

# 卫生服务空间可及性评估模型的比较研究\*

覃青连<sup>1#</sup> 徐斌<sup>2#</sup> 韦雪<sup>3</sup> 苏玉璐<sup>3</sup> 林越东<sup>1</sup> 李峤<sup>1△</sup> 唐咸艳<sup>1△</sup>

**【摘要】目的** 比较供需比例法、重力模型、传统两步移动搜索法及改进两步移动搜索法四种模型在卫生服务空间可及性评估中的原理方法和应用价值,为卫生服务空间可及性评估模型的科学选用提供参考。**方法** 以南宁市妇幼卫生服务为例,收集南宁市行政区划矢量地图、道路交通网络矢量图、妇幼卫生资源及需求人口等资料,采用供需比例法、重力模型、传统两步移动搜索法及改进两步移动搜索法分别从县区、乡镇/街道、行政村多尺度上综合评估南宁市妇幼卫生服务的空间可及性。**结果** 四种模型均发现南宁市妇幼卫生服务空间可及性呈明显的空间分异性,可及性从市中心向周边地区递减。但不同模型和不同空间尺度下探测到的可及性高值/低值区域,可及性递减趋势,可及性中位数和四分位数间距等存在较大差异。**结论** 供需比例法、重力模型、传统两步移动搜索法及改进两步移动搜索法在卫生服务空间可及性评估中的应用价值不同,测算出的空间可及性强度亦不同。应用时需参考四种模型结果从多维空间尺度上仿真现实情景,综合评估卫生服务的空间可及性。

**【关键词】** 卫生服务空间可及性 供需比例法 重力模型 传统两步移动搜索法 改进两步移动搜索法

**【中图分类号】** R197.1 **【文献标识码】** A **DOI** 10.11783/j.issn.1002-3674.2024.01.007

## A Comparative Study on Statistical Models for Evaluating the Spatial Accessibility to Healthcare Services

Qin Qinglian, Xu Bin, Wei Xue, et al (Department of Epidemiology and Biostatistics, School of Public Health, Guangxi Medical University (530021), Nanning)

**【Abstract】Objective** To compare the principles, methods and applications of provider-to-population ratios method, gravity-based model, two-step floating catchment area (2SFCA) method and improved two-step floating catchment area method for evaluating the spatial accessibility to healthcare services. **Methods** Taking the spatial accessibility to maternal and child healthcare services in Nanning prefecture for example, we collected data on vector map, transportation network, population size, and the number of health professionals in maternal and child health institutions. Provider-to-population ratios method, gravity-based model, 2SFCA method and improved 2SFCA method were applied to evaluate the spatial accessibility to maternal and child healthcare services, on the scales of county level, township level and village level, respectively. **Results** The four models showed that the spatial heterogeneity of spatial accessibility to maternal and child health services was significant, and the spatial accessibility was gradually decreased from urban areas of Nanning to rural areas. However, regions with high spatial accessibility and regions with low spatial accessibility, decreasing trend in spatial accessibility across regions, the median and inter quartile range of spatial accessibility were different across the four models. **Conclusion** The practical significance in evaluating spatial accessibility to healthcare services for provider-to-population ratios method, gravity-based model, 2SFCA method and improved 2SFCA method was different, yet the spatial accessibility varied somewhat across the four models. Thus, integrating findings of the four models based on multi space scales is strongly recommended to evaluate the spatial accessibility to healthcare services comprehensively and robustly.

**【Key words】** Spatial accessibility to healthcare services; Provider-to-population ratios method; Gravity-based model; Two-step floating catchment area method (2SFCA); Improved 2SFCA

卫生服务空间可及性是卫生服务可及性的核心,用于评估卫生资源配置的合理性和居民获得卫生服务的公平性<sup>[1-2]</sup>。卫生服务空间可及性的主要影响因素有服务提供方的资源配置、服务需求方的规模特点、以及供需之间交通出行的地理阻抗<sup>[3]</sup>。常用评估空间可及性的模型有供需比例法、最近距离模型、重力

模型和传统两步移动搜索(two-step floating catchment area, 2SFCA)和改进两步移动搜索等<sup>[4-6]</sup>。模型各有优缺点,应综合考虑研究目的、数据特征、原理差异、方法优缺点等维度,选择适宜的模型指导实践决策。为此,本研究以南宁市妇幼卫生服务空间可及性评估为例,比较供需比例法、重力模型、传统 2SFCA 法和改进 2SFCA 法四种模型在卫生服务空间可及性评估中的原理方法和应用价值,旨在为卫生服务空间可及性评估模型的科学选用提供参考。

### 原理方法

#### 1. 供需比例法

供需比例法采用研究区域内的医生数、床位数等

\*基金项目:国家自然科学基金(82160646;81960615);美国中华医学基金会(CMB 19-307)

1. 广西医科大学公共卫生学院流行病与生物统计学系(530021)

2. 南宁市疾病预防控制中心

3. 南宁市卫生健康宣传信息中心

#共同第一作者

△通信作者:唐咸艳, E-mail: tangxianyan0746@163.com;李峤, E-mail: 382099225@qq.com

卫生资源总量除以服务需求人口数来衡量空间可及性<sup>[7]</sup>, 本研究分别采用县区、乡镇/街道尺度上的妇幼卫生资源数除以妇儿数来计算。该法有两个假设: ①区域内的卫生服务仅提供给辖区内的居民; ②居民在区域内获得卫生服务的可及性相同。供需比例法计算公式如下:

$$A = \frac{\text{区域内的医疗资源总数}}{\text{区域内的服务需求人口数}} \quad (1)$$

供需比例法通常基于行政界限进行划区, 数据获取较易, 计算简单, 易于理解, 适宜测算大尺度行政区划的卫生服务空间可及性。其常用每千人口医生数、每千人口床位来衡量各行政区划的卫生服务空间可及性, 多用于行政区域间的横向比较<sup>[8]</sup>。供需比例法是所有空间可及性度量方法的基础。

供需比例法有不足。第一, 该法未考虑供给方与需求方的空间分布差异, 也未考虑双方可跨越行政区域的潜在相互作用。第二, 该法使用相对比衡量可及性, 把卫生服务的连续性通过行政区划割裂开, 不能识别区域内卫生服务空间可及性的差异。第三, 该法利用的信息有限, 未考虑出行距离或出行时间等出行阻抗, 与现实不符。

### 2. 重力模型

重力模型通过模拟万有引力定律来衡量卫生服务空间可及性, 考虑了服务供给规模、需求规模和供需距离对可及性的影响<sup>[9]</sup>。重力模型计算目标点之外的所有被吸引点的势能来测量目标点的空间可及性, 不需事先确定区域范围<sup>[10]</sup>。重力模型计算公式如下:

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

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

$A_i$  表示第  $i$  个居民点到所有卫生服务机构的空间可及性。 $M_j$  是第  $j$  家卫生服务机构的服务能力, 本研究以妇幼卫生资源数表示。 $D_{ij}$  表示居民点  $i$  与服务机构  $j$  之间的出行成本, 本研究以各县区、乡镇/街道、行政村居民点到妇幼卫生服务机构的平均最短出行时间表示。 $\beta$  表示距离衰减函数, 表示卫生服务机构的服务能力随距离衰减特征,  $\beta$  取值一般在 1~2, 本研究  $\beta$  取值为 1。 $V_j$  表示人口规模影响因子,  $P_k$  表示居民点  $k$  的人口数, 本研究以各县区、乡镇/街道、行政村的妇儿数表示。随着  $D_{ij}$  增加,  $A_i$  降低, 空间可及性变差。

重力模型综合考虑了卫生服务机构的服务规模、居民需求规模以及供需双方的出行成本, 本质上还是供需比。但与供需比例法相比, 重力模型考虑了供需双方的出行距离。重力模型也存在不足。第一, 重力模型忽视了居民的服务需求选择以及卫生服务机构间的竞争。第二, 距离衰减函数  $\beta$  不易获取。第

三, 重力模型采用连续型距离衰减函数来模拟卫生服务机构的服务能力随距离衰减特征, 但未对机构的有效服务半径进行限制。

### 3. 传统两步移动搜索法

2SFCA 法分别以服务点和需求点为搜索中心, 在出行距离阈值内移动搜索两次, 最终将所有供需比累加得到需求点的空间可及性得分<sup>[11-12]</sup>。其计算过程分两步:

(1) 第一步, 以任一家卫生服务机构( $j$ )的位置为中心, 以该机构的服务距离阈值( $d_0$ )为半径建立搜索区域, 搜寻落入  $d_0$  内的所有居民点( $k$ ), 计算搜索区域内该机构的服务能力与潜在卫生服务需求人口数的供需比值( $R_j$ )。

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{k \in |d_{kj} \leq d_0|} P_k} \quad (4)$$

$R_j$  为第  $j$  家卫生服务机构的卫生服务供需比值。 $S_j$  是第  $j$  家卫生服务机构的服务能力, 本研究以妇幼卫生资源数表示。 $P_k$  是搜索域内各居民点的卫生服务需求人口数, 本研究以各县区、乡镇/街道、行政村的妇儿数表示。 $d_{kj}$  表示第  $j$  家卫生服务机构与第  $k$  个居民点之间的出行成本, 本研究以各县区、乡镇/街道、行政村居民点到妇幼卫生服务机构的平均最短出行时间表示。

(2) 第二步, 以第  $i$  个居民点为搜索中心, 搜索落入搜寻半径  $d_0$  内的所有卫生服务机构, 将搜索域内所有卫生服务机构的供需比  $R_j$  累加和, 测算第  $i$  个居民点的卫生服务空间可及性得分( $A_i^F$ )。

$$A_i^F = \sum_{j \in |d_{ij} \leq d_0|} R_j = \sum_{j \in |d_{ij} \leq d_0|} \frac{S_j}{\sum_{k \in |d_{kj} \leq d_0|} P_k} \quad (5)$$

$A_i^F$  为第  $i$  个居民点的卫生服务空间可及性。 $d_{ij}$  为第  $i$  个居民点与第  $j$  家卫生服务机构之间的出行成本, 本研究以各县区、乡镇/街道、行政村居民点到妇幼卫生服务机构的平均最短出行时间表示。 $A_i^F$  是综合考虑了卫生服务机构的服务资源规模、居民点需求人口规模、以及居民点到卫生服务机构的出行成本后测算出的各居民点拥有的卫生资源密度, 该值越大表明居民点获得卫生服务的空间可及性越好。

2SFCA 法综合考虑了卫生服务机构的供给服务规模、居民需求规模、供需双方的出行距离对可及性的影响, 有效反映了居民跨越行政区划界线选择卫生服务机构的现实情况, 度量出居民点获得卫生服务空间可及性的梯度差异<sup>[13]</sup>。

2SFCA 法目前已成为评估卫生服务空间可及性的主要方法, 但存在不足。第一, 2SFCA 法仍需事先确定搜索阈值, 采用二值法处理距离衰减函数。第二, 搜索阈值范围内, 2SFCA 法未考虑服务需求点与

服务供给点之间的距离对可及性的影响。第三, 2SFCA 法采用固定的搜索半径。

#### 4. 改进两步移动搜索法

针对传统 2SFCA 法的不足, 研究者对 2SFCA 法进行改进, 扩展出四种常见的改进方法。

(1) 针对距离衰减函数的改进, 传统 2SFCA 法对距离衰减的处理常见为二值法, 没有考虑供需双方相互作用的距离衰减现实效应。距离衰减函数可改进传统 2SFCA 法这一不足, 常见的距离衰减函数有按距离区分权重的分段衰减形式、重力衰减形式、核密度形式和高斯形式<sup>[14]</sup>。

(2) 针对搜索半径的改进, 传统 2SFCA 法采用固定的搜索半径, 需求方之间的搜索半径相同, 服务机构之间的搜索半径也一致。可变半径两步移动搜索、动态半径两步移动搜索、多级半径两步移动搜索等方法可改进固定搜索半径的不足<sup>[15]</sup>。

(3) 针对供需双方的改进, 当需求方在服务半径内享有多家卫生服务机构时, 机构间则存在竞争效应, 模型中纳入机构间的竞争效应可望提高模型的解

释度。为此, 研究者提出了三步移动搜索法 (three-step floating catchment area method, 3SFCA), 在传统 2SFCA 法基础上增加了第三步搜索过程, 以考虑卫生服务机构间的竞争效应<sup>[16]</sup>。

(4) 针对出行方式的改进, 多交通模式两步移动搜寻法 (multi-mode 2SFCA, MM2SFCA), 利用多交通模式之间的加权平均出行时间, 对传统 2SFCA 法的单一交通模式所需出行时间进行修正, 反映出服务需求方在交通能力方面的差异性<sup>[17]</sup>。

本研究采用高斯距离衰减函数对传统两步移动搜索法进行了扩展。高斯型函数的衰减速率在距离卫生服务点较近和较远的区域均较慢, 但在中间区域较快, 这符合居民寻求卫生服务的就医行为。

#### 5. 卫生服务空间可及性测量方法的比较

四种卫生服务空间可及性测量方法在空间单元适宜尺度、是否考虑供需双方空间分布的差异性、是否考虑供需双方间的出行阻抗、卫生机构的服务半径、供需双方相互作用的距离衰减特征处理方式等现实仿真方面存在差异 (表 1)。

表 1 卫生服务空间可及性评估方法的比较

比较要点	供需比例法	重力模型	传统 2SFCA 法	改进 2SFCA 法
空间单元适宜尺度	大尺度的空间单元	小尺度的空间单元	小尺度的空间单元	小尺度的空间单元
是否考虑供需双方的空间分布差异	否	是	是	是
是否考虑供需双方间的出行阻抗	否	是	是	是
卫生机构的服务半径	行政区域为服务地域	未考虑有效的服务半径	固定的搜索半径	可变的搜索半径
供需双方相互作用的距离衰减特征处理方式	未考虑	连续型距离衰减函数处理	二值分法处理	按距离区分权重的分段衰减、重力衰减、核密度和高斯等形式处理
模型优点	易于理解	综合考虑了供需双方的规模	考虑了供需双方的规模、有效服务半径, 现实仿真程度较高	考虑了供需双方的规模、可变的有效服务半径、距离衰减特征、多交通模式和服务机构间的竞争效应, 现实仿真程度高
模型缺点	信息利用不足, 与现实不符合	未考虑卫生服务机构的有效服务半径, 现实仿真不足	二分法处理距离衰减函数	数据要求较高, 计算复杂

### 实例分析

#### 1. 数据来源与预处理

南宁市县区、乡镇/街道、行政村尺度的矢量地图 (shp 格式) 及道路网络交通地图数据来源于中国科学院资源环境科学与数据中心 (<http://www.resdc.cn/>)。2019 年南宁市妇幼卫生服务机构的基本信息 (包括机构名称、地址、妇幼医生数、妇幼床位数等) 来源于南宁市卫生健康宣传信息中心。2019 年南宁市各县区、乡镇/街道、行政村的妇儿数来源于广西统计局。

本研究中, 妇幼卫生服务机构包括妇幼保健院和具有产科或者儿科的医院、社区卫生服务中心 (站)、卫生院等。如果妇幼卫生服务机构分为门诊部、分院, 则确定可以提供妇幼卫生服务的院区地址。妇幼

医生指取得执业 (助理) 医师证书且从事产科和儿科临床服务的医生。妇儿指孕妇和新生儿。

各妇幼卫生服务机构的供给能力受多种因素的影响, 理论上需要整合多个指标计算来综合评价妇幼卫生服务机构的供给能力。沈玉卿等<sup>[18]</sup>采用德尔菲法从人力总量、服务设备总量、服务量、学科水平等 6 个一级指标和 13 个二级指标构建医疗机构供给能力指标体系。本研究采用妇幼床位数和妇幼卫生人力资源数两个指标计算妇幼卫生资源数。本研究基于专家咨询法, 并参考沈玉卿等研究中床位数 (4.88%) 和人力总量 (10.03%) 的百分权重比例, 重新计算妇幼床位数和妇幼人力资源数的百分权重比例, 分别赋予妇幼床位数 32.73% 的百分权重 (4.88% / (10.03% + 4.88%)), 以及妇幼卫生人力资源 67.27% 的百分权重 (10.03% / (10.03% + 4.88%)) 构建综合指标, 计算



其次是青秀区仙湖经济开发区(38.19)、青秀区建政街道(37.86)和兴宁区民生街道(37.70)。空间可及性低的区域在西乡塘区安宁街道(0.00)、隆安县都结乡(3.01)、隆安县城厢镇(3.39)和马山县金钗镇(3.44)。

行政村尺度,空间可及性呈现从市中心向周边地区衰减的趋势,可及性最高是宾阳县中华镇三军村、江南区吴圩镇平垌村、江南区吴圩镇平丹村和良庆区大塘镇团垌村(均为 1149.53)。兴宁区三塘镇福禄村、横县南乡镇陈塘村和良庆区那马镇子伟村等 21 个行政村的空間可及性为 0。

(5)四种模型评估妇幼卫生服务空间可及性的结果比较

空间可及性最小值、最大值、中位数和四分位数间距等统计特征因评估模型不同、空间尺度变化而存在差异。四种模型大尺度空间单元的可及性中位数均大于小尺度空间单元(县区尺度>乡镇/街道尺度>行政村尺度)。重力模型在县区、乡镇/街道和行政村尺度上的可及性四分位数间距分别为 9.36、9.95 和 5.26,均小于其他三种模型。改进 2SFCA 法在县区、乡镇/街道和行政村尺度上的可及性中位数分别为 29.37、28.76 和 27.69,可及性四分位数间距分别为 10.63、11.31 和 11.30。改进 2SFCA 不同空间尺度下的可及性中位数均大于传统 2SFCA,可及性四分位数间距均小于传统 2SFCA(表 2)。

表 2 四种模型评估妇幼卫生服务空间可及性的结果比较

评估模型	空间尺度	最小值	最大值	中位数	四分位数间距
供需比例法	县区尺度	18.67	69.51	28.98	20.47
	乡镇/街道尺度	0.00	305.79	9.69	13.63
	行政村尺度	—	—	—	—
重力模型	县区尺度	23.41	40.84	29.13	9.36
	乡镇/街道尺度	11.19	114.76	19.25	9.95
	行政村尺度	10.02	444.02	18.19	5.26
传统 2SFCA	县区尺度	7.69	64.05	26.96	22.28
	乡镇/街道尺度	0.00	112.20	16.09	14.36
	行政村尺度	0.00	1823.65	13.71	11.85
改进 2SFCA	县区尺度	7.92	64.05	29.37	10.63
	乡镇/街道尺度	0.00	38.57	28.76	11.31
	行政村尺度	0.00	1149.53	27.69	11.30

—:由于妇幼卫生服务机构的分布在行政村尺度下界限难以界定,所以计算空间可及性。

讨 论

本研究实例比较了供需比例法、重力模型、传统 2SFCA 法和改进 2SFCA 法等模型在卫生服务空间可及性评估中的原理方法和应用价值。四种模型均发现了南宁市妇幼卫生服务空间可及性呈明显的空间差异性,空间可及性从市中心向周边地区递减。然而,不同模型和不同空间尺度下的可及性递减趋势,空间可及性高值/低值聚集区域,以及空间可及性平均值和标准差等均存在较大的差异。

从空间分布上看,供需比例法的空间可及性特征呈现出与妇幼卫生资源空间分布格局相似的趋势。这是因为供需比例法采用行政界限进行区域划分,假定区域内的居民只能获取该区域内的卫生资源。供需比例法用于粗略判断区域的卫生资源分布情况<sup>[19]</sup>。重力模型发现空间可及性以妇幼卫生资源最丰富的区域为中心,向周边地区递减。这是因为重力模型通过计算需求点之外所有的妇幼卫生机构来测量空间可及性,不需事先确定妇幼卫生机构的有效服务范围<sup>[20]</sup>。传统 2SFCA 法的可及性呈现两极分化特点,而改进 2SFCA 法的可及性呈现出从高值逐渐过渡到低值的趋势特征。改进 2SFCA 法将重力模型和传统 2SFCA 法判定的高值可及性进行了细划,表明改进 2SFCA 法在识别高值空间可及性区域的内部差异上具有优越性。

从统计学特征上看,空间可及性最大值、最小值之间的差距在四种模型中均较大,这表明南宁市妇儿获得妇幼卫生服务的空间可及性存在较大的差异,妇幼卫生资源空间分布不均。本研究发现不同空间尺度下,重力模型的可及性四分位数间距均小于其他方法,这是因为重力模型考虑了卫生服务机构的供给服务规模、居民需求规模、以及出行距离对空间可及性的影响,但未限制卫生服务机构的有效服务半径。本研究不仅发现改进 2SFCA 法的可及性四分位数间距小于传统 2SFCA 法,而且传统 2SFCA 法的可及性呈现两级分化特点,改进 2SFCA 法的可及性则呈现出明显的圈层过渡特征和均匀分布特征。这因为传统 2SFCA 法对距离衰减的处理为二值分法,改进 2SFCA 法中加入了高斯距离衰减函数等因素,模型更加仿真模拟现实情况。

供需比例法基于行政界限进行区域划分,适用于测算大尺度空间单元间的卫生服务空间可及性。但是,供需比例法未考虑到出行阻抗,未能度量需求方跨越行政区域获取卫生服务的现实情况,也未能反映出卫生服务空间可及性在空间单元内部可能存在的异质性。重力模型则考虑了卫生服务机构的供给规模、居民需求方的需求规模和供需双方间的距离关系对可及性的影响,但未能限制卫生服务机构的有效服务半径。现实世界中,居民选择卫生服务机构存在一定的距离接受阈值,距离过远的卫生服务机构往往不被居民选择<sup>[21]</sup>。与重力模型相比,传统 2SFCA 法考虑了卫生服务机构的有效服务半径,但采用二值法处理距离衰减函数,未能考虑供需双方相互作用的距离衰减现实效应。改进 2SFCA 法综合考虑了卫生服务机构的服务能力、需求点的人口规模、供需点相互作用的距离衰减以及有效的服务半径等因素,更能仿真现实世界测算出妇儿获得妇幼卫生服务的空间可及性现

状。

从整体上看,四种方法测算出的空间可及性高值区域集中在市辖区,可及性低值区域集中在周边县区。这或许因为南宁市辖区的经济发展整体较好,交通便捷,妇幼卫生资源分布较为聚集。然而,周边县区的妇幼卫生资源相对缺乏且离散分布,当地妇儿获得妇幼卫生服务的可及性较市区居民差。这可能因为周边县区的卫生投入、薪酬待遇和发展机遇等逊于市区,造成妇幼卫生人员流失,进而影响了当地居民获得服务卫生服务的可及性<sup>[22]</sup>。

本研究发现县区、乡镇/街道和行政村尺度下的妇幼卫生服务空间可及性不同,可及性高值聚集区和低值聚集区也不同。空间可及性高的县区中,个别乡镇/街道的妇儿获得妇幼卫生服务的空间可及性较低;空间可及性低的县区中,也有个别乡镇/街道的妇儿获得妇幼卫生服务的空间可及性较高。这因为空间数据具有多尺度特性,属性数据的空间格局随着研究尺度和区划方式的不同而变化,从而出现可塑性面积单元问题(modifiable areal unit problem, MAUP)<sup>[23]</sup>。

供需比例法适用于大尺度空间单元间的可及性评估,重力模型、传统 2SFCA 法、改进 2SFCA 法在小尺度空间单元间的可及性评估中更具优势。针对传统 2SFCA 法的不足,改进两步移动搜索法针对距离衰减函数、搜索半径、供需双方关系和出行方式等方面进行拓展。现实应用中,需根据卫生服务机构的实际利用行为特点选取距离衰减函数形式及相关参数值。现实中,不同等级规模的卫生服务机构的服务范围以及不同群体可接受的出行距离阈值不同,应根据不同机构特点及人群需求特点设置不同的搜索半径。当需求点的搜索半径内存在多家卫生服务机构时,机构间则存在竞争效应,在传统 2SFCA 法基础上考虑机构间的竞争效应可提高模型的解释度与合理性<sup>[24]</sup>。此外,还应考虑影响居民出行时间的因素,如交通拥堵、十字路口等对卫生服务空间可及性的影响。

本研究实例比较了不同空间尺度下供需比例法、重力模型、传统 2SFCA 法和改进 2SFCA 法等模型在卫生服务空间可及性评估中的原理方法和应用价值,为卫生服务空间可及性评估模型的科学选用提供了一定参考。但是,由于妇幼卫生服务机构的分布在行政村尺度上的行政界限不易确定,本研究未计算行政村尺度下的妇儿获得卫生服务的空间可及性。重力模型的距离衰减函数的取值目前没有标准,本研究基于文献和实际情况人为而定,不同的取值可能会影响空间可及性的差异。此外,本研究构建的改进 2SFCA 仅对距离衰减函数和出行方式进行改进,未对搜索半径进行改进,仍采用固定的搜索半径。最后,本研究仅通过一个实例进行验证,这对于方法学的比较研究来

说难免不够。今后,仍需在其他实例中进一步实证比较研究,以得出更可靠的结论。

综上,四种模型在卫生服务空间可及性评估中各有所长。实际应用中,应参考多种模型的结果进行综合评估,取长补短、优劣互补,克服单一模型带来的片面性,以得出稳定可靠的结论。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Amiri S, Espenschied JR, Roll JM, et al. Access to Primary Care Physicians and Mortality in Washington State: Application of a 2-Step Floating Catchment Area. *Journal of Rural Health*, 2020, 36(3): 292-299.
- [ 2 ] Delamater PL, Shorridge AM, Kilcoyne RC. Using floating catchment area (FCA) metrics to predict health care utilization patterns. *BMC Health Services Research*, 2019, 19(1): 144-157.
- [ 3 ] Vadrevu L, Kanjilal B. Measuring spatial equity and access to maternal health services using enhanced two step floating catchment area method(E2SFCA)- a case study of the Indian Sundarbans. *International Journal for Equity in Health*, 2016, 15: 87-98.
- [ 4 ] Lin Y, Wan N, Sheets S, et al. A multi-modal relative spatial access assessment approach to measure spatial accessibility to primary care providers. *International Journal of Health Geographic*, 2018, 17(1): 33-54.
- [ 5 ] Bauer J, Muller R, Bruggmann D, et al. Spatial Accessibility of Primary Care in England: A Cross-Sectional Study Using a Floating Catchment Area Method. *Health Services Research*, 2018, 53(3): 1957-1978.
- [ 6 ] 谢红梅,潘杰. 医疗卫生服务空间可及性的衡量方法概述. *中国卫生统计*, 2016, 33(2): 353-356+361.
- [ 7 ] Mudd AE, Michael YL, Melly S, et al. Spatial accessibility to pediatric primary care in Philadelphia: an area-level cross sectional analysis. *International Journal for Equity in Health*, 2019, 18(1): 76-82.
- [ 8 ] Leung M, Chow CB, Ip PP, et al. Geographical accessibility of community social services and incidence of self-harm. *Spatial and Spatio-temporal Epidemiology*, 2020, 33: 100334.
- [ 9 ] Piovani D, Arcaute E, Uchoa G, et al. Measuring accessibility using gravity and radiation models. *Royal Society Open Science*, 2018, 5(9): 171668.
- [ 10 ] Dumitrache L, Nae M, Simion G, et al. Modelling Potential Geographical Access of the Population to Public Hospitals and Quality Health Care in Romania. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2020, 17(22): 8487-8504.
- [ 11 ] Wang L, Ramroop S. Geographic disparities in accessing community pharmacies among vulnerable populations in the Greater Toronto Area. *Canadian Journal of Public Health*, 2018, 109(5-6): 821-832.
- [ 12 ] Zhou Y, Beyer KMM, Laud PW, et al. An adapted two-step floating catchment area method accounting for urban-rural differences in spatial access to pharmacies. *Journal of Pharmaceutical Health Services Research*, 2021, 12(1): 69-77.
- [ 13 ] Daly MR, Mellor JM, Millones M. Do Avoidable Hospitalization Rates among Older Adults Differ by Geographic Access to Primary Care Physicians. *Health Services Research*, 2018, 53(Suppl 1): 3245-3264.
- [ 14 ] 陶卓霖,程杨. 两步移动搜索法及其扩展形式研究进展. *地理科学进展*, 2016, 35(5): 589-599.

(下转第 44 页)