

基于 GIS 的医疗设施布局及空间可达性研究

——以北京市 Z 区为例

康运杰^{1,2*} 赵君¹ 李熹¹ 冯羿凯^{1,2} 陈俊佳^{1,2} 王芳¹

1. 中国医学科学院医学信息研究所 卫生体系与政策研究中心 北京 100020

2. 北京协和医学院 北京 100730

【摘要】目的:借助地理信息系统,对北京市 Z 区医疗设施布局及居民就医空间可达性进行分析研究,旨在为促进医疗资源合理布局、提高居民医疗服务公平性提供决策参考。方法:基于 ARCGIS 软件,采用两步移动搜寻法模型,对北京市 Z 区的居民点对不同等级医疗机构的空间可达性进行测算。结果:Z 区人口及医疗床位资源主要分布在中西部几条核心街道地区;空间可达性呈典型的单核辐射向四周的布局状况。一级医疗机构资源空间可达性东部更高,二、三级医疗机构则西部更高。结论:Z 区医疗床位资源总量有待进一步提高。建议增加对西部地区一级医疗卫生机构的卫生资源投入,此外,通过建设医联体增强三级医院与基层医疗机构协作,从而促进优质资源下沉至东部地区,将有助于提高全区医疗卫生资源布局合理性。

【关键词】空间可达性;两步移动搜寻法;地理信息系统;卫生资源配置

中图分类号:R197 文献标识码:A doi:10.3969/j.issn.1674-2982.2021.06.010

Research onspatial distribution and accessibility of medical facilities based on GIS: A case of the Z district of Beijing

YI Yun-jie^{1,2}, ZHAO Jun¹, LI Xi¹, FENG Yi-kai^{1,2}, CHEN Jun-jia^{1,2}, WANG Fang¹

1. Institute of Medical Information, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100020, China

2. Peking Union Medical College, Beijing 100730, China

【Abstract】 Objective: To analyze the spatial distribution of medical facilities and the spatial accessibility of residents' medical treatment in Z District of Beijing with the help of geographic information system (GIS), so as to provide provide decision-making reference for promoting the rational distribution of medical resources and improving the fairness of residents' medical services. Methods: Using ARCGIS software, the two-step floating catchment area method was adopted to calculate the spatial accessibility of residential areas to different levels of medical institutions. Results: The population and hospital bed resources of Z District are mainly distributed in several core streets in the Central and Western regions. The spatial accessibility presented a typical layout of monocycle radiation to the surrounding areas. The spatial accessibility of the resource space of primary medical institutions is higher in the East, while that of secondary and tertiary medical institutions is higher in the West. Conclusions: The total amount of hospital bed resources in Z District needs to be further improved. It is suggested that the input of health resources allocated to primary medical institutions in the western region should be increased. In addition, through the construction of a Medical Consortium, the cooperation between tertiary hospitals and primary medical institutions should be strengthened in order to promote the sinking of high-quality resources allocated to the eastern region, which will be helpful in the improvement of rationality of medical and health resources allocation in Z District of Beijing.

【Key words】 Spatial accessibility; Two-step floating catchment area method; Geographic information system; Medical resource allocation

* 基金项目:医学科技创新评价与卫生服务体系构建研究项目(2016-I2M-3-018)

作者简介:康运杰(1997 年一),男,硕士研究生,主要研究方向社会医学与卫生事业管理、妇幼卫生、基层卫生政策等。

E-mail: yi.yunjie@imicams.ac.cn

通讯作者:王芳。E-mail: wang.fang@imicams.ac.cn

近年来,我国医药卫生体制改革不断深化,人民健康状况和基本医疗卫生服务的公平性、可及性持续改善。^[1]在医疗卫生资源投入不断加大、医疗卫生规模不断扩大的同时,确保人人能够均等化享有基本医疗卫生服务也不断被重视。2016年,《“健康中国2030”规划纲要》出台,其中提到“县和市域内基本医疗卫生资源按常住人口和服务半径合理布局。到2030年,15分钟基本医疗卫生服务圈基本形成。”^[2]因此,如何合理配置医疗卫生资源,从而确保居民能在15分钟内到达最近医疗服务点,显得尤为重要。空间可达性评价作为公共服务资源配置合理性评价的方法,是衡量公共服务资源空间配置合理性的最有效工具之一。^[3,4]将其用于医疗卫生领域,能够有效地发现医疗设施资源配置中存在的问题,为解决医疗卫生资源空间分配不公提供决策参考。^[5]

随着地理信息系统技术(GIS)的不断发展,利用ARCGIS软件对资源配置进行可达性评价研究已成为众学者研究的热点。^[6]刘钊^[7]、于珊珊^[8]、廖唐洪^[9]等人利用地理信息系统进行了医疗设施空间布局分布研究。张涛^[10]、付加森^[11]、张珊^[12]利用两步移动搜寻法分别对哈尔滨市、大连市和海口市进行了医疗空间可达性研究。本文采取较小的研究单元(行政村及社区),利用ARCGIS软件对北京市Z区医疗设施布局状况及可达性进行研究,旨在为优化Z区医疗卫生资源空间布局,提高居民对医疗卫生资源的可达性和公平性提供政策和决策参考。

1 资料来源及方法

1.1 资料来源

本文中的Z区镇级行政区划矢量地图来自国家地球系统科学数据中心(<http://www.geodata.cn/index.html>);各个行政村(社区)常住人口数据由Z区卫生健康委员会提供;Z区医疗机构地址及床位数由Z区卫生健康委员会提供;各个行政村(社区)、医疗机构WGS1984坐标通过百度坐标拾取网站提取其百度坐标,后利用小O地图软件进行坐标转换成地理信息平台(GIS)可兼容的格式。

1.2 研究区域概况

Z区位于北京市郊,镇域东西长45公里,南北宽30公里,总占地996.36平方公里。^[13]截至2019年12月31日,Z全区下辖19个建制镇和6个街道办事处,常住人口共1 057 385人,平均每平方公里1 061

人。Z区共792家医疗机构,已定级的医疗机构共46家,其中一级36家,二级6家,三级4家。一级医疗机构以基层医疗卫生机构为主,其中包括22个乡镇卫生院和2家社区卫生服务中心,还有数家专科医院和综合医院;6家二级医疗机构主要是综合医院和专科医院,包括中医院、口腔医院等;4家三级医疗机构则是综合医院和大型专科医院。Z区全区定级医疗机构的医疗床位数共3 935张。

1.3 研究方法

1.3.1 两步移动搜寻法

两步移动搜寻法模型最早由Radke^[14]等人提出,2003年由Luo^[15]等人修正。该模型广泛应用于公共卫生领域的可达性研究。该方法分别以居民点和医疗点为基础进行两次移动搜寻,计算各个医疗点的供需比,随后汇总计算出各个居民点的可达性。

第一步,对每个供给点(医院) j ,搜索所有在 j 距离阈值(d_0)范围(一般以最大出行时间或平均出行距离表示,本文采用居民点至所有医疗机构的平均距离作为阈值距离)内的需求点(k),计算供需比 R_j :

$$R_j = \frac{S_j}{\sum_{j \in (d_{ij} \leq d_0)} D_k}$$

其中, d_{kj} 为 k 和 j 之间的距离, D_k 为搜索区内人群(即 $d_{kj} \leq d_0$)的需求(一般以居民点人数表示), S_j 为 j 点的总供给(一般用供给点的床位数或者卫生技术人员数表示,本文采用供给点的医疗床位数表示)。考虑到专科医院在服务人群上与综合医院存在的显著差异,因此本文使用两步移动搜寻法时,剔除了精神病医院、传染病医院、结核病防治中心、口腔医院等针对特定病种的专科医院,保留了服务人群面相对较广的儿童医院、妇幼医院和康复医院三所专科医疗机构,从而一方面减少特殊医疗床位对居民医疗可达性的影响,另一方面又尽量确保纳入模型的医疗床位更符合实际情况。

第二步,对每个需求点 i ,搜索所有在 i 距离阈值(d_0)范围(即 i 的搜索区)内的供给点(j),将所有的供需比 R_j 加在一起即得到 i 点的可达性 A_i^F 。

$$A_i^F = \sum_{j \in (d_{ij} \leq d_0)} R_j = \sum_{j \in (d_{ij} \leq d_0)} \frac{S_j}{\sum_{j \in (d_{ij} \leq d_0)} D_k}$$

其中, d_{ij} 为 i 和 j 之间的距离, R_j 是 i 搜索区($d_{ij} \leq d_0$)内的供给点 j 的供需比。 A_i^F 越大,则可达性越好。

1.3.2 空间插值方法

通过两步移动搜寻法可以计算出各个居民点的空间可达性,利用空间插值法可将其进行平面可视化。反距离权重(IDW)插值是基于这样的一种假设:彼此距离较近的事物要比彼此距离较远的事物更相似。同时,假定每个测量点都有一种局部影响,而这种影响会随着距离的增大而减小。由于这种方法为距离预测位置最近的点分配的权重较大,而权重却作为距离的函数而减小,因此称之为反距离权重法。反距离权重法的假设思想与医疗设施的空间分布特点相似,即距离医疗机构点远的居民空间可达性较小,反之较大。因此,利用反距离权重法进行空间插值来实现空间可达性的平面可视化较为合理。

2 结果

2.1 Z区人口分布

Z区常住人口重心集中在西部地区,其中以I街道、O街道、P街道、Q街道、R街道及S镇的人口密度最高,均超过2000人/平方公里。该六个地区总占地面积56.96平方公里,占Z区总面积的5.7%,而常住人口340517人,占Z区总常住人口数的32.2%。常住人口密度次高的地区在Z区西北部的M街道和N镇地区,其人口密度在1500人/平方公里以上。东部地区除K镇和J镇外,其他镇人口密度较低,均在500人/平方公里以下(图1)。

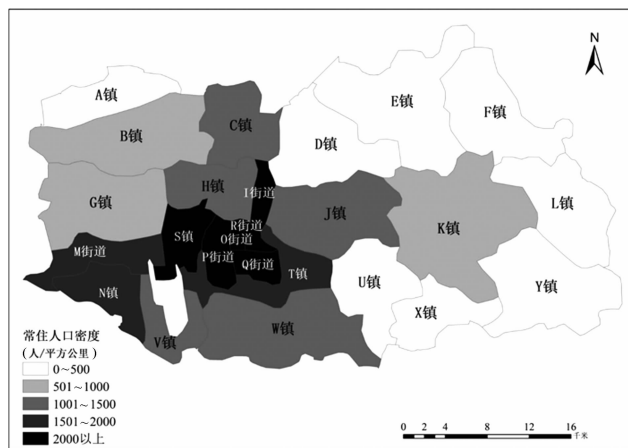


图1 Z区常住人口密度图

2.2 Z区医疗卫生资源布局

2.2.1 医疗机构分布

Z区一级医疗机构以基层医疗卫生机构为主,在全区各个地方均有分布;二级医疗机构主要分布在中、西部;三级医疗机构分布在西部地区。整体来

看,这些医疗机构主要分布在Z区的中西部,集中在M、I、O、P、Q和R这六条街道。其余乡镇一般有1~2个医疗机构。此外,Z区交通道路网发达,多数医疗机构距离主干道路网较近。

2.2.2 医疗机构床位分布

Z区医疗机构床位数集中于综合医院和专科医院,两者床位数共3288张,占全区总床位数的83.6%。其他定级的乡镇卫生院等医疗机构床位数合计647张,占比16.4%(表1)。

表1 各类型医疗机构数量及床位数

机构类型	数量	床位数(张)	占比(%)
综合医院	13	1683	42.8
专科医院	8	1605	40.8
基层医疗机构	24	347	8.8
其他医疗机构	1	300	7.6
合计	46	3935	100

注:专科医院包括儿童医院、口腔医院、妇幼保健医院等;基层医疗机构包括乡镇卫生院、社区卫生服务中心。

Z区医疗机构床位主要集中在中部的O街道、J镇和西部的K镇。三镇(街道)的医疗机构床位数均超过500张,合计2394张,占Z区总医疗机构床位数的60.8%。西北部的A、B、C镇和东南部的X、Y镇床位数较少,均不足20张(图2)。

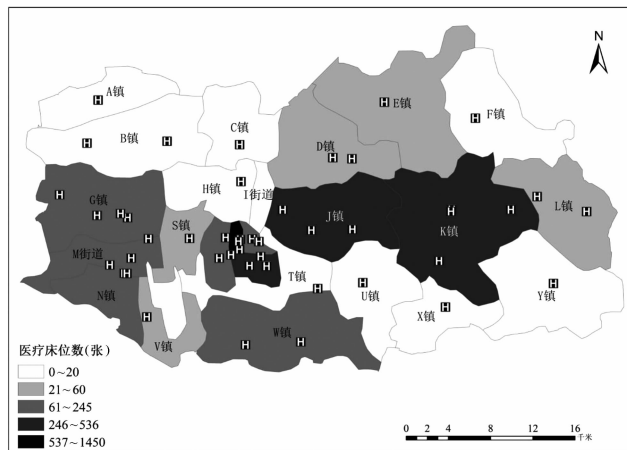


图2 Z区医疗机构床位分布图

床位密度方面,每千人口床位数分布与总床位数分布状况大致相似。O街道、R街道、G镇、J镇、K镇五个地区的每千人口床位数最多,均在9.88张/千人口以上,远高于整个区的平均数3.72张/千人口。整体来看,Z区每千人口床位数密度地理分布呈现出一条东北—西南走向的非连续高密度床位带状区,西北及东南地区医疗床位资源较少,A、B、C、X、Y

等多镇医疗床位密度不足 1 张/千人口(图 3)。

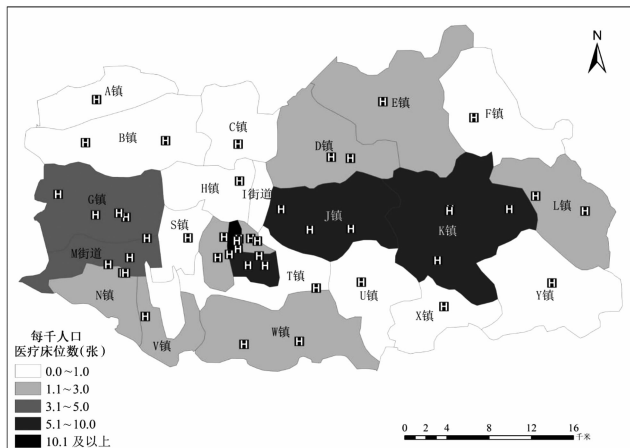


图 3 Z 区每千人口床位数布局

2.3 医疗资源空间可达性

2.3.1 Z 区整体医疗空间可达性

将不同等级的医疗机构同时纳入两步移动搜寻法模型并以其为供给点,经过 ARCGIS 软件处理后得到 Z 区整体医疗可达性状况(图 4)。颜色越浅,表示其可达性越高。整体来看,Z 区医疗空间可达性呈现出单核向四周辐射并向外围地区逐渐减少的布局状态,南北方向上可达性变化较为缓慢,东西方向上则逐渐降低。Z 区西部医疗可达性最好,其范围覆盖了 I、R、T、Q、U 五条街道以及周围的 S、H、T、J 四镇,这些区域的可达性值均在 3.5 以上。中部的 E、K、X 三镇次之;最东部的 F、L、Y 三镇以及最西北部的 A 镇医疗可达性最差,其可达性值小于 0.9(图 4)。

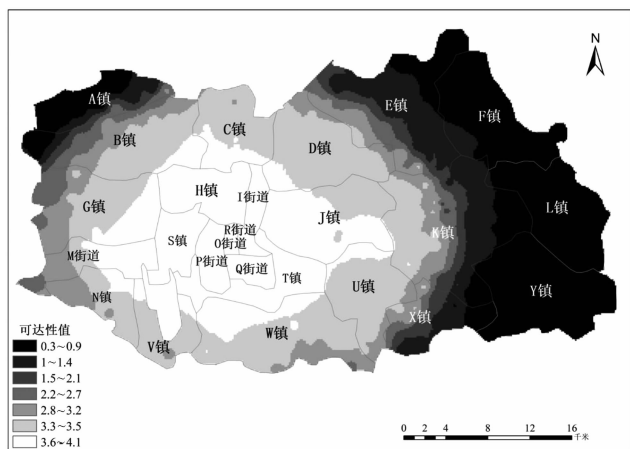


图 4 Z 医疗空间可达性布局

2.3.2 各级医疗机构空间可达性

以一级医疗机构为供给点,利用两步移动搜寻法及插值法得到 Z 区居民对医疗机构的空间可达性

状况。一级医疗机构空间可达性整体同样呈现出单核向四周辐射减少的分布状况,但其核心在 Z 区中东部的 K 镇和 J 镇,可达性值在 0.94 以上。医疗空间可达性在核心区的东北和西南方向上缓慢降低,东北方向是可达性次之的 F 镇及 E 镇,西南方向是人口密度最高的城区街道,其可达性值在 0.72 ~ 0.81 之间。可达性在西北和东南方向上降低速度较快,西北部的 A 镇及东南部 Y 镇可达性不足 0.34,为全区可达性水平最低的镇。

Z 区二级医疗机构空间可达性呈现出单核阶梯型分布状况,从西部至东部可达性不断降低,且分成较为明显的西中东三个阶梯,在南北方向上可达性变化不大。西部的医疗可达性最高,其可达性值均在 0.88 以上;中部次之,其医疗可达性值在 0.44 ~ 0.71 之间;整个东部六镇最低,医疗可达性不足 0.1。

Z 区三级医疗机构空间可达性呈现出西高东低单核偏向分布状况,西部地区医疗可达性整体高于东部,南北方向上的可达性变化均较小。西部多数地区三级医疗机构空间可达性值均在 2.48 以上;东部地区则较低,除少数地区外,可达性值均小于 0.38。

3 讨论

本文基于地理信息系统(GIS)软件,对 Z 区医疗资源分布进行可视化表达,同时利用两步移动搜寻法模型测算并展现了行政村(社区)级居民点对不同等级医疗机构的空间可达性状况。

3.1 医疗卫生资源呈条带状分布且总量不足

在医疗床位资源总量方面,Z 区的医疗设施资源呈东西走向非连续带状分布。根据 2019 年我国卫生健康事业发展公报显示,我国每千人床位数达到 6.30 张。^[16]另外,北京市 2019 年卫生健康事业发展统计公报显示,全市每千常住人口医疗机构编制床位数 6.5 张,每千常住人口医疗机构实有床位 5.9 张。^[17] Z 区全区平均每千常住人口床位数仅 3.72 张,仅达到全国平均水平的 59.0%,北京市平均水平的 63.1%。由此可见,Z 区在卫生资源配置总量,尤其是床位数方面,仍有巨大的提升空间。

3.2 整体医疗空间可达性呈单核辐射状分布,各级医疗机构情况各异

3.2.1 整体医疗空间可达性呈单核偏西分布

Z 区居民对整体医疗资源的空间可达性呈典型

单核辐射状分布,核心位于Z区西部,距离核心区近的居民点空间可达性高,反之越小。Z区最东部的F、L、Y镇及西北部边缘的A镇可达性最低,东部三镇由于地域广阔、大型医疗机构数目较少而造成可达性值较低,西北部的A镇则是因为距离医疗机构较远而出现可达性低的现象。单核心向四周辐射减少是一种较为典型的可达性分布状况。黄经南^[18]、郑朝洪^[19]等学者利用两步移动搜寻法分别对武汉市、福建省石狮市的医疗机构空间可达性进行了研究,其结果分布也是可达性值呈单核向四周辐射降低的布局。边缘地区的就医空间可达性不仅受本辖区的医疗卫生机构影响,也易受到相邻行政区的影响,在进行卫生资源配置时则应综合考量。

3.2.2 一级医疗机构可达性呈单核偏东分布

一级医疗机构空间可达性呈单核向四周辐射状分布,其核心在Z区东部地区。新时期我国医改强调将医疗资源下沉至基层,增强基层卫生服务能力,做好合理布局医疗资源,合理分流病人,做到分级诊疗。提高一级医疗机构的空间可达性对于促进基本公共卫生服务和基本医疗服务的公平性、可及性具有重要作用,同时也是针对“保基本、强基层、建机制”中“强基层”的突出保障措施。而Z区西部人口较多,人口密度高于周围地区,而其一级医疗机构的床位数密度及空间可达性却不如东部,东西部均衡性较差,有待改进。

3.2.3 二级医疗机构空间可达性呈单核偏西分布

二级医疗机构空间可达性呈现出单核偏西分布。值得注意的是,Z区共6家二级医疗机构,西部2家,中部3家,东部1家。东中西三个地区的总医疗床位数大致相似。因此,二级医疗机构空间可达性分布本应呈现出均衡的状况。但是东部的唯一一家二级医疗机构为精神病院,因其医疗服务对象较普通人群有较大差异而易对研究结果产生影响,所以将其从模型中剔除。这一点在以往有关医疗设施空间可达性的研究中较少体现,在未来的类似研究中应该加以注意。

3.2.4 三级医疗机构空间可达性呈单核偏西分布

三级医疗机构空间可达性则呈现出以西部街道及其周围地区为核心的单核辐射状分布状况,这是因为Z区的4家三级医院均位于西部地区,而东部地区无三级医疗机构。这也是三级医疗机构可达性东西部差异最大的原因。此外,北京市3家三甲医院(友谊医院、地坛医院、北医三院)将于Z区建立分

院,地坛医院和友谊医院分院分别建在中部的U镇和西部的N镇,北医三院分院拟选址位于Z区西部的B镇,将进一步加大东西部间三级医疗机构可达性的差距。

3.3 本研究的局限性

在研究制作空间可达性图时,剔除了精神病医院、传染病医院等专科医疗机构。理论上,将不同专科医院的床位数按照一定的比例进行折算,能够更符合实际地展现居民医疗可达性,但折算系数较难取得,这一点有待后续进行更深入研究。单独依靠医疗卫生机构床位数和空间距离进行评价,与复杂的现实情况仍有一定的差距,模型测算结果存在一定的局限性。此外,无论采用何种模型,在研究范围上都容易忽略周围行政区对研究地区存在的影响,因此在对边缘缺乏医疗资源地区的判定需要更加谨慎。最后,居民的就医行为也会受到其他非空间因素的影响,本文未作深入讨论。

4 政策建议

4.1 从基层发力,丰富医疗卫生床位资源

从每千人口床位数的角度看,Z区医疗床位资源较北京市和全国平均水平均显得有所不足,仅达到北京市和全国水平的六成左右。建议从基层医疗机构出发,提升医疗卫生机构床位资源总量,一方面,能够达到“保基本、强基层”的作用,另一方面,对于实现上级医院向下转诊、促进分级诊疗具有一定的帮助作用。

4.2 针对性调整医疗床位资源的配置

Z区各级医疗机构的空间可达性各有不同,应针对各级医疗机构特点及群众需求调整医疗床位资源配置。Z区西部地区人口稠密,医疗需求相对较高,通过提高一级医疗卫生机构资源比重,能够较好地缓解西部地区“大医院”的就医压力,促进患者合理分流。此外,建议通过医联体建设,促使资源纵向整合,促进三级医院优质卫生资源下沉,从而提高东部地区三级医疗机构空间可达性。

作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参 考 文 献

- [1] 中华人民共和国中央人民政府. 国务院办公厅关于印发深化医药卫生体制改革2020年下半年重点工作

- 任务的通知[EB/OL]. (2020-07-16) [2020-12-08]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2020-07/23/content_5529417.htm
- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 中共中央国务院印发《“健康中国 2030”规划纲要》[EB/OL]. (2016-10-25) [2020-12-08]. http://www.gov.cn/zhengce/2016-10/25/content_5124174.htm
- [3] 季卓然, 束蝉方, 黄强. 基于 GIS 的医疗设施空间可达性研究[J]. 地理空间信息, 2018, 16(3): 10-13.
- [4] 叶嘉安, 宋小冬, 钮心毅, 等. 地理信息与规划支持系统[M]. 北京: 科学出版社, 2006.
- [5] 胡瑞山, 董锁成, 胡浩. 就医空间可达性分析的两步移动搜索法: 以江苏省东海县为例[J]. 地理科学进展, 2012, 31(12): 1600-1607.
- [6] 王建廷, 刘雅文. 基于 GIS 的天津市中心城区综合医院空间布局分析[J]. 地理与地理信息科学, 2018, 34(5): 25-30.
- [7] 刘钊, 郭苏强, 金慧华, 等. 基于 GIS 的两步移动搜寻法在北京市就医空间可达性评价中的应用[J]. 测绘科学, 2007(1): 61-63
- [8] 于珊珊, 彭鹏, 田晓琴, 等. 基于 GIS 的长沙市医院空间布局及优化研究[J]. 长沙大学学报, 2012, 26(2): 90-94.
- [9] 廖唐洪, 李青莉. 基于地理信息系统的医疗设施空间分布研究[J]. 中国医药导报, 2015, 12(1): 155-157.
- [10] 张涛, 曹亮, 梁中杰. 基于 GIS 的城市医疗设施空间可达性研究: 以哈尔滨市为例[J]. 经纬天地, 2017(4): 36-40.
- [11] 付加森, 王利, 赵东霞, 等. 公共医疗设施可达性评价: 以大连市为例[J]. 卫生经济研究, 2014(11): 27-30.
- [12] 张珊, 刘诗利, 朱宇鹏. 基于 GIS 的公共医疗设施空间可达性分析[J]. 地理空间信息, 2019, 17(3): 55-58.
- [13] 北京市 Z 区人民政府. Z 概况[EB/OL]. (2020-10-25) [2020-12-08]. <http://www.bjshy.gov.cn/web/mlsy/syjs/zrgk/index.html>
- [14] Radke J, Mu L. Spatial decompositions, modeling and mapping service regions to predict access to social programs [J]. Geographic Information Sciences, 2000, 6(2): 105-112.
- [15] Luo W, Wang F. Measures of spatial accessibility to health care in a GIS environment: synthesis and a case study in the Chicago region [J]. Environment and Planning B, 2003, 30(6): 865-884.
- [16] 国家卫生健康委. 2019 年我国卫生健康事业发展统计公报[EB/OL]. (2020-06-06) [2020-12-08]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/s10748/202006/ebfe31f24cc145b198dd730603ec4442.shtml>
- [17] 北京市卫生健康委信息中心. 2019 年北京市卫生健康事业发展统计公报[EB/OL]. (2020-04-15) [2020-12-08]. <http://www.phic.org.cn/tjsj/wstjgb/>
- [18] 黄经南, 陈敏, 李玉岭, 等. 基于最优路径分析和两步移动搜索法的武汉市医疗卫生设施服务水平评价与优化[J]. 现代城市研究, 2019(8): 25-34.
- [19] 郑朝洪. 基于 GIS 的县级市医疗机构空间可达性分析: 以福建省石狮市为例[J]. 热带地理, 2011, 31(6): 598-603.
- [收稿日期:2020-12-08 修回日期:2021-04-12]
(编辑 赵晓娟)