

Analysis of the Accessibility of Medical Facilities in Xixiangtang District of Nanning City

Yingan Wei^{1*}, Yanjia Huang², Lian Duan^{3#}, Yanxia Huang¹

¹School of Geographic Science and Planning, Nanning Normal University, Nanning Guangxi

²Nanning City Planning Geographic Information Technology Center, Nanning Planning Bureau, Nanning Guangxi

³School of Natural Resource and Surveying, Nanning Normal University, Nanning Guangxi

Email: 191935618@qq.com, #wtusm@163.com

Received: Nov. 26th, 2019; accepted: Dec. 9th, 2019; published: Dec. 16th, 2019

Abstract

Based on the basic potential model, combined with the key factors such as population size factor, medical facility scale impact coefficient, traffic congestion and transfer, the spatial accessibility of medical facilities in Xixiangtang District of Nanning City is studied by means of GIS spatial visualization technology. The results show that the spatial accessibility of medical facilities in Xixiangtang District is unevenly distributed. The accessibility of medical facilities in some areas of Xinyang Street, Beihu Street and Hengyang Street is relatively high, and the accessibility of medical space in the whole area shows obvious circle. The layer structure, with the farther accessibility from the city center, gradually decreases; the quality medical resources in the main urban area are concentrated in densely populated streets, and most of the street level medical structures are not obvious; under the limit of travel time restrictions, each street has two levels and one. The hospital accessibility of hospitals is lower than that of tertiary hospitals; when considering real-time road conditions and transfer time, the cost of public transportation for residents is higher than the time cost for driving. Taking residential areas as research units and considering the scale of medical facilities, population size, real-time road conditions, and the impact of transfer time costs on residents' choice of medical treatment is a more objective and scientific method for evaluating the accessibility of medical facilities.

Keywords

Public Medical Services, Medical Trips, Accessibility, Potential Model, GIS

南宁市西乡塘区医疗设施空间可达性分析

韦英岸^{1*}, 黄炎佳², 段炼^{3#}, 黄艳霞¹

*第一作者。

#通讯作者。

¹南宁师范大学地理科学与规划学院, 广西 南宁

²南宁市规划局, 南宁市城规地理信息技术中心, 广西 南宁

³南宁师范大学自然资源与测绘学院, 广西 南宁

Email: 191935618@qq.com, #wtusm@163.com

收稿日期: 2019年11月26日; 录用日期: 2019年12月9日; 发布日期: 2019年12月16日

摘要

在基本潜能模型的基础上, 结合人口规模因子、医疗设施等级规模影响系数、交通拥堵和换乘等关键因素, 借助GIS空间可视化技术对南宁市西乡塘区的医疗设施空间可达性进行研究。结果表明: 西乡塘区医疗设施空间可达性分布不平衡, 新阳街道、北湖街道与衡阳街道部分区域医疗设施空间可达性较高, 整个区域的医疗空间可达性表现出明显的圈层结构, 随着距离市中心越远可达性逐渐降低; 主城区优质医疗资源集中于人口密集街道, 大部分街道层级医疗结构不明显; 在极限出行时间限制下, 各街道二级、一级医院的居民就医空间可达性均低于三级医院; 在考虑实时路况与换乘时间时, 居民公共交通就医时间成本要高于驾车就医的时间成本。以居民点为研究单元, 并综合考虑医疗设施的等级规模、人口数量、实时路况、以及换乘时间成本对居民就医选择的影响, 是一种比较客观科学的医疗设施可达性评价方法。

关键词

公共医疗服务, 就医出行, 可达性, 潜能模型, GIS

Copyright © 2020 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

南宁市作为北部湾经济区的核心城市, 面向东盟开放合作的前沿城市、国家“一带一路”有机衔接的重要门户城市, 随着“十三五”时期南宁市城镇化进一步推进, 人口加速聚集, 人口老龄化进程的加快, 医疗卫生资源供需矛盾将更加突出, 医疗卫生资源布局调整面临更大挑战。合理配置医疗资源, 提高利用率, 是实现基本公共卫生服务均等化的关键[1]。医疗设施的空间可达性能衡量城市居民就医的合理性和公平性。

可达性是指从一个地方到另一个地方的难易程度[2]。在评估医疗设施空间分布的均衡性时, 空间可达性比城市规划中常用的评价指标(如千人医技人员数、千人床位数)更客观、全面、科学, 因此被广泛应用于公共服务设施的空间分布合理性评估。常用的空间可达性量度方法有: 比例模型法[3]、最小距离模型[4]、两步移动搜索法[5]、潜能模型[6]和交通网络中心性测度法[7]等。在计算空间可达性时, 潜能模型充分考虑供需因素和空间阻隔(时间、距离等), 适用于小尺度研究单元下居民实际获得公共服务设施资源的情况。由于基本潜能模型忽略了人口规模因素和不同设施规模等级。因此, 有关学者在基于潜能模型研究医疗设施空间可达性时, 综合考虑了人口规模、医疗设施等级对居民就医的影响以及医疗设施服务能力等其他现实因素[8]。

现有研究在选取医疗设施空间可达性模型的研究单元时, 大多以县(区) [9]、街道[10]为研究单元,

较少以居住区为研究单元, 也有少数以居住区为研究单元, 但因数据的限制, 仅以居委会的行政中心作为人口重心[11]。当前少数学者已将居民小区作为研究单元, 研究表明可达性不仅由出行时间来表示, 还应考虑换乘因素对可达性的阻抗[12]。

本文对南宁市西乡塘区的医院空间可达性进行研究。以居委会为研究单元, 根据实际供求, 在基本潜能模型的基础上, 不仅考虑人口数量、医院的等级规模和服务能力, 而且纳入交通拥堵情况和换乘等关键因素, 结合南宁西乡塘区交通特点, 综合考虑驾车和公交车与地铁相互结合下的交通网络的影响, 以为政府合理规划和调整辖区医疗卫生资源提供科学的研究方法, 从而保障全体居民公平、可及地享有基本医疗卫生服务。

2. 研究方法

2.1. 潜能模型

潜能模型是人文地理学借鉴物理万有引力定律来研究社会、经济空间相互作用的一种模型, 潜能表示一物体对另一物体产生的能。法国学者拉格朗日(Joseph-Louis Lagrange)最早在牛顿的力和能的基础上提出万有引力潜能(Potential, 或译潜力, 位势)的概念, 后来学者把这一概念引入地理学, 并逐步发展了潜能模型[13]。潜能模型的基本表达式为:

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{M_j}{D_{ij}^\beta} \quad (1)$$

式(1)中, A_i 为居民点 i 至所有医疗设施的就医空间可达性; M_j 为医疗设施 j 的服务能力; D_{ij}^β 为出行阻抗因子(距离或时间, 本文以时间表示)。

A_i 为研究区域内各医疗设施对居民点 i 吸引力的累计值, A_i 越大, 空间可达性越好。然而, 基本潜能模型公式仅仅涉及医疗设施服务能力 M_j 和出行阻抗因素 D_{ij}^β , 但忽略了不同居民点对同一个医疗设施服务的资源竞争。

2.2. 潜能模型改善

为了解决上述问题, Joseph AE 在基本潜能模型的基础上增加了人口规模影响因子 V_j ; 并考虑了医疗设施等级规模, 引入极限出行距离(时间) [14]。改进后的计算公式为:

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{S_{ij} M_j}{D_{ij}^\beta V_j} \quad (2)$$

$$V_j = \sum_{k=1}^m \frac{S_{kj} P_k}{D_{kj}^\beta} \quad (3)$$

$$S_{ij} = 1 - \left(\frac{D_{ij}}{D_j} \right)^\beta \quad (4)$$

式(2)中, A_i 为居民点 i 至所有医疗设施的就医空间可达性; M_j 为医疗设施 j 的服务能力(本文以卫计人员数和病床数表示); 式(3)中, P_k 为居民点 k 的人口数, V_j 为人口规模影响因子; D_{kj}^β 表示出行摩擦系数为 β 时, 居民点 k 与医疗设施点 j 的出行阻抗因子(距离或时间); 式(4)中, S_{kj} 表示医疗设施点 j 的等级规模对居民点 k 就医行为的影响, S_{ij} 为医疗设施 j 对居民点 i 的等级规模影响系数; D_{ij} 表示居民点 i 与医疗设施点 j 的时间成本; D_j 为极限出行时间, 当居民点到设施点的出行时间超过极限出行时间, 即

$\frac{D_{ij}}{D_j} \geq 1$ 时, $S_{ij} \leq 0$, 即居民不选择该点就医。

本文通过百度批量算路服务(<http://lbs.baidu.com/index.php?title=webapi/route-matrix-api-v2>)求两点之间的出行时间或距离成本, 该方法考虑实时路况情况, 与以往的方法相比较, 计算结果与实际出行时间更相近。

具体来说, 我们使用 python3.6, 基于百度批量算路服务分别计算出居民点到所有医疗服务设施的驾车和乘车时间成本 T_{ij}^{bus} 和 T_{ij}^{car} , 首先设置相关参数, 如 ak (百度开发者密钥), origins (起点坐标串), destinations (终点坐标串), 驾车的参数 tactics (算路偏好) 设置为 11, 为选择常规路线(即多数用户常走的一条经验路线), 此设置下默认考虑实时路况, 乘车参数 tactics_incity 设为 0, 表示选择推荐路线(包括公交车、地铁或换乘), 然后调用路由解析包 urllib, 输入起点与终点的经纬度坐标, 返回的结果是所有居民点至医院的时间成本。因此, 本文的医疗设施空间可达性计算公式为:

$$A_i = \sum_{j=1}^n \frac{S_{ij}^{bus} M_j}{T_{ij}^{bus} V_j^{bus}} + \sum_{j=1}^n \frac{S_{ij}^{car} M_j}{T_{ij}^{car} V_j^{car}} \quad (5)$$

$$V_j^{bus} = \sum_{k=1}^m \frac{S_{kj}^{bus} P_k}{T_{kj}^{bus}}, V_j^{car} = \sum_{k=1}^m \frac{S_{kj}^{car} P_k}{T_{kj}^{car}} \quad (6)$$

$$S_{ij}^{bus} = 1 - \frac{T_{ij}^{bus}}{D_j}, S_{ij}^{car} = 1 - \frac{T_{ij}^{car}}{D_j} \quad (7)$$

式(5)、式(7)中, S_{ij}^{bus} 和 S_{ij}^{car} 分别表示当就医方式为公共交通和驾车时, 医疗设施 j 对居民点 i 的等级规模影响系数; T_{ij}^{bus} 和 T_{ij}^{car} 分别表示居民点 i 到医疗设施 j 的公共交通时间成本和驾车时间成本, V_j^{bus} 和 V_j^{car} 分别表示公共交通就医和驾车就医的人口规模影响因子, 因此 A_i 表示公共交通就医和驾车就医的综合空间可达性; 式(6)中, S_{kj}^{bus} 和 S_{kj}^{car} 分别表示公共交通就医和驾车就医时医疗设施点 j 的等级规模对居民点 k 就医行为的影响。

本文通过百度开源批量算路 API 爬取出行高峰时段时居民点到医疗设施点的公共交通时间和驾车时间成本, 来计算医疗设施空间可达性, 在已改善的潜能模型基础上又引入了交通拥堵和换乘时间成本关键因子; 而以往研究医疗设施空间可达性往往需要高质量的路网数据, 通过设置不同的出行摩擦系数 β 计可达性, 数据获取难度大并且未能考虑换乘时间成本和交通拥堵关键因子, 与之相比本文提出的方法具有数据易获取和可达性评估更加全面的优势。

3. 可达性测算与分析

3.1. 研究区概况

西乡塘区位于广西南宁市区中西北部。东邻兴宁区, 西与隆安县、扶绥县接壤, 南隔邕江与江南区相望, 北与高峰林场及武鸣区交界。行政区域土地总面积 12.98 万公顷。2016 年, 西乡塘区辖金陵、双定、坛洛 3 个镇和西乡塘、北湖、衡阳、安吉、华强、新阳、上尧、石埠、安宁、心圩(南宁高新技术产业开发区托管)10 个街道。区行政机关办公大楼位于南宁市衡阳西路 11 号。研究区域概况如图 1 所示。

3.2. 数据准备

为了便于研究, 本文选取西乡塘区的一、二、三级医院进行研究。2016 年, 西乡塘区公立医院共 13 个, 民营医院 9 个, 其中三级综合医院 4 个, 二级综合医院 9 个, 一级综合医院 9 个。本文医院属性数据主要来源于《西乡塘区 2017 年年鉴》。对研究区内一级及以上医疗结构进行统计, 共有卫技人员 8515 人, 实有床位 5774 张。

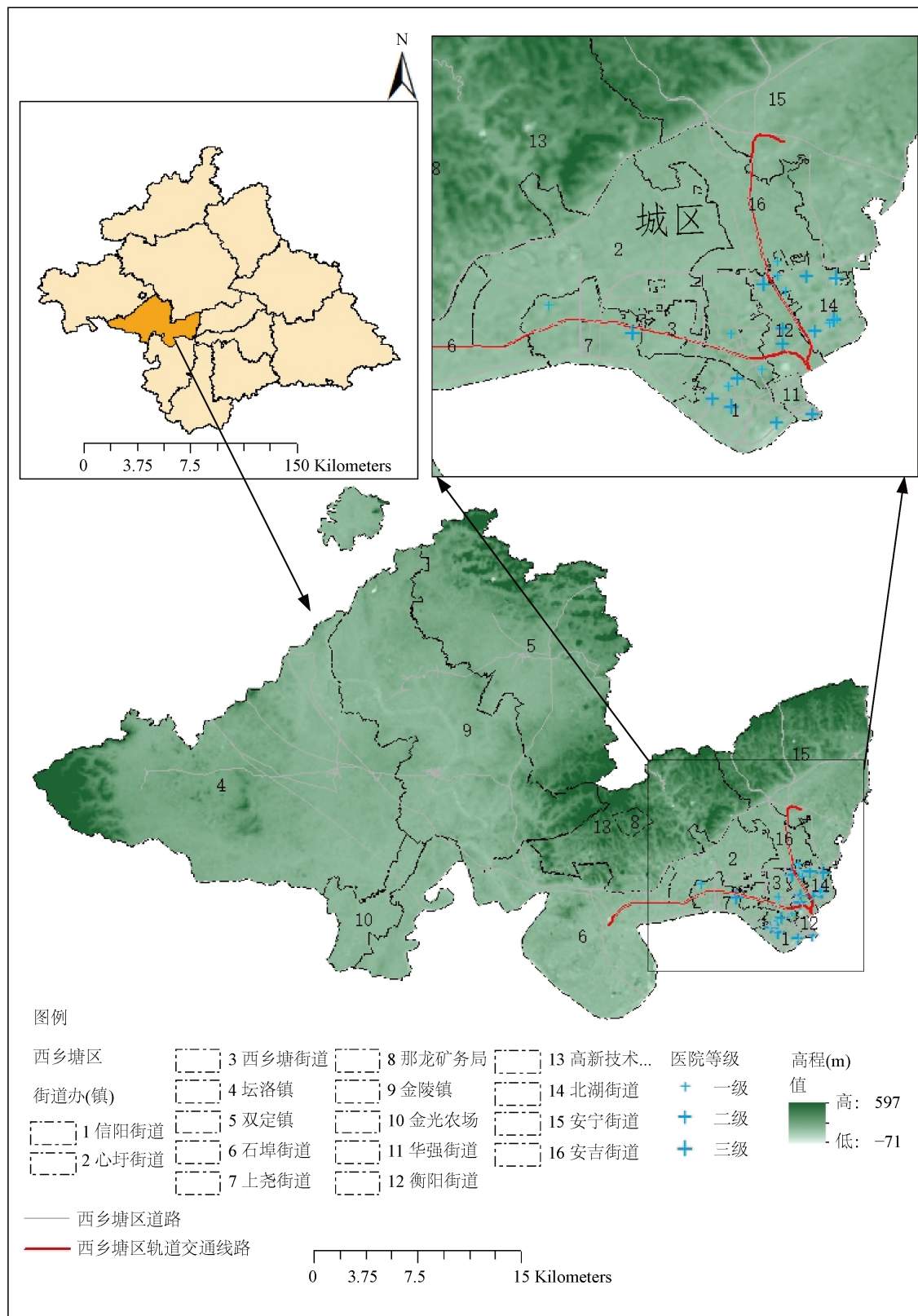


Figure 1. Overview of the study area
 图 1. 研究区概况

西乡塘区下设 13 个街道(镇)、157 个居委会，居民点人口分布情况如图 2 所示。以居委会图层的几何质心为人口重心，居委会图层和人口属性数据来源于南宁市规划局地理信息中心，以每个居委会的几何中心点经纬度坐标为起点坐标，通过使用百度地图坐标转换服务接口将医疗服务设施的详细地址转为经纬度坐标，获得终点坐标。

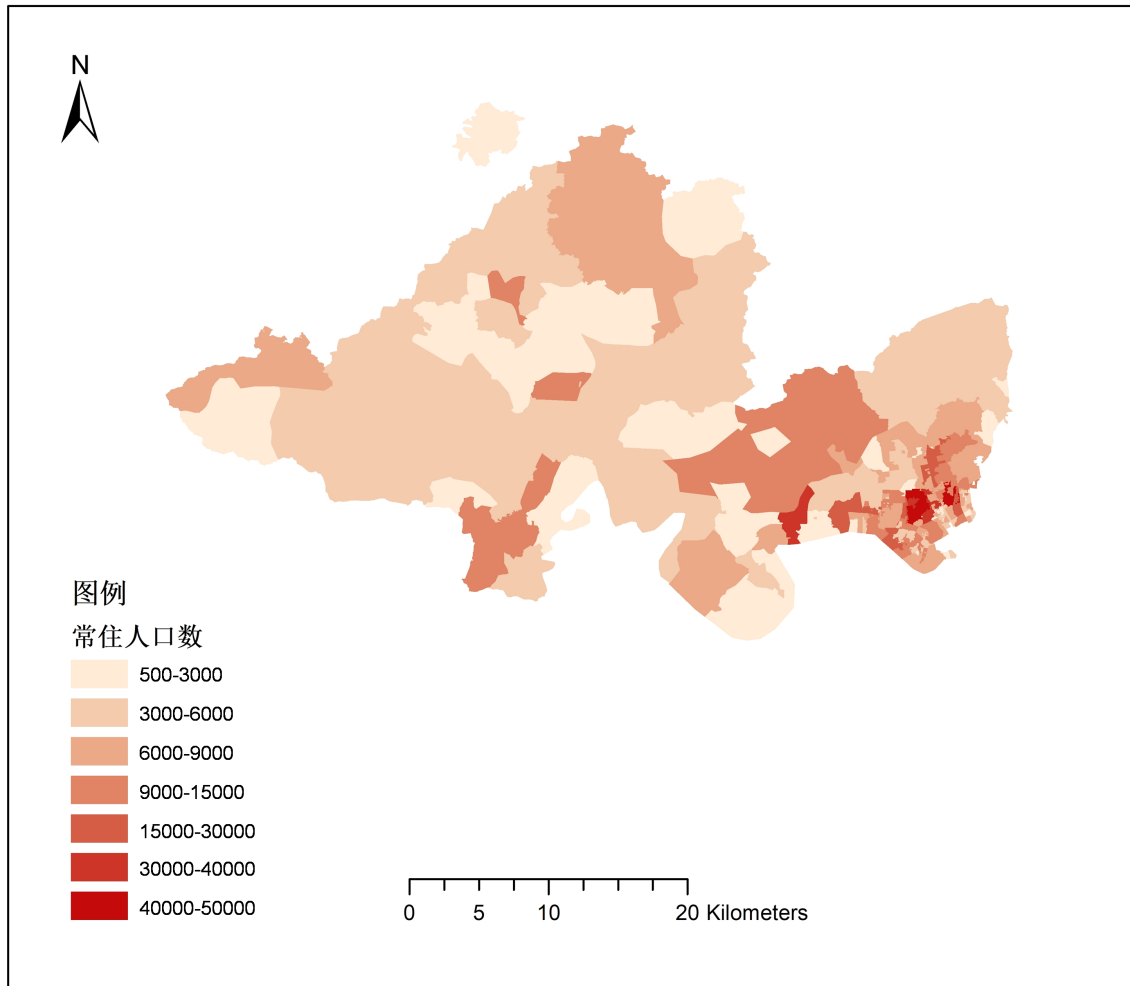


Figure 2. Population distribution of Xixiangtang residential area
图 2. 西乡塘区居民点人口分布情况

3.3. 空间可达性计算

本文分别对一、二、三级医院的 D_j (居民就医极限出行时间)进行了设定。参考《南宁市人民政府办公厅关于印发南宁市医疗机构设置规划(2016~2020 年)》中关于建设 15 分钟医疗服务圈的提议，将一级医院的 D_j 设为 15 分钟；将二级医院就医的时间设为 30 分钟；由于三级医院医疗资源丰富，医疗技术先进，且在重疑难病症的诊治方面具有优势，考虑居民对三级医院就医的实际需求，将其 D_j 设为 $+\infty$ 。

3.4. 结果分析

如图 3 所示。从整体来看，西乡塘区医疗设施服务的空间分布不均衡，具体分析如下：

- 1) 主城区的部分街道具有明显的医疗设施规模和数量优势，但存在同等级医院邻近布置、医疗资源

相对集中的情况，如新阳街道和北湖街道。其中，深黄色、橙色、红色高值区域主要集中在新阳街道、北湖街道、衡阳街道、上尧街道和西乡塘街道，表明这 5 个区域具有较为明显的就医优势。新阳街道拥有 1 家三级医院、3 家二级医院和 1 家一级医院，北湖街道拥有 2 家三级医院、2 家二级医院和 3 家一级医院，新阳街道与北湖街道形成了较为完整的层级式就医模式。而衡阳街道拥有 2 家二级医院，西乡塘街道拥有 2 家一级医院，上尧街道拥有 1 家三级医院和 1 家一级医院，虽然他们区域内拥有的医疗资源较少，但是在空间上彼此相邻，又距离医疗设施种类丰富的新阳街道和北湖街道不远，医疗资源相对集中，因此能为其周围的居民提供了高效的医疗服务。

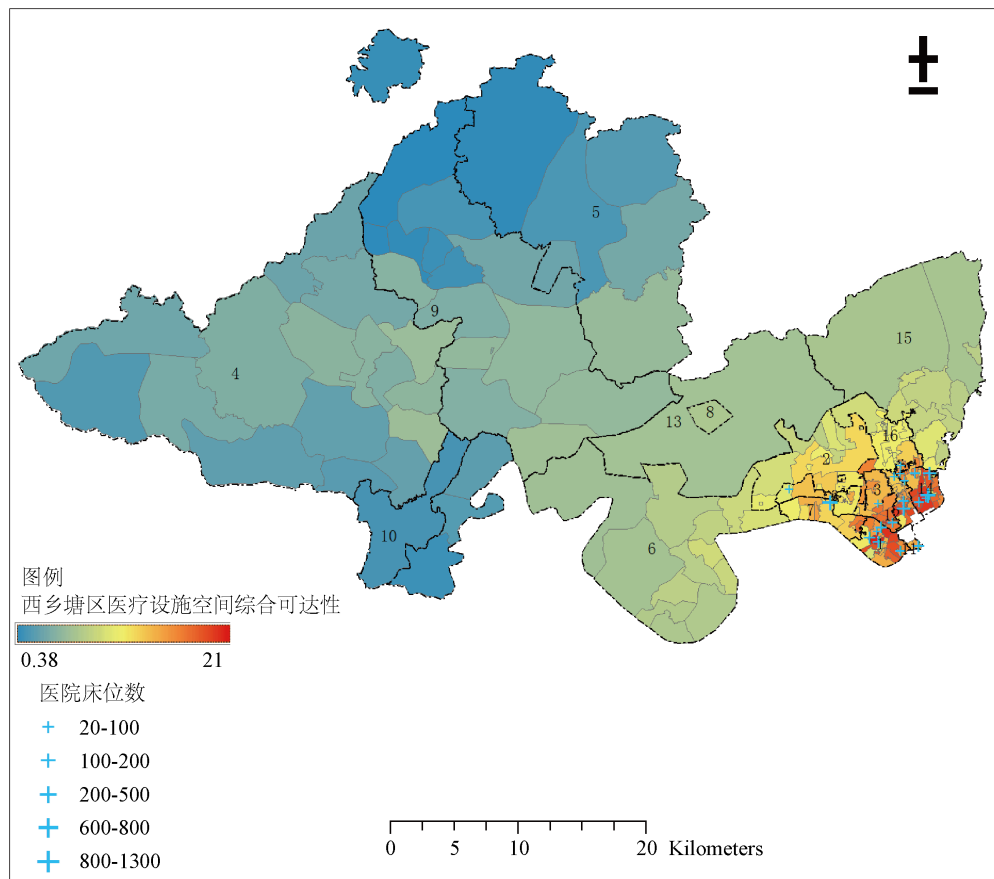


Figure 3. Spatial accessibility distribution of medical facilities in Xixiangtang District

图 3. 西乡塘区医疗设施空间可达性分布

当居民点周边配置完整层级体系的医疗设施、居民就医的不同需求能得到较大满足时，居民就医的综合空间可达性较好。因此未来医疗设施的布局与规划，在考虑新建医疗设施服务规模的同时，也要在已有的医疗设施分布的基础上，统筹不同类型、层级医疗卫生资源的数量和布局，分类指定配置标准，中西医并重；为了促进建成区内居民就医可达性的均衡发展，以满足服务的公平性，应该将可达性高值区域的医疗资源向低值区域疏导和延伸。

2) 地铁 1 号线途经衡阳街道、西乡塘街道、上尧街道和石埠街道部分区域，地铁 2 号线途经衡阳街道、安吉街道和安宁街道部分区域，地铁 3 号线途经新圩街道、安吉街道和北湖街道部分区域，近年南宁市大力建设轨道交通网络与快速环道，配合已有的公交网络，大大提升了各区域间的交通可达性，因此沿线的居民就医空间可达性普遍不差。说明地铁等交通条件的改善提高了医疗设施的通达性，通过轨

道交通和地面交通配合能大幅度缩减通行时间，提高了医疗资源的利用率，并且为居民提供更多的机会获取医疗资源。优化公共交通换乘线路、加强不同公共交通方式的系统联系，形成医疗服务半径适宜、交通便利和布局合理的全覆盖医疗服务网络，将有利于保障居民公平、可及地享有基本医疗卫生服务。

3) 西乡塘区内的金陵镇、坛洛镇、双定镇居民点数量较少且距离主城区较远，正处于乡村向城镇转型的过程，高新技术开发区下辖新圩街道和安宁街道，高新技术开发区与石埠街道属于区内有一定发展积淀的城市新区，区域内基础设施建设已较为完善，但医疗服务机构和公共交通服务还未能达到与城市开发及基础设施建设相匹配的水平，居民往往需要到距离较远的中心城区就医，因此空间可达性相对较差。但随着高新技术开发区和石埠街道部分区域内人口逐渐聚集，多级医疗设施逐步配备齐全，加之区内 3 个镇的基层医疗设施服务水平不断提高，医疗设施规模不断扩大，区域内居民的医疗空间可达性也会随之提升。

4) 不同等级医院空间可达性分析

为了揭示不同等级医疗设施的空间可达性差异，通过以下公式计算：

$$S_i = \frac{A_i^l}{\sum_{i=1}^m A_i^l}, \quad l = 1, 2, 3 \quad (8)$$

式(8)中， m 表示居民点数量， i 表示居民点， A_i^l 为居民点 i 的 l 级医院的空间可达性，则 S_i 表示居民点 i 的 l 级医院空间可达性与所有居民点 l 级医院的空间可达性之和的比值。将居民点空间可达性分为 5 个等级，分别为：好、较好、一般、较差、差(见表 1)。

Table 1. Comparison of spatial accessibility of medical facilities in residential areas under hospital classification model

表 1. 医院分级模式下的居民点医疗设施空间可达性情况对比

医院等级	好(>1.25)	较好(1~1.25)	一般(0.75~1)	较差(0.5~0.75)	差(<0.5)
三级/%	30.57	19.11	9.55	9.55	31.85
二级/%	28.03	19.11	11.47	8.28	33.76
一级/%	33.12	4.46	13	8.28	50.32

从表中可以看出一级医院“差”等级的占比为 50.32%，说明有 1/2 的居民点的医疗设施空间可达性远低于全区的平均值，“较好”与“好”等级的占比为 37.58%，而二级医院与三级医院的“差”等级有明显的降低，且可达性“较好”与“好”等级达到 50%左右，说明二级医院和三级医院的空间可达性总体比一级医院要好。

各街道(镇)不同等级医疗设施空间可达性雷达图如图 4 所示。图 4 显示各街道(镇)的二级医院和一级医院空间可达性水平普遍偏低，而大部分街道的三级医院空间可达性水平较高，除了距离较远的金陵镇、坛洛镇和双定镇，其中北湖街道、新阳街道和衡阳街道的三级医院空间可达性最好。这是因为三级医院设施规模和服务水平均优于二级、一级医院，且考虑三级医院对居民就医有强吸引力，因此居民选择三级医院就医的极限出行时间取值也大于二级医院和一级医院。在极限就医时间限制条件下，西乡塘区大部分居民点的一级和二级医院就医可达性偏低。由于三级医院的服务范围广、对象多、资源总量远高于其他等级医院，改善空间相对较小。因此，在交通条件一定时，增加二级、一级医院的数量，合理规划医疗用地，鼓励民营医院在交通便利的郊区建设，依托三级医院的资源优势，组建医疗团队，促进优质医疗资源向医疗服务盲区延申，提升二级、一级医院的设施规模和服务水平能更为有效地改善区域内居民的医疗设施空间可达性。

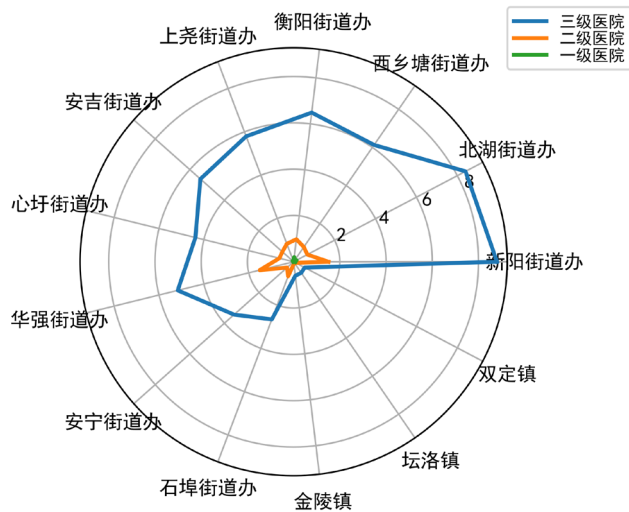


Figure 4. Radar map of spatial accessibility of different levels of medical facilities in streets (towns) of Xixiangtang District
图 4. 西乡塘区各街道(镇)不同等级医疗设施空间可达性雷达图

5) 居民就医时间成本分析

由图 5 可知，两种交通方式下的时间成本分布规律相差比较大，基于驾车出行的分布频率集中在左侧，累计频率随时间增长呈先快速上升再缓慢上任后逐渐持平的趋势，基于公共交通出行的分布频率集中在中间，累计频率随时间增长呈快速上升再逐渐持平的趋势。驾车方式中，出行时间段 10~15 min, 15~20 min, 20~25 min, 25~30 min 所占比例相对较大，出行时间在 30 min 内的达到 52.25%；公共交通方式中，出行时间段 35~40 min, 40~45 min, 45~50 min 所占比例相对较大，50 min 内可达的占 54.25%。由于考虑了实时路况情况，公共交通方式下就医时间成本明显大于驾车交通方式，未来可通过增加公交线路和优化公交和地铁换乘路线、为无公共交通或公共交通出行方式单一的居民点提供更多机会就医，使偏远区域的居民通过公共交通换乘减少就医时间成本，提高区域内医疗资源的使用效率，从而提高居民的就医可达性。

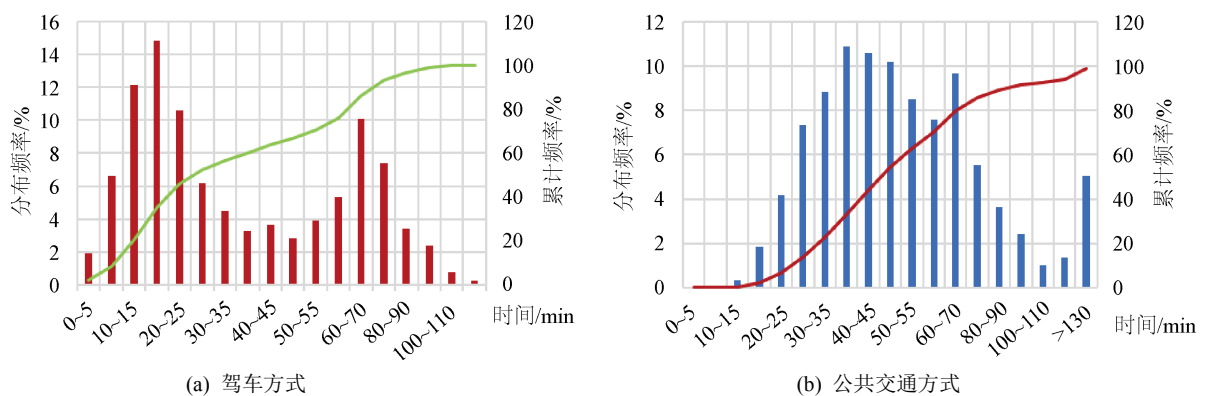


Figure 5. Distribution of time cost of medical treatment in all residential areas
图 5. 所有居民点就医时间成本分布图

4. 结论与讨论

本文使用引入人口规模因子和医疗设施等级规模影响系数的潜能模型，基于 GIS 空间可视化技术，

以南宁市西乡塘区为例对其医疗设施空间可达性进行研究。在传统潜能模型的基础上进行改善,综合考虑了居民点人口数量、医院服务能力、医院与居民点之间的出行阻抗、不同等级规模医院对居民就医选择的影响,能客观科学地刻画医院空间可达性,比较准确度量不同居民点实际获得医疗资源的差异。同时,本文根据百度地图批量算路接口获取各居民点与所有医院之间的通行时间成本,以居住区为研究单元且考虑交通拥堵情况,更加符合实际。

研究结果显示:① 西乡塘区的居民点医院可达性具有显著的圈层结构,可达性随着距市中心距离越远逐渐由好变差,② 新阳街道、北湖街道、衡阳街道、华强街道的居民点医院空间可达性较好,但存在优质医疗资源过于集中,各级医院相邻配置,大多数公办和民办医院分布在人口密集的新阳街道和北湖街道;高新技术开发区与石埠街道属于新区,其区内居民点医院可达性有待改善;③ 各街道(镇)的三级医院空间可达性整体由于二级、一级医院,新阳街道、北湖街道、衡阳街道和华强街道的居民点三级医院空间可达性最好,各街道的居民点二级、一级医院空间可达性都比较差;④ 在考虑实时路况的前提下,基于公共交通方式要比基于驾车方式的时间成本更高。

本文的研究结果有助于了解西乡塘区医院可达性状况,研究方法可为其他类别的公共服务设施或其他城市医疗设施的合理规划和布局提供借鉴。然而,本文尚存在以下不足和待深入研究之处:一是人口规模影响因子仅考虑居民点的常住人口数量,而居民对医疗设施的需求不仅与人口数量有关,还与人口的构成有很大的关系,因此,今后的研究将纳入人口构成因素,且应聚焦特殊人群,如老年人和儿童,使分析结果更有针对性;二是在设置极限出行时间时没有客观性,后续研究可通过设置不同的时间阈值以分析空间可达性的分布敏感性。

致 谢

本论文是在老师悉心指导下完成的。老师严谨的治学态度、敏锐的洞察力、务实的敬业精神,使我受益匪浅,值得我终生学习,感谢老师对我的谆谆教导。值此,向老师表示诚挚谢意!

基金项目

广西自然科学基金(2018JJA150089)。

参考文献

- [1] 邓丽, 邵景安, 郭跃, 徐新良. 基于改进的两步移动搜索法的山区医疗服务空间可达性——以重庆市石柱县为例[J]. 地理科学进展, 2015, 34(6): 716-725.
- [2] Johnston, R.J. (1994) Dictionary of Human Geography. Basil Blackwell, Oxford.
- [3] 孔云峰, 李新建, 张雪峰. 农村中小学布局调整之空间可达性分析——以河南省巩义市初级中学为例[J]. 遥感学报, 2008, 12(5):800-809.
- [4] Fan, P.L., Xu, L.H., Yue, W.Z. and Chen, J. (2017) Accessibility of Public Urban Green Space in an Urban Periphery: The Case of Shanghai. *Landscape and Urban Planning*, **165**, 177-192. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.11.007>
- [5] 钟少颖, 杨鑫, 陈锐. 层级性公共服务设施空间可达性研究: 以北京市综合性医疗设施为例[J]. 地理研究, 2016, 35(4): 731-744.
- [6] Wu, C., Ye, X.Y., Du, Q.Y. and Luo, P. (2017) Spatial Effects of Accessibility to Parks on Housing Prices in Shenzhen, China. *Habitat International*, **63**, 45-54. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2017.03.010>
- [7] Porta, S., Latora, V., Wang, F., et al. (2012) Street Centrality and the Location of Economic Activities in Barcelona. *Urban Studies*, **49**, 1471-1488. <https://doi.org/10.1177/0042098011422570>
- [8] Yang, N., Chen, S.Y., Hu, W.L., Wu, Z.H. and Chao, Y. (2016) Spatial Distribution Balance Analysis of Hospitals in Wuhan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **13**, 971. <https://doi.org/10.3390/ijerph13100971>

-
- [9] Cheng, G., Zeng, X.K., Duan, L., *et al.* (2016) Spatial Difference Analysis for Accessibility to High Level Hospitals Based on Travel Time in Shenzhen, China. *Habitat International*, **53**, 485-494.
<https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2015.12.023>
- [10] 丁慷, 陈报章. 城市医疗设施空间分布合理性评估[J]. 地球信息科学学报, 2017, 19(2): 185-196.
- [11] 程敏, 连月娇. 基于改进潜能模型的城市医疗设施空间可达性——以上海市杨浦区为例[J]. 地理科学进展, 2018, 37(2): 266-275.
- [12] 周雨阳, 唐松涛, 陈艳艳. 基于潜能模型的就医出行公共交通可达性分析[J]. 交通科技与经济, 2019, 21(4): 12-15+48.
- [13] 杨吾进, 梁进社. 高等经济地理学[M]. 北京: 北京大学出版社, 2002: 155-157.
- [14] Joseph, A.E. and Bantock, P.R. (1982) Measuring Potential Physical Accessibility to General Practitioners in Rural Areas: a Method and Case Study. *Social Science and Medicine*, **16**, 85-90.
[https://doi.org/10.1016/0277-9536\(82\)90428-2](https://doi.org/10.1016/0277-9536(82)90428-2)