

文章编号:1671-4229(2023)06-0009-16

# 中国城市健康指数评价及其空间特征研究

## ——以珠三角地区为例

李建军<sup>1</sup>, 王祥川<sup>1</sup>, 李珊<sup>1\*</sup>, 田静<sup>1</sup>, 龚丽<sup>2</sup>, 马晶<sup>3</sup>, 郑颖生<sup>1</sup>

(1. 广州大学 建筑与城市规划学院, 广东 广州 510006; 2. 四川大学 文学与新闻学院, 四川 成都 610065;  
3. 广东外语外贸大学 广东国际战略研究所, 广东 广州 510420)

**摘要:**近年来,关注城市健康发展已上升为国家战略重点,科学评估城市的健康指数及其空间特征为城乡规划建设工作提供了指导的基础。现阶段学界对城市健康评价的相关理论发展起步不久,已有研究侧重对城市健康进行单一维度评估,缺乏综合多维度融合的评判,整体尚未形成统一的系统评价体系。另外,已有研究更多是将城市作为独立个体考量其健康特征,忽视了对城市间健康关联度的评估,不利于城市间通过相互学习效应提升自身健康水平。因此,文章尝试从五大维度优化中国城市健康发展指数的综合评价体系,并以珠三角地区为例,结合复杂网络方法科学评估了各空间单元及其邻近单元的健康水平与组团特征。研究发现,珠三角健康城市指数最高的第一梯队是广州市与深圳市,第二梯队是东莞市、佛山市与珠海市,第三梯队是中山市与外围的惠州市、江门市、肇庆市,它们在不同维度的健康指标上存在空间异质性;同时,珠三角健康空间网络可划分为单一型健康型、双重型健康型与混合型健康型共五大组团,这为科学识别出各地区健康发展短板及寻求更高效、更低成本的对标学习地区提供了思路。文章旨在为中国城市健康指数的评估提供系统性研究框架,为城市健康发展制定针对性政策提供参考。

**关键词:**城市健康;评价体系;复杂网络;空间特征;珠三角地区

**中图分类号:** TU981 **文献标志码:** A

## Health index evaluation system and the spatial characteristics of Chinese cities: A case study of the Pearl River Delta region

LI Jian-jun<sup>1</sup>, WANG Xiang-chuan<sup>1</sup>, LI Shan<sup>1\*</sup>, TIAN Jing<sup>1</sup>, GONG Li<sup>2</sup>, MA Jing<sup>3</sup>, ZHENG Ying-sheng<sup>1</sup>

(1. School of Architect and Urban Planning, Guangzhou University, Guangzhou 510006, China;

2. The College of Literature and Journalism of Sichuan University, Chengdu 610065, China;

3. Guangdong Institute for International Strategies, Guangdong University of Foreign Studies, Guangzhou 510420, China)

**Abstract:** Attention to healthy urban development has risen to a national strategic priority in recent years. Scientific assessment of the health index and spatial characteristics of cities is the basis for providing guidance for urban and rural planning and construction. At this stage, the theoretical development of urban health evaluation did not start long ago, and the existing research focuses on single-dimension evaluation of urban health, but lacks comprehensive multi-dimension integration judgment,

收稿日期: 2023-06-05; 修回日期: 2023-09-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(42301182); 广东省基础与应用基础研究基金资助项目(2022A1515110331, 2022A1515010171); 广东省哲学社会科学规划2022年度常规资助项目(GD22CGL38); 广州市科技计划资助项目(2023A04J0214); 广州大学“2+5”学科与科研创新平台科研资助项目(PT252022023)

作者简介: 李建军(1968—),男,教授,博士。E-mail: Lijianjun@gzhu.edu.cn

\*通信作者。E-mail: lishan@gzhu.edu.cn

引文格式: 李建军, 王祥川, 李珊, 等. 中国城市健康指数评价及其空间特征研究——以珠三角地区为例[J]. 广州大学学报(自然科学版), 2023, 22(6): 9-23, 封二.

and a unified systematic evaluation system has not yet been formed. In addition, existing studies have considered the health characteristics of cities as independent individuals and neglected the assessment of inter-city health correlation, which is not conducive to the improvement of the health level of cities through the mutual learning effect. Therefore, this study attempts to optimize the comprehensive evaluation system of China's urban health development index from five dimensions, and takes the Pearl River Delta (PRD) region as an example, combining a complex network approach to scientifically assess the health level and group characteristics of each spatial unit and its neighboring units. The study found that the first tier of the PRD with the highest healthy city index is Guangzhou and Shenzhen, the second tier is Dongguan, Foshan and Zhuhai, and the third tier is Zhongshan and the peripheral cities of Huizhou, Jiangmen and Zhaoqing, which are spatially heterogeneous in terms of different dimensions of their health indicators; meanwhile, the PRD spatial network of health can be classified into five major groups, namely, single-type health, dual-type health and mixed-type health, which provides ideas for scientifically identifying the shortcomings of health development in each region and seeks to find more efficient and lower-cost benchmarking and learning regions. This study aims to provide a systematic research framework for the evaluation of China's urban health index, and to provide a reference for the formulation of targeted policies for urban health development.

**Key words:** urban health; evaluation system; complex network; spatial feature; Pearl River Delta region

工业化与城市化进程的快速推进,虽然能促进国家经济发展,但也给全球环境、资源和社会带来一系列挑战。国际上一直关注城市环境、人类健康与经济社会之间的协同发展,WTO 组织更是提出渥太华宪章,发起全球健康城市项目<sup>[1]</sup>。中国正经历着经济高速发展的红利期,伴随日益明显的人口老龄化现象,城市各方面的挑战也开始显现,传统单一经济发展目标已远不能满足居民需求,建构健康和可持续发展的城市成为政府与个体层面都迫切关注的问题。我国自 2016 年出台《“健康中国 2030 年”规划纲要》,首次提出将健康融入城乡规划建设的全过程,即将健康、可持续发展的概念融合进城市环境建设中,“健康城市”设计理念被再次提出,正式预示着城市健康发展已从长期战略目标走向短期实施行动。

## 1 理论综述

城市建成环境与城市健康发展始终存在多元化的理论观点,探讨城市健康发展,成为近年来诸多学科重点关注的议题<sup>[2]</sup>。城乡规划领域的学者开始探讨健康导向的实践工作,如总体规划中倡导城市混合土地利用,在城市设计中重视行人友好型设计等<sup>[3-9]</sup>,但在理论研究层面,学界对于如何评估城市健康未形成统一论<sup>[10]</sup>。通过梳理国内外理论及实证研究发现,国内外

学者早期主要聚焦社会生态系统理论。该理论在城市健康实证研究中得到广泛运用,主要从健康促进方面关注“健康环境”“健康社会”以及“健康人群”,并指出健康受到个体及环境因素影响。随着城市化发展,健康环境日益成为构建可持续环境空间系统的基本要求<sup>[11-13]</sup>。目前,许多研究关注环境心理、地理学相关的理论与方法,其中恢复力理论推动了社会生态系统可持续发展<sup>[14]</sup>。恢复力理论强调社会生态系统变化中的可持续性<sup>[15]</sup>,提出自然环境中含有恢复特征,注意力与压力和人-环境的关系息息相关。在此理论下,国内外学者探讨了环境、人口群体与城市健康的联系,认为城市绿地对健康有益,并存在不同的潜在影响因素,如绿地覆盖面积、绿化率等<sup>[16-17]</sup>。部分文献从可持续发展的理论进行研究,关注评估生态因素对城市健康程度的影响,主要关注经济、社会与环境 3 方面之间的关系,相关学者认为可持续发展是城市生态系统健康的最终目标,其追求社会与经济的健康发展<sup>[18-24]</sup>。总体来看,国内外研究主要通过引入生态学、环境心理学、公共卫生等学科的理论探究评估城市健康发展,形成多学科研究领域的分析框架,通过对城市健康提出科学完善的评价指标体系,才能更好地为健康城市评估与规划行动方案的实施提供明确方向。20 世纪 90 年代,关于城市健康评价体系的研究开始出现,其结合城市的健康发展计划评估健康、环境和社会政策的影响,为如何促进可持续

发展及公平等制定明确的目标。

健康城市的评定及指标构建起源于国外学界。1996年,WHO提出了10项关于健康城市的标准,后续修订为健康服务、健康环境、社会经济等评定指标,为健康城市提供了良好的借鉴与参考,世界各国也依据此标准制定了符合国情的标准<sup>[25]</sup>。国外学术界基于健康与健康促进理念,构建了欧美城市健康发展的评估体系<sup>[25]</sup>。早期学者们侧重关注“卫生服务”“环境危害”“交通伤害”“空气污染”等因素对城市健康发展的影响<sup>[26]</sup>。后续研究进一步引入其他因素,如提出人群健康行为活动与社区规划紧密相关;具有较高可达性的服务设施能够促进居民出行,进而对社区居民身心健康产生影响<sup>[27]</sup>。这使得对社区布局产生重要影响的健康交通条件开始受到广泛关注<sup>[7,28]</sup>。伴随相关理论的逐渐丰富,“绿色空间”“食物”“空气质量”“体力活动”等因素也被纳入考量框架,这与国外城市的规划发展背景密不可分<sup>[29-32]</sup>。

而我国在健康城市方面的研究起步较晚,关于健康指数指标评价体系的研究主要体现在两方面。一方面,国内学者在西方理论研究基础上,结合中国发展特征,提出健康城市从城市的规划建设到管理都是以人本为中心,涵盖了健康促进各个方面,涉及到健康人群及健康环境<sup>[33]</sup>,随着学界对城市健康研究的深入挖掘,逐渐提出从社会、经济和环境等不同角度来评估健康城市,主要涵盖“健康服务”“健康环境”“社会经济”“城市交通”等方面<sup>[34-36]</sup>。后续研究在此基础上进行了丰富拓展,增加了“健康行为”<sup>[37-38]</sup>、“健康社会”<sup>[39]</sup>、“健康基础设施”<sup>[39-40]</sup>、“健康效用”<sup>[41]</sup>、“健康人群”<sup>[42]</sup>,以及“健康活动”<sup>[43]</sup>等方面的内容。另一方面,国家高度重视健康城市发展,着力推动健康城市项目与试点城市,并出台详细的健康评价标准的相关文件,2009年卫生委委托杭州编制了国家健康城市标准体系和评估体系,其指标体系主要由“环境”“人群”“服务”“社会”“民意”“政策”和“特色”指标组成,为后续我国开展健康城市建设提供了依据<sup>[44]</sup>。2018年,我国根据健康城市建设目标和任务制定了具有指导性意义的《全国健康城市评价指标体系(2018)》,其一级指标涵盖“健康环境”“健康社会”“健康服务”“健康人群”以及“健康文化”五大维度<sup>[45]</sup>,共涵盖20个二级指标和42个三级指标。《全国健康城市评价指标体系(2018)》和学界研究在评价维度的划分上存在一定的交叉性,但总体指标体系覆盖全面,为中国健康城市评价体系提供了基础架构。

可见,国内学界和社会界均关注健康城市的评价体

系构建,在评价指标选取、数据使用及方法技术上都取得了丰富的成果。但既有的诸多实证研究均是从独立维度的健康指标逐一进行评估或是以独立维度为出发点探讨其他方面的影响,例如许婧雪<sup>[37]</sup>聚焦于健康环境的维度,认为社区环境会干预居民的社交网络以及社区参与,进而对居民健康产生影响,但实际上社交网络与社区参与往往在一些指标体系中属于“健康人群”或“健康社会”维度。同样的情况也出现在谭少华等<sup>[40]</sup>、陈玉洁等<sup>[42]</sup>、张延吉等<sup>[43]</sup>对“健康环境”的研究中。可见,现有的研究缺乏对城市多维度健康指标叠加的综合考量,只有将多维度数据进行融合来考察城市发展方向,才能更全面准确地对城市健康指数作出评估<sup>[46]</sup>。然而,目前学界对于城市健康指标的多维度研究仍缺乏一定的系统性,部分健康评价维度之间存在交叉重叠。以《全国健康城市评价指标体系(2018版)》为例,评价体系中的“健康文化”维度包含健康素养、健康行为和健康氛围3个二级指标,其中,健康素养包括居民健康素养水平,健康行为包括人群吸烟率,这些指标落脚于个体层面,也适用于“健康人群”维度。同时,表征“健康文化”的文化设施是属于城市建设的公共服务设施,在既有文献中多被纳入“健康社会”与“健康活动”等其他维度<sup>[39]</sup>。评价体系中“健康社会”维度则内容相对宽泛,不仅关注居民生命财产安全、邻里交流空间和心理健康,还涵盖经济维度的就业与生产安全,以及“健康人群”维度的社会安全与“健康服务”维度的社会保障等。

总的来看,现有学界聚焦于如何科学合理地构建城市健康水平评价指标体系,而对评价体系下城市健康水平的空间特征缺乏细致刻画,且更多是将城市作为独立个体考量其健康特征,忽视了对城市间健康关联度的评估,不利于城市间通过相互的学习效应提升自身健康水平。但是在城乡规划实践建设中,科学分析理论评价体系下的现实评估结果是准确了解城市发展现状的基础,是找准城市发展短板的关键。准确识别可学习的对标城市是提出针对性优化路径,打破困境突破瓶颈的重要抓手。因此,本研究将结合学界与社会界的现有研究成果,对中国城市健康指数评价体系进行优化与完善,选择城镇化水平高的珠三角地区为案例进行实证研究,以科学识别城市健康指数空间特征,为城市提升健康水平提出科学的政策参考,为中国健康城市建设提供分析框架。

## 2 健康城市评价指标体系优化构建

健康城市评价指标体系随着领域内相关理论的发

展也在同步完善和创新。本文在 2018 年全国健康城市评价指标体系的基础上<sup>[45]</sup>,融合 2020 年以来国内外学界最新研究<sup>[34-43]</sup>,综合了城乡规划、地理学及社会心理学等领域的相关理论,从健康交通(Health Transport, HT)、健康环境(Healthy Environment, HEV)、健康服务(Healthy Service, HS)、健康经济(Healthy Economy, HE)、健康人群(Healthy People, HP)等五大维度着手,调整优化中国城市健康指数的系统评价指标体系,进而对城市的健康指数进行测度评估(Healthy City Index, HCI),见图 1 与表 1。



图 1 中国城市健康指数的评价体系建构

Fig. 1 Construction of evaluation system of urban health index in China

在健康交通方面,交通的选择与健康益处及风险有关,主要表现在交通出行方式与交通脆弱度两个方面。其中,交通出行方式与身体活动有关,主要为可持续绿色交通,涵盖公共交通与慢行道等能够产生健康福祉的指标<sup>[47]</sup>,同时也能够产生有效的社会健康效益,如减少空气污染及交通噪声<sup>[48]</sup>,近年来,新能源汽车的使用也有效地缓解了交通环境污染压力<sup>[49]</sup>。交通脆弱度指机动车使用引起的负面影响,主要为交通出行的安全性,机动车的使用会造成一定的交通事故伤害,带来极高的健康伤害风险,如造成人的残疾甚至死亡等<sup>[50]</sup>。

健康的城市环境能够形成较好的循环可持续空间,从环境质量角度考虑,影响健康环境的因素主要涵盖负面效应压力指标以及正面效应的恢复力指标。本文选取环境压力指标,包括空气环境、声环境、光环境及人居环境废物排放等衡量环境实际载荷的相关指标。良好的空气质量促进健康环境的发展,而影响空气环境的污染因子则会干预城市健康环境,如 $PM_{2.5}$ 、 $NO_2$ 、 $CO_2$ 等已成为城市空气环境首要的压力源,据统计,2015 年全球约 300 万人因环境空气污染导致过早死亡<sup>[51]</sup>;噪声污染被认为是仅次于空气和水污染的第三大危险污染,其中,交通噪声是主要污染源<sup>[52]</sup>;光污染对城市环境、生态系统以及社会生活等造成不良影响,给人类健康及人

居环境等带来了干扰及侵害<sup>[53]</sup>;减少废物排放能够有效改善城市环境卫生,优化空气质量,促进健康发展<sup>[54]</sup>,以上风险因素成为环境主要的健康负担因子。环境恢复力指标是指能够对健康产生积极影响的指标,主要包括城市蓝绿空间的覆盖程度。研究发现,绿地可以减少伤害,具备恢复能力和建设能力,这 3 个功能是联系绿地与健康的潜在途径<sup>[16]</sup>,另外,接触蓝色空间和人的心理健康之间存在积极显著的关系,如可减轻老年人心理压力,促进社会关系等<sup>[55]</sup>。

健康服务可以提高城市居民生活质量,本文关注城市所提供的社会保障、公共服务与文化建设等方面。社会保障反映了城市居住群体生存健康的最低保障线;公共服务设施的供给反映城市政府的服务水平,研究发现,公共服务设施的邻近性能够提高城市居民健康水平<sup>[56]</sup>,改善城市的基础服务设施有利于居民得到更好的生活环境,从而健康地生活;马斯洛需求层级理论提出,在满足生存需要的前提下会考虑个体健康保障与文化价值,城市对文化建设领域的投入能够提升城市居住群体的精神健康水平<sup>[57]</sup>。在这一维度,由于公共服务设施存在辐射能力的层级性,本文采用的主要是总量指标。

健康经济反映城市居民生活状态,居民收入决定能否抵御健康风险危害以及能否为风险后续提供经济基础保障<sup>[15]</sup>,具有社会经济优势的人获得城市公共环境设施的机会更高<sup>[58]</sup>。本文关注经济可持续发展与恢复力程度,涵盖经济能源使用消耗程度、生产安全性及经济风险等方面。经济能源消耗反映了城市生产过程中能源的使用量,使用清洁能源能有效地保护地球资源及环境,从而实现可持续发展;在经济生产过程中,生产安全事故风险直接关系到社会群体的人身健康安全;城市经济发展中需要承担一定的健康风险,经济风险大小取决于城市或个人的经济支撑实力,即城市防御健康危害的能力及发生健康风险后城市的恢复建设能力<sup>[15]</sup>。

健康人群反映了城市群体对物质、社会及经济环境的综合响应结果,居民对城市的响应所呈现的正负面效果可用卫生资源、社会资源及人群健康水平表征。如医疗资源是城市居民的基本健康需求,与城市居民身体健康密切相关,其资源数量与人口显著正相关<sup>[59]</sup>,而城市居民主动接受社会福利保险可用于测度健康意识,也体现了城市居民获取福利资源的及时性与有效性;城市社会安全由社会犯罪表征,城市犯罪率影响居民的居住安全感;在健康水平测度中,死亡率、出生率等数据同样可以反映城市健康状况<sup>[60]</sup>。

表1 健康城市评价指标一览表

Table 1 Indicators for the evaluation of healthy cities

评价维度	二级指标	三级指标	参考文献来源	指向性	
健康交通(HT)	慢行道	人行道/m		正	
		自行车道/m		正	
	公共交通	低排放车辆(新能源汽车保有量)/辆			正
		公共交通工具运营数量/辆			正
		年末实有公共汽(电)车运营车辆数/辆			正
		公共汽电车运营车辆/辆			正
		公共汽电车运营线路条数/条			正
		公共汽电车客运量/万人	Phillis, et al. [19]	正	
		出租汽车运营车辆/辆		正	
		出租汽车客运量/万人		正	
交通事故	交通事故/件	丁国胜等 <sup>[5]</sup> 、谢波等 <sup>[36]</sup>	反		
健康环境(HEV)	空气质量	PM <sub>2.5</sub> 平均浓度/( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	Yan, et al. [41]、张天尧等 <sup>[8]</sup>	反	
		SO <sub>2</sub> 平均浓度/( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )		反	
		NO <sub>2</sub> 平均浓度/( $\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$ )	Khomenko, et al. [17]	反	
		CO <sub>2</sub> 排放量	张天尧等 <sup>[8]</sup>	反	
	声环境	全年污染天数/d		反	
		空气质量优良天数/d	王楠等 <sup>[2]</sup>	正	
		环境空气质量达标率/%	韦伯斯特等 <sup>[25]</sup>	正	
		城市区域环境噪声昼间平均等效声级/dB	丁国胜等 <sup>[5]</sup> 、Khomenko, et al. [17]	反	
		道路交通噪声昼间平均等效声级/dB	Nieuwenhuijsen <sup>[29]</sup>	反	
		光环境	光污染强度	余洋等 <sup>[9]</sup>	反
蓝绿空间	水域面积(总量)/hm <sup>2</sup>		陈玉洁等 <sup>[42]</sup>	正	
		绿地面积/hm <sup>2</sup>	陈玉洁等 <sup>[42]</sup>	正	
	公园数量/个	张天尧等 <sup>[8]</sup>	正		
	人均公园绿地面积/m <sup>2</sup>		正		
	建成区绿地率/%		正		
	建成区绿化覆盖率/%	Wang, et al. [21]	正		
	公园绿地面积/hm <sup>2</sup>	Phillis, et al. [19]	正		
	废物排放处理	污水处理厂集中处理率/%	Yan, et al. [41]	正	
		城镇生活垃圾无害化处理率/%	Yan, et al. [41]	正	
		一般工业固体废物产生量/万 t		反	
城市污染处理率/%		韦伯斯特等 <sup>[25]</sup>	正		
健康服务(HS)	社会保障	废水排放量/万 t		反	
		SO <sub>2</sub> 排放强度		反	
		农村无害化卫生厕所普及率/%		正	
		医疗保险覆盖的人口数量/万人	张天尧等 <sup>[8]</sup>	正	
	公共服务	低收入保障人口比例/%	张天尧等 <sup>[8]</sup>	反	
		社会保障和就业支出在一般预算支出中的比例/%		正	
		文化馆数量/个		正	
		档案馆数量/个		正	
	博物馆数量/个		正		
	体育场地/个	张天尧等 <sup>[8]</sup>	正		

(续表 1)

评价维度	二级指标	三级指标	参考文献来源	指向性	
健康经济(HE)	文化建设	文盲比例/%	Sun, et al. [60]	反	
		每 10 万人口中拥有的受教育程度为大学(大专以上)人数/(人/10 万人)	杨莹等[15]	正	
		全社会研发投入经费占 GDP 比重/%	Yan, et al. [41]	正	
	能源使用	专利申请受理量/件			正
		公共图书馆数/个	张天尧等[8]	正	
		电力消耗量/(亿 kW·h)	Phillis, et al. [19]	反	
		天然气供气总量/万 m <sup>3</sup>		正	
		生产安全	亿元生产总值生产安全事故死亡率/%		反
			人均可支配收入/元	Yan, et al. [41]、Wang, et al. [21]	正
		健康人群(HP)	卫生资源	人均地区生产总值 GDP 指数	
人均 GDP/万元	Phillis, et al. [19]			正	
人均消费支出/元				正	
城镇住户恩格尔系数/%				反	
就业人口/万	丁国胜等[5]			正	
城镇登记失业率/%	韦伯斯特等[25]、Wang, et al. [21]			反	
每千名老年人床位数/张				正	
医疗机构数量/个	张天尧等[8]			正	
医疗卫生机构床位数/张	张天尧等[8]			正	
医院/个				正	
医院床位/张				正	
城镇职工基本养老保险参保率/%				正	
城乡基本养老保险参保率/%				正	
失业保险参保率/%		正			
工伤保险参保率/%		正			
生育保险参保率/%		正			
城镇职工基本医疗保险参保率/%		正			
城乡居民基本医疗保险参保率/%		正			
社会安全	刑事案件立案数/件	张延吉等[43]	反		
健康水平	平均预期寿命/岁	韦伯斯特等[25]、Yan, et al. [41]	正		
	出生率/‰		正		
	死亡率/‰	韦伯斯特等[25]、Yan, et al. [41]	反		
	自然增长率/‰		正		

### 3 数据与方法

#### 3.1 研究范围

珠江三角洲是中国沿海地区最为重要的高质量发展示范区,也是中国城市化水平发展最为迅速的区域,自改革开放以来在经济上获得迅猛发展,尤其是珠三角城市更是创造了“增长奇迹”。作为中国最为发达的城

市群之一,珠三角经济发展带来增长奇迹的同时,也给城市健康发展带来了极大风险。

珠三角地区作为中国城市发展的先锋样本,作为研究案例来探讨健康指数的评价体系,不仅能对区域城市的健康程度进行评估,也能为其他城市的健康指数评估和机制探究提供研究范本。珠三角地区包括广州、深圳、东莞、佛山、珠海、中山、肇庆、江门、惠州共 9 座城市,具体区位见图 2。



图 2 研究范围

Fig. 2 Range of study

注:基于自然资源标注地图服务网站 GS(2019)1822 号标准地图制作,底图边界无修改。

### 3.2 数据来源

本文数据主要来源于统计年鉴、统计公报以及政府网站发布的公共数据,部分数据为某地图下载的矢量数据。统计年鉴主要包括《中国城市统计年鉴 2020》《广东统计年鉴 2021》《广州市统计年鉴》《深圳市统计年鉴》《东莞市统计年鉴》《佛山市统计年鉴》《珠海市统计年鉴》《中山市统计年鉴》《江门市统计年鉴》《惠州市统计年鉴》《肇庆市统计年鉴》,统计公报来源于广东省社科院报告、九大城市环境生态局发布的数据及各政府统计公报,网站公布数据包括中国碳核算数据库(<https://www.ceads.net.cn/>)。本文基于数据的可获得性,文中部分数据则用紧邻年份替代。

### 3.3 研究路线与方法

本研究在国内外相关理论<sup>[35-44]</sup>的基础上,梳理出城市健康指数的评价维度与指标体系,并基于熵权法提出城市健康指数的综合测度方法,在此基础上结合复杂网络方法,构建出健康空间网络,判别空间单元的健康指数特征,见图 3。

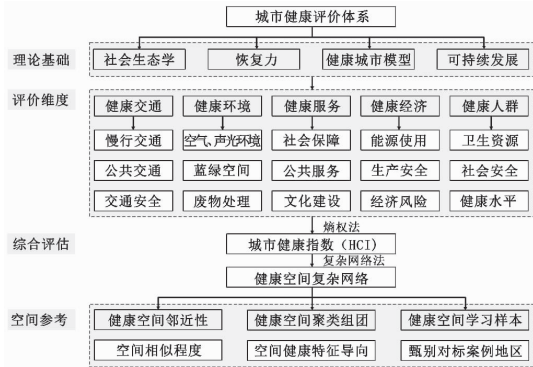


图 3 研究技术路线

Fig. 3 Research technical route

#### 3.3.1 数据处理与权重确定

首先,需要对数据进行标准化处理。由于原始指标数据量纲不统一,为能准确地进行城市健康指数的评估,需要对数据进行无量纲处理与归一化。正向指标表示对健康程度产生积极影响,负向指标表示对健康程度产生消极影响。其次,通过熵权法来确定评价指标的权重。熵权法是通过分析各指标的变化程度或评价对象的指标值差来计算指标权重,若值差越大,则表示指标越重要,赋予的权重也越大。熵权法的计算方法如下:

$$e = \frac{-\sum_{i=1}^n p \ln p}{\ln n}, \quad (1)$$

$$g = 1 - e, \quad (2)$$

$$W_j = \frac{g}{\sum_{j=1}^n g}, \quad (3)$$

其中, $e$  表示求出的熵值, $n$  为评价单元数量, $g$  表示差异系数, $W_j$  表示第  $j$  个指标的权重。

#### 3.3.2 健康空间网络的构建方法

复杂网络是一种基于所有研究对象的内部属性刻画其相互关系的量化方法<sup>[61-62]</sup>。若基于地理空间单元的各维度健康评价指标能构建出所有空间单元的健康空间网络,以测度出不同空间单元间的健康指标的邻近度,为未来城乡规划中甄别出与之邻近的高健康指数单元,作为空间单元对标学习的参考对象,并能以最低成本和最高效率提升地理空间单元的健康指数。构建健康空间网络的主要步骤如下:

第一步,需确定空间单元在指标上的比较优势 (Revealed Comparative Advantage, RCA)。针对具体指标  $i$  而言,若某一空间单元  $c$  的该指标值高于所有空间单元的平均值,则认为空间单元  $c$  在该指标  $i$  上具有比较优势,并将此时的比较优势值  $RCA_{ic}$  记为 1,反之则记为 0。

$$M_i = \frac{\sum_{a=1}^n x_i}{A}, \quad (4)$$

$$RCA_{ic} = \begin{cases} 1, & x_{ic} > M_i, \\ 0, & x_{ic} \leq M_i, \end{cases} \quad (5)$$

其中, $x_{ic}$  表示空间单元  $c$  在指标  $i$  上的比较优势值, $A$  表示空间单元的数量, $RCA_{ic}$  表示空间单元  $c$  在健康评价指标  $i$  上的比较优势值, $M_i$  表示所有空间单元在  $i$  指标上的均值。

第二步,要计算任意空间单元  $c$  与其他空间单元在健康评价指标体系上的邻近性 proximity,以形成两两空间单元之间的  $N * N$  邻近性矩阵。若在诸多健康评价指标上,两空间单元同时具有比较优势的条件概率大,那么这两个空间单元则可认为是具有较强的邻近性。

$\phi_{cd}$ 表示空间单元  $c$  与空间单元  $d$  之间的邻近性。

$$\phi_{cd} = \min \{ P(RCA_{ic} = 1 | RCA_{id} = 1), P(RCA_{ic} = 1 | RCA_{id} = 1) \}. \quad (6)$$

第三步,基于 Gephi 软件,利用 Fruchterman Reingold 算法,对  $N * N$  空间单元之间的邻近性矩阵进行布局可视化,形成所有空间单元构成的健康空间网络,划分组团模块。通过计算每个组团内在各指标上的优势单元数量占组团单元总数量中的比重,作为该组团在指标  $i$  上的特征强度。

$$Density_{im} = \frac{\sum_1^{N_m} RCA_{ic_m}}{N_m}, \quad (m = 1, 2, 3, 4, 5), \quad (7)$$

其中,  $i$  表示任意健康评价指标,  $m$  表示第  $m$  个组团,  $c$  表示任意某区单元,  $N$  表示区单元总数量,  $RCA_{ic_m}$  表示属于第  $m$  组团的任意区单元  $c$  在指标  $i$  上的比较优势值,  $Density_{im}$  表示第  $m$  个组团在  $i$  指标上的特征强度。当正向指标上的特征强度  $Density_i$  高于 50%, 且在所有组团中排在前两名时,则视为该组团在该指标上具有健康特征导向;当负向指标上的  $Density_j$  低于 50%, 且在所有组团中排在最后两名时,则视为该组团在该  $j$  指标上具有健康特征导向。

## 4 实证结果

### 4.1 五维健康评价的空间格局

珠三角健康城市评价指标的空间分布情况如图 4 所示,图 4 见封二。“健康交通”指标见图 4(a)。公交车与出租车运营量最多的城市是广州市、深圳市和佛山市,其次是东莞市、珠海市,外围区域的惠州市、江门市与肇庆市最低;低排放新能源汽车保有量最大的城市是广州市和深圳市,其次是东莞市、珠海市与佛山市,外围区域城市仍然最低;交通事故发生最多的是广州市与东莞市,其次是佛山市与江门市,深圳市、珠海市与外围区域城市的交通事故量最低。可见,深圳市在各项健康交通指标均处于最前列,珠海市在交通指标上也表现尚可,广州、佛山与东莞在绿色出行上表现良好,但交通风险较大。

“健康环境”指标见图 4(b)。全年污染天数最多的城市是江门市、中山市与广州市,其次是东莞市、珠海市与深圳市等城市;  $PM_{2.5}$  浓度最高的是东莞市与广州市,深圳市和珠海市的浓度最低;昼间噪声平均等效声级最高的城市是中山市、珠海市、东莞市,广州与外围区域城市的噪声等级最低;在光污染强度方面,深圳、东莞与中山市的强度最明显,广州的光污染强度居中,外围地区的光污染强度最低。可见,深圳除在光环境指标上表现

差,在空气质量与声环境指标的健康性都位居前列,广州的空气污染时长和声环境表现良好,在颗粒物的排放和光污染强度上居中,珠海市主要表现为空气质量良好,在噪声和光环境管控上表现较差,佛山市和东莞市在空气质量、声环境与光环境上均较差。

“健康服务”指标如图 4(c)。由图 4(c)可知,中山市和外围区域城市的低收入保障人口比重大,深圳市的低收入保障人口比例低;文化馆的数量上,广州市、深圳市远高于其他城市,中山市和东莞市的文化馆数量最低;研发投入占比上,深圳市和佛山市在珠三角经济发达城市中表现最好,外围地区的惠州和江门市也对研发投入较为重视;专利申请量上,深圳、东莞和佛山位居前列,其次是中山和珠海,广州的申请量相对其他城市较低。可以看出,深圳对健康服务指标上的表现较好,重视文化建设,但是在低收入保障人群的比重上还有很大的提升空间;东莞市和中山市的文化设施基础薄弱,但政府部门和市场主体均重视研发技术创新;珠海市在健康服务的各项指标上都表现较好。

“健康经济”指标,体现出“核心 - 外围”的圈层结构,如图 4(d)。在人均可支配收入和人均 GDP 上,内圈层的深圳市、广州市、珠海市、佛山市与东莞市都位居前列,外围区域的惠州市、肇庆市、江门市都处于较低水平;在天然气供气总量上,广州市、深圳市、东莞市和佛山市最高,中山市的天然气供气总量最低;在城镇居民恩格尔系数上,深圳市和佛山市的恩格尔系数最低,其他内圈层城市的恩格尔系数居中,外圈层城市的恩格尔系数都较高。可以看出,内圈层的深圳市和佛山市在经济的健康性方面均表现良好,广州市、珠海市和东莞市需改善城镇居民的恩格尔系数,中山市与外围区域城市在健康经济的指标上均表现不佳。

“健康人群”指标见图 4(e),可以看到各城市在具体指标的空间分布上呈现较为明显的差异。在医疗机构上,广州市与深圳市的医疗机构数量最多,其次是外围区域的惠州市与肇庆市,东莞市、佛山市、中山市和珠海市的医疗机构数量最少;在出生率上,深圳市和广州市位居前列,内圈层的珠海市和佛山市较低;在自然增长率上,深圳市和珠海市最高,广州市与东莞市偏低;在死亡率上,广州市最高,深圳市和中山市的死亡率最低。

基于熵权法对健康城市指数 5 个维度的评价指标进行综合测度,计算得出珠三角每个城市的健康城市指数 HCI。HCI 指数最高的第一梯队城市是广州市与深圳市,第二梯队有东莞市、佛山市与珠海市,第三梯队的城市包括中山市与外围的惠州市、江门市、肇庆市,见图 4(f)。深圳市和广州市是珠三角地区健康水平最高的龙

头城市,这与学界有关研究的结论相吻合,如“清华城市健康指数 2021”对全国众多城市进行评价,提出深圳市排名第一、广州市排名第五,都属于健康水平引领型城市。

进一步分析几大维度优劣势(图5),发现城市间的健康指数呈现显著的差异,如广州和深圳由于各维度均衡发展,没显著短板,所以具有最高的健康指数,这也可

能与地区自身的服务能力、设施配套、城市的健康发展政策息息相关。正视短板问题,可以为区域城市在健康指标的优化上寻找突破口,如东莞市的健康服务短板、佛山市和珠海市的健康人群短板应得到精准施策以提升健康水平,其他健康水平低下的城市则应全面优化城市健康评价指标以寻求突破。

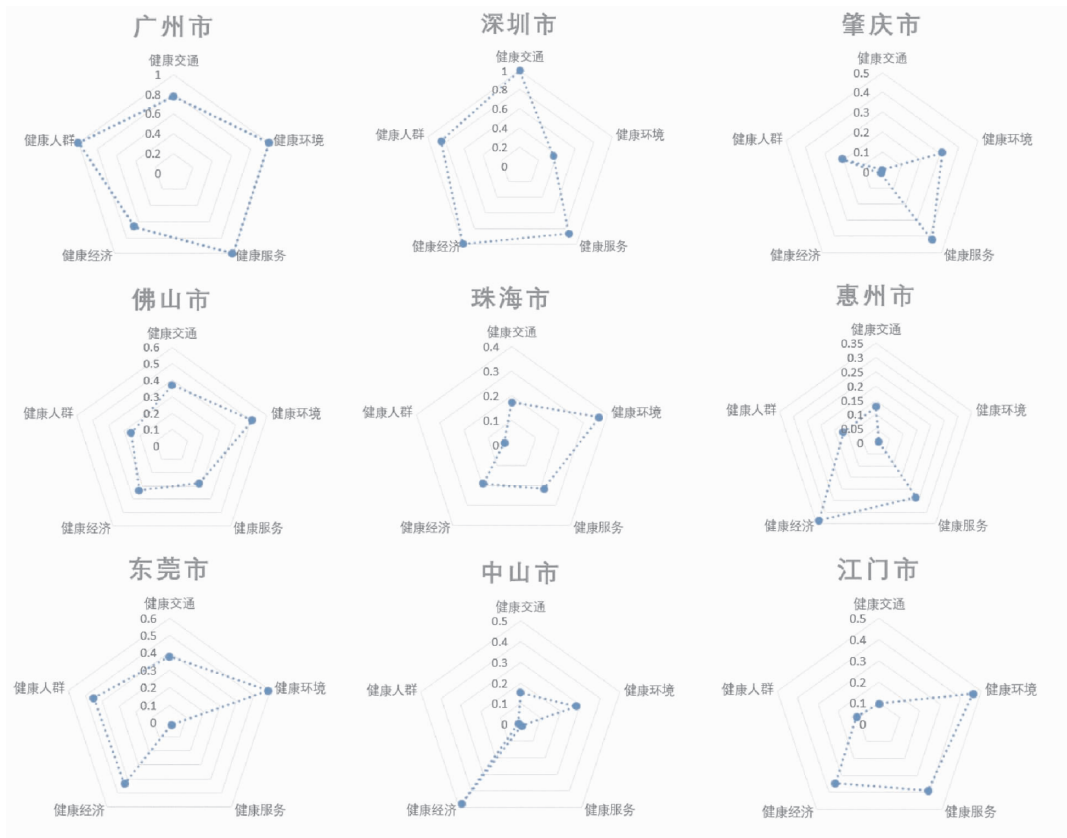


图5 珠三角9市健康城市评价各维度优劣势概况

Fig. 5 The advantages and disadvantages of healthy city evaluation in nine cities of Pearl River Delta

#### 4.2 珠三角地区健康空间网络的特征

测度和评估珠三角城市的健康指数,能了解区域内城市自身的整体健康发展程度,但还需要进一步探讨优化城市健康指数的路径,才能为未来可持续发展提供切实抓手。演化经济地理学下的路径依赖理论认为,不同维度的邻近性(proximity)是地区行为主体知识溢出与相互学习的基础<sup>[63-64]</sup>。基于邻近性理论,在城市健康研究中通过识别特征相似、相互关联的空间单元组团,有利于同一组团内部空间单元间以更高效率、更低成本获得学习效应,有利于针对性弥补短板以促进地区发展。

考虑到市级尺度样本量较少,同时考虑到仅讨论城市间空间而不讨论城市内部的关联特征难以支撑复杂网络构建的科学性。因此,本研究接下来将以珠三角东

岸、西岸城市的下一级尺度“区”级行政单元为研究对象,尝试构建珠三角地区典型城市区尺度下的健康空间网络。由于数据可获得性与完整性的限制,结合珠三角城市的发展特征差异,本研究选取东西两岸的广州市、深圳市、东莞市、珠海市和佛山市五大核心城市为研究对象(图6(a)),由于东莞市不设区,用镇替代,研究对象一共涵盖151个区(镇)。

##### 4.2.1 健康空间网络的构建

本研究在区级层面获取到了健康环境(HEV)、健康服务(HS)、健康经济(HE)和健康人群(HP)的11个完整指标,其中,HEV指标包括单位面积灯光强度、PM<sub>2.5</sub>平均浓度;HS指标包括专利申请数、专利授权数;HE指标包括电力消耗量指标;HP指标包括医疗机构数量、医疗卫生机构床位数、医院个数、出生率、死亡率、自然

增长率。

基于复杂网络的方法,利用区级层面的健康评价指标,形成 11 \* 151 的比较优势矩阵,再通过任意两个空间单元在同一指标上同时具有比较优势的条件概率,计算出所有空间单元之间的 151 \* 151 邻近性矩阵。图 6 (b)反映五大城市 151 个区之间邻近性的热力图,可以看出区与区之间的邻近性分布相对较分散,区之间邻近

性低和邻近性高的空间组合都存在,整体上看邻近性较高的组合较多。以邻近性矩阵为基础,基于复杂网络的布局算法,可构建珠三角地区的健康空间网络。参考复杂网络文献对于相关性阈值的划定,本研究将邻近度  $\phi$  高于 0.65 视作两者具有较强的相关性,因此,以 0.65 为阈值过滤了低邻近性的线条与节点,进而绘制出了珠三角核心城市的健康空间网络。

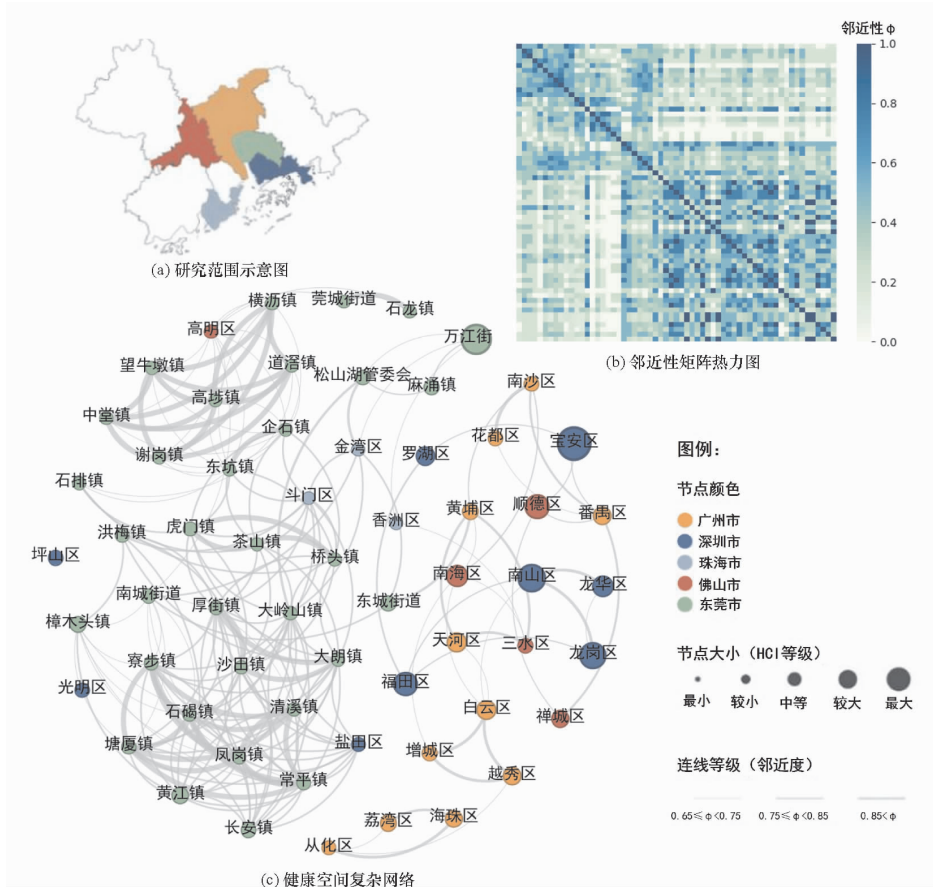


图 6 珠三角核心城市的健康空间网络

Fig. 6 Network of healthy space in core cities of Pearl River Delta

在健康空间网络中,相比于城市间,城市内部区之间的邻近性更强,城市内的区单元普遍集聚在一起。如图 6(c)所示,深圳市的区单元主要分布在网络左部;广州市的区单元集中分布在网络左部,少数分布在网络中下部,整体上与深圳市、佛山市的区单元具有较强邻近性;佛山市的区单元在网络分布较为分散;东莞市内部的镇与镇之间存在强邻近性。整体上看,城市间区单元邻近性较强的分布主要体现在广州与深圳、广州与佛山、深圳与东莞,以及东莞与广州。

#### 4.2.2 健康空间网络的主导组团识别

若对珠三角地区健康空间网络上的所有节点进行聚类,那么同一类组团下的节点是具有最强邻近性的节

点集合,实现高水平发展的空间单元对低水平的空间单元的带动发展。

本研究基于 Gephi 软件对健康空间网络的所有区单元节点进行聚类分析,通过将邻近性相似的节点聚合到同一类组团,通过量化方法来清晰显示出每个区域与其他区之间的邻近性程度,并刻画出每个组团的特征导向(图 7)。由图 7 可以看出,深圳市、广州市与佛山市的部分区单元共同构成了组团 1,东莞以松山湖管委会为代表的镇与深圳盐田区构成组团 2,东莞以横沥镇为代表的镇与佛山市高明区构成组团 3,东莞以厚街镇为代表的镇构成组团 4,广州的老城区海珠区、荔湾区与远郊的从化区构成组团 5。

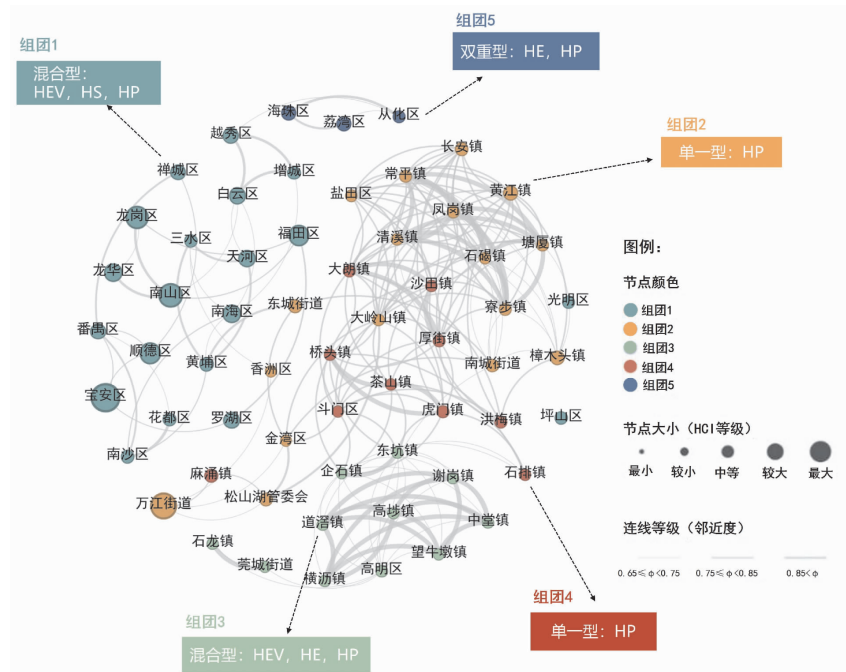


图 7 珠三角地区健康空间网络的五大组团

Fig. 7 Five clusters of network of health space in Pearl River Delta region

图 7 中,组团 1 是以 HEV、HS 和 HP 为主要特征导向的混合型健康组团;组团 2 和组团 4 是以 HP 为特征导向的单一型健康组团;组团 3 是以

HEV、HE 和 HP 为特征导向的混合型健康组团;组团 5 是以 HE、HP 为特征导向的双重型健康组团。五大组团的特征分析见表 2。

表 2 健康空间网络的五大组团的特征分析

Table 2 Characteristics analysis of five clusters in the network of healthy space

健康维度	健康指标	组团 1	组团 2	组团 3	组团 4	组团 5
		Density	Density	Density	Density	Density
健康环境 HEV	PM <sub>2.5</sub> 平均浓度(-)/%	25 (-)	29.4 (-)	18.2 (-)	60 (-)	33.3 (-)
	光污染强度(-)/%	80 (-)	5.8 (-)	0 (-)	0 (-)	0 (-)
健康服务 HS	专利申请数(+)/%	65	0	0	0	0
	专利授权数(+)/%	75	5.9	0	0	0
健康经济 HE	电力消耗量(-)/%	30 (-)	64.7 (-)	0 (-)	80 (-)	0 (-)
健康人群 HP	医疗机构数量(+)/%	35	0	0	0	0
	医疗卫生机构床位数(+)/%	55	5.9	0	0	100
	医院个数(+)/%	0	17.6	0	20	0
	出生率(+)/%	50	100	81.8	90	0
	死亡率(-)/%	35 (-)	0 (-)	100 (-)	100 (-)	100 (-)
	自然增长率(+)/%	50	100	0	60	100
	健康导向	混合型: HEV, HS, HP	单一型: HP	混合型: HEV, HE, HP	单一型: HP	双重型: HE, HP
		PM <sub>2.5</sub> 平均浓度低、专利申请数与授权数高、医疗卫生机构床位数多	医院个数、出生率高、死亡率低、自然增长率高	PM <sub>2.5</sub> 平均浓度低、电力消耗量、出生率高	医院个数、出生率	电力消耗量、医疗卫生机构床位数高、自然增长率
	区数量 N/个	20	17	11	10	3

由表2可知,组团1内的区单元节点大部分具有较高的健康指数HCI,表现为在健康环境、健康服务与健康人群指标上具有较高水平,反映该组团内的节点上注重全方位、多元化地提升健康水平,未来可在健康经济上着力以更大程度提升健康指数;组团2和组团4大多数节点的HCI偏低,主要在健康人群指标上表现较好,但在其他健康维度处于劣势,未来应全面提升健康指标;组团3内的节点整体HCI指数都较低,着力提升在健康服务指标与健康人群的其他诸多指标;组团5应在健康环境、健康服务指标上存在短板。

## 5 结论与讨论

### 5.1 结论

本研究在参考国内外研究健康城市的理论文献上,首先从五大维度出发梳理总结了中国城市的健康指数评价体系,进一步以珠三角地区为例,基于演化经济地理学中的路径依赖与邻近性理论,并结合复杂网络方法,刻画了珠三角地区的健康指数空间格局、各空间单元的健康导向及其组团特征。研究发现,HCI指数最高的第一梯队是广州市与深圳市,第二梯队是东莞市、佛山市与珠海市,第三梯队是中山市与外围的惠州市、江门市、肇庆市。上述结论与国内相关研究报告的结论基本一致,如在《中国城市健康生活报告(2021)》<sup>[65]</sup>中珠三角城市群城市健康生活评价结果显示,健康综合得分位于前列的是广州、深圳、东莞与珠海等,综合得分靠后的是惠州、江门与肇庆等;在《中国卫生健康发展评价报告(2022)》<sup>[66]</sup>中卫生健康发展总体排名前10位中包含深圳市与广州市;在《清华城市健康环境指数》<sup>[67]</sup>中,广州、深圳、珠海位列前5名且评价分档为优秀,可见本文的评价结果具有可靠性。

同时,珠三角健康空间网络可划分为五大主导组团,涵盖以HEV,HS,HP为主要特征导向的混合型健康组团1,以HP为特征导向的单一型健康组团2和组团4,以HEV,HE,HP为特征导向的混合型健康组团3,以及HE,HP为特征导向的双重型健康组团5。这为科学识别出各地区健康发展的短板,并为各地区寻求更高效、更低成本的对标学习地区提供了思路,也为中国城乡规划建设过程中促进城市健康水平提供精细化策略指引。

### 参考文献:

[1] Duhl L J. The healthy city: Its function and its future[J]. Health Promotion International, 1986, 1(1): 55-60.

### 5.2 讨论

本研究基于复杂网络方法构建珠三角城市健康空间网络,识别了特征邻近性强的主导组团。这可为组团内低HCI指数的节点甄选出组团内最邻近、HCI指数最高的最佳对标参考单元,为空间单元在未来城乡规划建设过程中需提升的方向提供了科学的针对性策略建议。以组团1为例,该组团内的健康指数HCI最高的是深圳市的宝安区、南山区与龙岗区,广州市的天河区、白云区与番禺区,佛山市的顺德区与南海区。针对组团1内HCI指数低的广州市南沙区,可对标参考组团内与之最邻近、HCI指数相对较高的广州市番禺区、广州市白云区与佛山市南海区等区域在城乡规划建设过程中采取的利于健康指数提升的相关政策举措,以提升自身HCI水平。

本研究的主要贡献是优化了一套较为完善的中国城市健康指数评价体系,能为其他城市的健康指数评估和机制探究提供研究范本,但仍然存在一些不足,主要体现在以下3个方面:

(1)健康指数评价体系构建的科学性可进一步优化。本研究是基于学界文献梳理出符合中国转型期背景的城市健康发展评价指标体系,然而目前学界诸多研究在评价体系构建上侧重强调评价指标的多维度与全面性,在一定程度上忽略了指标建构的逻辑性。近年来,如何提高评价体系的科学性引起了学者关注,如山东省在构建健康城市评价体系过程中沿用循证医学的评价方法,采用世界卫生组织的DPSEEA框架(“驱动-压力-状态-暴露-效应-干预”),以确定环境、社会经济发展和个体行为等指标与健康的逻辑关系<sup>[68]</sup>,这为后续科学构建评价体系提供了参考思路。

(2)各评价指标的权重确立方法有待优化。本研究在确定评价体系后,是采用熵权法量化各指标在城市健康发展中的权重。熵权法虽然是客观量化权重的方法,但也存在一定的局限性,它未考虑指标间相关性,易导致所确定的权重失真。因此,选择合适的指标权重方法也是未来需提升的方向。

(3)评价样本的数据完整性有待提高。由于区尺度数据的可获得性较低,在城市健康空间网络的构建中仅找到了部分城市的完整指标,这可能使得实证结果产生偏差。因此,未来研究需进一步补充数据样本,以期在城乡建设过程中为城市健康指数的优化提升提供更为科学的参考建议。

- [2] 王楠,朱佩娟,邓凌云,等. 人地关系视角下城市健康状态评估框架与实践[J]. 现代城市研究,2021(8):115-124.
- [3] Rydin Y, Bleahu A, Davies M, et al. Shaping cities for health: Complexity and the planning of urban environments in the 21st century[J]. The Lancet,2012,379(9831):2079-2108.
- [4] Stevenson M, Thompson J, de Sá T H, et al. Land use, transport, and population health: Estimating the health benefits of compact cities[J]. The Lancet,2016, 388(10062):2925-2935.
- [5] 丁国胜,黄叶琨,曾可晶. 健康影响评估及其在城市规划中的应用探讨——以旧金山市东部邻里社区为例[J]. 国际城市规划,2019,34(3):109-117.
- [6] 吴怡沁,田莉. 健康影响评估导向下的城市总体规划:以美国洪堡县总体规划为例[J]. 国际城市规划,2019,34(1):127-133.
- [7] Mueller N, Daher C, Rojas-Rueda D, et al. Integrating health indicators into urban and transport planning: A narrative literature review and participatory process[J]. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2021, 235: 113772.
- [8] 张天尧,刘晏彤,李凌月. 健康影响评估嵌构国土空间规划初探——以广州为例[J]. 城市发展研究,2021,28(6):66-73.
- [9] 余洋,蒋雨芊,李磊. 城市公共空间的健康途径:健康街道的内涵、要素与框架[J]. 中国园林,2021,37(3):20-25.
- [10] 谢剑峰. 苏州市健康城市指标体系研究[D]. 苏州:苏州大学,2005.
- [11] Sallis J F, Owen N, Fisher E. Ecological models of health behavior[J]. Health Behavior: Theory, Research, and Practice, 2015,5:43-64.
- [12] Glanz K, Rimer B K, Viswanath K. Health behavior and health education: Theory, research, and practice[M]. 4th edition. San Francisco: Jossey-Bass/Wiley, 2008.
- [13] 姜玉培,甄峰,王文文,等. 城市建成环境对居民身体活动的影响研究进展与启示[J]. 地理科学进展,2019,38(3):357-369.
- [14] Cote M, Nightingale A J. Resilience thinking meets social theory: Situating social change in socio-ecological systems (SES) research[J]. Progress in Human Geography, 2012, 36(4): 475-489.
- [15] 杨莹,林琳,钟志平,等. 基于应对公共健康危害的广州社区恢复力评价及空间分异[J]. 地理学报,2019,74(2):266-284.
- [16] 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.
- [17] Khomenko S, Nieuwenhuijsen M, Ambros A, et al. Is a liveable city a healthy city? Health impacts of urban and transport planning in Vienna, Austria[J]. Environmental Research, 2020, 183: 109238.
- [18] 田华贤. 基于熵权物元分析模型的城市生态安全综合评价[J]. 生态科学,2012,31(1):81-86.
- [19] Phillis Y A, Kouikoglou V S, Verdugo C. Urban sustainability assessment and ranking of cities[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2017, 64: 254-265.
- [20] Su M, Xie H, Yue W, et al. Urban ecosystem health evaluation for typical Chinese cities along the Belt and Road[J]. Ecological Indicators, 2019, 101: 572-582.
- [21] Wang Y, Ding Q, Zhuang D. An eco-city evaluation method based on spatial analysis technology: A case study of Jiangsu Province, China[J]. Ecological Indicators, 2015,58:37-46.
- [22] Rafael S, Correia L P, Ascenso A, et al. Are green roofs the path to clean air and low carbon cities? [J]. Science of the Total Environment, 2021, 798: 149313.
- [23] Louro A, Marques da Costa N, Marques da Costa E. Sustainable urban mobility policies as a path to healthy cities—The case study of LMA, Portugal[J]. Sustainability, 2019, 11(10): 2929.
- [24] Barten F, Akerman M, Becker D, et al. Rights, knowledge, and governance for improved health equity in urban settings [J]. Journal of Urban Health, 2011, 88(5): 896-905.
- [25] 普蕾米拉·韦伯斯特,丹尼丝·桑德森,著;徐望悦,赵晓菁,译. 健康城市指标——衡量健康的适当工具? [J]. 国际城市规划,2016,31(4):27-31.
- [26] Lelieveld J, Evans J S, Fnais M, et al. The contribution of outdoor air pollution sources to premature mortality on a global scale[J]. Nature, 2015, 525(7569): 367-371.

- [27] Lee A, Nakamura K. Engaging diverse community groups to promote population health through healthy city approach: Analysis of successful cases in western pacific region[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(12): 6617.
- [28] Nieuwenhuijsen M J. New urban models for more sustainable, liveable and healthier cities post covid19; reducing air pollution, noise and heat island effects and increasing green space and physical activity[J]. *Environment International*, 2021, 157: 106850.
- [29] Bunds K S, Casper J M, Hipp J A, et al. Recreational walking decisions in urban away-from-home environments: The relevance of air quality, noise, traffic, and the natural environment[J]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2019, 65: 363-375.
- [30] Browning M H E M, Rigolon A, McAnirlin O. Where greenspace matters most: A systematic review of urbanicity, greenspace, and physical health[J]. *Landscape and Urban Planning*, 2022, 217: 104233.
- [31] Nieuwenhuijsen M J. New urban models for more sustainable, liveable and healthier cities post covid19; reducing air pollution, noise and heat island effects and increasing green space and physical activity[J]. *Environment International*, 2021, 157: 106850.
- [32] Hilmers A, Hilmers D C, Dave J. Neighborhood disparities in access to healthy foods and their effects on environmental justice[J]. *American Journal of Public Health*, 2012, 102(9): 1644-1654.
- [33] 玄泽亮,魏澄敏,傅华. 健康城市的现代理念[J]. *上海预防医学杂志*, 2002(4): 197-199.
- [34] 林静,周钰荃,袁媛,等. 邻里环境对居民健康的影响及其差异——基于广州市28个社区的结构方程模型[J]. *现代城市研究*, 2020(4): 9-17.
- [35] 袁媛,陈玉洁,刘晔,等. 广州社区绿化环境对居民自评健康的邻里影响[J]. *地理学报*, 2021, 76(8): 1965-1975.
- [36] 谢波,凌昌隆,王兰. 城市街道模式对交通安全的影响研究——以武汉市主城区为例[J]. *城市规划*, 2022, 46(8): 75-83.
- [37] 许婧雪,谌丽,张文忠. 建成环境是否影响居民健康生活方式? ——基于北京22个社区的实证分析[J]. *地理科学进展*, 2021, 40(4): 660-670.
- [38] 许燕婷,冯建喜,陈曦. 交通性体力活动与空气污染暴露交互作用下的健康综合效应评价——以南京市为例[J]. *地理研究*, 2021, 40(7): 1963-1977.
- [39] 吴一洲,杨佳成,陈前虎. 健康社区建设的研究进展与关键维度探索——基于国际知识图谱分析[J]. *国际城市规划*, 2020, 35(5): 80-90.
- [40] 谭少华,高银宝,李立峰,等. 社区步行环境的主动式健康干预——体力活动视角[J]. *城市规划*, 2020, 44(12): 35-46, 56.
- [41] Yan D, Wu S, Zhou S, et al. Healthy city development for Chinese cities under dramatic imbalance: Evidence from 258 cities[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2021, 74: 103157.
- [42] 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.
- [43] 张延吉,邓伟涛,赵立珍,等. 城市建成环境如何影响居民生理健康? ——中介机制与实证检验[J]. *地理研究*, 2020, 39(4): 822-835.
- [44] 浙江卫生. 杭州市如期完成国家健康城市标准体系和评估体系编制工作[EB/OL]. (2009-03-17)[2012-06-03]. [http://www.zjwst.gov.cn/art/2009/3/17/art\\_176\\_51271.html](http://www.zjwst.gov.cn/art/2009/3/17/art_176_51271.html).
- [45] 疾病预防控制局. 《全国健康城市评价指标体系(2018版)》政策解读[EB/OL]. (2018-04-18)[2023-05-25]. <http://www.nhc.gov.cn/jkj/s5899/201804/3e855d7a4a744638a8cf59679f50d75c.shtml>.
- [46] 柴彦威,刘伯初,刘瑜,等. 基于多源大数据的城市体征诊断指数构建与计算——以上海市为例[J]. *地理科学*, 2018, 38(1): 1-10.
- [47] Avila-Palencia I, Panis L I, Dons E, et al. The effects of transport mode use on self-perceived health, mental health, and social contact measures: A cross-sectional and longitudinal study[J]. *Environment International*, 2018, 120: 199-206.
- [48] De Nazelle A, Nieuwenhuijsen M J, Ant6 J M, et al. Improving health through policies that promote active travel: A review of evidence to support integrated health impact assessment[J]. *Environment International*, 2011, 37(4): 766-777.
- [49] 陈思旭. 重庆市新能源汽车替代使用的健康收益价值评估[D]. 昆明: 云南大学, 2019.

- [50] Rodrigues E M S, Villaveces A, Sanhueza A, et al. Trends in fatal motorcycle injuries in the Americas, 1998—2010[J]. *International Journal of Injury Control and Safety Promotion*, 2014, 21(2): 170-180.
- [51] Watts N, Amann M, Arnell N, et al. The 2018 report of the Lancet Countdown on health and climate change: Shaping the health of nations for centuries to come[J]. *The Lancet*, 2018, 392(10163): 2479-2514.
- [52] Basu B, Murphy E, Molter A, et al. Investigating changes in noise pollution due to the COVID-19 lockdown: The case of Dublin, Ireland[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2021, 65: 102597.
- [53] Rojas-Rueda D, Morales-Zamora E, Alsufyani W A, et al. Environmental risk factors and health: An umbrella review of meta-analyses[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(2): 704.
- [54] Yue D, Ruan S, Xu J, et al. Impact of the China healthy cities initiative on urban environment[J]. *Journal of Urban Health*, 2017, 94(2): 149-157.
- [55] Chen Y, Yuan Y. The neighborhood effect of exposure to blue space on elderly individuals' mental health: A case study in Guangzhou, China[J]. *Health & Place*, 2020, 63: 102348.
- [56] Sun F, Zhang J, Ma J, et al. Evolution of the Spatial-temporal pattern and social performance evaluation of community sports and fitness venues in Shanghai[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 19(1): 274.
- [57] Maslow A, Lewis K J. Maslow's hierarchy of needs[J]. *Salenger Incorporated*, 1987, 14(17): 987-990.
- [58] Cereijo L, Gullón P, Cebrecos A, et al. Access to and availability of exercise facilities in Madrid: An equity perspective[J]. *International Journal of Health Geographics*, 2019, 18(1): 1-10.
- [59] Rong P, Zheng Z, Kwan M P, et al. Evaluation of the spatial equity of medical facilities based on improved potential model and map service API: A case study in Zhengzhou, China[J]. *Applied Geography*, 2020, 119: 102192.
- [60] Sun S, Chen J, Johannesson M, et al. Regional differences in health status in China: Population health-related quality of life results from the National Health Services Survey 2008[J]. *Health & Place*, 2011, 17(2): 671-680.
- [61] Hidalgo C A, Klinger B, Barabási A L, et al. The product space conditions the development of nations[J]. *Science*, 2007, 317(5837): 482-487.
- [62] 张文佳, 季纯涵, 谢森锴. 复杂网络视角下时空行为轨迹模式挖掘研究[J]. *地理科学*, 2021, 41(9): 1505-1514.
- [63] Boschma R, Minondo A, Navarro M. Related variety and regional growth in Spain[J]. *Papers in Regional Science*, 2012, 91(2): 241-256.
- [64] 李珊, 宋雨儒, 秦小珍, 等. 金融危机背景下珠三角产业演化模式及机制研究——基于行业空间网络的视角[J]. *地理科学进展*, 2021, 40(4): 635-646.
- [65] 黄钢, 钱芝网, 俞立平. 中国城市健康生活报告(2021)[M]. 上海: 社会科学文献出版社, 2021.
- [66] 张焕波, 孙珮, 崔璨, 等. 2022年中国卫生健康发展评价报告[M]//中国国际经济交流中心, 中国医药集团有限公司, 飞利浦(中国)投资有限公司. 中国卫生健康发展评价报告(2022). 上海: 社会科学文献出版社, 2022: 1-64.
- [67] 清华大学. 清华城市健康环境指数[EB/OL]. (2021-06-03)[2023-05-25]. <https://www.cn-healthcare.com/article/20210603/content-555569.html>.
- [68] 袭燕. 科学编制健康城市指数 精准推动健康山东建设[J]. *健康中国观察*, 2022(1): 52-54.

【责任编辑: 卓祯雨】

(内文见第 16 页)

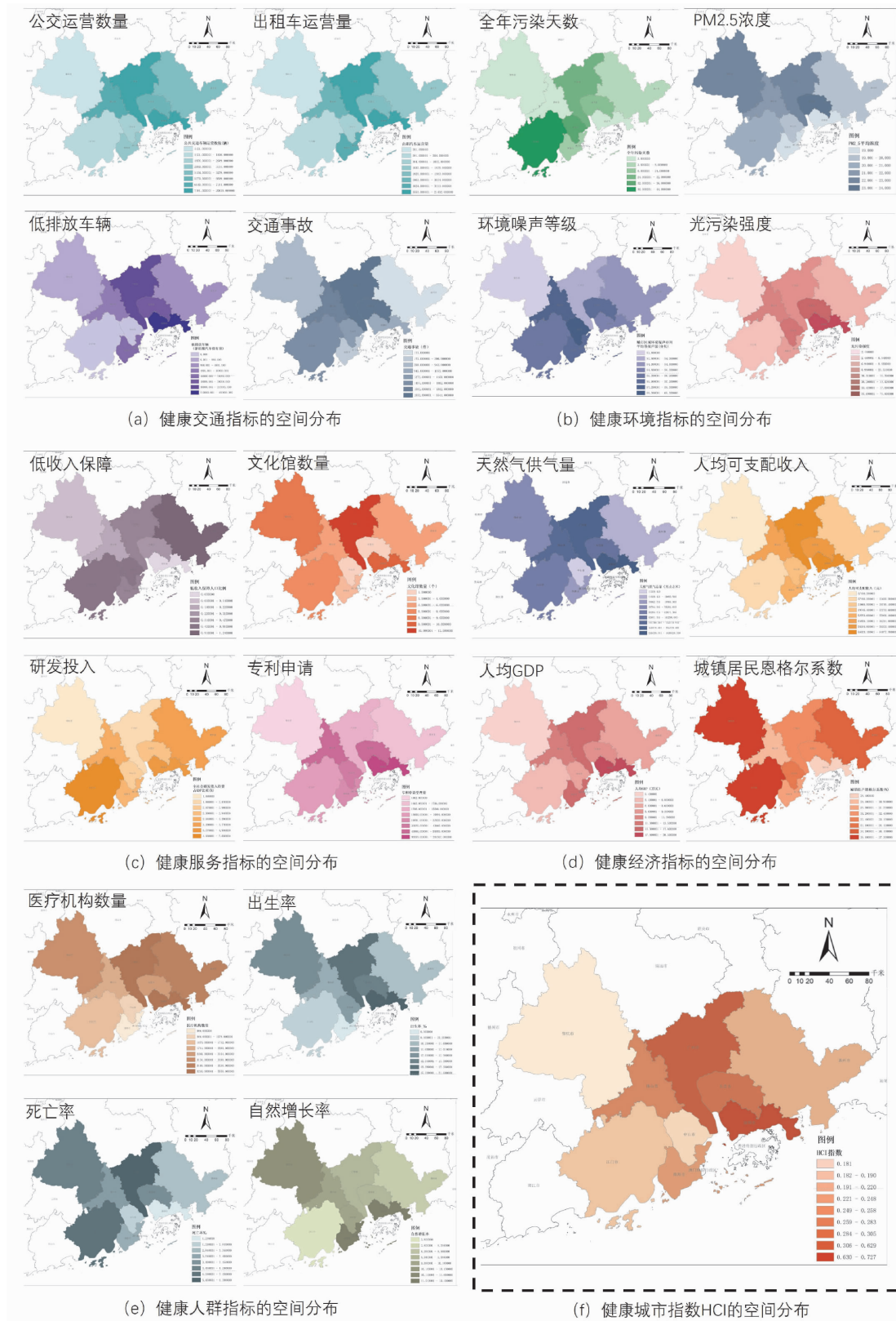


图 4 珠三角健康城市评价指标的空间分布情况

Fig. 4 Spatial distribution of evaluation indicators of healthy cities in Pearl River Delta

注:基于自然资源标注地图服务网站 GS(2019)1822 号标准地图制作,底图边界无修改。