

岳亚飞, 杨东峰, 徐丹. 城市蓝绿空间对老年心理健康影响机制的探究与检验 [J]. 风景园林, 2022, 29 (12) : 71-77.

城市蓝绿空间对老年心理健康影响机制的探究与检验

Exploration and Examination of the Influence Mechanism of Urban Blue-Green Space on the Elderly's Mental Health

岳亚飞 杨东峰* 徐丹

YUE Yafei, YANG Dongfeng*, XU Dan

开放科学 (资源服务)
标识码 (OSID)



中图分类号: TU984

文献标识码: A

文章编号: 1673-1530(2022)12-0071-07

DOI: 10.14085/j.fjyl.2022.12.0071.07

收稿日期: 2022-01-30

修回日期: 2022-10-08

岳亚飞 / 男 / 大连理工大学建筑与艺术学院和比利时根特大学医学与健康科学学院联合培养博士研究生 / 研究方向健康城市

YUE Yafei is a Ph.D. candidate jointly cultivated by the School of Architecture and Fine Art, Dalian University of Technology, and the Faculty of Medicine and Health Sciences, Ghent University. His research focuses on healthy city.

杨东峰 / 男 / 博士 / 大连理工大学建筑与艺术学院教授 / 西安建筑科技大学西部绿色建筑国家重点实验室成员 / 研究方向为健康城市
通信作者邮箱 (Corresponding author Email): yangdongfeng@dlut.edu.cn

YANG Dongfeng, Ph.D., is a professor in the School of Architecture and Fine Art, Dalian University of Technology, and a member of the State Key Laboratory of Green Building in Western China, Xi'an University of Architecture and Technology. His research focuses on healthy city.

徐丹 / 女 / 硕士 / 大连理工大学土木建筑设计研究院有限公司城市规划师 / 研究方向为健康城市

XU Dan, Master, is an urban planner in Design Institute of Civil Engineering & Architecture of Dalian University of Technology Co., Ltd. Her research focuses on healthy city.

摘要: 老年友好城市和健康城市的建设需要明晰蓝绿空间对老年心理健康的效益。针对既有文献在指标选取和空间跨度方面的单维性, 利用区分个体和邻域层级的分层线性模型和多层结构方程模型, 从城市蓝绿空间的质量 (内部环境特征、景观格局指数) 与数量 (可视性、可得性) 维度系统比较对老年心理健康作用的差异, 并从活动能力、环境感知和社会凝聚的中介路径, 探寻造成差异的内在机制, 同时在多空间尺度下检验结论的稳健性。研究结果表明绿色空间的可视性相比可得性有更高的老年心理健康效益; 多样化的中介路径使得蓝绿空间质量维度指标与老年心理健康的联系更为显著; 蓝绿空间与老年心理健康的关系及中介效应呈现出空间圈层下的规律性分异特征。基于上述结果提出老年心理健康导向的城市蓝绿空间规划建议。

关键词: 蓝绿空间; 心理健康; 老年人; 多层结构方程模型; 中介效应

基金项目: 西部绿色建筑国家重点实验室开放基金 (编号 LSKF202209); 国家自然科学基金 (编号 52078095); 国家留学基金委项目 (编号 202006060186)

Abstract: The construction of age-friendly and healthy cities needs to clarify the benefits of blue-green space on the elderly's mental health. In light of the one-dimensionality of existing literature in terms of indicator selection and spatial scale, this research systematically compares the differences between the qualitative dimension (internal environment characteristics, and landscape pattern index) and the quantitative dimension (visibility and availability) of blue-green space in their effects on the elderly's mental health, explores the intrinsic causes of such differences by examining the mediating effects of activity capability, environmental perception and social cohesion, and verifies the robustness of conclusions at multiple spatial scales. Research results show that the visibility of green space can bring more benefits to the elderly's mental health than the availability thereof; diverse mediating pathways can significantly strengthen the association between the qualitative dimension of blue-green space and the elderly's mental health; the association between blue-green space and the elderly's mental health and relevant mediating effects show regular variation characteristics under the multi-spatial circles. Based on the conclusions above, the research proposes suggestions for planning urban blue-green space oriented at the elderly's mental health.

Keywords: green-blue space; mental health; the elderly; multi-level SEM; mediating effect

Fund Items: The Opening Fund of the State Key Laboratory of Green Building in Western China (No. LSKF202209); The National Natural Science Fund of China (No. 52078095); Project of China Scholarship Council (No. 202006060186)

在城市转向以人为本和高质量发展的背景下, 城市蓝绿空间因其能提供生态调节、生态支持和生态缓冲等服务^[1-3], 在营造健康人居环境方面成为探讨的热点, 并在城市地理学、城市规划、风景园林、医学和心理学等诸多领域都得到了发展和应用^[4-6], 尤其是减压理论和注

意力恢复理论等描述了城市蓝绿空间对缓解压力、改善情绪、恢复注意力和调节心理疾病等方面的健康效益^[7-9]。在老龄化日渐加剧的国情下, 老年人等弱势群体的心理健康问题凸显^[10], 抑郁、躁郁症等精神障碍需要积极的干预应对。探究蓝绿空间综合特征对老年心理健康的影响,

可以为健康城市建设和蓝绿空间的优化布局提供循证研究和理论基础。

在理论层面,蓝绿空间对心理的积极作用已有相关阐述。减压理论提出与蓝绿空间接触后会引发副交感神经系统反应,从而达到更加舒适放松的愉悦状态^[9,11]。心理进化理论认为处于蓝绿空间环境中会阻断消极想法,使人低落的情绪得到缓解,恢复积极的情绪和态度,这是在人类进化过程中自然形成的^[12]。注意力恢复理论认为在蓝绿空间中对有趣而丰富的场景给予无意识的注意有助于恢复精力,从而改善精神状态^[9]。

在实证研究层面,现有的结论之间存在偏差,可能是蓝绿空间指标测度方式的差异,抑或是多时空背景的异质性所致。有研究发现近距离接触绿色空间可能通过减轻导致神经炎症和脑血管损伤的病理、生理过程来改善心理健康^[11];城市绿地可以调节愤怒、焦虑和抑郁等消极心理,进而改善精神状态^[13-15];街景绿视率能够缓解老年人的抑郁症,而植被覆盖率则对老年人抑郁症无显著影响^[6]。也有研究发现绿色空间的心理健康益处与绿色的增加并不呈线性相关,单层的相关性关系不足以描述两者之间错综复杂的内在联系,并且结果随年龄和性别不同而有所不同^[16]。另外还有不同研究之间得到的相左的结论:Dempsey等发现沿海蓝色空间的视觉感知能够缓解爱尔兰老年人的抑郁症^[17];而Helbich等发现蓝色空间与心理健康之间并无显著关联^[8]。也有学者发现空间尺度和历史时序的差异会导致结论偏差^[18-19]。总之,论述蓝绿空间与普通及老年人群体心理健康之间因果关系的证据并不充分。目前逐渐有学者通过引入中介变量对潜在路径和干预机制进行探索,以明晰两者之间非线性及差异结论的内在原因。

对于解释蓝绿空间如何产生心理健康益处,主要探讨的路径包括4个方面。1)提升注意力恢复:减压理论和注意力恢复理论均表明,植被和水体通过人体感官感知景观品质(即触觉、听觉、视觉和嗅觉)提供了注意力恢复性体验,并作为缓解心理压力的缓冲剂^[14,20]。2)营造健康环境:健康环境学理论提出蓝绿空间可以缓解热岛效应、改善空气

质量、降低噪声等,通过减少暴露于各种有害环境中的压力进而减轻个体心理负担^[9,15]等。3)增加体育锻炼的机会:环境行为学理论认为蓝绿空间鼓励居住在附近的人们进行体育活动,从而对心理产生正向影响^[21]。4)增强邻里互动和社会凝聚:神经科学相关研究表明,接触蓝绿空间环境会使神经元处理过程(neuronal processing)形成场所感(sense of place)和场所认同感(place identity),促进社会接触与交往,积极影响心理状态^[16,22]。相关研究通过串行或并行的中介效应分析方法,致力于检验显著的中介路径及路径间的相对贡献程度。

虽然相关研究尝试甄别蓝绿空间从不同路径对心理健康结果的影响,而在指标选取和空间跨度层面仍有一定不足。在指标选取层面,多数研究主要分析蓝绿空间的量度指标,尤其是绿地规模、植被覆盖率和水体覆盖率等对心理健康的影响;而对于质量维度,如植物多样性、坡度、景观格局指数、公园类型和水体类型等指标对心理健康的作用则关注相对较少^[2,15,23]。在空间跨度层面,蓝绿空间多聚焦于特定的空间尺度,而随着空间的变化,结论可能会出现一定偏差;如部分区域发现居住在距离海岸5 000 m的范围内能够改善心境^[17],而有研究表明在距海岸1 000~3 000 m的范围内,心理健康并未受到显著干预^[8,16]。目前鲜有同时选取不同空间尺度对此类中介效应进行检验的研究。

相较于普通人群,老年群体的生理弱势和情感需求等特征,使其对特定的干预路径有更高的敏感性。由于身体机能的退化和从社会工作中退休,他们的社交网络萎缩、长距离出行减少,日常活动往往局限于邻里的地理空间^[12],自身的活动量明显受居所附近锻炼和娱乐场所限制。因此蓝绿空间营造的体育锻炼和休闲场所,会显著影响老年人户外活动的机会和时间,进而作用于其心理健康。此外,老年人易遭遇社会排斥及不公平对待等问题,使其对邻里关系和归属感有更高的需求^[22];他们花费更多的时间在邻里交往与接触上,而蓝绿空间提供的宜人和舒适环境可以积极促进他们的社交和互动,进而

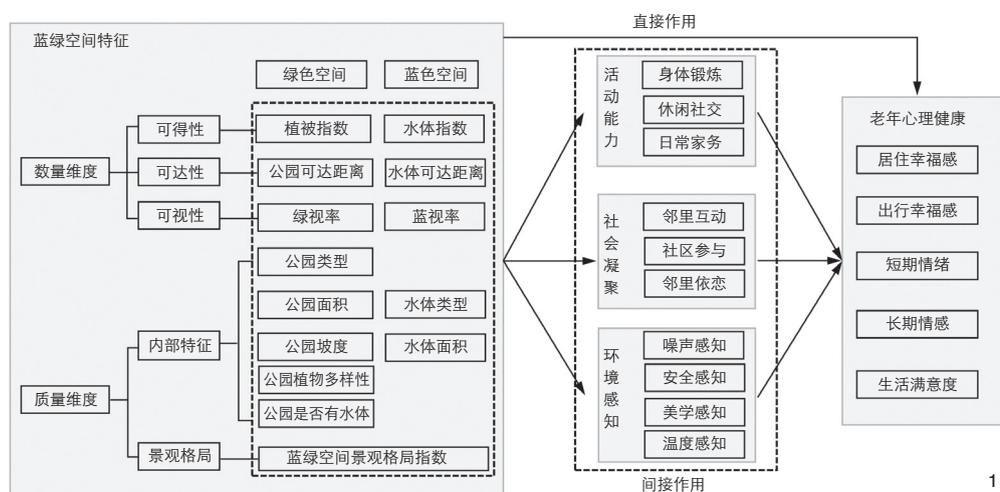
影响其心理健康水平。由此可以看出,体育锻炼和邻里互动的干预路径对他们的影响相比于普通群体更为显著。

因此本研究在蓝绿空间数量维度指标的基础上,尝试测取环境质量维度的指标,对比数量和质量维度的蓝绿空间特征与老年心理健康的关系,通过中介效应分析不同测度方式的指标与心理健康关系差异的内在原因,并进一步从多空间尺度检验关系及干预路径的变化,以甄别两类指标对老年心理健康作用的拐点及阈值范围。由于辽宁省大连市有高度的老龄化(60岁及以上老年人口占24.7%)及较高的老年精神疾病患病率(29.3%)^[24],因此选取大连市老年人群作为研究对象。考虑到地理空间的嵌套性,利用分层线性模型(hierarchical lineal model, HLM)和多层结构方程模型(structural equation model, SEM)^[23]匹配个体层面和邻里社区层面进行分析。希望通过实证研究深层次了解城市蓝绿空间与老年心理健康关系的规律性和独特性,为空间布局等规划指标的设定提供依据。

1 调查数据与分析方法

1.1 研究设计

本研究从数量和质量维度出发研究蓝绿空间特征,涉及鸟瞰视角和街景透视角,包含可得性、可视性、可达性、内部环境和景观格局5个方面的指标^[15-16,25](图1)。中介变量的设计参考相关文献和已通过验证的问卷:活动能力指每天可以参与的身体锻炼(徒步、器械运动、跳舞、保健运动、竞技运动)、休闲社交(户外小坐聊天、牌类活动、周边游、绘画、唱歌)、日常家务(接送小孩、买菜、商场购物、药店买药)的活动类型数目^[26-27];社会凝聚包含邻里互动、社区参与和邻里依恋^[23];环境感知依据社会生态模型选取噪声、安全、美学和温度等方面的个体感知^[21,28]。构建影响老年心理健康的“生物—心理—社会”的多重影响路径。心理健康得分由世界卫生组织的全球老龄化和成人健康研究中的老年心理幸福指数量表测定,每项都按里克特5级量表进行评级,总分为5~25^[12,29]。根据克朗巴哈(Cronbach)的阿尔法(alpha)



1 蓝绿空间对老年心理健康的多路径干预研究框架

Research framework for multipath intervention of the elderly's mental health by blue-green space

值验证, 量表各题项内部一致性满足要求。对多层结构方程模型各潜变量进行验证性因子分析后, 其标准化因子载荷 (ACC)、组成信度 (CR) 和收敛效度 (AVE) 值均满足要求。

本研究采用在 2019 年 5—10 月进行的大连市居住区调查数据。个体案例招募程序基于两阶段的分层抽样设计: 第一阶段, 从大连市主城区 29 个街道中随机选取 61 个老年人比例大于 10% 的住区 (邻域), 住区面积为 0.03~1.12 km² (平均面积为 0.28 km²); 第二阶段, 在每个住区采用等距抽样方法随机选取 12~18 个家庭中的老年人作为受访者。依据此程序, 共抽取 900 名参与者, 且每个参与者都符合 60 岁以上且在该地区居住超过 10 年的条件。通过结构式访谈, 调查参与者的环境感知、心理健康和社会经济属性等。经过数据筛选、清理后共获得 879 人的有效问卷数据。

1.2 蓝绿空间特征指标的获取

蓝绿空间特征指标是从多源数据类型中获取。其中植被指数和水体指数从 Landsat 8 影像中提取^[30-31], 绿视率和蓝视率是从街景图像中提取^[32]。公园和水体的可达距离是测算老年人实际出行中能够到达公园和水体的最短的道路网络中结点之间的弧段距离总和, 相比于空间直线距离, 网络距离更符合实际出行状况。公园的类型、面积和景观格局指数是通过大连市公园分布数据测取, 水体的类型、面积和景观格局指数是通过大连市水

体分布数据测取。公园坡度来源于大连市数字高程模型数据。公园植物多样性通过 GLC_FCS30-2020 数据得到。GLC_FCS30-2020 是将土地覆盖详细地划分为 30 类的精细分类数据, 总体准确率为 0.825^[33], 分辨率和 Landsat 8 影像同为 30 m。对于景观格局指数, 是分别以公园、公园水体为目标对象, 利用 Fragstats 软件计算各个指标。景观格局指数的指标包括: 斑块平均大小、斑块密度、景观形状指数、边缘面积比、景观丰度、聚集度指数、景观分割度、蔓延度指数和临近度。

绿视率和蓝视率通过机器学习算法从街景图像中提取, 图像取自 2019 年 5—6 月的腾讯地图^[8]。从大连主城区覆盖街景图像的所有道路上提取间隔为 50 m 的点作为采样点。参考相关文献^[8, 23], 每个采样点从 4 个主要方向 (0°、90°、180°、270°) 收集了 4 张图像。总共获得了 121 992 张街景图像。基于用于训练目的的带注释图像的 ADE20K 数据集, 在研究中使用全卷积神经网络 (fully convolutional networks, FCN) 进行语义图像分割^[32, 34]。FCN-8s 的训练数据准确率为 0.815, 测试数据准确率为 0.810, 满足本研究的精度要求^[32]。在将街景图像输入经过训练的网络中进行语义图像分割之后, 可以确定绿色空间 (如树木、草等) 和蓝色空间 (如河流、湖泊、喷泉、游泳池等) 的比例。每个采样点的街景绿视率是指在 4 个方向上图像合计的绿色空间像素数与

4 个方向上图像合计的像素总数的比值; 街景蓝视率的计算方法与此类似^[35]。最后, 确定每个邻域的平均值^[34]并将其附加到调查数据中。

借鉴国内外不同类型城市中对老年人心理及相关行为特征的研究, 选取 300 m 为半径计算蓝绿空间特征指标^[8-9, 23]。以受访者所在住区质心为圆心, 建立 300 m 缓冲区, 通过计算缓冲区内所有采样点得分的平均值, 作为邻域的各蓝绿空间指标值^[12]。在此基础上, 结合规划标准中的 5 分钟 (步行距离 300 m)、10 分钟 (步行距离 500 m)、15 分钟 (步行距离 800~1 000 m) 社区生活圈^[3], 再分别以半径 500、800、1 000 m 建立缓冲区^[14], 构建不同空间圈层的研究模型进行多尺度的检验。以上各类数据均在 ArcGIS 软件中统一调整为投影坐标系 WGS_1984_UTM_Zone_51N 取值。

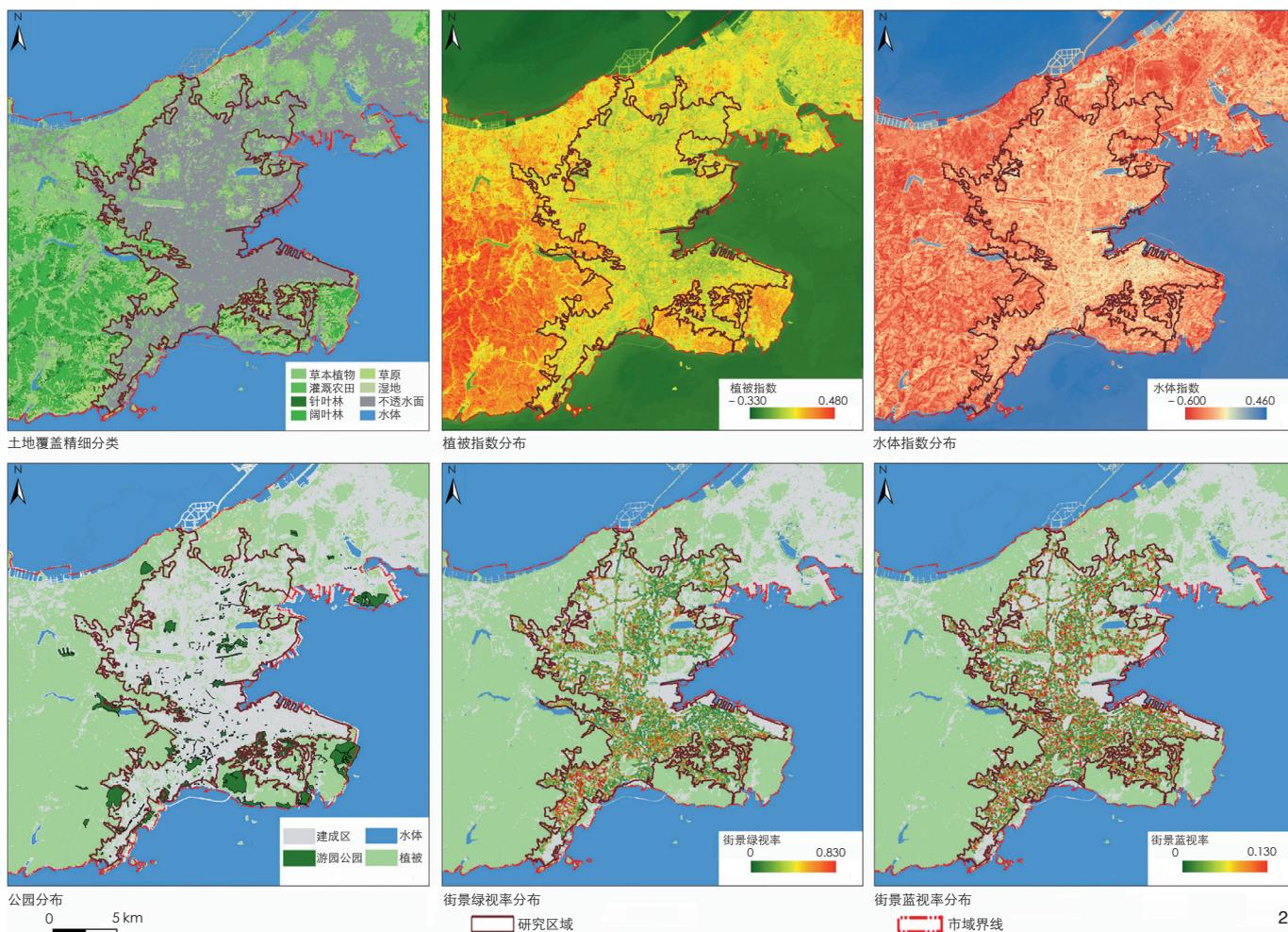
1.3 分层线性模型和多层结构方程模型

由于心理健康的差异可以归类为在个体和邻域不同层级的变化, 本研究使用分层线性模型和多层结构方程模型来区分层级差异。普通的单层级回归将受访者的健康水平视为独立的观察结果, 忽视了环境对邻域整体水平的影响, 会导致模型估计上的偏差, 高估其统计学意义^[36]。多层结构方程模型充分考虑数据嵌套性, 通过综合个体和邻域层面的差异精确计算不同地理层级要素的贡献程度, 进而得出推论。

首先, 通过分层线性模型测定心理健康指标的类内相关系数, 以判定调查数据是否适合多层级的模型。其次, 通过分层线性模型分别检验蓝绿空间指标与各中介变量及心理健康的回归关系 (构建的模型名称为 1a、1b、1c、1d、1e、1f), 筛选出与中介变量、心理健康回归关系显著的蓝绿空间特征指标。分层线性模型如下:

$$M_h = \gamma_{00} + \gamma_{0b} \times V + \gamma_{10} \times P + \gamma_{1b} \times V \times P + \mu_h + \epsilon \quad (1)$$

式中: M_h 表示老年心理健康或中介变量, i 代表个体水平, h 代表邻域水平; γ_{00} 是截距, γ_{0b} 表示因变量与邻域水平变量之间的回归系数或斜率; V 表示邻域水平的蓝绿空间特征变量 (数量和质量维度的各蓝绿空间指标); γ_{10} 表示因变量与个体水平变量之间的回归系数或斜率; P 表示老年个体水平的社会经济属性变量



2 研究区域蓝绿空间特征
 Characteristics of blue-green space in research area

(年龄、收入、学历、房屋居住年数、房屋产权和共同生活人数); $V \times P$ 表示邻域水平变量与个体水平变量的交互作用项; γ_{ab} 表示交互作用项的系数或斜率; r 和 μ_h 分别表示个体水平和邻域水平的随机误差项。

再次,在上述步骤筛选出与老年心理健康显著相关的蓝绿空间指标的基础上,通过多层结构方程模型检验这些蓝绿空间指标通过活动能力、环境感知和社会凝聚3个中介变量对心理健康产生的直接和间接效应。分别以蓝绿空间的数量维度、质量维度视角构建与中介变量、心理健康的多层结构方程模型(构建的模型分别命名为2a、2b、2c)。最后,分别以半径300、500、800、1000m缓冲区测定的蓝绿空间特征,与中介变量、心理健康构建分层线性模型(构建模型名称为3a、3b、3c、3d)和相应的结构方程模型,以检验结

论的稳健性和空间上的变化特征。本研究以标准均方根残差(SRMSR)、均方根近似误差(RMSEA)和比较拟合指数(CFI)来评估多层结构方程模型的拟合优度,可接受的拟合模型应符合:RMSEA \leq 0.06、SRMSR \leq 0.08和CFI \geq 0.90^[23]。为了比较不同指标作用的强弱关系,模型的蓝绿空间指标采用标准化后的值^[9],同时由于本研究更侧重于蓝绿空间的分析结果,个体社会经济属性与心理健康的结果未予阐述。

2 模型结果

2.1 数据描述统计

受访者平均年龄为73岁,其中,中低龄老人(60~80岁)比例占89.2%。值得注意的是,由于高龄(80岁以上)和中低龄老人在身体机能和日常生活及出行方面具有较大差

异,因此对蓝绿空间的体验、需求和使用可能存在不同^[37]。而本研究的对象还是以中低龄老年群体为主,并未区分年龄层探究不同年龄群体之间的结论差异。男性(46.2%)和女性(53.8%)的比例接近,个人平均收入约在3000元左右,房屋平均居住年数是27年。72.3%的受访者为本地居民,初中及以上学历占65.9%,总体学历相对较高。住区300m缓冲区范围内各指标均值:植被指数(0.115)、水体指数(0.056)、绿视率(0.183)、蓝视率(0.013)。公园平均可达距离为0.295km,而水体平均可达距离为1.148km,缓冲区内公园平均数量为2.016。公园的植物多样性平均值为3.205,平均坡度6.555;边缘面积比约为226.188,公园和水体整体景观平均邻近度约为0.533。研究区域内各类型的蓝绿空间分布特征如图2所示。受访者的心理健康得分平均

表1 蓝绿空间对中介变量及老年心理健康的作用
Tab. 1 Effects of blue-green space on mediating variables and the elderly's mental health

蓝绿空间指标	模型 1a	模型 1b	模型 1c	模型 1d	模型 1e	模型 1f
植被指数	0.419** (0.188)	0.396*** (0.128)	0.394*** (0.073)	0.08 (0.072)	0.378*** (0.122)	0.400*** (0.157)
水体指数	0.113 (0.137)	0.079 (0.127)	0.054 (0.065)	0.296*** (0.067)	0.072 (0.076)	0.385** (0.165)
绿视率	0.210 (0.187)	0.414*** (0.097)	0.409*** (0.055)	0.244*** (0.059)	0.251** (0.099)	0.535*** (0.128)
蓝视率	0.118 (0.158)	0.068 (0.098)	0.007 (0.062)	0.009 (0.049)	0.027 (0.066)	0.027 (0.095)
公园可达距离	0.086 (0.199)	0.073 (0.115)	0.145** (0.068)	0.032 (0.067)	0.059 (0.076)	0.066 (0.060)
水体可达距离	0.145 (0.154)	0.171* (0.092)	0.053 (0.061)	0.056 (0.064)	0.046 (0.063)	0.075 (0.064)
公园坡度	-0.588* (0.337)	-0.116 (0.129)	-0.071 (0.094)	-0.087 (0.133)	-0.096 (0.113)	-0.120 (0.086)
公园植物多样性	0.694** (0.265)	-0.021 (0.119)	0.372*** (0.087)	0.014 (0.125)	0.197* (0.112)	0.678*** (0.092)
公园边缘面积比	0.464*** (0.149)	0.043 (0.074)	0.105*** (0.038)	0.042 (0.061)	0.140** (0.070)	0.357*** (0.131)
公园水体邻近度	-0.239* (0.181)	-0.060 (0.077)	-0.079* (0.042)	-0.001 (0.056)	-0.024 (0.061)	-0.266** (0.102)

注：*、**、*** 分别表示在 0.1、0.05、0.01 水平上显著。括号外数值为回归系数，括号内数值为标准差。模型 1a 因变量为活动能力，模型 1b 因变量为安全感，模型 1c 因变量为噪声感知，模型 1d 因变量为邻里互动，模型 1e 因变量为社区参与，模型 1f 因变量为心理健康。部分蓝绿空间特征与中介变量和心理健康皆无显著关系，未在表格中予以列出。

表2 蓝绿空间对老年心理健康作用的直接和间接效应
Tab. 2 Direct and indirect effects of blue-green space on the elderly's mental health

模型类别	蓝绿空间指标	间接效应				直接效应	
		活动能力	环境感知		社会凝聚		
			安全感	噪声感知	邻里互动		社区参与
模型 2a	植被指数	0.159 (0.139)	1.161** (0.461)	0.113 (0.157)	0.179* (0.094)	4.795** (2.175)	
	水体指数	0.106 (0.107)			-0.097* (0.044)	4.598** (2.026)	
模型 2b	绿视率		0.720*** (0.118)	0.190* (0.118)	0.260*** (0.086)	1.960*** (0.621)	
模型 2c	公园植物多样性	0.435** (0.213)		0.298** (0.125)	0.318** (0.156)	0.370** (0.141)	
	公园边缘面积比	0.293** (0.142)		0.073 (0.052)	0.206* (0.134)	0.133 (0.173)	
	公园水体邻近度	-0.221* (0.157)		-0.129 (0.173)		-0.081 (0.051)	

注：*、**、*** 分别表示在 0.1、0.05、0.01 水平上显著。括号外数值为回归系数，括号内数值为标准差。模型 2a 是以蓝绿空间可得性指标构建的中介效应模型，模型 2b 是以蓝绿空间可视性指标构建的中介效应模型，模型 2c 是以蓝绿空间质量维度指标构建的中介效应模型。为提高多层结构方程模型的配适度，在实验阶段剔除部分关系不显著的中介变量，在表中用空白格表示。

值是 17.751，标准差 2.919。心理健康得分的类内相关系数 (ICC) 值为 0.169 (>0.138)，满足多层次结构模型的要求^[9]。

2.2 蓝绿空间对老年心理健康的作用

通过分层线性模型得到蓝绿空间对老年心理健康作用的结果 (表 1)，可以发现：在蓝绿空间与老年心理健康的关系中，植被指数、水体指数、绿视率、公园植物多样性、公园边缘面积比等特征正向影响心理健康，平均邻近度负向影响心理健康。蓝视率，公园类型、面积和可达距离，水体类型、面积和可达距离与心理健康关系并不显著。中介变量中活动能力、安全感、噪声感知、社区参与、邻里互动与心理健康存在显著正向相关关系。美学感知、温度感知、邻里依恋与心理健康无显著关系。

2.3 蓝绿空间对老年心理健康的干预路径

通过多层结构方程模型的运算，并运用 Sobel 方法检验中介效应后，得到相应的直接、间接效应系数 (表 2)。可以看出，绿色空间可得性和可视性对老年心理健康影响的路径中，环境感知类和社会凝聚类的中介效应显著，而活动能力的中介效应并不显著。植被指数通过安全感、社区参与的部分中介效应影响心理健康。水体指数通过邻里互动的部分中介效应对心理健康产生积极作用。值得注意的是，此处的间接路径表现出了遮掩效应 (间接效应和总效应相反)^[38]，具体体现为：尽管邻里互动对心理健康有显著正向影响，证实了良好的邻里关系可以促进老年人产生积极的心理状态，但小区周边水体指数对邻里互动却表现出了显著的负向影响。绿

视率通过安全感、噪声感知、邻里互动的部分中介效应作用于心理健康，说明良好的绿视率可以通过营造社会交往的环境，使行人驻足停留较长时间，创造更多的邻里交往机会，进而有益于老年人心理健康。

与数量维度的指标有明显差别的是，蓝绿空间质量维度的指标在包含有噪声感知、社区参与的部分中介效应的基础上，还通过活动能力的中介效应对心理健康产生影响。说明公园丰富的植物、趋向于自然不规则的形态、公园和水体的均匀分布能够通过提升老年活动水平，对其心理健康产生良性作用。同时也印证了城市蓝绿空间质量维度特征影响老年心理健康的多条理论路径存在协同效应^[7, 39]，公园因其提供的恢复体验吸引老年群体来访，不仅为体力活动提供场地，也为社区参与提供

表3 跨圈层蓝绿空间特征对老年心理健康的作用
Tab. 3 Effects of the characteristics of cross-circle blue-green space on the elderly's mental health

模型类别	植被指数	水体指数	绿视率	蓝视率	公园植物多样性	公园边缘面积比	公园水体邻近度
模型 3a	2.346*** (0.547)	1.177** (0.468)	1.448*** (0.696)	0.302 (0.331)	0.225*** (0.055)	0.103*** (0.042)	-0.265** (0.128)
模型 3b	2.364* (1.301)	1.944* (1.389)	1.462 (1.383)	0.373 (0.528)	0.104** (0.056)	0.098** (0.051)	-0.261** (0.136)
模型 3c	7.337 (6.973)	2.281 (5.914)	1.554 (1.632)	0.561 (0.851)	0.103** (0.053)	0.097** (0.054)	-0.342* (0.203)
模型 3d	7.723 (6.987)	4.321 (6.636)	1.809 (1.981)	0.648 (0.885)	0.062 (0.053)	0.083 (0.062)	-0.162 (0.213)

注：*、**、*** 分别表示在 0.1、0.05、0.01 水平上显著。括号外数值为回归系数，括号内数值为标准差。模型 3a 中的蓝绿空间指标为 300 m 半径缓冲区内测得；模型 3b 中的蓝绿空间指标为 500 m 半径缓冲区内测得；模型 3c 中的蓝绿空间指标为 800 m 半径缓冲区内测得；模型 3d 中的蓝绿空间指标为 1 000 m 半径缓冲区内测得。

契机，由此增强社会凝聚并改善心理健康^[20]。此外，若公园内部设置湖泊、喷泉等水景，产生的叠加效应能够增添老年人休闲乐趣，改善其心境。

2.4 空间多圈层的检验

利用分层线性模型和多层结构方程模型，检验不同范围缓冲区内蓝绿空间特征对老年心理健康的作用（表 3）；并以植被指数、水体指数为例，检验不同空间尺度下中介效应的变化。研究发现植被指数、水体指数对老年心理健康的作用范围可持续至 500 m，绿视率对老年心理健康产生作用范围仅为 300 m 内，公园植物多样性、边缘面积比、公园类型和水体平均邻近度对老年心理健康的作用范围可达 800 m。总体上随着距离的增加，多数指标对心理健康效益的作用减弱。另外，由于植被指数、水体指数只在 500 m 范围内对老年心理健康产生作用，因此只检验 300 m 和 500 m 范围内的中介效应变化。据此发现社区参与的中介效应在植被指数与心理健康的关系中减弱，活动能力的中介效应在水体指数与心理健康的关系中增强，而安全感、噪声感知和邻里互动的中介效应应具有较高的稳定性。活动能力和社区参与作用路径表现出明显的空间圈层分异特征。

3 结果与讨论

笔者基于现有理论和研究基础提出了蓝绿空间对老年心理健康作用的研究框架。利用多源数据，通过分层线性模型和多层结构方程模型比较了不同测度方式下蓝绿空间的作用差异，并通过活动能力、环境感知和社会凝聚的中介效应分析造成差异的内在原因

和干预路径，同时在空间多圈层检验作用关系和中介效应的稳健性，初步得出以下研究结果。

1) 蓝绿空间数量维度的指标：水体指数仅从社会凝聚类路径对老年心理产生作用；植被指数和绿视率从环境感知类和社会凝聚类路径对老年心理产生影响。而质量维度指标如公园植物多样性在此基础上还通过活动能力的中介效应影响心理健康，多条路径的协同效应更加强了对心理健康的正向影响，从中介效应模型中可以看出这是数量和质量维度指标作用差异的重要因素。研究结果表明高质量的公园可以通过增强安全感、宁静感来吸引老年群体到访，不仅为邻里互动提供契机，也为体力活动提供机会和场地，相比于数量维度的指标能更有效地改善心理健康。

2) 可得性指标（植被指数）和可视性指标（绿视率）分别表征了在鸟瞰视角和街景透视视角的绿化量，在多层结构方程模型的比较中可以看出，噪声感知、邻里互动的中介效应是造成二者对老年心理健康作用差异的重要原因。说明相比于鸟瞰视角的绿化，街景视角的绿化更深程度地通过降低噪声污染和促进老年群体交往的路径强化对老年心理的积极作用。另外值得注意的是水体指数的遮掩效应和公园水体邻近度在不同路径下对心理健康效益有相反结论。这可能是由于在同等规模下，公园水体相对均匀且分散的布局能够提高老年居民的活动能力；但公园水体布局相对集中能对减少空气污染和噪声发挥出更高效益^[27]。

3) 经过空间多圈层的检验发现，蓝绿空间特征和老年心理健康关系整体上呈现出规

律性的分异特征：公园植物多样性、公园边缘面积比和公园水体邻近度的作用可持续至 800 m 缓冲区内，植被指数、水体指数持续至 500 m 缓冲区范围，而绿视率对老年心理健康的影响只集中于 300 m 缓冲区范围；在 300~500 m 的空间变化中，活动能力的中介效应显著增强，社区参与的中介效应略微减弱，这两者的变化也在一定程度上解释了质量维度特征相比于数量维度特征对老年心理在更大空间范围仍产生作用的原因。

依据相关研究结果，笔者提出以下建议。

1) 建立城市蓝绿空间健康效益的多维评价指标体系：不仅要质量和数量等维度检验蓝绿空间的健康效益，还要兼顾多空间尺度下的差异性作用，优化指标度量标准，以更精准地推进健康蓝绿空间设计。2) 关注蓝绿空间健康效益的特殊作用路径：针对遮掩效应及不同路径的相反作用等，在相应的指标设定时需要权衡主导风险，找到布局的平衡点，辨析区域性的健康风险特质，根据数据分析提出差异化的健康导向设计策略。3) 合理配置与布局不同层级社区生活圈下的蓝绿空间：结合蓝绿空间健康效益及中介效应的空间差异，根据空间尺度作用变化的拐点，提出规模指标的环境底线要求，并在不同生活圈内设定蓝绿空间布局和优化重点，使蓝绿环境融入城市空间结构，保证具有公平性的系统性网络布局，将生态环境建设与健康促进高效结合。

然而，本研究仍然有一些局限性。1) 由于街景图像是在特定时间拍摄的，因此无法获取街景蓝绿空间的季节性变化；且图像通常是从移动的车辆中拍摄的，不包含社区内

部和社区公园等区域的蓝绿空间,可能会使研究结果有一定偏差。2) 由于缺乏老年人选择自身住宅区的态度和动机的信息,自我选择仍然是一个问题。且心理健康指标是横截面数据,无法确定蓝绿空间与心理健康之间的因果关系。3) 尽管本研究根据老年人的日常出行范围选择了多尺度的研究空间,但由于缺乏活动和出行数据,仍然无法准确反映个体的日常流动性。尽管有上述不足,本研究依然通过中介效应的分析,探索了质量和数量维度的蓝绿空间特征对老年心理健康作用的差异,并在不同的空间圈层检验了干预路径的变化;实证结果能够促进城市蓝绿空间与老年心理健康关系在多维度和跨尺度层面的认知,为服务半径、分配规模、空间布局等规划指标的设定提供依据。同时结合时间-活动模式,利用可穿戴设备等更精确的方法预估老年人的蓝绿空间暴露和使用情况,利用纵向数据探究两者的因果关系等,将是未来相关研究探索的重要方向。

参考文献 (References):

- [1] 冷红, 李姝媛, 赵慧敏. 促进心血管健康健身行为的寒地城市公园规划研究[J]. 风景园林, 2021, 28 (3) : 69-74.
- [2] 董玉萍, 刘合林, 齐君. 城市绿地与居民健康关系研究进展[J]. 国际城市规划, 2020, 35 (5) : 70-79.
- [3] MARKEVYCH I, SCHOIERER J, HARTIG T, et al. Exploring Pathways Linking Greenspace to Health: Theoretical and Methodological Guidance[J]. Environmental Research, 2017(158): 301-317.
- [4] 徐磊青, 孟若希, 陈箐. 迷人的街道: 建筑界面与绿视率的影响[J]. 风景园林, 2017, 27 (10) : 27-33.
- [5] 杨婕, 陶印华, 柴彦威. 邻里建成环境与社区整合对居民身心健康的影响: 交通性体力活动的调节效应[J]. 城市发展研究, 2019, 26 (9) : 17-25.
- [6] 周素红, 彭伊依, 柳林, 等. 日常活动地建成环境对老年人主观幸福感的影响[J]. 地理研究, 2019, 38 (7) : 1625-1639.
- [7] 谭少华, 杨春, 李立峰, 等. 公园环境的健康恢复影响研究进展[J]. 中国园林, 2020, 36 (2) : 53-58.
- [8] HELBICH M, YAO Y, LIU Y, et al. Using Deep Learning to Examine Street View Green and Blue Spaces and Their Associations with Geriatric Depression in Beijing, China[J]. Environment International, 2019(126): 107-117.
- [9] LIU Y, WANG R Y, XIAO Y, et al. Exploring the Linkage Between Greenness Exposure and Depression Among Chinese People: Mediating Roles of Physical Activity, Stress and Social Cohesion and Moderating Role of Urbanicity[J]. Health and Place, 2019(58): 102-110.
- [10] 于一凡. 建成环境对老年人健康的影响: 认识基础与方法探讨[J]. 国际城市规划, 2020, 35 (1) : 1-7.
- [11] SARKAR C, WEBSTER C, GALLACHER J. Residential Greenness and Prevalence of Major Depressive Disorders: A Cross-Sectional, Observational, Associational Study of 94,879 Adult UK Biobank Participants[J]. The Lancet Planetary Health, 2018, 2 (4): 162-173.
- [12] BURTON E J, MITCHELL L, STRIDE C B. Good Places for Ageing in Place: Development of Objective Built Environment Measures for Investigating Links with Older People's Wellbeing[J]. BMC Public Health, 2011, 11(1): 839-851.
- [13] TSAI W L, MCHALE R M, JENNINGS V, et al. Relationships Between Characteristics of Urban Green Land Cover and Mental Health in U.S. Metropolitan Areas[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(2): 340-349.
- [14] FONG K C, HART J E, JAMES P. A Review of Epidemiologic Studies on Greenness and Health: Updated Literature Through 2017[J]. Current Environmental Health Reports, 2018, 5(1): 77-87.
- [15] 干靓, 杨伟光, 王兰. 不同健康影响路径下的城市绿地空间特征[J]. 风景园林, 2020, 27 (4) : 95-100.
- [16] GASCON M, TRIGUERO-MAS M, MARTÍNEZ D, et al. Mental Health Benefits of Long-Term Exposure to Residential Green and Blue Spaces: A Systematic Review[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2015, 12(4): 4354-4379.
- [17] DEMPSEY S, DEVINE M T, GILLESPIE T, et al. Coastal Blue Space and Depression in Older Adults[J]. Health and Place, 2018, 54: 110-117.
- [18] DONG R C, ZHANG Y L, ZHAO J Z. How Green Are the Streets Within the Sixth Ring Road of Beijing? An Analysis Based on Tencent Street View Pictures and the Green View Index[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15(7): 1367-1375.
- [19] VILLENEUVE P J, YSELDYK R L, ROOT A, et al. Comparing the Normalized Difference Vegetation Index with the Google Street View Measure of Vegetation to Assess Associations Between Greenness, Walkability, Recreational Physical Activity, and Health in Ottawa, Canada[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2018, 15 (8) : 1719-1728.
- [20] 黄雯雯, 林广思. 城市绿地健康影响机制的理论和实证研究综述[J]. 西部人居环境学刊, 2021, 36 (2) : 1-10.
- [21] SALLIS J F, CERIN E, CONWAY T L, et al. Physical Activity in Relation to Urban Environments in 14 Cities Worldwide: A Cross-Sectional Study[J]. The Lancet, 2016, 387(10034): 2207-2217.
- [22] 徐珊, 何仲禹. 社区绿色开放空间对邻里交往满意度的影响研究[J]. 现代城市研究, 2020 (8) : 44-52.
- [23] WANG R Y, HELBICH M, YAO Y, et al. Urban Greenery and Mental Wellbeing in Adults: Cross-Sectional Mediation Analyses on Multiple Pathways Across Different Greenery Measures[J]. Environmental Research, 2019, 176: 535-541.
- [24] 大连市统计局. 大连市第七次全国人口普查公报[EB/OL]. (2021-06-11) [2022-01-30].https://stats.dl.gov.cn/art/2021/6/11/art_3812_700674.html.
- [25] 王小月, 杨东峰. 建成环境如何影响老年人绿地使用频率: 基于可达性和吸引力双重视角[J]. 中国园林, 2020, 36 (11) : 62-66.
- [26] 韩瑞娜, 杨东峰, 魏越. 街道吸引力对老年人活动可行能力的影响研究[J]. 规划师, 2020, 36 (19) : 64-71.
- [27] LACHOWYCZ K, JONES A P. Does Walking Explain Associations Between Access to Greenspace and Lower Mortality[J]. Social Science and Medicine, 2014, 107: 9-17.
- [28] 张舒怡, 林赛南, 李志刚, 等. 邻里环境感知对中国城市居民自评健康影响研究: 以武汉市为例[J]. 人文地理, 2019, 34 (2) : 32-40.
- [29] WHO. China National Assessment Report on Ageing and Health [R]. Geneva: WHO Press, 2012.
- [30] TUCKER C J. Red and Photographic Infrared Linear Combinations for Monitoring Vegetation[J]. Remote Sensing of Environment, 1979, 8(2): 127-150.
- [31] MCFEETERS K S. The Use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in The Delineation of Open Water Features[J]. International Journal of Remote Sensing, 1996, 17: 1425-1432.
- [32] SHELHAMER E, LONG J, DARRELL T. Fully Convolutional Networks for Semantic Segmentation[J]. IEEE Trans Pattern Anal Mach Intell, 2017, 39(4): 640-651.
- [33] 刘良云, 张肖. 2020年全球30米精细地表覆盖产品[EB/OL]. (2020-11-18) [2022-01-30].http://hdl.pid21.cn/21.86-109/casearth.5fbc7904819aec1ea2dd7061.
- [34] LI X J, ZHANG C R, LI W D, et al. Assessing Street-Level Urban Greenery Using Google Street View and A Modified Green View Index[J]. Urban Forestry and Urban Green, 2015, 14: 675-685.
- [35] YUE Y F, YANG D F, VAN DYCK D. Urban Greenspace and Mental Health in Chinese Older Adults: Associations across Different Greenspace Measures and Mediating Effects of Environmental Perceptions[J]. Health and Place, 2022, 76: 102-113.
- [36] GOLDSTEIN H. Multilevel Statistical Models[M]. 4th ed. Chichester: John Wiley & Sons, Ltd, 2010.
- [37] 陈玉洁, 袁媛, 周钰荃, 等. 蓝绿空间暴露对老年人健康的邻里影响: 以广州市为例[J]. 地理科学, 2020, 40 (10) : 1679-1687.
- [38] 李智轩, 何仲禹, 张一鸣, 等. 绿色环境暴露对居民心理健康的影响研究: 以南京为例[J]. 地理科学进展, 2020, 39 (5) : 779-791.
- [39] 王兰, 蒋希冀, 汪子涵, 等. 绿色空间对呼吸健康的影响研究综述及综合分析框架[J]. 风景园林, 2021, 28 (5) : 10-15.

图表来源 (Sources of Figures and Tables):

文中图表均由作者绘制, 其中图2底图来自 Landsat 8 影像(2021年7月)。

(编辑 / 李清清)