2.2 环境要素测量

根据图像特征和既有文献中关键的环境影响要素，研究共设定8个建成环境特征变量（表1）。确定路灯照明分级标准时，研究分别在冬季和夏季对道路照明进行测量，通过对比发现由于落叶树木的遮挡，部分样本路段夏季照明照度低于冬季照度，前方垂直照度与地面垂直照度也略有差异。为客观反应步行者的观察习惯，本研究采用冬季前方垂直照度（luminosity）作为分级标准，照度共分三个等级：0~10 lx 定义为“弱”，11~25 lx 定义为“中”，大于25 lx 定义为“强”。

其中“弱”类项前方垂直照度中位数为 4.0 lx，“中”类项前方垂直照度中位数为 19.05 lx，“强”类项前方垂直照度中位数为 31.6 lx。

表 1 防卫安全感知测度实验特征变量属性列表

特征变量	变量测量尺度	标签值
道路照明	有序尺度	弱 (1)，中 (2)，强 (3)
营业店铺	名义尺度	是 (1)，否 (0)
店铺外摆	名义尺度	有 (1)，无 (0)
界面透明度	有序尺度	实墙 (1)，栏杆或一半为店铺 (2)，店铺 (3)
行人	有序尺度	无 (1)，少 (2)，多 (3)
树丛灌木	名义尺度	有 (1)，无 (0)
天空开敞度	有序尺度	低 (1)，中 (2)，高 (3)
人行道宽度	定比尺度	按实际测量值计算

2.3 核心要素识别

研究运用 CART 算法，构建测度者的测度结果与环境要素之间的关联，以此确定安全环境评测核心指标，并建立分类样本库，探求环境要素对不同人群感知偏好产生的作用差异。

(1) 基于 CART 的整体分析

研究基于 Python 的 scikit-learn 进行 CART 运算，其内置算法将自动设置阶梯把连续变量转换为离散变量，因此不需单独对变量进行正则化处理。在决策树的深度 (max depth) 上，研究尝试分别构建深度为 3、4、5、6 和 7 的决策树，对比其训练组和预测组的 MAE 和 MSE 值，综合考虑模型误差及过拟合和欠拟合的情况，研究将训练组 MSE 值小于 0.5 且预测组 MSE 值小于 40 作为可以接受的结果，构建深度为 5 的决策树来探求图像评分与特征变量之间的关系。经计算：决策树训练组 MAE 值和 MSE 值分别为 0.320 426 和 0.344 951，预测组 MAE 值和 MSE 值分别为 5.435 508 和 38.540 485，预测误差较小，符合研究要求。

结合图 4 总的特征权重分析：道路照明对步行者安全感知的影响最大 (0.528 363)；其次是行人 (0.334 772)，天空开敞度 (0.066 646)、界面透明度 (0.059 141) 和人行道尺度 (0.011 076)；树丛灌木、营业店面和店面外摆对防卫安全感知评价作用不显著 (图 4)。这意味着，道路照明较强、且行人较多的街段场景普遍评价得分较高；而路灯照明较弱、行人较少且人行道宽度较窄的街段场景普遍评价得分较低。据此可知：①道路照明和行人两个街道要素与步行者感知安全程度呈正相关，这与经典城市设计理论的论述和既有研究结论相吻合；②充足的人行道空间为步行者提供了很好的领地感，可以有效提升其防卫安全感；③路灯照明充足而行人较少的街道环境下，较高的天空开敞度意味着更好的视野和较小的环境压迫，有助于步行者更方便地观察街道，这或许也对增加安全感有所帮助；④整体人群测度结果突出了道路照明、行人和界面透明度对提升行人防卫安全感知的重要作用；同时决策树模型结果显示，天空开敞度这一形态要素对街景图像评价具有一定重要性，这一点在人群对比模型中可能得到进一步阐释。

(2) 人群样本性别对比分析

对于男性步行者，行人 (0.483 358) 和道路照明 (0.260 670) 对行人防卫安全感知评价的影响最大；店铺外摆 (0.065 274)、天空开敞度 (0.063 738)、树丛灌木 (0.060 084)、营业店面 (0.043 319) 和人行道宽度 (0.020 020) 也会对步行者心理产生一定影响。从相应街景图像来看，行人较多、拥有店铺外摆的街景图像防卫安全感最强 (37.068)；道路照明较暗、无行人且人行道宽度较窄 (≤ 2.7 m) 的街景图像防卫安全感评价最低 (11.685)；营业店铺和较

高的界面透明度也可以提高男性测度者的安全感知。对于女性步行者，道路照明（0.534 871）和行人（0.279 164）对行人防卫安全感知评价的影响最大；营业店面（0.066 881）、人行道宽度（0.063 686）、天空开敞度（0.043 983）和界面透明度（0.011 415）也会对女性步行者心理产生一定影响。从相应街景图像来看，道路照明较亮、行人较多且天空开敞度较小的街景图像防卫安全感最强（36.394）；无道路照明且天空开敞度较大的街景图像交通安全感评价最低（8.274）；营业店面和较高的界面透明度也可以提高女性测度者的安全感知。

共同之处在于，晚间街道上较多的行人和明亮的路灯照明对男性和女性的防卫安全感知产生积极的影响，同时界面透明度也具有正面的效应。不同之处在于，从人行道尺度和天空开敞度的尺度适宜值范围来看，男性的空间包容性高于女性，可以适应相对更宽的人行道，而较高的天空开敞度对于女性安全感的负面效应更为显著。这与朗的需求理论是一致的，朗认为具有不同个性的人对隐私水平的需求不同，女性要求和期望的私密性很高，其对自身和行为信息流的控制力要大于男性^[23]。可以推测，这是导致女性对空间包容性的程度低于男性的原因之一。

(3) 人群样本年龄对比分析

对于 18-30 岁步行者，界面透明度（0.634 578）对行人防卫安全感知评价的影响最大；其次为天空开敞度（0.151 992）、行人（0.105 188）和人行道宽度（0.086 799）。从相应街景图像来看，界面透明度高、天空开敞度高、路上有行人且有沿街商业外摆的街景图像防卫安全感最强（38.086）；面透明度较低、无行人且人行道宽度小于等于 2.7 m 的街景图像防卫安全感评价最低（14.144）；路灯照明可以提高该类测度者的安全感知。对于 31-64 岁步行者，道路照明（0.560 491）、行人（0.257 405）和界面透明度（0.125 915）对行人防卫安全感知评价的影响最大；其次为行人道尺度（0.022 858）、灌木（0.018 843）和天空开敞度（0.013 997）。从相应街景图像来看，较亮的道路照明、行人较多、界面透明度高以及适中的人行道宽度（≤4.75 m）且无树丛灌木的街景图像防卫安全感最强（36.292）；道路照明较暗、无行人且天空开敞度高的街景图像交通安全感评价最低（8.192）；商业外摆可以提高该类测度者的安全感知。

共同之处在于，夜晚街道上的行人、适宜的人行道尺度（对于两类人都在 4 m 左右）和一定的界面透明度对于有助于提升两类人群的防卫安全感知，较高的天空开敞度对于两类人群都是负向因素。不同之处在于，道路照明可以有效提高 31-64 岁人群的防卫安全感知，而沿街店面及商业外摆对 18-30 岁人群的意义更为显著。

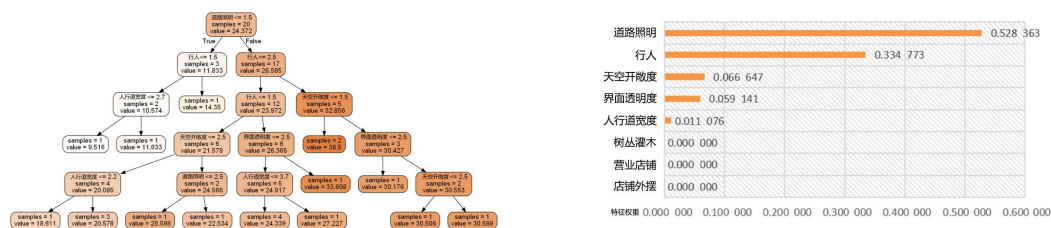
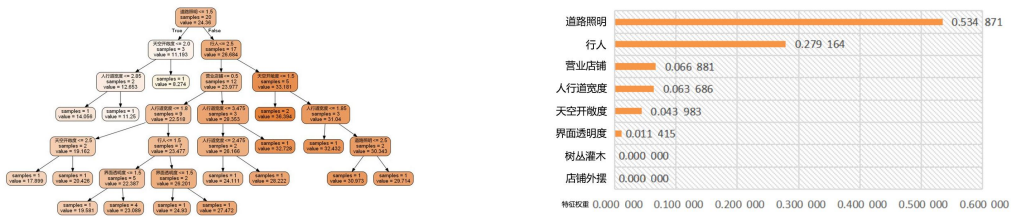


图 4 环境要素决策树及重要性示意图（图片来源：作者自绘）

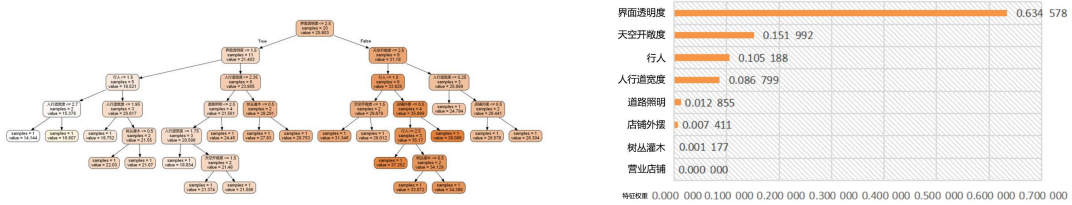


a 男性测度者环境要素决策树及重要性图

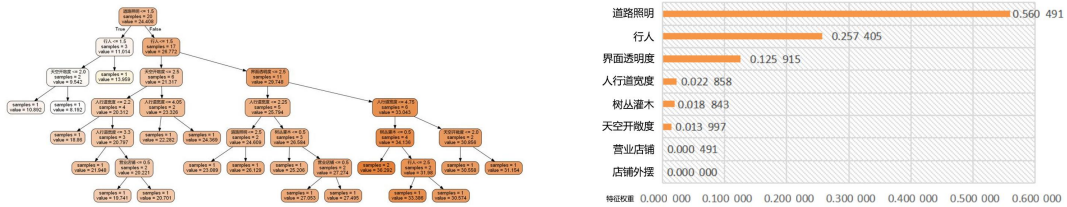


b 女性测度者环境要素决策树及重要性图

图 5 性别对比示意图 (图片来源: 作者自绘)



a 18-30 岁测度者环境要素决策树及重要性图



b 31-64 岁测度者环境要素决策树及重要性图

图 6 年龄对比示意图 (图片来源: 作者自绘)

3 影响机制分析

街道环境设计影响犯罪的实施和步行者的安全感, 存在隐患的环境为犯罪提供机遇, 对自身安全缺乏确定的感觉会使行人望而却步。一个人能在街上、在一群陌生人中间自我感觉到安全, 是成功邻里的先决条件^[24]。街道安全的维持不能仅依靠制度法规, 而应重视通过设计提升其环境品质。根据上述实验结果, 研究尝试将街道建成环境对步行者防卫安全感知的影响机制分为以下三项 (图 7):

3.1 视觉可见

在整体人群测度者组的 CART 模型中, 道路照明的重要性达 0.528 363, 在女性和 31-64 岁测度者组的 CART 模型中, 道路照明的重要性分别为 0.534 871 和 0.560 491, 可以看出视觉可见对于步行者尤其是女性和年长者等弱势人群的重要性, 是影响其防卫安全感知的重要因素。

街道环境中, 路灯照明和景观照明通过街灯、建筑物灯光及商店标牌灯光等, 为步行者提供可识别的夜间行走环境, 使其可以对趋近行人行为作出判断。同时, 街道空间形体遮挡光纤的直线传播, 影响空间中活动的人的视线范围, 可能在空间中产生视线无法或不易到达的“盲区”或“死角”。绿化设施和街具设施从形态学意义上影响了行人对可疑人群行为的观察, 茂密的灌木丛和篱笆很容易成为犯罪主体的藏身之处。当人们的视线受到阻挡时, 对于无法观察到的区域更易心生防备, 这也是夜间灌木丛生的街道很少有人行走的原因。

3.2 群体依赖

在整体人群测度者组的 CART 模型中，行人的重要性达 0.334 772，是仅次于道路照明的重要要素；在男性和女性测度者组的 CART 模型中，行人的重要性分别为 0.483 358 和 0.279 164；在 18-30 岁和 31-64 岁测度者组的 CART 模型中，行人的重要性分别为 0.105 188 和 0.257 405，体现出行人对于步行者防卫安全感知的重要作用。

群体依赖在群体心理学中指群体对于个体获得某种心理满足而产生的影响，群体是个体获得许多心理满足的场所，个体在群体中可获得力量和信心，从而得到个人安全的满足^[25]。群体依赖在步行活动中表现为，步行者通常在有一定人流量的街道上会感觉到较为安全，尤其在光线昏暗的夜晚，当有一群人在街道上行走或者街道上有丰富的活动时，步行者的心理安全感知要比一人独行强烈许多。需要注意的是，有的街道在白天通勤出行人流量大时较为安全，而在夜间却可能成为激发犯罪行为发生的场所。因此，通过环境和功能设计使街道保持行人密度良好的时间复合度，可以有效提升该地段的步行安全感知。

3.3 领域可感

在整体人群、男性和 18-30 岁测度者组的 CART 模型中，人行道宽度小于 2.7 m 的街段安全评价得分较低；在女性测度者组的 CART 模型中，天空开敞度与街段安全评价负相关，体现出步行空间领域对于步行者防卫安全感知的重要作用。

近体学研究显示，个体拥有个人领域感受边界，一旦陌生人进入亲密距离，个体就会产生领域被侵入的感觉^[26]。实验结果显示，个人空间反映出受环境因素影响的安全距离。步行者通过对与周围人群之间的距离，判断个人的防卫安全是否受到保障，从而免除被他人侵犯的风险。一方面，充足的人行道宽度可以使行人之间保留适当的社交距离。另一方面，适当尺度的步行空间可以使行人感受到属于自己的行走空间，与其他交通工具保持一定距离，不易受到飞车作案的威胁。

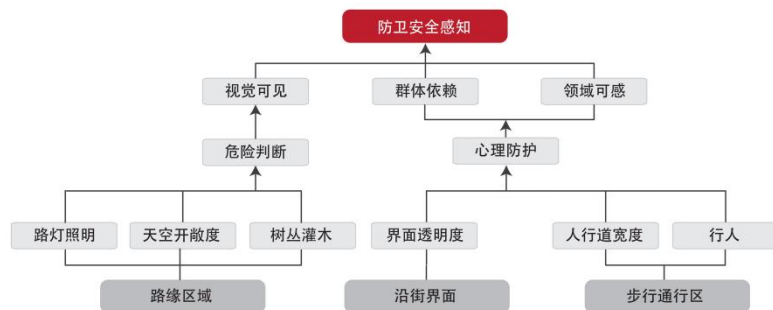


图7 “步行防卫安全感知—建成环境要素”关联图示（图片来源：作者自绘）

4 设计策略与指标建议

4.1 设计策略

行人对防卫安全事件的担忧会潜在影响其步行活动行为，避开便捷但危险的路段，或减少夜间步行出行的频次。同时，街道也难以形成天然监督。因此，提升住区生活性街道的步行安全感知至关重要。目前，保证足够的步行空间和道路照明、设置沿街店面提升街道活力等是保障行人步行安全性的主要方法，除此之外，城市设计师还应致力于创造提高步行者安全心理感知的街道环境。研究从街道设施、功能配置和空间限定三个方面给出设计建议：

第一，在街道设施方面。应注重夜间照明设施的亮度与覆盖度，鼓励界面透明性低的建筑物利用沿街立面营造暖色灯光墙面，建议商店标牌进行灯光设计。在景观绿化种植方面，应充分考

考虑植被生长速度，使其不妨碍临街店铺对街道的天然监视。在对自然监视和视线要求较高的街道场所，宜选择低矮的灌木和高树冠的乔木。

第二，在功能配置方面。应增强沿街商业店面的密度，提升界面透明度，同时，一定的商业密度也可以激发街道活力，为行人的街道生活提供天然监视。同时，还应通过功能设计使街道尽可能同时容纳休闲、餐饮和娱乐等功能，目的是使街道无论白天还是夜晚都有活动安排，有助于保持良好的行人密度时间复合度。同时，还应给不同年龄或者不同爱好的行人划分可以使用的附属功能空间，如餐饮的临街外摆和休闲的室外场所，并通过对这些空间的设计来促进行人对空间的使用。

第三，在空间限定方面。应强化步行者对步行区域的使用权和主导权，从而形成一种安全的氛围，增加其对步行空间的认同。实验结果显示，当步行道有效宽度 $<2.7\text{ m}$ 时，行人的安全体验较差， 4 m 左右较为适宜，既能让行人体验到完整的个人领域，又不至于太宽而引发骑行者的介入。

4.2 指标建议

基于上述研究，针对社区生活性街道提出评测指标建议，并构建步行安全环境评测量表（表2）。量表中，环境要素共分步行通行区域、沿街界面和路缘区域三个区域要素，包括人行道宽度、行人、和街界面透明度等共5个评测指标，采用两级和三级打分结合的模式，对目标街道的环境要素进行评测。通过对街道要素的精确测量，可以识别出存在问题的街道路段。5个评价指标的总分区间为 $[1, 14]$ ，设定评测标准如下：当街道步行环境测评分数在 $[1, 7]$ 时，交通安全等级较低，存在较高交通安全风险隐患，需进行分项排查，并进行精细化改造；当分数在 $[8, 14]$ 时，活动安全等级较高。依据此量表对研究涉及的29个案例样本进行综合测评，均符合该评测分类，准确率达100%。

表2 街道防卫安全感知评测量表

环境要素	评测指标	获取方式	重要性	分级标准	安全评分
步行通行区	人行道宽度	现场勘测	0.011 076	$>2.7\text{ m}$ 且 $\leq 4.75\text{ m}$	2
				$\leq 2.7\text{ m}$ 或 $>4.75\text{ m}$	1
	行人	街景图像	0.181 493	多 (>3 人)	3
少 (1~3 人)				2	
沿街界面	界面透明度	街景图像	0.059 141	无 (0 人)	1
				高 (店铺)	3
				中 (栏杆或一半为店铺)	2
路缘区域	路灯照明	现场勘测	0.528 363	低 (实墙)	1
				强 ($>25\text{ lx}$)	3
				中 ($11\sim 25\text{ lx}$)	2
	弱 ($0\sim 10\text{ lx}$)	1			
天空开敞度	街景图像	0.066 647	高	3	
			中	2	
				低	1

5 结语

本研究的不足之处在于，首先，将个人感知与视觉图像联系起来，通过VR图像进行视觉感

知评估的方法虽然包含所有街道元素,但主要是静态视觉要素,忽略了动态视觉要素对安全感知中的作用与价值,这在一定程度上影响了机制分析的准确性。其次,本研究的街道图像数据和SP方法测评数据集的规模较小,在接下来的研究中可扩大相应样本采集的规模,充分利用机器学习算法的能力,以达到更高的评价精度。再其次,研究主要关注冬季夜间的行人安全感知,由于夜间视线可见度受限,可能存在部分街道要素被忽略的情况,未来可开展对日间街景安全感知测度,进行对比分析。最后,本文仅聚焦于社区生活性街道的步行安全感知研究,未来可纳入更多街道类型,为街道安全评测综合指标体系的建立提供更多依据。

参考文献:

- [1] 亚伯拉罕·马斯洛著,许金声等译. 动机与人格[M].北京: 华夏出版社, 1987:44-49.
- [2] 乔恩·朗著.王翠萍 胡立军译. 城市设计: 美国的经验[M].北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [3] 李琳, 叶宇, 陈泳. 基于多源数据的步行者交通安全环境研究——以L市老城核心区生活性街道为例[J].城市设计,2024(01):50-61.
- [4] 伊丽莎·伯顿 琳内·米切尔. 包容性的城市设计——生活街道[M].北京: 中国建筑工业出版社,2009:115.
- [5] NASAR J L, FISHER B. 'Hot spots' of fear and crime: A multi-method investigation[J]. Journal of environmental psychology, 1993 13(3): 187-206.
- [6] CROWE T D. 著. FENNELLY L J. 修订. 陈鹏 苏国锋 李一静 候冬尽 编译. 环境设计预防犯罪[M].北京: 中国人民公安大学出版社,2015.
- [7] JEFFERY C R. Crime Prevention Through Environmental Design. Sage, Beverly Hills, CA, USA.
- [8] NEWMAN O. Defensible Space: Crime Prevention through Urban Design[M].The Macmillan Company,New York,1972.
- [9] Block R L, Block C R. Space, place, and crime: Hot spot areas and hot places of liquor-related crime[M]. Willow Tree Press,New York,1995.
- [10] GAROFALO J. The Fear of Crime: Causes and Consequences[J]. Journal of Criminal Law and Criminology, 1981, 2(2):839-857.
- [11] LORENCE T, CLAYTON S, NEARY D, et al. Crime, Fear of Crime, Environment, and Mental Health and Wellbeing: Mapping Review of Theories and Causal Pathways[J]. Health & Place, 2012(18):757-765.
- [12] 课题组公安部公众安全感指标研究与评价. 中国公众安全感现状调查及分析[J]. 社会学研究, 1989 (6):35-42.
- [13] HARVEY C, AULTMAN-HALL L, HURLEY S E, et al. Effects of skeletal streetscape design on perceived safety[J]. Landscape and Urban Planning, 2015,142: 18-28.
- [14] 扬·盖尔 著.欧阳文 徐哲文 译. 人性化的城市[M].北京: 中国建筑工业出版社,2010.
- [15] KOSKELA H, PAIN R. Revisiting fear and place: women's fear of attack and the built environment[J]. Geoforum, 2000,31(2): 269-280.
- [16] 叶宇, 戴晓玲. 新技术与新数据条件下的空间感知与设计运用可能[J].时代建筑,2017(05):6-13.
- [17] 黄燕玲, 盛强, 雷涵博, 等. 街景地图对实测步行流量的替代性研究[J].新建筑, 2019(04):137-141.
- [18] 李琳, 叶宇, 陈泳. 融合数据支持与具身循证技术的街道步行安全感知研究——以上海市生活性街道为例[J].住宅科技,2024,44(04):47-56.
- [19] 何宛余,李春,聂广洋,等. 深度学习在城市感知的应用可能——基于卷积神经网络的图像判别分析[J].国际城市规划,2019,34(01):8-17.
- [20] SALETTES P, SCHECHTNER K, HIDALGO C A. The collaborative image of the city: mapping the inequality of urban perception[J]. PloS one, 2013 8(7): e68400.
- [21] 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 34(01):18-27.
- [22] NAIK N, PHILIPPOOM J, RASKAR R, et al. Streetscore-predicting the perceived safety of one million streetscapes[C].Proceedings of the IEEE conference on computer vision and pattern recognition workshops. 2014: 779-785.
- [23] 乔恩·朗著.王翠萍 胡立军译. 城市设计: 美国的经验[M].北京: 中国建筑工业出版社, 2008.
- [24] JACOBS J. The Death and Life of Great American Cities[M].Random House,New York City,1961.
- [25] 李宁. 群体心理学[M]. 广州: 暨南大学出版社, 2000.
- [26] 埃特威茨, 罗迪格, 埃尔姆斯, 著.郭秀艳等译. 实验心理学——掌握心理学的研究[M].上海: 华东师范大学出版社, 2001.