

DOI: 10.20103/j.stxb.202409232313

张梦真, 苏明明, 刘婕, 王梦晗, 董航宇, 王亚楠. 城市生物多样性感知对居民主观幸福感的影响研究——以北京市为例. 生态学报, 2025, 45(18):

Zhang M Z, Su M M, Liu J, Wang M H, Dong H Y, Wang Y N. The impact of perceived urban biodiversity on residents' subjective well-being: a case study of Beijing. Acta Ecologica Sinica, 2025, 45(18):

城市生物多样性感知对居民主观幸福感的影响研究 ——以北京市为例

张梦真¹, 苏明明^{1,2,*}, 刘 婕¹, 王梦晗¹, 董航宇¹, 王亚楠¹

1 中国人民大学生态环境学院, 北京 100872

2 中国人民大学国家公园研究中心, 北京 100872

摘要: 快速城市化进程为城市生态环境及居民身心健康带来多样挑战。生物多样性不仅是城市适应环境变化的基础, 也与居民健康及福祉密切相关, 但城市生物多样性对居民福祉的影响路径与机制还需要进一步明确。依托环境心理学视角, 本研究对北京市居民展开调查, 通过偏最小二乘法结构方程模型(PLS-SEM)探究生物多样性感知对居民主观幸福感的影响, 并检验了自然联结性与恢复性感知的中介作用。结果表明: (1) 北京市居民的生物多样性感知与主观幸福感整体处于中等水平, 在不同维度存在显著的组内差异; (2) 生物多样性感知对主观幸福感、自然联结性与恢复性感知均具有正向影响, 其中植物多样性和基础设施感知的作用尤为突出; (3) 自然联结性和恢复性感知正向影响主观幸福感, 并且在生物多样性感知与主观幸福感之间发挥着部分中介作用; (4) 在生物多样性感知和主观幸福感之间, 自然联结性和恢复性感知发挥链式中中介作用。研究结论揭示了城市生物多样性影响居民主观幸福感的具体路径与机制, 提出了基于城市生物多样性保护提升居民福祉的相关建议, 为促进城市可持续发展提供参考。

关键词: 城市生物多样性感知; 居民; 主观幸福感; 自然联结性; 恢复性感知; 北京市

The impact of perceived urban biodiversity on residents' subjective well-being: a case study of Beijing

ZHANG Mengzhen¹, SU Mingming^{1,2,*}, LIU Jie¹, WANG Menghan¹, DONG Hangyu¹, WANG Yanan¹

1 School of Ecology & Environment, Renmin University of China, Beijing 100872, China

2 National Park Research Center, Renmin University of China, Beijing 100872, China

Abstract: Rapid urbanization poses significant and multifaceted challenges to urban ecological environments, as well as to the physical and mental health of urban residents. In this context, urban biodiversity emerges as a key component that not only enhances a city's resilience and adaptability to environmental changes but also contributes meaningfully to the psychological well-being and life satisfaction of its inhabitants. Despite growing scholarly interest in the health benefits of nature, the specific pathways and mechanisms through which biodiversity exerts influence on human well-being remain underexplored, particularly in high-density urban environments. This study, rooted in the theoretical framework of environmental psychology, investigates the relationship between residents' perceived biodiversity and their subjective well-being in Beijing, the capital of China. Drawing on survey data collected from urban residents and employing Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM), the research seeks to identify both direct and indirect effects, with particular attention to the mediating roles of nature relatedness and restorative perception. Several important insights are

基金项目: 国家自然科学基金(42171232)

收稿日期: 2024-09-23; 网络出版日期: 2025-00-00

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: smm52@hotmail.com

revealed from this study: (1) Both perceived biodiversity and subjective well-being are generally rated at moderate levels among Beijing residents, yet significant differences are observed among demographic groups and across biodiversity dimensions; (2) Perceived biodiversity has a statistically significant and positive impact on subjective well-being, with plant diversity and biodiversity-related activities (e.g., green spaces, ecological infrastructure) showing the strongest effects; (3) Nature relatedness (i.e., an individual's emotional and cognitive bond with the natural world) and restorative perception (i.e., the psychological recovery experienced in natural settings) are not only positively influenced by perceived biodiversity, but also significantly enhance subjective well-being; (4) Importantly, nature relatedness and restorative perception serve as partial and sequential mediators, forming a chain mediation pathway that explains how biodiversity perception translates into enhanced well-being. By clarifying these psychological and perceptual mechanisms, the study advances our understanding of how urban biodiversity contributes to residents' well-being beyond mere ecological or aesthetic value. These results underscore the importance of integrating biodiversity considerations into urban planning and public health strategies. The study offers practical implications for municipal governments, urban designers, and public health practitioners, suggesting that promoting biodiversity—particularly in terms of visible vegetation, ecological infrastructure, and educational engagement—can be an effective approach to fostering a healthier and more resilient urban population. Overall, this study provides valuable empirical evidence supporting biodiversity conservation as a pathway to sustainable urban development and enhanced quality of life in the rapid urbanization process.

Key Words: perceived urban biodiversity; residents; subjective well-being; nature relatedness; perceived restoration; Beijing

随着城市化的不断推进,气候异常、动植物物种丧失、栖息地破碎等环境问题频发,城市人群的精神压力与心理健康问题也同时显现^[1]。城市生物多样性不仅是适应环境变化的基础,它还是城市绿色基础设施的重要组成部分,与居民身心健康及福祉密切相关^[2]。然而,城市生物多样性常被视作“城市绿地”的一个子集^[3],未被充分研究。因此,本研究进一步细化对于城市生物多样性的感知测度,并探究其对居民主观幸福感的影响机理,以期改善城市环境、促进人与自然共生。

根据《生物多样性公约》的定义,生物多样性是一个总括性术语,包括生态系统(或生境)的多样性、物种间的多样性(群落和单一物种规模的多样性)和物种内部的多样性(遗传多样性、性状多样性)^[4]。城市承载着高强度人类活动与丰富的生物多样性,城市生物多样性不能仅被视为物种、基因和栖息地多样性的合集,它还是城市绿色基础设施的重要组成部分,提供着保持水土、净化空气、缓解城市热岛效益等一系列生态系统服务^[5]。目前关于城市生物多样性的定义与衡量标准的差异较大,常见的用来捕捉生物多样性或其维度的指标是城市中的物种丰富度(物种数量)和物种丰度(物种内和/或物种间的个体数量)^[6-7]。其中,鸟类、植物与昆虫是学界公认的具有较高辨识度的生物类型,常被用作生物多样性衡量指标^[1-3]。在城市环境中,以哺乳类动物、大型动物为代表的其他野生动物丰富度也常被纳入生物多样性指标^[7]。随着研究的深入,Damiller等^[8]和孟令爽等^[9]国内外国学者认为与物种多样性相比,生态系统层面的多样性,例如生境异质性更有可能被大众识别。因此在本研究中,城市生物多样性维度涵盖居民感知的植物、鸟类、昆虫、其他野生动物和生境的数量与类型。此外,鉴于城市作为高度开放的社会—生态系统,在考虑生态本底的同时,生物多样性基础设施与生态宣教同样重要,已被证实能满足城市人群探索山野自然的需求^[10]。基于此,本研究进一步扩充生物多样性内涵,将生物多样性基础设施体验及宣传教育视作城市生物多样性的新维度。

已有研究表明,城市生物多样性(或感知到的生物多样性)与居民福祉之间存在关联^[7,11]。在以往生物多样性和居民福祉的研究中,人们不仅将福祉定义为身体健康,更重要的是感受到放松与幸福。伴随中国全面建设小康社会的完成,追求幸福和美好生活不仅是个人的基本诉求,也是社会发展的终极目标。主观幸福感(Subjective Well-being)作为个体对生活满意程度的一种表征,强调心理上对生活水平的认知和主观判断,契合我国现阶段社会发展背景^[12]。因此,本文选取主观幸福感作为衡量居民福祉的重要指标。近年来,关于

城市生物多样性与主观幸福感关系的研究逐渐增多,为理解这一主题提供了丰富的视角^[13-14]。现有文献多聚焦于西方国家,通过量表测量主观幸福感,探讨生物多样性对幸福感的多层次影响。例如,鸟类的丰富度或鸟鸣被发现与主观幸福感呈显著正相关,而蝴蝶丰富度则未显示出与主观幸福感的显著关系^[8,11]。植物丰富度的影响则更加复杂,研究中既有正相关,也有负相关、单峰型关系或无关联的结果,这种复杂性可能与植物种类及其感知特性差异有关^[14]。此外,基于社区尺度的研究揭示了社区绿化水平及居民与绿地的互动频率对主观幸福感的重要影响^[15]。这种关系在所有社区尺度上均成立,并随着社区规模的扩大而增强。研究还发现,私人绿化对主观幸福感的影响尤为显著,而公共绿化仅在大尺度社区(1600 米)中表现出关联性^[15]。综上,现有研究初步揭示了城市生物多样性与居民主观幸福感之间的复杂关系,但在机制解释与文化情境差异等方面仍有进一步探讨的空间。本文将上述研究的基础上,结合中国的社会发展背景和数据,为探讨城市生物多样性与居民主观幸福感的关系提供更全面的视角。

生物多样性感知对居民主观幸福感的影响程度存在个体差异。Shwartz 等学者在关于城市花园的研究中首次证明了生物多样性与幸福感之间的关系可能会受到个体特征(如自然联结性)的影响^[14]。自然联结性(Nature Relatedness)是一种经过验证的心理学构念,用于衡量一个人与自然界之间的情感、认知与体验性联系^[16]。这种联结感通过个体在一生中积累的自然经验,尤其是童年时期的自然经历得以发展^[16]。一致的研究表明,与自然有强烈联系的个体更倾向于与自然互动,并从中受益^[17]。具体来讲,自然联结性高的人能够在与自然互动中通过提升积极情绪、减少压力以及改善心理健康状况,进而增强个体的主观幸福感。因此,在城市化加快、人与自然接触减少的背景下,深入探讨自然联结性对生物多样性感知和主观幸福感的影响具有重要意义。

此外,注意力恢复理论(Attention Restoration Theory)常被用于解释人与自然的互动机制,认为具有恢复性特征的环境能够缓解人们的定向注意疲劳,进而使人们感到放松与愉悦^[18]。生物多样性较高的自然环境已被证实具有更强的恢复效益^[19]。Marselle 提出生物多样性较高的环境可能会带来迷恋的刺激和远离的感觉^[20]。此外,学界普遍认为,恢复性感知是联系自然环境刺激因素和积极情绪、压力缓解等心理健康效益之间的关键中介机制。但大多研究采用“自然”的一般结构^[21],通过恢复性感知来探索自然与福祉的关系,缺乏考察自然的不同具体特征。基于此,本研究将恢复性感知纳入生物多样性对居民福祉影响的研究框架。

北京市作为超大特大城市的代表,2022 年全市常住人口密度达到 1331 人/km²,部分地区人口密度远超国标规定的 10000 人/km²。经济社会快速发展的高密度城市往往从心理层面加剧了居民暴露于自然的需求^[22]。在“留白增绿”的政策背景下,北京市完成两轮百万亩造林绿化工程,在中心城区利用小型拆违腾退土地,建设近自然社区公园绿地,不仅扩大城市绿地面积,也为居民创造更多亲近自然、邂逅城市生物多样性的机会。综上,本研究以北京市为例,引入自然联结性和恢复性感知,探究生物多样性感知影响居民主观幸福过程中的具体传导机制,揭示不同居民对于城市生物多样性感知的差异,从全新的角度为城市生物多样性保护和绿地建设、规划和管理提供参考。

1 研究假设与结构模型

1.1 生物多样性感知与主观幸福感

环境心理学认为,居民在生物多样性水平高的环境中容易缓解压力,并感到放松与愉悦^[1]。在评估生物多样性对心理状态的影响时,常用两种衡量指标:生物多样性实际水平(actual biodiversity)和感知水平(perceived biodiversity)。生物多样性实际水平是指对特定地点生物多样性的经验测量(如物种丰富度、结构或功能多样性指标)。生物多样性感知水平是指个人对环境中物种丰富度的评估^[23]。在中微观尺度下城市绿色空间的福祉效果既取决于客观环境特征,也取决于个体的感知^[24]。而主观感知的生物多样性特征并获得心理恢复效益的过程是最直观的受益方式,因此生物多样性感知被视为是心理健康的更强预测指标。已有研究以城市公园为例也证实了,居民感知到的花、鸟和树的生物多样性可以改善他们的幸福感^[17-19]。在

Dallimer 等对河岸绿地的原位研究中,发现心理幸福感随着环境中鸟类、蝴蝶、植被的感知物种丰富度的增加而增加^[8]。因此,为进一步理清城市绿地的生物多样性感知对居民主观幸福感的作用机制,本文提出如下假设:

H1:生物多样性感知对居民主观幸福感存在直接的正向影响

1.2 生物多样性感知、自然联结性和主观幸福感

根据亲生物假说,人类在自然界进化的数百万年历程,使得与自然环境相联系成为人类的基本心理需求^[25]。人们总是倾向于通过身临现场、视觉观赏、触摸感受等多种方式,与自然环境保持亲近的联系,这种亲近的联系对人类健康福祉具有重要意义^[26-27]。联结水平较高的个体更倾向于寻求自然、接触自然,这一点从他们前往绿地的频次与逗留时长中得到证明^[28]。高水平的自然联结性与积极的福祉水平之间也存在联系。后续的实证研究证实,在美丽的自然环境中,人与自然的情感联结程度会明显提升,进而人的情绪状态和心理状态都能够得到有效改善^[29]。自然联结性逐渐被看作是自然环境刺激因素和积极情绪、压力缓解等心理健康效益之间的中介机制^[30]。因此,提出如下假设:

H2:生物多样性感知对自然联结水平具有正向影响

H3:自然联结水平对居民主观幸福感具有正向影响

H4:自然联结性在生物多样性感知对主观幸福感的影响中存在单独中介作用

1.3 生物多样性感知、恢复性感知和主观幸福感

依据注意力恢复理论,通过自然暴露可以缓解人们负面情绪、获取恢复效益。决定恢复性感知水平的关键在于两个方面:一是客观的环境恢复性水平,二是人自身的生理和心理焕新状态。但少有研究将生物多样性看作环境恢复水平的反映。有两项研究表明,意大利公园生物多样性感知和恢复质量之间存在正相关^[7,31]。而另一项研究发现,哥本哈根拥有丰富动植物物种的小型城市绿地仅与恢复性感知中的一致性呈正相关^[32]。虽然生物多样性感知和恢复性感知之间联系还没得到很好的解决,但恢复性感知对情绪健康的影响是公认的。少数研究专门调查了恢复性感知作为自然与幸福感之间的介导。例如,Marselle 等人发现,鸟类多样性增加会通过提升恢复性感知间接影响情绪健康,这种机制表现为更高的积极情绪和幸福感,以及更低的消极情绪^[25]。因此,提出如下假设:

H5:生物多样性感知对恢复性感知具有正向影响

H6:恢复性感知对居民主观幸福感具有正向影响

H7:恢复性感知在生物多样性感知对主观幸福感的影响中存在单独中介作用

1.4 自然联结性和恢复性感知的链式中介作用

在城市绿地中,生物多样性不仅可以通过视觉,还可以通过听觉刺激等其他感官方式唤醒人类本能与自然的情感联结^[11]。这种情感联结的增强可能会促使个体主动搜寻自然环境中的有趣线索,进而能够提升个体对环境恢复特性的感知^[9,33]。并且,人与自然的情感联结程度很可能会决定个体对自然环境的感知能力,自然联结水平高的个体,往往更容易感知到自然环境中细微的恢复特性线索,所以他们能够更为强烈地感知到环境恢复特性^[34]。而感知环境恢复性水平的升高,可以帮助人们获得更显著的恢复性益处,例如情绪的改善、压力的缓解^[1]。所以推测环境多样性水平有助于自然联结性的提升,自然联结性可以促进人们对环境恢复性感知,进而提升居民主观幸福感。因此,提出如下假设:

H8:自然联结性对恢复性感知具有正向影响

H9:恢复性感知在自然联结性对主观幸福感的影响中存在单独中介作用

H10:自然联结性和恢复性感知在生物多样性感知对主观幸福感的影响中存在链式中介作用

综上所述,本研究构建了城市生物多样性感知、主观幸福感、自然联结和恢复性感知之间的结构模型(图1),并以北京为例进行模型验证,来探讨生物多样性感知与居民主观幸福感的作用机理。

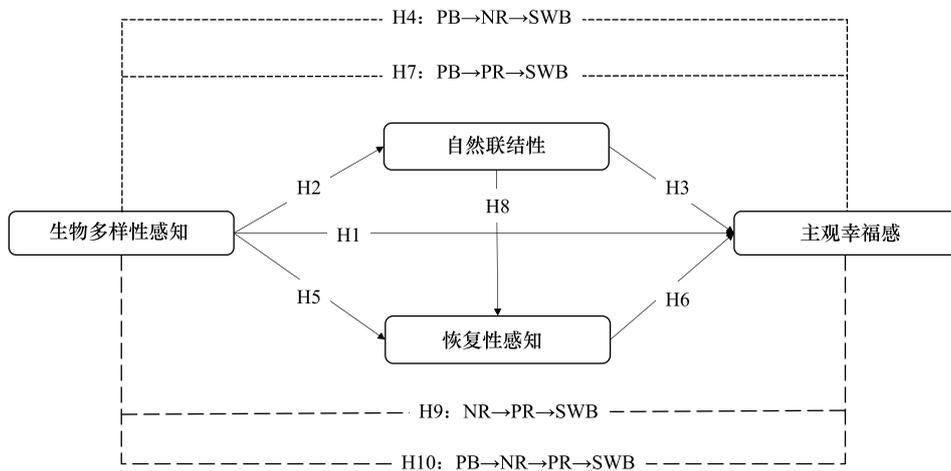


图 1 研究模型

Fig.1 Research model

PB:生物多样性感知;NR:自然联结性;PR:恢复性感知;SWB:主观幸福感;H1:生物多样性感知对居民主观幸福感存在直接的正向影响;H2:生物多样性感知对自然联结水平具有正向影响;H3:自然联结水平对居民主观幸福感具有正向影响;H4:自然联结性在生物多样性感知对主观幸福感的影响中存在单独中介作用;H5:生物多样性感知对恢复性感知具有正向影响;H6:恢复性感知对居民主观幸福感具有正向影响;H7:恢复性感知在生物多样性感知对主观幸福感的影响中存在单独中介作用;H8:自然联结性对恢复性感知具有正向影响;H9:恢复性感知在自然联结性对主观幸福感的影响中存在单独中介作用;H10:自然联结性和恢复性感知在生物多样性感知对主观幸福感的影响中存在链式中介作用

2 研究设计与数据来源

2.1 研究区概况

北京背靠太行山余脉和燕山山脉,全市包含森林、灌丛、草丛、湿地等 108 种类型的生态系统,2023 年北京生态环境发布《生态环境状况公报》显示,全市森林覆盖率达 44.9%,城市绿化覆盖率达 49.8%,生境类型多样,涵盖物种数 6408 种,是世界上生物多样性最丰富的大都市之一(图 2)。作为中国超大特大城市,北京市 2022 年常住人口达 2184.3 万人,其中外来人口比例达 37.77%。近年来,人口的涌入与建设用地的扩张导致自然空间的破碎与生态服务能力的下降,生态承载人口规模处于超载状态,且呈现波动上升态势^[35]。“十四五”期间,北京高度重视生物多样性保护与生境优化工作,截至 2021 年底,北京建成各级各类自然保护地(森林公园、湿地公园、风景名胜区等)79 处,总面积 36.8 万 hm^2 ,约占北京市域面积 22%。据《北京统计年鉴 2023》,北京市公园绿地 500m 服务半径覆盖率提高到 88.7%,人均公共绿地面积达 16.59 m^2 ,人均绿地面积达 43.04 m^2 ,为城区的小型野生动物繁衍创造良好环境。此外,北京近年来连续开展“世界湿地日”“爱鸟周”“世界野生动植物日”“保护野生动物宣传月”等宣传活动,开展面向花鸟鱼虫市场、野生动物经营利用单位保护执

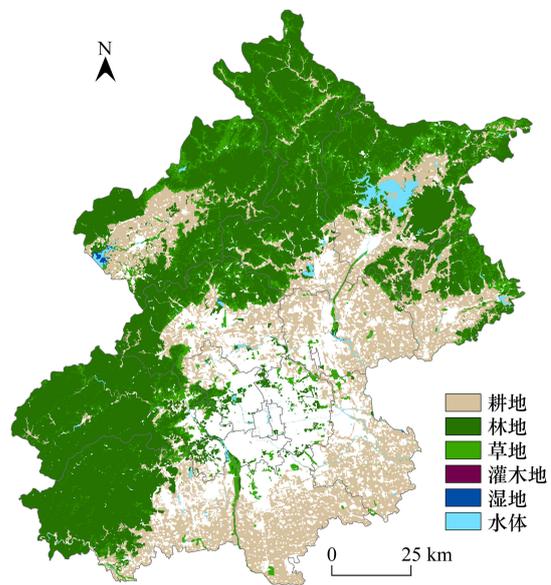


图 2 研究区概况

Fig.2 Overview of the study area

法专项宣传以及“进社区、进学校、进景区”的“三进活动”,并借助微博、微信等宣传渠道提升市民的生态文明意识^[36]。综上,本研究选择北京作为研究区域。

2.2 问卷设计与数据收集

本研究调研问卷中的量表主要包括四个部分。(1)人口统计学特征,主要包括性别、年龄、常住地、受教育程度和职业,为减少受访者因生活经历和亲环境行为差异造成的感知偏差,还补充了受访者自然暴露水平和自然体验方式。(2)生物多样性感知测量量表,该部分主要借鉴了相关研究^[7,28,37],采用生物多样性主观评估,即通过参与者对感知到的物种数量、种类、生物多样性基础设施及宣传教育的自我报告进行了题项设计,最终设计了13个原始题项。(3)自然联结性测量量表,该部分主要参考了 Nisbet 和 Zelenski 的自然联结性量表的简化版本(NR-6)^[16],包括“自我”和“体验”两个维度6个题项。(4)是恢复性感知测量量表,主要参考 Hartig 等开发的恢复性感知量表简化版,包括远离、延展性、魅力性和兼容性4个维度,8个题项^[38]。(5)主观幸福感测量量表,主要参考 Diener 提出的总体生活满意度(SWLS)量表的5个题项进行测度^[39-41]。上述量表的具体题项,均结合案例地的实际情况进行了适当修改,后4个测量量表均采用 Likert 5 点式量表。

本研究通过线上问卷星链接发放问卷,最终共获取问卷312份,剔除填写时间过短、填写不完整以及指标认可完全一致的问卷10份,共回收有效问卷302份,问卷有效率为96.79%,样本基本满足对年龄段、居住区域及身份群体的多样性。

2.3 分析方法

相比于传统的基于协方差结构模型(CB-PLS),偏最小二乘法结构方程模型(partial least squares-structural equation modeling, PLS-SEM)更适合探索性、小样本的研究。此外该方法可以满足处理复杂变量关系的需求,且 PLS-SEM 的预测力可以满足本研究的现实需求^[42-44]。因此本研究采用 PLS-SEM 方法,并使用 SPSS27.0 和 SmartPLS4.0 软件展开分析。首先对所有题项的偏态值和峰度值进行分析;其次遵循 PLS-SEM 的分析程序,通过评估测量模型来检查量表的信效度;再次通过评估结构模型来检测模型的解释力和预测力;最后通过中介检验程序来检测自然联结性和恢复性感知的中介作用。具体方法流程见图3。

3 结果分析

3.1 样本概况

如表1所示,样本整体女性占比(60.0%)较高,82.8%的受访者年龄在18—40岁之间,89.1%的受访者拥有本科及以上学历,59.6%的受访者月收入超过5000元,82.5%的受访者在北京市居住超过1年。受访者居住区域分布总体较均衡,其中67.2%的受访者来自中心城区,32.8%的受访者来自远郊区。城市绿地的使用情况方面,71.9%的受访者表示,距离住宅500米的范围内存在城市绿地,52.6%的被调查者每周访问城市绿地1—2次,75.5%的受访者绿地停留时间不超过30分钟。

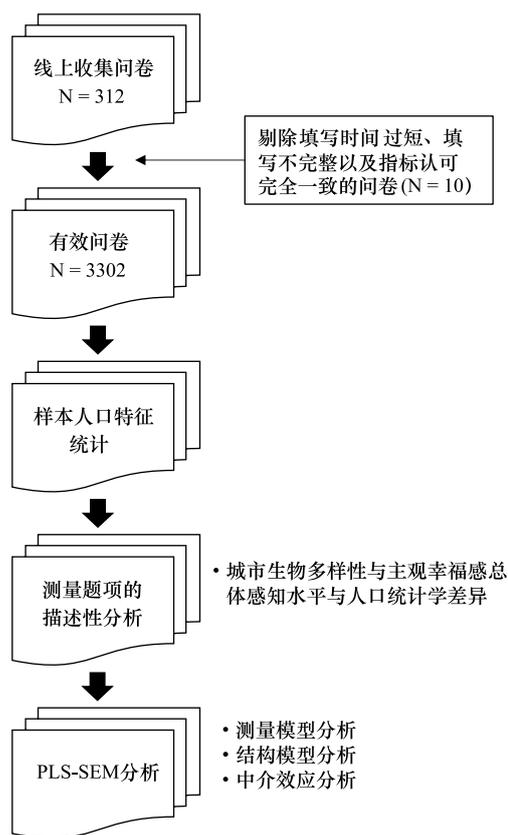


图3 方法流程图

Fig.3 Methodological flowchart

PLS-SEM: 偏最小二乘法结构方程模型

表 1 样本人口特征

Table 1 Demographic characteristics of the sample

类别 Categories	分类指标 Index	人数 Number	比例/% Ratio	类别 Categories	分类指标 Index	人数 Number	比例/% Ratio
性别 Gender	男性	119	39.4	文化程度 Education	初中及以下	9	3
	女性	183	60.6		高中/中专	11	3.6
年龄 Age	18—25 岁	93	30.8	大专	13	4.3	
	26—30 岁	81	26.8	本科	89	29.5	
	31—40 岁	76	25.2	硕士及以上	180	59.6	
	41—50 岁	30	9.9	距离住宅多远有绿地 Distance from residence to green space	<100m	98	32.5
	51—60 岁	6	2		100—300m	78	25.8
60 岁以上	16	5.3	300—500m		41	13.6	
居住区 Residential district	海淀区	76	25.2	500—800m	32	10.6	
	朝阳区	51	16.9	>800m	53	17.5	
	东城区	6	2	平均每日在绿地停留时间 Average daily time spent in green space	<10min	113	37.4
	西城区	10	3.3		10—30min	115	38.1
	丰台区	43	14.2		30min—1h	58	19.2
	个人月收入 Individual monthly income	石景山区	17	5.6	1—2h	10	3.3
		其他	99	32.8	>2h	6	2
<5000 元		122	40.4	每周使用绿地频率 Weekly frequency of green space use	不使用	42	13.9
5001—10000 元		71	23.5		1—2 次	159	52.6
10001—20000 元	68	22.5	3—4 次		64	21.2	
居住年限 Years of residence	>20000 元	41	13.6	5 次及以上	37	12.3	
	<1 年	53	17.5	是否有看过或参加过城市生物多样性相关的宣传教育 Have you ever seen or participated in urban biodiversity activities	是	102	33.8
	1—5 年	100	33.1		否	200	66.2
	5—10 年	62	20.6				
	>10 年	87	28.8				

3.2 城市生物多样性及主观幸福感的感知水平

3.2.1 城市生物多样性及主观幸福感的整体感知水平

如表 2 所示,居民城市生物多样性感知测度由植物、鸟类、昆虫、其他野生动物种类及数量感知,生境种类及面积感知,生物多样性基础设施及宣教构成。整体来看,居民对北京市生物多样性总体感知水平一般($M = 2.96$)。其中,居民对植物多样性感知水平最高($M = 3.23$)且数据较为集中,标准差最小($SD = 0.627$),其次是鸟类和昆虫的多样性感知。相比之下,生境多样性($M = 2.87$)和其他野生动物多样性($M = 2.51$)感知水平最低。在生物多样性基础设施及宣教维度,人们对“生物多样性相关宣传教育”的感知水平最低($M = 2.90$),且数据离散程度较高($SD = 0.931$)。另外,居民主观幸福感测度由五个题项组成,结果显示受访者主观幸福感整体处于中等水平($M = 3.414$),各题项数据较为集中,均值介于 3.25—3.71 之间。

3.2.2 城市生物多样性及主观幸福感的感知差异

因个别选项样本量有限,为提高统计结果的科学性,分析前对部分初始数据进行了重新归类并组(改为二分类变量)。运用 SPSS 27.0 软件的独立样本 T 检验,以生物多样性感知和主观幸福感为检验变量,以性别、居住年限、居住区、绿地可获得距离、是否接受相关宣教以及在绿地的每日平均停留时间为二分类变量,通过 Levene 的 F 值方差同质检验(方差检验结果均为同质)、显著性水平(双尾检测, $P < 0.05$)判断,比较各检验变量是否存在差异(表 3)。

结果如表 3 所示,首先,性别、年龄以及是否接受宣教均在生物多样性感知与主观幸福感上体现显著性差异。具体来看,女性的生物多样性感知水平与主观幸福感均高于男性。尽管性别在每日自然暴露的时间和绿地使用频率上未表现出显著差异(表 4),但女性在每周使用绿地的频率上相对较高,尤其是每周使用绿地

1—2 次及 3—4 次的女性人数明显多于男性。此外,女性通常更注重人际关系与生活质量,因此她们的主观幸福感较高,这与性别角色的社会化过程有密切关系^[14]。

表 2 城市生物多样性感知及主观幸福感整体感知水平

Table 2 Overall perception of perceived urban biodiversity and subjective well-being

类别 Categories	题项 Items	均值 Mean	标准差 Standard deviation
生物多样性感知 Perceived biodiversity	植物多样性感知	3.23	0.690
	PB1 植物种类感知	3.26	0.749
	PB2 植被覆盖率感知	3.19	0.787
	鸟类多样性感知	3.01	0.811
	PB3 鸟类种类感知	2.98	0.862
	PB4 鸟类数量感知	3.04	0.869
	昆虫多样性感知	3.05	0.805
	PB5 昆虫种类感知	3.00	0.811
	PB6 昆虫数量感知	3.10	0.886
	其他野生动物多样性感知	2.51	0.905
	PB7 其他野生动物种类感知	2.54	0.924
	PB8 其他野生动物数量感知	2.47	0.942
	生境多样性感知	2.87	0.841
	PB9 北京的生境种类感知	2.89	0.899
	PB10 北京的生境面积感知	2.85	0.898
	生物多样性基础设施及宣教	3.05	0.785
	PB11 生物多样性设施和服务感知	3.12	0.883
	PB12 生物多样性保护相关管理措施	3.15	0.885
	PB13 生物多样性相关宣传教育	2.90	0.931
主观幸福感 Subjective well-being	SWB1 我的生活在大多数方面都接近于我的理想	3.33	0.850
	SWB2 我的生活水平很好	3.25	0.891
	SWB3 我对现在的生活非常满意	3.71	0.774
	SWB4 目前,我已经得到了生活中我想要得到的重要东西	3.36	0.882
	SWB5 总的来说我现在的的生活还算幸福	3.41	0.857

PB:生物多样性感知 Perceived biodiversity;SWB:主观幸福感 Subjective well-being

表 3 生物多样性感知及主观幸福感的人口统计学差异

Table 3 Demographic differences in perceived biodiversity and subjective well-being

人口统计学变量 Demographic variables	分类指标 Index	人数 Number	生物多样性感知 Perceived biodiversity	t/F	主观幸福感 Subjective well-being	t/F
性别 Gender	男	119	2.85±0.63	-2.381 *	3.30±0.70	-2.263 *
	女	183	3.02±0.62		3.49±0.69	
居住年限 Years of residence	≤5 年	153	3.05±0.61	2.625 **	3.40±0.68	-0.287
	>5 年	149	2.87±0.63		3.43±0.72	
居住区 Residential district	城六区	203	2.95±0.62	-0.423	3.42±0.68	0.312
	非城六区	99	2.99±0.65		3.40±0.73	
是否接受宣教 Have you ever participated in urban biodiversity activities	是	102	3.24±0.66	5.813 ***	3.66±0.68	4.550 ***
	否	200	2.82±0.56		3.29±0.67	
住宅附近 300m 内是否有绿地 Availability of green space within 300 meters of residence	是	176	2.95±0.66	-0.454	3.42±0.69	0.258
	否	126	2.98±0.58		3.40±0.71	

续表

人口统计学变量 Demographic variables	分类指标 Index	人数 Number	生物多样性感知 Perceived biodiversity	<i>t/F</i>	主观幸福感 Subjective well-being	<i>t/F</i>
每日绿地停留时间 Average daily time spent in green space	小于 30min	228	2.92±0.60	-1.883	3.36±0.68	-2.572 *
	大于 30min	73	3.08±0.70		3.59±0.71	
年龄 Age	18—25	93	3.15±0.61	6.310 **	3.54±0.64	4.659 **
	26—40	156	2.87±0.60		3.30±0.71	
	>40	52	2.89±0.66		3.53±0.68	
教育程度 Education	高中及以下	33	2.84±0.55	1.022	3.35±0.85	1.293
	本科	89	3.02±0.60		3.33±0.81	
	硕士及以上	180	2.95±0.65		3.47±0.60	
每周使用绿地频率 Weekly frequency of green space use	不使用	42	2.82±0.46	1.581	3.01±0.66	6.334 ***
	1—2 次	159	3.01±0.62		3.44±0.66	
	3—4 次	63	2.99±0.67		3.57±0.77	
	5 次及以上	37	2.84±0.71		3.48±0.62	

*、**、*** 分布表示计算结果在 0.05、0.01 和 0.001 水平上显著

在年龄方面,18—25 岁群体的生物多样性感知水平更高,且主观幸福感的均值最大;26—40 岁群体的对于生物多样性及幸福感知水平最低。进一步分析显示,年龄在自然暴露的时长($\chi^2 = 17.875, P < 0.001$)与绿地使用频率($\chi^2 = 24.389, P < 0.001$)上存在显著差异,这可能是导致 18—25 岁群体在生物多样性感知和主观幸福感方面得分较高的原因。另外,根据表 4 显示,18—25 岁群体中有更多人群每天停留在绿地的时间超过 30 分钟,且绿地使用频率较高,这促使他们对生物多样性有更高的敏感度,同时提升了他们的幸福感。相比之下,26—40 岁群体在绿地使用频率和停留时间上较低。

表 4 不同人口统计特征与绿地使用行为的关系

Table 4 Relationship between demographic characteristics and green space usage behavior

分组变量 Grouping variables	组别 Groups	平均每日观察或 停留时间 Average daily time spent in green space		χ^2	每周使用绿地频率 Weekly frequency of green space use				χ^2
		<30min	≥30min		不使用	1—2 次	3—4 次	5 次及 以上	
年龄 Age	18—25 岁	79	14	17.875 ***	10	56	20	7	24.389 ***
	26—40 岁	121	36		25	88	29	15	
	>40 岁	28	24		7	15	15	15	
性别 Gender	男性	96	23	2.844	21	60	20	18	5.267
	女性	132	51		21	99	44	19	

关于宣教的影响,本研究显示,接受过生物多样性宣传教育的居民在生物多样性感知和主观幸福感方面显著高于未接受教育的居民。既往研究也支持这一结论^[45]。例如, Southon 等学者指出,生态教育能够提高人们对植物色彩等生态细节的敏感性,进而增强他们对生物多样性的感知能力,并激发人们对环境保护的积极态度、提升幸福感^[45]。

另外,居住年限仅在生物多样性感知上体现显著性差异,居住时间超过 5 年的居民感知的生物多样性均值较高。这一结论也印证了长期居住在某一环境中,居民对当地自然景观和生态系统的熟悉度增加,进而形成较为深入的生物多样性感知^[1,15]。

绿地停留时间和每周使用绿地频率仅在主观幸福感上体现显著性差异。研究显示,每周使用绿地 3—4 次的居民和每日在绿地停留实践大于 30min 的居民幸福感水平较高。这表明,绿地不仅作为一种自然资源,

还能提供心理上的放松和愉悦感,尤其是对于有规律地接触绿地的人群来说,感知到的幸福感更为显著^[7,14]。

最后,研究发现,居住区、绿地可获得距离以及学历对本文研究的生物多样性感知以及主观幸福感均无显著性差异,尽管这些因素在其他研究中可能存在影响^[9,45]。

3.3 城市生物多样性感知与主观幸福感的关系

3.3.1 测量模型分析

首先,利用 SPSS 27.0 对所有题项的偏态值、峰度值、平均值以及标准差进行分析。偏态值介于-1.141—0.293,峰度值介于-0.534—2.706,数值上满足偏态绝对值小于 3 和丰度绝对值小于 8 的要求^[43],这表明数据分布较为均匀。

其次,利用 PLS-SEM 对模型进行测量检验。本研究的测量模型属于反映型测量模型,因此需测量因子载荷、Cronbach's α 值以及组合信度(composite reliabilities, CR)3 个指标检验模型信度;利用组合信度与区别信度检验模型效度。

在模型信度检验中,因子载荷在 0.6 以上被视为具有良好的指标信度;Cronbach's α 值大于 0.7 表明各变量之间具有良好的内部一致性;组合信度要求大于 0.7^[43]。根据检验结果,原始的 32 个题项中,生物多样性感知(perceived biodiversity, PB)维度下的 PB5、PB6、PB7、PB8,恢复性感知(perceived restoration, PR)维度下的“体验城市里的动植物和生态环境,让我感到心情愉悦”以及自然联结性(nature relatedness, NR)中“我的理想度假地是那种充满自然气息的地方”题项由于因子载荷低于 0.5,属于无效题项予以删除。保留的 26 个题项的标准化因子载荷在 0.633—0.845 之间,指标信度良好;Cronbach's α 值介于 0.782—0.893;组合信度值在 0.782—0.893 之间,表明本研究各变量之间保持着良好的内部一致性。评估指标综合显示(表 5),本研究测量模型具有良好的可靠性。

表 5 城市生物多样性感知与主观幸福感关系的测量模型检验结果

Table 5 Reliability and validity analysis of measurement constructs

变量 Variable	题项 Item	因子载荷 Factor loading	克朗巴哈系数 Cronbach's α	组合信度 CR	平均萃取方差 AVE
生物多样性感知 Perceived biodiversity	北京的植物种类感知	0.657	0.893	0.897	0.538
	北京的植被覆盖率感知	0.712			
	北京的鸟类种类感知	0.719			
	北京的鸟类数量感知	0.750			
	北京的生境种类感知	0.767			
	北京的生境面积感知	0.744			
	生物多样性的设施和服务感知	0.800			
	生物多样性保护的相关管理措施	0.772			
	生物多样性的相关宣传教育	0.669			
恢复性感知 Perceived restoration	城市中的动植物能够吸引我的注意	0.744	0.890	0.902	0.600
	体验城市里的动植物和生态环境,让我感到放松,缓解压力	0.783			
	体验城市里的动植物和生态环境,对我的健康有益	0.796			
	体验城市里的动植物和生态环境,让我为生活在北京感到自豪	0.792			
	我愿意去探索城市中的各种动植物和生态环境	0.828			
	我愿意保护北京的生态环境和各种动植物	0.759			
	我在城市中见到的动植物与当地环境自然地融合在一起	0.713			
自然联结性 Nature relatedness	我总是考虑我的行为会对环境造成怎样的影响	0.633	0.782	0.803	0.535
	我经常觉得自己是自然界的一部分,与花草虫鸟没什么两样	0.673			

续表

变量 Variable	题项 Item	因子载荷 Factor loading	克隆巴哈系数 Cronbach's α	组合信度 CR	平均萃取方差 AVE
主观幸福感 Subjective well-being	我和自然的关系是我的重要组成部分	0.765	0.876	0.877	0.669
	我觉得自己和一切其他生命甚至整个地区都有着紧密的联系	0.803			
	无论在哪里,我都会留意周围的野生动植物	0.769			
	我的生活在大多数方面都接近于我的理想	0.812			
	我的生活水平很好	0.841			
	我对现在的生活非常满意	0.845			
	目前,我已经得到了生活中我想要得到的重要东西	0.837			
	总的来说我现在的的生活还算幸福	0.751			

在模型效度检验中,变量的平均萃取方差(average variance extracted, AVE)值大于 0.5 被视为具有良好的聚合效度,变量的 AVE 值的平方根大于变量的相关系数,则表示模型具有良好的区别效度^[43-44]。此外,由于在 PLS-SEM 中因素负荷量会被高估,因此建议采纳异质—单质比率(heterotrait-monotrait ratio, HTMT)来综合评估模型的区别效度,通常 HTMT 值在 0.85 以下才认为模型具有良好的区别效度。本研究模型变量的 AVE 值介于 0.535—0.669,皆大于 0.5(表 5);变量的相关系数皆小于 AVE 的平方根(表 6);HTMT 值介于 0.211—0.797,皆小于 0.85(表 6)。因此,本研究的测量模型具有良好的聚合和区别效度。

表 6 模型效度判别表

Table 6 Discriminant validity of the model

变量 Variables	弗奈尔-拉克准测效度 Fornell-Larcker criterion				异质-单质比率 Heterotrait-monotrait ratio			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1 生物多样性感知 Perceived biodiversity	0.734				-			
2 恢复性感知 Perceived restoration	0.252	0.775			0.260			
3 自然联结性 Nature relatedness	0.189	0.628	0.731		0.211	0.727		
4 主观幸福感 Subjective well-being	0.373	0.501	0.497	0.818	0.407	0.560	0.589	-

3.3.2 结构模型分析

首先对变量进行多重共线性检验,以方差膨胀因子(variance inflation factor, VIF)为指标,以 10 作为判断边界,当 $VIF < 10$,则认为变量不存在多重共线性;当 $10 \leq VIF < 100$,则表明变量存在严重的多重共线性^[40]。在本研究中,VIF 介于 1.276—2.525,表明变量不存在多重共线性。随后,利用判定系数(R^2)、交叉检验冗余(Q^2)和拟合优度(goodness of fit, GoF)对结构模型的适配度进行评估。 R^2 评估的是解释变量对结果变量方差的解释力,本研究中的 2 个结果变量分别为 $R^2_{PR} = 0.420$ 、 $R^2_{SWB} = 0.373$,均大于 0.19,表明模型具有较好的解释力;2 个结果变量的 Q^2 分别为 $Q^2_{PR} = 0.242$ 、 $Q^2_{SWB} = 0.241$,均大于 0,说明模型的预测性良好;GoF = 0.455 > 0.36,说明模型具有良好的拟合优度。

运用 SmartPLS4.0 软件,基于 Bootstrap 反复抽样法重复抽样 5000 次进行模型系数分析。结果显示(图 4)居民的植物多样性感知显著正向影响自然联结性($\beta = 0.213, P < 0.001$),居民的生物多样性基础设施及宣教感知分别显著正向影响恢复性感知($\beta = 0.129, p < 0.05$)和主观幸福感($\beta = 0.204, P < 0.001$),而鸟类和生境多样性感知的影响不显著。自然联结性分别正向显著影响恢复性感知($\beta = 0.602, P < 0.001$)和主观幸福感($\beta = 0.287, P < 0.001$),支持 H3 和 H8。同时,恢复性感知显著正向影响主观幸福感($\beta = 0.256, P < 0.001$),支持 H6。

3.3.3 中介效应分析

本研究利用 Bootstrapping 技术分别检验自然联结性和恢复性感知的中介效果。首先,考察恢复性感知是

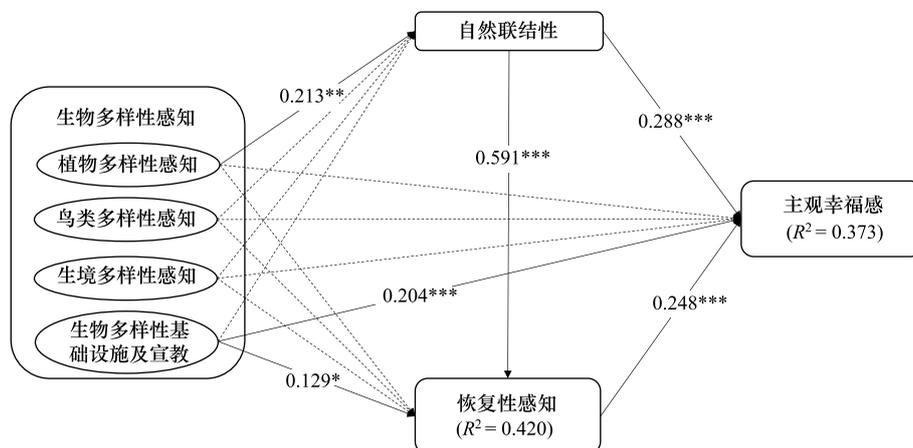


图4 模型估计结果图

Fig.4 Estimated model results

* 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$, *** 表示 $P < 0.001$

否在自然联结性影响主观幸福感过程中起中介作用。如表7所示,自然联结性对主观幸福感存在正向的间接效应($\beta = 0.147, t = 3.527, P < 0.001$),同时恢复性感知对主观幸福感的直接效应也显著,说明恢复性感知具有部分中介作用。

表7 自然联结性影响主观幸福感过程中的中介效应检验

Table 7 Mediation effect of nature relatedness on subjective well-being

效应 Effect	路径 Path	路径系数 Path coefficient	t 值 t -value	95%置信区间 95% confidence interval	中介效果 Mediation type
直接效应 Direct effect	恢复性感知→主观幸福感	0.248 ***	3.706	(0.112, 0.375)	—
间接效应 Indirect effect	自然联结性→恢复性感知→主观幸福感	0.147 ***	3.527	(0.066, 0.227)	部分中介
总间接效应 Total indirect effect	自然联结性→主观幸福感	0.147 ***	3.527	(0.066, 0.227)	—
总效应 Total effect	恢复性感知→主观幸福感	0.248 ***	3.706	(0.112, 0.375)	—

* 表示 $P < 0.05$, ** 表示 $P < 0.01$, *** 表示 $P < 0.001$

其次,考察自然联结性及恢复性感知是否在生物多样性感知影响主观幸福感的过程中起中介作用。生物多样性整体感知对主观幸福感既有显著的直接影响($\beta = 0.035, t = 5.222, P < 0.01$),又有显著间接影响($\beta = 0.121, t = 4.431, P < 0.001$),说明自然联结性和恢复性感知存在正向的部分中介效应。表8进一步揭示了植物多样性感知和基础设施及宣教感知对主观幸福感的直接效应、间接效应及总效应的检验结果。研究发现,植物多样性感知对主观幸福感的直接效应不显著($\beta = 0.069, t = 1.059$),但通过自然联结性和恢复性感知的间接效应显著。其中,“植物多样性感知-自然联结性-主观幸福感”的中介效应在0.05水平上显著($\beta = 0.061, t = 2.449$)且与直接影响的方向相同,说明自然联结性在植物多样性感知正向影响主观幸福感的过程中发挥了完全中介作用。其次,“植物多样性感知-自然联结性-恢复性感知-主观幸福感”的链式中介效应在0.05水平上显著($\beta = 0.031, t = 2.319$),表明自然联结性与恢复性感知共同促进了植物多样性感知正向影响主观幸福感的过程。然而,“植物多样性感知—恢复性感知—主观幸福感”的单独中介效应不显著($\beta = 0.026, t = 1.337$),说明恢复性感知单独并未显著中介植物多样性感知对主观幸福感的影响。

生物多样性基础设施及宣教对主观幸福感的直接效应显著($\beta = 0.204, t = 3.379, P < 0.001$),但其通过自然联结性或恢复性感知的间接效应均不显著。其中,“基础设施及宣教—自然联结性—主观幸福感”的中介效

应在 0.05 水平上边缘显著($\beta=0.037, t=2.449$),但“基础设施及宣教—恢复性感知—主观幸福感”以及“基础设施及宣教—自然联结性—恢复性感知—主观幸福感”的中介效应均不显著($\beta=0.032, t=1.337$ 和 $\beta=0.019, t=2.319$)。总的来看,基础设施及宣教对主观幸福感既存在显著的直接效应,也存在显著的总间接效应,说明其影响主观幸福感的作用更多依赖直接路径,而通过自然联结性或恢复性感知的中介效应较为有限。

综合来看,植物多样性感知对主观幸福感的作用主要通过自然联结性和恢复性感知的完全中介机制实现,而生物多样性基础设施及宣教感知对主观幸福感主要通过直接效应作用。然而,生物多样性感知中的鸟类多样性感知和生境多样性感知这两个维度的直接效应和间接效应均未达到显著水平,特别是生境多样性感知与其他变量的路径系数为负数,表明其对主观幸福感的影响可能较为复杂甚至存在潜在的负向作用。这进一步说明,不同维度的生物多样性感知在影响主观幸福感的路径和机制上存在差异,需要在未来研究中结合具体情境和变量关系深入探讨。

表 8 生物多样性感知影响主观幸福感的中介效应检验

Table 8 Mediation effect of perceived biodiversity on subjective well-being

效应 Effect	路径 Path	路径系数 Path coefficient	t 值 t-value	95% 置信区间 95% confidence interval	中介效果 Mediation type
直接效应 Direct effect	植物多样性感知→主观幸福感	0.069	1.059	(-0.053, 0.203)	—
	基础设施及宣教→主观幸福感	0.204***	3.379	(0.081, 0.320)	—
间接效应 Indirect effect	植物多样性感知→自然联结性→主观幸福感	0.061*	2.449	(0.018, 0.115)	完全中介
	植物多样性感知→恢复性感知→主观幸福感	0.026	1.337	(-0.011, 0.065)	无中介
	植物多样性感知→自然联结性→恢复性感知→主观幸福感	0.031*	2.319	(0.008, 0.061)	完全中介
	基础设施及宣教→自然联结性→主观幸福感	0.037	2.449	(0.018, 0.115)	无中介
	基础设施及宣教→恢复性感知→主观幸福感	0.032	1.337	(-0.011, 0.065)	无中介
	基础设施及宣教→自然联结性→恢复性感知→主观幸福感	0.019	2.319	(-0.005, 0.061)	无中介
总间接效应 Total indirect effect	基础设施及宣教→主观幸福感	0.088*	2.236	(0.011, 0.168)	—
	植物多样性感知→主观幸福感	0.119***	3.313	(0.048, 0.188)	—
总效应 Total effect	基础设施及宣教→主观幸福感	0.293***	3.900	(0.145, 0.441)	—
	植物多样性感知→主观幸福感	0.188**	2.656	(0.049, 0.325)	—

* 表示 $P<0.05$, ** 表示 $P<0.01$, *** 表示 $P<0.001$

4 讨论与结论

4.1 讨论

城市生物多样性不仅关乎城市环境改善及可持续发展,也与城市居民的生产生活和福祉水平息息相关。然而,现有研究对于城市生物多样性和居民福祉的互动关联机制研究仍较为缺乏。本研究以北京市为例,通过居民对城市生物多样性感知、自然联结性、恢复性感知以及主观幸福感的自我评估,应用偏最小二乘法结构方程模型,构建并验证了四者之间的互动机制。研究结果验证了城市生物多样性感知对于居民主观幸福感存在正向影响,但不同维度的生物多样性感知对主观幸福感的影响机制存在显著差异。

首先,植物多样性感知通过自然联结性和恢复性感知的链式中介作用正向影响主观幸福感。这一结论突破了传统环境心理学中“环境品质-健康效益”的单一中介机制^[1,25],进一步证实了自然联结性与恢复性感知的先后逻辑关联,即当人与自然的联结性较高时,人们在生物多样性较高的环境中能更好地缓解疲劳,使身心感到恢复,从而获得幸福感^[18]。这一发现与欧洲部分研究的结论一致^[8,23],但相较于这些研究,本研究进一步揭示了自然联结性和恢复性感知的不同中介路径。

其次,生物多样性基础设施及宣教感知对主观幸福感的直接影响显著,表明城市生物多样性管理不仅应关注物理环境的优化,还需提升公众的生物多样性认知水平。既往研究也证实,生态知识(如物种识别能力)会影响个体从生物多样性中获得的益处^[30,45],本研究进一步支持了这一观点。特别是,生物多样性宣传教育能够提升居民的生态中心主义^[45],使其更容易从多样化的生境中获得幸福感。

相比之下,鸟类和生境多样性感知对主观幸福感的直接效应和间接效应均不显著,尤其是生境多样性感知的负向路径系数值得关注。这一结论与北美和欧洲的许多研究结论相悖^[13-14],但与新加坡^[46]、中国成都^[47]的研究结论一致。有研究认为个体的文化背景和成长环境影响其对生物多样性的态度^[46]。例如,在生物多样性丰富但城市化进程较快的地区,居民更倾向于接受清洁可控的城市环境,而对高度自然化的环境存在一定的心理抵触^[48]。此外,城市化厌恶假说认为,有限的自然暴露和缺乏自然相关知识可能会引发人们对自然元素的反感,特别是嘈杂的鸟鸣可能被部分居民视为干扰因素^[49]。

根据上述研究发现,本文提出以下建议。首先,可优化城市绿化的植被配置,增加开花植物以吸引更多昆虫^[37-38];同时,增强植物景观的季节性变化,以提升居民的多样性自然体验感知^[30]。其次,针对鸟类多样性的接受度问题,可加强鸟类习性及其生境特征的宣教设施和活动,提升城市居民对鸟类的认知和感知水平;同时优化城市声景设计,如控制鸟鸣的种类和频率,以减少可能引起的不适感,从而提高居民对鸟类多样性的接受度和幸福感。第三,提高生境多样性对幸福感的潜在积极作用,合理规划湿地、草坪与灌木区的比例,兼顾生态功能和美学吸引力,以提升居民的环境舒适度。最后,加强北京市城市生物多样性感知和科普教育的基础设施建设及活动,如增设代表物种标识,增强生态解说系统的多样性和互动性,建设城市生物多样性教育中心,以提升居民的生态知识和物种识别技能,进而提升居民对生物多样性的恢复性感知水平。

4.2 结论

本研究从环境心理学视角,基于居民调查问卷,探讨了城市生物多样性感知如何影响居民的主观幸福感,并揭示了自然联结性和恢复性感知的链式中介作用。研究发现,北京市居民对生物多样性的整体感知水平一般,其中植物多样性和基础设施感知对幸福感的促进作用最为显著,而鸟类和生境多样性感知的影响不明显,甚至在某些路径上存在负向效应。

本研究的理论贡献主要体现在对城市生物多样性内涵的拓展以及对生物多样性与居民福祉关系的深化。以往研究多聚焦于物种多样性和生境质量^[6-8],而本研究进一步引入生物多样性基础设施及宣传教育维度,强调生物多样性不仅关于自然生态系统本身,还涉及由人为建设的支持系统(如城市公园、生物多样性展览)以及公众认知和教育手段(如自然体验活动)。这一拓展丰富了城市生物多样性的概念体系,为城市绿色空间优化提供了更综合的理论框架。此外,研究结果揭示了自然联结性与恢复性感知的链式中介作用,强调了情感体验和心理联结在生物多样性福祉效应的关键作用^[25,32]。具体来讲,相较于直接提升公众对生物多样性的认知水平,增强人与自然的情感连接更为关键^[45-46]。即使个体未能充分理解生物多样性的科学概念,他们依然可以通过积极的自然体验感受到心理上的愉悦和恢复效应,并可能因此建立更强的自然保护承诺。这一发现补充了环境心理学关于自然体验与心理健康关系的研究,揭示了情感层面的自然联结在生态福祉中的核心作用。

尽管本研究揭示了城市生物多样性与居民福祉之间的内在联系,但仍存在一定局限。首先,本研究尚未涉及人口统计学特征、绿地暴露时长等因素对生物多样性—幸福感之间关系的影响,未来研究可将它们作为调节变量,对模型予以深化。其次,本研究未能进一步区分自然联结性和恢复性感知的具体子维度,例如恢复性感知包含魅力性、延伸性等多个维度,不同的恢复性体验可能通过不同的心理机制影响幸福感^[30-32],未来研究可进一步探索这些子维度的具体作用机制,以提供更精准的干预策略。最后,本研究主要依赖居民对生物多样性的主观感知,未来可以结合遥感方法与机器学习技术,通过整合多源数据的方法,更全面地理解生物多样性对居民福祉的影响。

参考文献 (References):

- [1] Carrus G, Scopelliti M, Laforteza R, Colangelo G, Ferrini F, Salbitano F, Agrimi M, Portoghesi L, Semenzato P, Sanesi G. Go greener, feel better: the positive effects of biodiversity on the well-being of individuals visiting urban and peri-urban green areas. *Landscape and Urban Planning*, 2015, 134: 221-228.
- [2] 王海洋, 王浩琪, 陈禧悦, 韩宝龙, 束承继, 张童, 丁仕宇. 国内外城市生物多样性评价与提升研究综述. *生态学报*, 2023, 43(8): 2995-3006.
- [3] Lai H, Flies E J, Weinstein P, Woodward A. The impact of green space and biodiversity on health. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 2019, 17(7): 383-390.
- [4] 马克平. 试论生物多样性的概念. *生物多样性*, 1993, 1(1): 20-22.
- [5] 刘珍环, 魏莱, 周义. 面向城市生物多样性提升的可持续景观格局构建机理与途径. *生态学报*, 2024, 44(14): 5905-5913.
- [6] Marselle M R, Lindley S J, Cook P A, Bonn A. Biodiversity and health in the urban environment. *Current Environmental Health Reports*, 2021, 8(2): 146-156.
- [7] Methorst J, Rehdanz K, Mueller T, Hansjürgens B, Bonn A, Böhning-Gaese K. The importance of species diversity for human well-being in Europe. *Ecological Economics*, 2021, 181: 106917.
- [8] Dallimer M, Irvine K N, Skinner A M J, Davies Z G, Rouquette J R, Maltby L L, Warren P H, Armsworth P R, Gaston K J. Biodiversity and the feel-good factor: understanding associations between self-reported human well-being and species richness. *BioScience*, 2012, 62(1): 47-55.
- [9] 孟令爽, 康宁, 宫宸, 李树华. 生物多样性水平对心理健康与福祉的影响系统性综述. *中国园林*, 2022, 38(11): 82-87.
- [10] 邓玲丽, 陈婷媛, 许源, 沈菁, 宫鹤忆, 翁沛, 郭江莉, 黄梅林, 吴鸿, 严巍. 浅析植物园自然教育促进城市生物多样性保护. *园林*, 2024, 41(S1): 127-134.
- [11] Wolf L J, Ergmessen S Z, Balmford A, White M, Weinstein N. Is variety the spice of life: an experimental investigation into the effects of species richness on self-reported mental well-being. *PLoS One*, 2017, 12(1): e0170225.
- [12] 王心蕊, 孙九霞. 城市居民休闲与主观幸福感研究: 以广州市为例. *地理研究*, 2019, 38(7): 1566-1580.
- [13] Pett T J, Shwartz A, Irvine K N, Dallimer M, Davies Z G. Unpacking the people-biodiversity paradox: a conceptual framework. *BioScience*, 2016, 66(7): 576-583.
- [14] Shwartz A, Tzunz M, Gafter L, Colléony A. One size does not fit all: the complex relationship between biodiversity and psychological well-being. *Urban Forestry & Urban Greening*, 2023, 86: 128008.
- [15] Mavoa S, Davern M, Breed M, Hahs A. Higher levels of greenness and biodiversity associate with greater subjective wellbeing in adults living in Melbourne, Australia. *Health & Place*, 2019, 57: 321-329.
- [16] Nisbet E K, Zelenski J M. The NR-6: a new brief measure of nature relatedness. *Frontiers in Psychology*, 2013, 4: 813.
- [17] Molina-Cando M J, Escandón S, Van Dyck D, Cardon G, Salvo D, Fiebelkorn F, Andrade S, Ochoa-Avilés C, García A, Brito J, Alvarez-Alvarez M, Ochoa-Avilés A. Nature relatedness as a potential factor to promote physical activity and reduce sedentary behavior in Ecuadorian children. *PLoS One*, 2021, 16(5): e0251972.
- [18] Kaplan R, Kaplan S. *The Experience of Nature: A Psychological Perspective*. New York: Cambridge University Press, 1989.
- [19] Jaeyoung H, Hyung J K. The restorative effects of campus landscape biodiversity: Assessing visual and auditory perceptions among university students. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2021, 64: 127259.
- [20] Marselle M R. *Theoretical foundations of biodiversity and mental well-being relationships//Biodiversity and Health in the Face of Climate Change*. Cham: Springer International Publishing, 2019: 133-158.
- [21] Jorgensen A, Gobster P H. Shades of green: measuring the ecology of urban green space in the context of human health and well-being. *Nature and Culture*, 2010, 5(3): 338-363.
- [22] 刘航, 马焯清, 朱争鸣. 健康视角下城市密度与绿地空间暴露关系的脉络及展望. *生态学报*, 2024, 44(24): 11096-11108.
- [23] Marselle M R, Irvine K N, Lorenzo-Arribas A, Warber S L. Does perceived restorativeness mediate the effects of perceived biodiversity and perceived naturalness on emotional well-being following group walks in nature. *Journal of Environmental Psychology*, 2016, 46: 217-232.
- [24] Van den Berg A E, Jorgensen A, Wilson E R. Evaluating restoration in urban green spaces: does setting type make a difference. *Landscape and Urban Planning*, 2014, 127: 173-181.
- [25] Kellert S R, Wilson E O. *The Biophilia Hypothesis*. Washington, D. C.: Island Press, 1995: 73-137.
- [26] 刘晓芳, 吝涛, 赵宇, 林美霞, 曹馨, 李妍, 吴昕怡, 张国钦, 刘文惠. 城市公园景感要素及其对不同人群公园活动方式的影响. *生态学报*, 2020, 40(22): 8176-8190.

- [27] 肖华斌, 何心雨, 王玥, 王洁宁, 姜芊孜. 城市绿地与居民健康福祉相关性研究进展——基于生态系统服务供需匹配视角. *生态学报*, 2021, 41(12): 5045-5053.
- [28] Coll'eeny A, Cohen-Seffer R, Shwartz A. Unpacking the causes and consequences of the extinction of experience. *Biological Conservation*, 2020, 251: 108788.
- [29] Dean J H, Shanahan D E, Bush R, Gaston K J, Lin B B, Barber E, Fuller R A. Is nature relatedness associated with better mental and physical health. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2018, 15(7): 1371.
- [30] Meng L S, Li S H, Zhang X D. Exploring biodiversity's impact on mental well-being through the social-ecological lens: emphasizing the role of biodiversity characteristics and nature relatedness. *Environmental Impact Assessment Review*, 2024, 105: 107454.
- [31] Carrus G, Scopelliti M, Panno A, Laforteza R, Colangelo G, Pirchio S, Ferrini F, Salbitano F, Agrimi M, Portoghesi L, Semenzato P, Sanesi G. A different way to stay in touch with urban nature: the perceived restorative qualities of Botanical Gardens. *Frontiers in Psychology*, 2017, 8: 914.
- [32] Peschardt K K, Stigsdotter U K. Associations between park characteristics and perceived restorativeness of small public urban green spaces. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 112: 26e39.
- [33] Tang I C, Sullivan W C, Chang C Y. Perceptual evaluation of natural landscapes: the role of the individual connection to nature. *Environment and Behavior*, 2015, 47(6): 595-617.
- [34] Shwartz A, Turbé A, Simon L, Julliard R. Enhancing urban biodiversity and its influence on city-dwellers: an experiment. *Biological Conservation*, 2014, 171: 82-90.
- [35] 张剑飞, 阳文锐, 李晶晶, 沈守云, 马力, 陈亮. 北京市生态系统服务价值时空变化及其驱动力. *生态学报*, 2025, 45(01): 306-318.
- [36] 李辉. 首都园林绿化行业积极筑牢北京生物多样性之都基底京华大地万物生. *绿化与生活*, 2022, (11): 10-13.
- [37] Irvine K N, Fisher J C, Bentley P R, Nawrath M, Dallimer M, Austen G E, Fish R, Davies Z G. Bio-well: the development and validation of a human wellbeing scale that measures response to biodiversity. *Journal of Environmental Psychology*, 2023, 85: 101921.
- [38] Hartig T, Korpela K, Evans G W, Gärling T. A measure of restorative quality in environments. *Scandinavian Housing and Planning Research*, 1997, 14(4): 175-194.
- [39] Diener E. Subjective well-being. *Psychological Bulletin*, 1984, 95(3): 542-575.
- [40] Diener E, Emmons R A. The independence of positive and negative affect. *Journal of Personality & Social Psychology*, 1984, 47(5): 1105-1117.
- [41] Diener E, Smith H, Fujita F. The personality structure of affect. *Journal of Personality & Social Psychology*, 1995, 69(1): 130-141
- [42] Hair J F, Risher J J, Sarstedt M, Ringle C M. When to use and how to report the results of PLS-SEM. *European Business Review*, 2019, 31(1): 2-24.
- [43] Shiau W L, Sarstedt M, Hair J F. Internet research using partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM). *Internet Research*, 2019, 29(3): 398-406.
- [44] Kline R B. Principles and practice of structural equation modeling. New York: Guilford Publications, 2015: 112-144.
- [45] Southon G E, Jorgensen A, Dunnett N, Hoyle H, Evans K L. Perceived species-richness in urban green spaces: cues, accuracy and well-being impacts. *Landscape and Urban Planning*, 2018, 172: 1-10.
- [46] Saw L E, Lim F K S, Carrasco L R. The relationship between natural park usage and happiness does not hold in a tropical city-state. *PLoS One*, 2015, 10(7): e0133781.
- [47] Meng L S, Li S H, Zhang X D. Assessing biodiversity's impact on stress and affect from urban to conservation areas: a virtual reality study. *Ecological Indicators*, 2024, 158: 111532.
- [48] Botzat A, Fischer L K, Kowarik I. Unexploited opportunities in understanding liveable and biodiverse cities. A review on urban biodiversity perception and valuation. *Global Environmental Change-Human and Policy Dimensions*, 2016, 39: 220-233.
- [49] Qiu L, Lindberg S, Nielsen A B. Is biodiversity attractive: on-site perception of recreational and biodiversity values in urban green space. *Landscape and Urban Planning*, 2013, 119: 136-146.