

引用格式:王芳,朱明稳,陈崇旺,等.基于步行指数与人口空间格局的城市健康资源公平性:以广州市中心城区为例[J].资源科学, 2021, 43(2): 390-402. [Wang F, Zhu M W, Chen C W, et al. Equity of urban health resources based on walkability and spatial distribution of population: A case study of the central urban area of Guangzhou City[J]. Resources Science, 2021, 43(2): 390-402.] DOI: 10.18402/resci.2021.02.16

基于步行指数与人口空间格局的城市健康资源公平性

——以广州市中心城区为例

王芳,朱明稳,陈崇旺,肖莹,张旭曦

(广东财经大学地理与旅游学院,广州 510320)

摘要:城市健康资源的合理布局是影响城市居民身心健康和生活质量的重要因素。本文以广州市中心城区为例,利用POI(兴趣点)、路网、Sentinel-2A遥感影像与人口统计数据等,在耦合步行指数以及土地-人口多元线性回归模型的基础上,通过秩相关系数与空间叠加分析的方法综合探究城市健康资源公平性。结果表明:①广州市中心城区健康资源的步行性较高,步行指数高值区与低值区混合分布,形成了多中心圈层递减的格局;②人口空间格局的区域差异较大,人口数量以荔湾区中部、越秀区西南部、海珠区西北部及天河区南部为中心向四周递减;③人口数量与步行指数显著相关,但低-高类与高-低类公平性空间占比达40%,城市健康资源公平性仍有较大的提升空间;④城市健康资源的区域供需关系不平衡,其中自然健康资源最为匮乏且布局不尽合理。为了促进城市健康资源步行公平性最大化,其配置应综合考量区域人口需求量、资源类型与数量、步行出行的可达性与便捷性。研究可为区域健康资源的空间布局优化与供需平衡提升提供科学参考。

关键词:城市健康资源;公平性;步行指数;人口;空间化;多元线性回归;广州市

DOI: 10.18402/resci.2021.02.16

1 引言

随着城市经济高速发展,大城市人口数量急剧增加,生活方式发生极大变化,交通拥堵、空气污染、传染病与慢性非传染性疾病患病率上升等问题日益突出,城市居民的健康正受到巨大威胁。健康作为人类生存的基本权利,具有公共性^[1],在社会经济的可持续发展过程中起着至关重要的作用^[1,2]。2013年广州市人民政府印发《广州市建设健康城市规划(2011—2020年)》,确定了营造健康环境、完善基础设施建设等主要任务^[3]。2015年联合国可持续发展峰会正式通过17个可持续发展目标,其中“良好的健康与福祉”强调了健康的生活方式^[4]。2019

年健康中国行动推进委员会印发《健康中国行动(2019—2030)》文件,提出要形成有利于健康的生活方式、社会环境与生态环境,提高人民健康水平^[5]。在城镇化、工业化、人口老龄化、生态环境问题突出的综合背景下,医院、公园及体育场馆等城市健康资源对居民的生理和心理具有积极作用,但同时亦具有一定的稀缺性。其需求持续增长与总体供给不足之间的矛盾依然突出,健康领域与经济社会发展的协调性有待增强。因此,分析当前城市健康资源的空间布局及其与人口需求的匹配程度,对构建健康的生活环境、引导居民形成健康的生活方式、缓解城市健康资源的供需矛盾具有重要作用。

收稿日期:2020-04-17;修订日期:2020-07-31

基金项目:广东省科技创新战略专项资金项目(pdjh2020a0232);广东省教育厅科研项目(2019WTSCX034);教育部人文社会科学研究青年基金项目(14YJCZH145)。

作者简介:王芳,女,山东德州人,博士,讲师,研究方向为健康地理。E-mail: wwwfff1228@163.com

2021年2月

早期国外研究对健康资源的探讨主要集中在医疗健康领域,其关注的是人的身体机能,疾病的传播、预防与治理,及环境与身体健康之间的关系^[6-9]。伴随着城市的发展,人体健康在不同区域中的差异日益明显。公共健康工作者自20世纪80年代开始发现个人健康并不仅仅与免疫系统及身体机能有关联性,还受自然与社会环境的共同影响,是否具有身体、精神、社会的良好状态成为了健康定义中的重要部分^[7]。城市健康资源与社会学、经济学、地理学、环境科学等学科的联系也日趋紧密,其可达性、公平性与效益成为国外学者关注的重点部分^[10-12],如Anand^[11]认为健康直接影响人的福祉,其公平性与人最基本的自由和机会密切相关。

国内对城市健康资源及其公平性的研究起步稍晚,但亦取得了一系列成果。在研究对象方面,主要包括绿地资源^[13-15]、医疗资源^[16,17]、健身设施^[18,19]等城市健康资源,但针对总体城市健康资源的研究^[20,21]仍然较少。在研究方法方面,主要包括最短距离法与相关分析、协同区位商^[21]、重力型两步移动搜索法^[22]等方法。在众多研究方法中,步行指数(Walk Score)作为一种衡量空间邻近性、舒适性、便捷性的步行性测度方法^[23],综合考虑了距离衰减、街区长度、道路交叉口密度等因素,使得测度结果具有较高的准确性,目前已被广泛应用于经济学和社会学等领域,如Brewster^[24]、Jones^[25]认为步行环境的改善以及步行可达性的提高对人体健康有着积极的影响。顾浩等^[26]从健康视角探讨步行指数、人口与空气污染的综合评价;陈曦等^[27]通过比较步行指数与污染物的空间格局分析建成环境的健康效应。

伴随着城市居民健康意识的增强,城市健康资源需求量增加与步行出行不便之间的矛盾日趋凸显,通过不健康的出行方式来追求健康资源的现象十分普遍。在此背景下,将步行指数引入到城市健康资源布局的研究中,对提高城市健康资源的综合效益具有较大意义。从研究趋势看,21世纪以来,城市发展的重心已逐渐从效率转变为舒适度,城市规划应以全面的视角去整合人民的福祉和环境,研究城市健康资源更要把人口、行为方式等问题纳入考虑范围。在结合人口问题时,人口数据空间化作

为一种精细化人口空间格局的有效途径^[28-30],有着较为丰富的研究成果,众多方法与模型可为城市健康资源公平性的分析提供更为精确的数据源。

总体来讲,现有研究通过多种方法对绿地资源、医疗资源等城市健康资源进行了较为广泛的探讨,取得了丰富的成果,对构建公平社会及健康社会具有一定的实践意义,但仍存在以下不足:第一,城市健康资源种类繁多,不同类型的健康资源相互影响、相辅相成,其区别、联系、公平性及对人体健康的综合效益仍有较大探讨空间;第二,研究空间单元有待进一步细分,简单地以行政区、街道或街区作为研究单元会难以准确刻画研究区域内部的健康资源公平性及差异;第三,现有研究主要通过设施的聚集程度或距离上的可达性,测度城市健康资源的布局合理性,未综合考虑距离、道路交叉口密度等空间因素的衰减规律以及居民出行的实际情景与需求。

本文以广州市中心城区为研究区,以规则格网为研究单元,利用POI(兴趣点)数据、路网数据、遥感数据、人口统计数据等数据源,从人本角度出发,在计算城市健康资源步行指数与建立人口数据空间化模型的基础上,结合秩相关系数与空间叠加分析,综合测度城市健康资源的公平性,为合理配置城市健康资源、建设健康的城市生活环境提供参考依据。

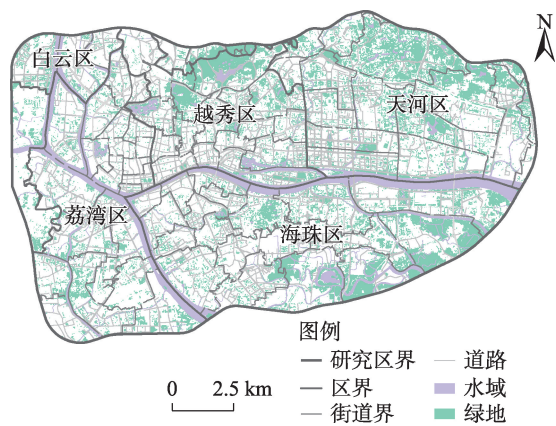
2 研究区概况、数据来源与研究方法

2.1 研究区概况

广州市地处广东省中南部,2018年下辖11个行政区,总面积7334.4 km²,常住人口1449万人,是中国重要的中心城市和综合交通枢纽。参考现有研究^[14],本文确定的广州市中心城区范围为广州环城高速内的区域(图1),总面积约为222 km²,占全市总面积的3%,涉及白云区、越秀区、荔湾区、海珠区、天河区5个行政区82个街道,总人口约为451万人,占全市总人口的31%。人口的高度集聚导致城市健康资源的需求量大幅增加,但现有健康资源布局不尽合理,未能较好地满足人口需求。

2.2 数据来源与预处理

本文的数据主要包括5类:POI数据、路网数



据、遥感数据、行政区划与人口统计数据。其中:①POI和路网数据:来源于2018年高德地图数据库并经过筛选、清洗与裁剪等预处理;②遥感数据:使用Sentinel-2A卫星2018年3月11日的遥感影像(空间分辨率10 m)并进行了辐射定标、大气校正等预处理,数据来源为欧洲航空局数据开放平台(<https://scihub.copernicus.eu/>);③行政区划根据广东省自然资源厅网站(<http://nr.gd.gov.cn/>)2018年发布的行政区划图进行矢量化;④街道人口统计数据:收集自各行政区2018年统计年鉴。

目前涉及城市健康资源定义与分类的研究较少,因此本文参考姜玉培等^[20]、冉钊等^[21]的研究,结合《广州市国土空间总体规划(2018—2035年)》^[31]等规划文件,将城市健康资源定义为:对居民的生理和心理健康均具有积极影响的城市资源,表现为通过提供环境或服务来提高人体健康水平的空间实体,兼具自然属性和社会属性。依据功能的不同,

将城市健康资源分为医疗、体育、自然3个Ⅰ类8个Ⅱ类资源:①医疗健康资源。指具有疾病预防、治疗及疗养功能的服务场所,分为社区卫生服务中心、诊所及药店3个Ⅱ类资源。由于本文选择步行指数来衡量城市健康资源的布局合理性,相关规划文件中的“15分钟生活圈”亦不包含医院的配置,故未将医院纳入步行指数的测度范围。②体育健康资源。指可供居民进行体育锻炼的场地,分为运动场馆与健身中心2个Ⅱ类资源。③自然健康资源。指具有一定的生态环境效益且能供居民进行游憩、休闲的资源。根据《城市绿地分类标准》CJJ/T85-2017^[32],本文将自然健康资源划分为公园绿地、广场绿地及区域绿地3个Ⅱ类资源。

此外,由于各类城市健康资源的需求量及重要性各不相同,本文使用德尔菲法为其赋予了权重,最终得到城市健康资源分类及权重表(表1)。根据分类权重表,在高德地图数据开放平台获取研究区各类城市健康资源的POI,得到广州市中心城区健康资源的空间分布(图2)。

2.3 研究方法

2.3.1 步行指数

步行指数可反映从起始点到城市健康资源之间的步行性,主要受目的地的类型与数量、步行距离以及步行环境的影响^[26]。计算步骤主要为:计算仅考虑步行距离的基础步行指数,计算经过道路交叉口密度与街区长度衰减的面域步行指数。

(1)基础步行指数

基础步行指数是每个起始点到目的地的距离得分,城市健康资源的种类越多、步行距离越近,基

表1 城市健康资源分类与权重

Table 1 Classification of urban health resources and weights

Ⅰ类	Ⅰ类权重	Ⅱ类	Ⅱ类权重
医疗健康资源	0.4	社区卫生服务中心	0.14
		诊所	0.12
		药店	0.14
体育健康资源	0.3	运动场馆	0.21
		健身中心	0.09
自然健康资源	0.3	公园绿地	0.12
		广场绿地	0.09
		区域绿地	0.09
总计	1.0	总计	1.00

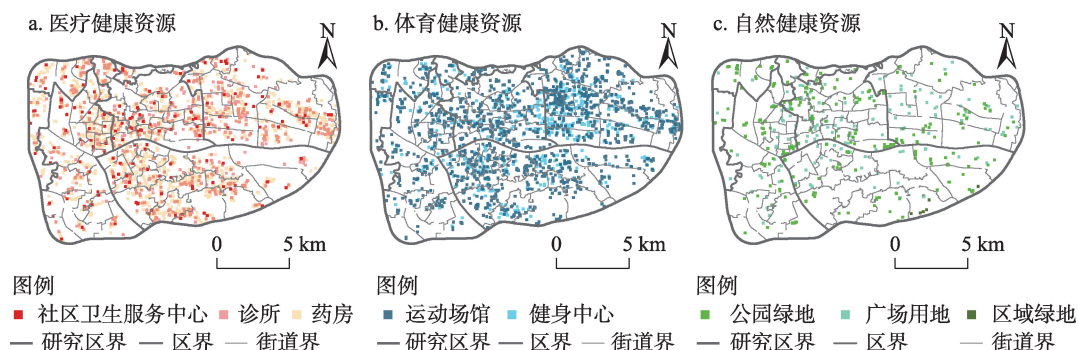


图2 2018年广州市中心城区健康资源空间分布

Figure 2 Spatial distribution of health resources in the central urban area of Guangzhou City, 2018

础步行指数就越高。由于行人的步行意愿会随距离的增加呈现一定的衰减规律,故本文参考 Walk Score 的计算方法^[23],作如下假设:目的地距离起始点 0.4 km(步行 5 分钟)以内时,步行指数无衰减;目的地距离起始点 0.4~1.6 km(步行 5~20 分钟)时,步行指数逐渐衰减原来的 12%;目的地距离起始点 1.6~2.4 km(步行 20~30 分钟)时,步行指数逐渐衰减为 0;直到目的地距离起始点大于 2.4 km(步行大于 30 分钟)时,步行指数完全衰减,即该距离以外的目的地不影响起始点的步行指数。距离衰减曲线如图 3 所示。将研究区划分为 200 m × 200 m 大小、均匀分布的格网后,以每个格网的中心为起始点,利用 ArcGIS 网络分析建立路网 OD 成本矩阵,根据城市健康资源分类权重表,计算每个起始点到不同类型城市健康资源的基础步行指数。公式如下:

$$W_a = \sum_{b=1}^n m_b \times f(d) \times 100 \quad (1)$$

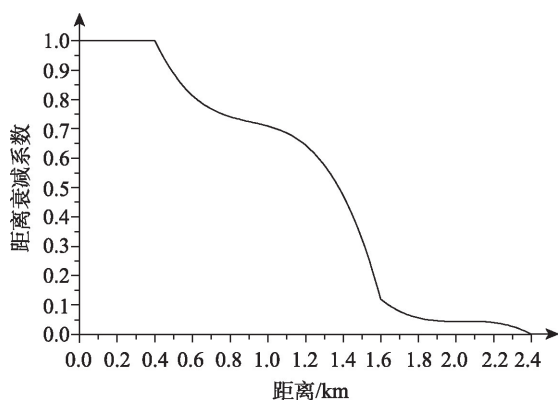


图3 距离衰减曲线

Figure 3 Distance decay curve

式中: W_a 为第 a 个格网的基础步行指数; n 为 II 类城市健康资源的数量; m_b 为第 b 个 II 类城市健康资源的权重; $f(d)$ 为距离 d 对应的距离衰减系数。

(2) 步行指数衰减

参照已有研究^[23],道路交叉口密度越大、街区长度越小,从起始点步行至目的地的路程就越短,便捷程度越高。故设定道路交叉口密度与街区长度的衰减指数对基础步行指数进行衰减处理(表 2)。衰减指数根据不同的道路交叉口密度与街区长度分级而变化,范围为 0.00~0.05。

最后,通过普通克里金法对各个格网中心点的步行指数进行空间插值,将各类城市健康资源的步行指数相加,即得到综合健康资源的步行指数。

2.3.2 土地-人口多元线性回归模型

城市健康资源的合理布局除了需要考虑道路的连通性与设施的步行可达性,还需要评价与人口需求的匹配程度。因此,为使研究区人口需求精细化,为后续的公平性评价打下基础,本文将基于土地利用分类进行人口数据空间化。人口数据空间化是指通过与人口空间分布相关的因子构建量化模型,将人口统计数据从不规则面状区域尺度转向均匀分布的格网尺度^[33]。常见的方法有副指数模型^[34]、核密度估计模型^[35]、土地-人口多元线性回归模型^[36-38]等。其中,土地-人口多元线性回归模型具有构建简单、模拟结果较为可控^[28]等优势,已得到较为广泛的应用。具体步骤如下:

(1) 土地利用分类

对遥感影像进行辐射定标、大气校正等预处理

表2 道路交叉口密度与街区长度衰减率

Table 2 Decay rate of intersection density and block length

交叉口密度/(个/km ²)	衰减指数	街区长度/m	衰减指数
(77, +∞)	0.00	[0, 120]	0.00
(57, 77]	0.01	(120, 150]	0.01
(47, 57]	0.02	(150, 165]	0.02
(35, 47]	0.03	(165, 180]	0.03
(23, 35]	0.04	(180, 195]	0.04
[0, 23]	0.05	(195, +∞)	0.05

后,结合《广州市国土空间总体规划(2013—2018年)》,运用目视解译与监督分类将广州市中心城区土地分为耕地、林地、草地、建设用地、水域、其他用地6类(图4)。利用谷歌卫星影像进行分类精度评价,可知总体分类精度为95.266%,Kappa系数为0.939。基于此结果,假设区域内人口在建设用地、耕地、草地等生产和生活用地内均匀分布,构建格网尺度的土地-人口多元线性回归模型。

(2)模型构建与校正

本文以广州市中心城区2018年82个街道的人口统计数据为因变量,各街道土地利用类型的面积为自变量,构建土地-人口多元线性回归模型并进行校正。模型的一般形式为:

$$P_i = \sum_{j=1}^c \varepsilon_j \times S_{ij} \quad (2)$$

式中: P_i 为 i 街道统计人口(人); ε_j 为 j 类土地利用类型经过逐步多元线性回归得到的人口系数(人/km²); S_{ij} 为 j 类土地利用类型在 i 街道中的面积

(km²); c 为土地利用类型数。由于多元线性回归模型须符合“无土地则无人口”原则^[33],故模型不设常数项。

此外,由于模型的假设为相同土地利用类型及土地面积下人口不变,而街道间的统计人口及土地利用类型存在差异,为确保各街道内格网模拟人口之和等于该街道的统计人口,减少模拟人口的误差,须设定模型校正系数^[35]:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{P_i}{P'_i} \times \varepsilon_j \quad (3)$$

式中: ε_{ij} 表示 i 街道 j 类土地利用类型的人口系数(人/km²); P'_i 为通过 ε_j 模拟得到的 i 街道人口(人); P_i 与 ε_j 含义同上。

校正后的系数即可用于计算研究区200 m格网尺度的人口。

(3)精度检验及误差分析

得到各街道格网模拟人口后,需要与统计人口进行比较。模拟人口误差的计算公式为:

$$\mu_i = \frac{|P'_i - P_i|}{P_i} \times 100\% \quad (4)$$

式中: μ_i 为 i 街道模拟人口误差。

最后,对各街道统计人口与格网模拟人口进行拟合分析,通过拟合优度确定二者间的拟合程度。

2.3.3 公平性评价

秩相关系数(Coefficient of Rank Correlation)是通过成对变量的秩代替实际数据来反映相关程度的统计指标。为分析城市健康资源的步行性与人口需求的等级相关性,参考尹海伟等^[13]对公平性的研究,引入斯皮尔曼秩相关系数(Spearman Rank Correlation)与肯德尔秩相关系数(Kendall Rank Correlation)作为统计分析指标,通过定序变量相关

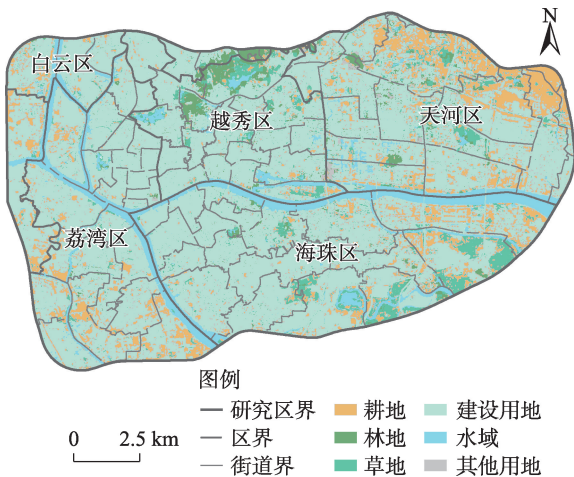


图4 2018年广州市中心城区年土地利用类型

Figure 4 Land use of the central urban area of Guangzhou City, 2018

2021年2月

分析测度城市健康资源的空间公平性。

斯皮尔曼秩相关系数 S 的计算公式如下:

$$S = 1 - \frac{6 \sum R_i^2}{x(x^2 - 1)} \quad (5)$$

式中: x 表示秩的数量; R_i 表示第 i 对变量秩的差。

肯德尔秩相关系数 K 的计算公式如下:

$$K = 1 - \frac{4N}{x(x^2 - 1)} \quad (6)$$

式中: x 表示秩的数量; N 表示通过变量的等级计算的非一致对数目。

通常来说,空间公平性被用于衡量日常生活设施布局对居民需求的满足程度,而需求与性别、年龄、经济收入等属性特征密切相关。但由于上述属性特征难以被精细化,故本文以人口数量代表需求量,即人口数量与城市健康资源步行指数等级相关性越高,公平性就越高,反之亦然。此外,在等级相关性的基础上,本文还将利用 ArcGIS 的叠加分析 (Overlay Analyst) 对城市健康资源的步行指数与人口数量进行叠加,定量测度城市健康资源的空间公平性,并将人口-城市健康资源的公平性空间分为低-低、低-高、高-低、高-高 4 类,以揭示其空间差

异与分布规律;同时利用空间统计工具计算各类公平性空间的面积占比,为发现城市健康资源分布不合理的区域、科学调配资源、改善区域不平衡现状提供依据。

3 结果与分析

3.1 城市健康资源步行指数

基于居民日常步行出行的视角,通过研究区 POI、路网等数据,利用 ArcGIS 计算广州市中心城区格网中心点到各类城市健康资源的基础步行指数,并使用道路交叉口密度、街区长度等空间因素对基础步行指数进行衰减处理,得到广州市中心城区健康资源步行指数的空间分布(图 5)。

总体来看,城市健康资源步行指数的区域差异明显,呈现出高值区与低值区交错、多中心散乱分布的状态。其中,新中轴线(从天河区猎德街道到兴华街道)所在区域步行指数较高,原因为该区域聚集了广州市的商业、体育、文化等中心,交通便捷,医疗、体育健康资源配置相对集中、完善。受中轴线的辐射作用,其东、西两侧的区域亦有较高的步行指数。

医疗健康资源整体有较高的步行性。高值区

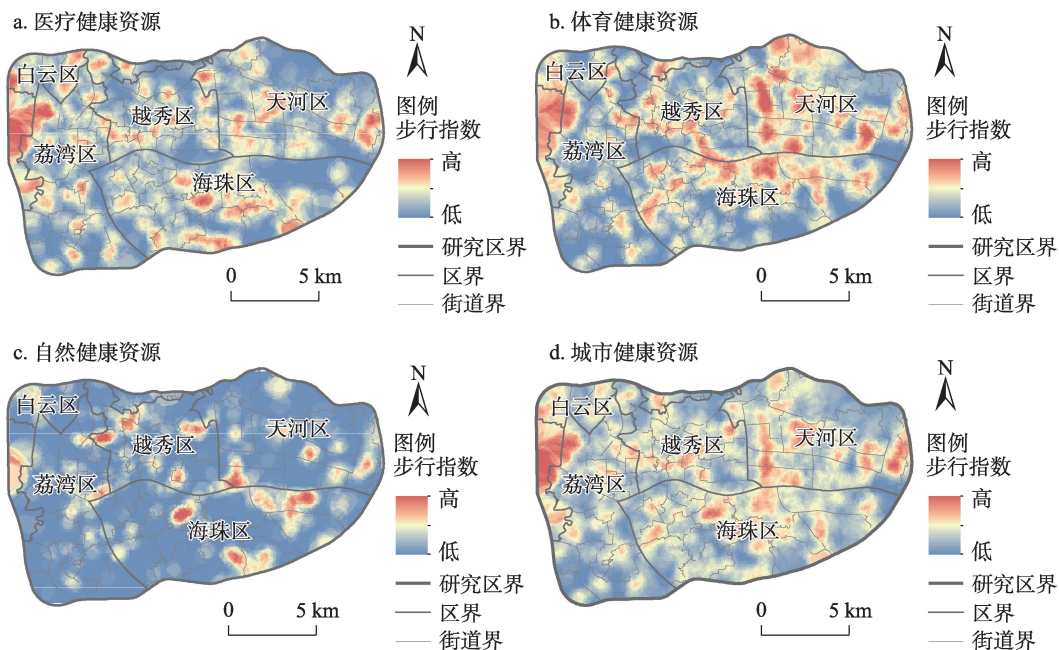


图 5 2018 年广州市中心城区健康资源步行指数

Figure 5 Walkability of health resources in the central urban area of Guangzhou City, 2018

在荔湾区和越秀区的分布较为均匀,在天河区集中于西南部,在海珠区则集中于中部及南部。这反映出医疗健康资源往往集聚在人口密集的区域,新区及高校聚集区域的医疗健康资源配置往往容易被忽略。

体育健康资源的步行指数亦较高,并呈现出明显的聚集状态。其高值区主要位于越秀区西南部、海珠区北部及天河区的西南部等商业中心集中的区域。

自然健康资源的步行指数除零星分布的高值区外,其余大部分区域均偏低,区域分布不均衡,连通性较差,且空间上与医疗、体育健康资源少有重叠。其中的高值区几乎都覆盖于大型公园绿地、区域绿地及其周边,如白云区的滨江公园、越秀区的越秀公园、天河区的华南植物园、荔湾区的醉观公园以及海珠区的海珠国家湿地公园。由于广州市中心城区自然健康资源分布较为零散,且难以直接产生经济效益,其步行指数低值区分布范围广泛,步行性较差。

3.2 人口空间格局

基于街道人口统计数据与土地利用分类数据,建立土地-人口多元线性回归模型,并进行系数的校正,最终模拟出研究范围内200 m格网尺度的人口数据。经过模型检验与精度分析,人口模拟结果与统计数据的拟合优度(R^2)为0.997,97.56%的误差小于8%,平均误差为2.72%,总体模拟精度较高。

由图6可知,人口数量的高值格网聚集在荔湾区东北部、越秀区西南部及海珠区西北部,并呈现以高值格网为中心向四周逐步递减的空间格局,形成该空间格局的原因主要是,上述区域处于广州市旧中轴线(越秀区虹桥街道到海珠区滨江街道)上,经过了较长的城市化历程,人口聚集程度较大。此外,1987年天河体育中心的建设推动了天河新城区的高速建设与发展,使得广州的城市空间格局发生改变,最终形成了天河区石牌街道人口聚集的格局。

广州市中心城区东部的人口数量低值格网集中在海珠区琶洲街道,其位于广州市新城市副中心,开发时间较短,人口聚集程度较低。南部的低值格网集中在海珠区南洲街道,其植被覆盖率较

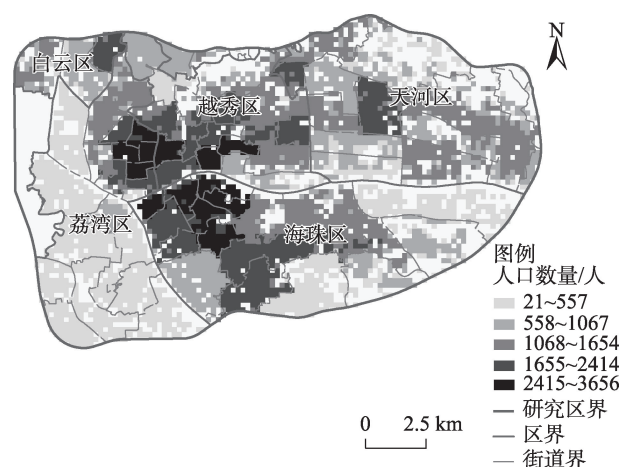


图6 2018年广州市中心城区人口空间格局

Figure 6 Spatial distribution of population in the central urban area of Guangzhou City, 2018

高,居住用地较少。西部的低值格网主要分布于荔湾区,因该区域大部分街道与城市中心距离较远,加上历史文化保护等原因,其南部人口相对较少。北部的低值格网则主要分布于天河区五山街道,覆盖有较多高校、研究所等,居住用地及人口的分布均比较稀疏。

3.3 城市健康资源公平性

相关分析结果如表3所示,相关系数结果均采用双尾检验。结果表明:城市健康资源步行指数与人口数量之间呈现出显著的正相关,肯德尔与斯皮尔曼相关系数分别为0.093与0.134,反映出人口需求大的区域城市健康资源的步行性往往较高。其中,医疗、体育健康资源步行指数与人口数量呈显著正相关,说明医疗、体育健康资源合理配置的区域人口相对较多,人口的聚集也会促使其所在区域的医疗、健康资源数量增加与步行性改善。自然健康资源步行指数与人口数量间则存在负相关关系,表明在人口密集区域,自然健康资源数量较少且布局分散、步行性较差。然而,城市健康资源步行指数与人口数量虽然存在上述关系,但相关性较弱,肯德尔秩相关系数与斯皮尔曼秩相关系数的绝对值均小于0.2。这是因为医疗、体育健康资源的配置往往会考虑区位优势,而非居民步行视角下的可达性、便捷性,同时自然健康资源很大程度上受限于环境条件,以上综合导致城市健康资源的步行指数与人口数量未能较好地匹配。

表3 人口与城市健康资源步行指数相关分析

城市健康资源	肯德尔秩相关系数	显著性(双尾)	斯皮尔曼秩相关系数	显著性(双尾)
医疗健康资源	0.133**	0.000	0.181**	0.000
体育健康资源	0.073**	0.000	0.066**	0.000
自然健康资源	-0.053**	0.000	-0.067**	0.000
城市健康资源	0.093**	0.000	0.134**	0.000

注:**表示在0.01级别(双尾)相关性显著。

将人口数据空间化的结果与城市健康资源步行指数进行叠加分析,可得到人口与城市健康资源步行性的4类公平性空间(图7)及占比(图8)。在总体的城市健康资源中,各类公平性空间的大小关系为低-低类空间>低-高类空间>高-高类空间>高-低类空间。其中:高-高类空间集中在研究区的中心地带,由西至东排列于越秀区西南部、海珠区西北部及天河区南部的街道,占比18%;低-低类空间则分散在外围的街道,占比42%,与高-高类空间共占60%,说明广州市中心城区的人口需求与健康资源步行性的匹配程度为60%,空间公平性较为一般。低-高类空间主要分布于天河区西南部的猎德街道、冼村街道和天河南街道,占比24%,该区域的

城市健康资源配置较为完善、步行性较高,但由于居住成本亦相对较高,故人口较少,对城市健康资源的需求相对较低,最终形成了供过于求的局面。高-低类空间集中于荔湾区东北部、海珠区西部的街道,这些街道多为老城区,人口聚集程度大,但可能由于早期的规划未能合理配置城市健康资源,导致其人口需求与城市健康资源的步行性不平衡,公平性较差。

在医疗健康资源中,公平性空间的分布整体上与城市健康资源较为接近,低-低类空间与高-高类空间共计占比64%,医疗健康资源步行指数与人口需求间的公平性较高。其中:低-低类空间分布在天河区中部、海珠区东部与荔湾区南部的街道,占

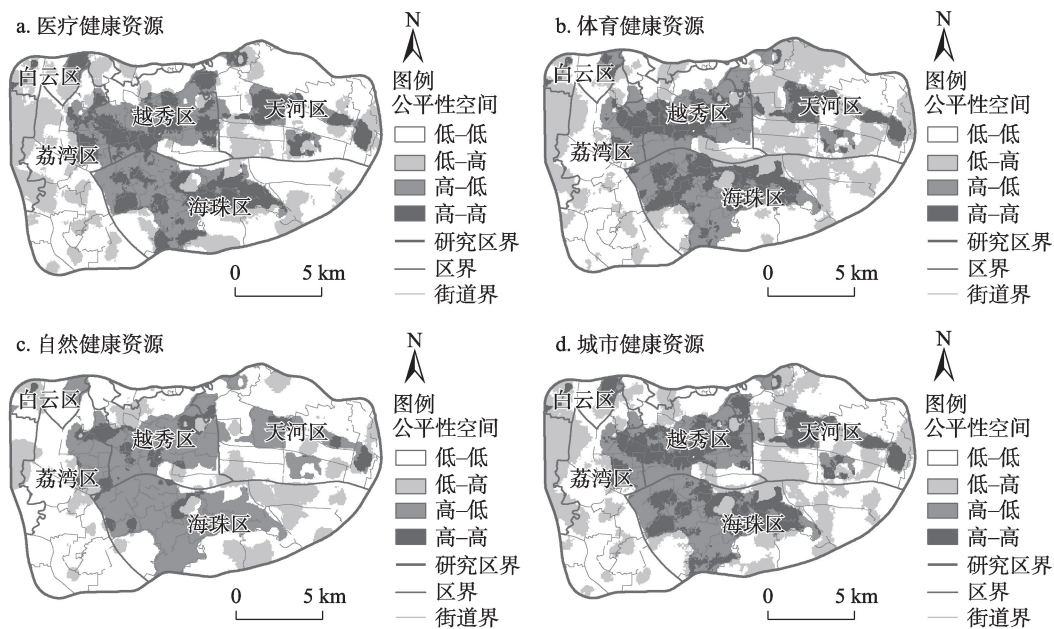


图7 2018年广州市中心城区人口-城市健康资源公平性空间

Figure 7 Equity space of population-urban health resources in the central urban area of Guangzhou City, 2018

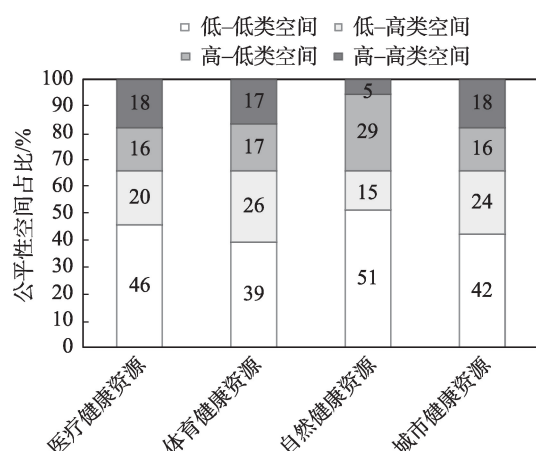


图8 人口-城市健康资源公平性空间占比

Figure 8 Proportion of equity space of population-urban health resources

比46%。高-高类空间由西至东排列于越秀区西南部、海珠区西北部及天河区南部的街道,占比18%。低-高类空间分布于天河区西南部、以及荔湾区,占比20%,该区域医疗资源过剩,可进行适度的调配。高-低类空间亦同样位于荔湾区东北部、海珠区西部及越秀区的老城区,占比为16%,居民在日常步行出行过程中难以到达社区卫生服务中心、诊所等医疗健康资源,数量与布局均待改善。

体育健康资源呈现出与医疗健康资源类似的公平性空间格局,但各类公平性空间占比略有不同,大小关系为低-低类空间>低-高类空间>高-高类空间=高-低类空间。其中,低-高类空间增加至26%,在天河区西部及海珠区的东部呈“C”型分布:天河区五山街道高校较多,高校配套的运动场馆大多对公众开放,可供周边居民进行体育锻炼,猎德街道、冼村街道是商业发展热点,市场的导向作用使得许多盈利性的健身中心集聚在此区域。但由于高校众多或商业发达的区域居民相对较少,故呈现低人口需求、高体育健康资源步行指数的公平性空间。

自然健康资源则与医疗、体育健康资源公平性空间格局存在较大差异,各类公平性空间的大小关系为低-低类空间>高-低类空间>低-高类空间>高-高类空间。其中:低-低类空间明显较大,占比51%,分布在研究区的外围。高-高类空间明显较少,占比仅为5%,零星分布在荔湾区的岭南街道、越秀区的六榕街道、黄花岗街道、海珠区的新港街

道及天河区的石牌街道,这些区域多为大型公园及广场的所在地,如荔湾区的广州文化公园、越秀区的流花湖公园与广州动物园。低-低类空间与高-高类空间共计占比56%。此外,低-高类空间亦相对较少,占比为15%,这类空间主要分布在天河区西南部以及海珠区东部的街道,天河区西南部是广州最大的广场——花城广场的所在地,广场周边为商务区,人口较少;海珠区东部为琶洲会展中心所在地,公园、广场等配套资源完善,但居住区较少,人口稀疏。低-低类空间占比很大,表明在广州市中心城区在高强度的空间开发下,自然健康资源相对稀缺,较少出现供大于求的情形;但高强度的空间开发也造成了高-低类空间占比高达29%的情况,荔湾区中部、越秀区西南部及海珠区西北部等人口需求较大的区域难以匹配相应的自然健康资源,绿地的破碎化程度高、数量少、步行性差等问题仍然亟待解决。

4 结论、建议与展望

4.1 结论

本文基于步行指数与土地-人口多元线性回归模型,通过相关分析和空间叠加探究广州市中心城区健康资源的公平性,得出结论如下:

(1)广州市中心城区的健康资源步行指数总体较高,具有较好的步行性,表明了城市中心区域的健康资源配置较为完善。但与此同时,区域之间的差异仍然较为明显,高值区与低值区混合分布,形成了多中心圈层递减的空间格局。

(2)广州市中心城区人口空间格局的区域差异较大。人口的高值区主要集聚在荔湾区东北部、越秀区西南部及海珠区西北部,并呈现向四周递减的趋势;天河区南部的石牌街道亦形成了人口高值中心并向四周递减;人口整体呈现双中心圈层递减的空间格局。

(3)从趋势上看,广州市中心城区城市健康资源的步行性与人口需求间存在着显著的相关性,但相关系数较小,二者间的匹配性有待加强。从空间上看,低-低类与高-高类公平性空间所占的比例仅为60%,低-高类与高-低类空间占比为40%,整体上形成了低-低类空间在外围、其余类别空间在中心交错分布的格局。

(4)总体来看,广州市中心城区健康资源的公平性仍有较大的提升空间,其中老区供不应求以及新区供过于求的问题较为突出,在城市健康资源的布局过程中应综合考虑资源的类型、数量、步行可达性、便捷性以及区域人口的需求,提高城市健康资源的步行性与人口需求的匹配程度,减少低-高类与高-低类公平性空间的占比,实现公平性的最大化。

4.2 建议

在城市化进程中,城市居民的健康正面临着日趋严峻的挑战,建设健康城市成为了城市规划和发展的长期趋势与必然要求。城市健康资源作为城市中最重要资源之一,其合理布局直接影响居民的身体健康、生活质量乃至经济的可持续发展。鉴于此,本文提出如下建议:

(1)城市健康资源配置应考虑更大的辐射范围。当前的城市健康资源配置如果仅针对小区、街道等单独或局部的空间进行,则容易造成区域之间互不关联、各自为政的情况,使得城市健康资源的综合效益受到限制。因此,扩大范围并不仅是增加数量,而是在配置的过程中考虑更高效的辐射能力,提高城市健康资源与区域人口需求乃至整体城市体系的契合度。

(2)推进城市健康资源的系统化、综合化。在天河区的猎德街道、冼村街道等经济发展水平较高的区域,对商业利益的追求导致大量盈利性的健身中心聚集,体育健康资源类型单一,各类对市民开放的运动场馆相对欠缺。城市健康资源的配置不应局限于单一的类型,而应形成多种类型聚集的综合系统,最大程度地提高资源的综合效益。

(3)促进城市健康资源与公共交通、慢行交通的结合。在大城市中,交通拥堵、空气污染等城市问题十分突出,城市的中心城区通常更为严重。在人们到达各类城市健康资源的过程中,更应该减少各类城市问题对出行过程的负面影响。为此,城市健康资源的布局应考虑公共交通网络与人行道路的可达性、便捷性、出行环境质量;其次,公共交通网络与人行道路的建设也应尽可能地覆盖更多的城市健康资源,最终增加城市健康资源与健康出行方式的联系程度,实现二者的相互促进。

4.3 展望

本文从步行出行的角度出发,借鉴步行指数的计算方法对设施分类权重作出调整,使其适用于城市健康资源的布局合理性测度,在一定程度上拓展了城市健康资源的研究方法。但囿于数据可获取性,本文还存在一定的局限:

(1)现有研究对城市健康资源类别的划分标准不尽相同,研究结果的代表性也因此存异。如医院的步行出行需求虽然较小,未被纳入社区15分钟生活圈的规划目标,但其作为一种重要的医疗资源,能够在一定程度上弥补社区卫生服务中心布局不合理所带来的缺陷,后续的研究仍应完善城市健康资源的分类,探讨各类城市健康资源的综合效益。

(2)城市居民的性别、年龄、收入等社会学因素均会影响对城市健康资源的需求,各类城市健康资源的重要性、步行距离衰减规律亦随之不同,故仍需深入调查社会人口特征、居民出行习惯与健康资源需求,细化分类权重与距离衰减函数,使其与实际情况更加相符。

(3)在对人口空间格局的分析中,土地-人口多元线性回归模型提升了公平性分析结果的精细化程度,但难以反映人口分布的某些随机特征。针对不同的数据源,格网的适宜尺度亦不尽相同^[35]。在日后的研究中,还应通过提高土地利用分类精度、引入更多数据源、对格网的适宜尺度进行评价等方式,进一步降低模型局限性与尺度效应带来的误差。

参考文献(References):

- [1] 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. [Yang Y, Lin L, Zhong Z P, et al. Comprehensive evaluation and spatial differentiation of community resilience in Guangzhou based on response of the city to public health hazards[J]. Acta Geographica Sinica, 2019, 74(2): 266-284.]
- [2] 李友梅,肖瑛,黄晓春. 当代中国社会建设的公共性困境及其超越[J]. 中国社会科学, 2012, (4): 125-139. [Li Y M, Xiao Y, Huang X C. The "publicity" dilemma in the social construction of contemporary China and how it can be transcended[J]. Social Sciences in China, 2012, (4): 125-139.]
- [3] 广州市人民政府办公厅. 广州市建设健康城市规划(2011-2020年)[EB/OL]. (2013-02-06) [2020-02-14]. <http://www.gz.gov.cn/>

- zwgk/fggw/sfbgtwj/content/mpost_4757955.html. [General Office of Guangzhou Municipal People's Government. Healthy City Planning of Guangzhou (2011–2020)[EB/OL]. (2013–02–06) [2020–02–14]. http://www.gz.gov.cn/zwgk/fggw/sfbgtwj/content/mpost_4757955.html.]
- [4] United Nations. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development[R/OL]. (2017–04–27) [2020–02–14]. <https://sdgs.un.org/2030agenda>.
- [5] 健康中国行动推进委员会. 健康中国行动(2019–2030)[EB/OL]. (2019–07–15) [2020–02–14]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-07/15/content_5409694.htm. [Healthy China Promotion Committee. Healthy China Action (2019–2030) [EB/OL]. (2019–07–15) [2020–02–14]. http://www.gov.cn/xinwen/2019-07/15/content_5409694.htm.]
- [6] 萧明. “积极设计”营造健康城市: 支持健康生活方式的城市规划设计新视角[J]. 国际城市规划, 2016, 31(5): 80–88. [Xiao M. Building an active city with active design: A new perspective of urban planning and design supporting healthy living[J]. Urban Planning International, 2016, 31(5): 80–88.]
- [7] WHO. Constitution of the World Health Organization[C]. Geneva: World Health Organization, 1994.
- [8] Hancock T. The evolution, impact and significance of the healthy cities/healthy communities movement[J]. Journal of Public Health Policy, 1993, 14: 5–18.
- [9] Kearns R A. Place and health: Towards a reformed medical geography[J]. The Professional Geographer, 1993, 45(2): 139–147.
- [10] Hayes M. Man, disease and environmental associations: From medical geography to health inequalities[J]. Progress in Human Geography, 1999, 23(2): 289–296.
- [11] Anand S. The concern for equity in health[J]. Journal of Epidemiology and Community Health, 2002, 56(7): 485–487.
- [12] Panelli R, Gallagher L, Kearns R. Access to rural health services: Research as community action and policy critique[J]. Social Science & Medicine, 2006, 62(5): 1103–1114.
- [13] 许泽宁, 高晓路, 王志强, 等. 中国地级以上城市公园绿地服务水平评估: 数据、模型和方法[J]. 地理研究, 2019, 38(5): 1016–1029. [Xu Z N, Gao X L, Wang Z Q, et al. Evaluation of the service of parks in Chinese urban areas[J]. Geographical Research, 2019, 38(5): 1016–1029.]
- [14] 陆砚池, 方世明. 均衡和效率双重视角下武汉市主城区公园绿地空间布局优化研究[J]. 长江流域资源与环境, 2019, 28(1): 68–79. [Lu Y C, Fang S M. Study on the spatial distribution optimization of park green spaces in the main city of Wuhan from the perspective of both equilibrium and efficiency[J]. Resources and Environment in the Yangtze Basin, 2019, 28(1): 68–79.]
- [15] 杨丽娟, 杨培峰, 陈炼. 城市公园绿地供给的公平性定量评价: 以重庆市中心城区为例[J]. 中国园林, 2020, 36(1): 108–112. [Yang L J, Yang P F, Chen L. Quantitative evaluation on the equity of park green space provision: A case study of central district of Chongqing[J]. Chinese Landscape Architecture, 2020, 36(1): 108–112.]
- [16] 季琳, 吴晓, 陆筱恬. 武汉市中心城区医疗设施供给水平研究[J]. 现代城市研究, 2020, (11): 42–52. [Ji L, Wu X, Lu X T. Research on the supply level of medical facilities in Wuhan central area[J]. Planning and Design, 2020, (11): 42–52.]
- [17] 于臻宁, 李志英, 王晓云, 等. 昆明中心城区医疗设施布局公平性研究[J]. 西部人居环境学刊, 2019, 34(3): 76–81. [Yu C N, Li Z Y, Wang X Y, et al. Research on medical facilities fairness of spatial layout in Kunming City[J]. Journal of Human Settlements in West China, 2019, 34(3): 76–81.]
- [18] 林海, 施璐. 基于GIS空间分析的城市公共体育设施空间优化整合研究: 以沈阳市为例[J]. 沈阳体育学院学报, 2019, 38(5): 41–46. [Lin H, Shi L. Optimization and integration of urban public sports facilities space based on GIS spatial analysis: A case study of Shenyang City[J]. Journal of Shenyang Sport University, 2019, 38(5): 41–46.]
- [19] 蔚芳, 王鑫. 基于2SFCA法的杭州体育活力空间可达性评价[J]. 城市规划, 2019, 43(11): 112–119. [Wei F, Wang X. Measuring spatial accessibility to physical activity spaces in Hangzhou using 2SFCA method[J]. City Planning Review, 2019, 43(11): 112–119.]
- [20] 姜玉培, 甄峰, 孙鸿鹄. 基于街区尺度的城市健康资源空间分布特征: 以南京中心城区为例[J]. 经济地理, 2018, 38(1): 85–94. [Jiang Y P, Zhen F, Sun H H. Spatial characteristics of urban health resources at block scale: A case study of central urban area of Nanjing[J]. Economic Geography, 2018, 38(1): 85–94.]
- [21] 冉钊, 周国华, 张鸿辉, 等. 城市健康资源与人口分布空间关联性: 以长沙中心城区为例[J]. 资源科学, 2019, 41(8): 1488–1499. [Ran Z, Zhou G H, Zhang H H, et al. Spatial correlation between urban health resources and population distribution: A case study of the central urban area of Changsha City[J]. Resources Science, 2019, 41(8): 1488–1499.]
- [22] 许基伟, 方世明, 刘春燕. 基于G2SFCA的武汉市中心城区公园绿地空间公平性分析[J]. 资源科学, 2017, 39(3): 430–440. [Xu J W, Fang S M, Liu C Y. Spatial equity of public green in Wuhan central districts based on gravity two-step floating catchment area method[J]. Resources Science, 2017, 39(3): 430–440.]
- [23] 卢银桃, 王德. 美国步行性测度研究进展及其启示[J]. 国际城市规划, 2012, 27(1): 10–15. [Lu Y T, Wang D. Walkability measuring in America and its enlightenment[J]. Urban Planning International, 2012, 27(1): 10–15.]
- [24] Brewster M. Walkscore.com: A New Methodology to Explore Associations between Neighborhood Resources, Race, and Health[C]. Pennsylvania: 137th APHA Annual Meeting and Exposition,

2021年2月

- 2009.
- [25] Jones L I. Investigating Neighborhood Walkability and Its Association with Physical Activity Levels and Body Composition of a Sample of Maryland Adolescent Girls, *Epidemiology and Biostatistics* [M]. Maryland: ProQuest Dissertations Publishing, 2010.
- [26] 顾浩, 周楷宸, 王兰. 基于健康视角的步行指数评价优化研究: 以上海市静安区为例[J]. *国际城市规划*, 2019, 34(5): 43-49. [Gu H, Zhou K C, Wang L. Improvement of walk score from the perspective of public health: Jing'an District of Shanghai as a case study[J]. *Urban Planning International*, 2019, 34(5): 43-49.]
- [27] 陈曦, 冯建喜. 基于步行性与污染物暴露空间格局比较的建成环境健康效应: 以南京为例[J]. *地理科学进展*, 2019, 38(2): 296-304. [Chen X, Feng J X. Health effects of built environment based on a comparison of walkability and air pollution: A case study of Nanjing City[J]. *Progress in Geography*, 2019, 38(2): 296-304.]
- [28] 符海月, 李满春, 赵军, 等. 人口数据格网化模型研究进展综述[J]. *人文地理*, 2006, 21(3): 115-119. [Fu H Y, Li M C, Zhao J, et al. Summary of grid transformation models of population data[J]. *Human Geography*, 2006, 21(3): 115-119.]
- [29] 林丽洁, 林广发, 颜小霞, 等. 人口统计数据空间化模型综述[J]. *亚热带资源与环境学报*, 2010, 5(4): 10-16. [Lin L J, Lin G F, Yan X X, et al. Spatialization models of census data: A review[J]. *Journal of Subtropical Resources and Environment*, 2010, 5(4): 10-16.]
- [30] 柏中强, 王卷乐, 杨飞. 人口数据空间化研究综述[J]. *地理科学进展*, 2013, 32(11): 1692-1702. [Bai Z Q, Wang J L, Yang F. Research progress in spatialization of population data[J]. *Progress in Geography*, 2013, 32(11): 1692-1702.]
- [31] 广州市人民政府.《广州市国土空间总体规划(2018-2035年)》草案公示[EB/OL]. (2019-06-13) [2020-02-14]. http://www.gz.gov.cn/hdjl/yjzj/myzj/content/post_5881930.html. [Guangzhou Municipal Government. Public Announcement of the Draft of "Guangzhou National Territory Master Plan(2018-2035)"[EB/OL]. (2019-06-13) [2020-02-14]. http://www.gz.gov.cn/hdjl/yjzj/myzj/content/post_5881930.html.]
- [32] 中国住房和城乡建设部. CJJ/T85-2017, 城市绿地分类标准[S/OL]. (2017-11-28) [2020-02-14]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201806/t20180626_236545.html. [Ministry of Housing and Urban-Rural Development of China. CJJ/T85-2017, Classification Standard of Urban Green Space[S/OL]. (2017-11-28) [2020-02-14]. http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201806/t20180626_236545.html.]
- [33] 董南, 杨小唤, 蔡红艳. 人口数据空间化研究进展[J]. *地球信息科学学报*, 2016, 18(10): 1295-1304. [Dong N, Yang X H, Cai H Y. Research progress and perspective on the spatialization of population data[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2016, 18(10): 1295-1304.]
- [34] 冯健, 周一星. 近20年来北京都市区人口增长与分布[J]. *地理学报*, 2003, 58(6): 903-916. [Feng J, Zhou Y X. The growth and distribution of population in Beijing metropolitan area (1982-2000)[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2003, 58(6): 903-916.]
- [35] 吕安民, 李成名, 林宗坚, 等. 人口统计数据的空间分布化研究[J]. *武汉大学学报(信息科学版)*, 2002, 27(3): 301-305. [Lv A M, Li C M, Lin Z J, et al. Spatial distribution of statistical population data[J]. *Geomatics and Information Science of Wuhan University*, 2002, 27(3): 301-305.]
- [36] 田永中, 陈述彭, 岳天祥, 等. 基于土地利用的中国人口密度模拟[J]. *地理学报*, 2004, 59(2): 283-292. [Tian Y Z, Chen S P, Yue T X, et al. Simulation of Chinese population density based on land use[J]. *Acta Geographica Sinica*, 2004, 59(2): 283-292.]
- [37] 叶靖, 杨小唤, 江东. 乡镇级人口统计数据空间化的格网尺度效应分析: 以义乌市为例[J]. *地球信息科学学报*, 2010, 12(1): 40-47. [Ye J, Yang X H, Jiang D. The grid scale effect analysis on town leveled population statistical data spatialization[J]. *Journal of Geo-Information Science*, 2010, 12(1): 40-47.]
- [38] 唐奇, 许新宜, 俞淞, 等. 基于GIS的人口空间离散化方法及其应用: 以北方地区为例[J]. *北京师范大学学报(自然科学版)*, 2012, 48(6): 654-658. [Tang Q, Xu X Y, Yu S, et al. Population spatial distribution and its application based on GIS: Case of northern China[J]. *Journal of Beijing Normal University (Natural Science)*, 2012, 48(6): 654-658.]

Equity of urban health resources based on walkability and spatial distribution of population:

A case study of the central urban area of Guangzhou City

WANG Fang, ZHU Mingwen, CHEN Chongwang, XIAO Ying, ZHANG Xuxi

(School of Geography and Tourism, Guangdong University of Finance & Economics, Guangzhou 510320, China)

Abstract: Urban health resources have a positive impact on residents' physical and mental health. In this study, the central urban area of Guangzhou City was selected as the study area, and the points of interest data, road network data, Sentinel-2A remote sensing image, and demographic data were used for the analysis. Using a walkability index and multiple linear regression model of land- population, the equity of urban health resources is comprehensively explored through correlation analysis and spatial overlay. The results indicate that: (1) The urban health resources in the central urban area of Guangzhou City can be conveniently accessed by walking, but the high and low values of walkability are mixed, forming a multi-center zonal distribution pattern with decreasing walkability when moving away from the centers; (2) The regional differences in spatial distribution of population are large, and the population gradually decreases from the center of Liwan District, the southwest of Yuexiu District, the northwest of Haizhu District, and the south of Tianhe District; (3) The correlation coefficient between the walkability of urban health resources and population is small, with the proportion of the low-high value areas and high-low value areas as high as 40%. There is still a large space for improvement in the equity of urban health resources; (4) The regional supply and demand of urban health resources is unbalanced, among which natural health resources are the scarcest and the distribution is suboptimal. In order to promote the maximization of walkability equity of urban health resources, its allocation should comprehensively consider the regional population demand, resource type and quantity, and accessibility and convenience of walking. This study can provide a scientific reference for optimizing the spatial distribution of regional health resources and improving the balance between supply and demand.

Key words: urban health resources; equity; walkability; population; spatialization; multiple linear regression; Guangzhou City