引文格式：俞艳,闫奇奇,阎程 ,等. 基于手机信令数据的宁波市医疗资源均等性评估[J]. 地理空间信息, 2024, 22(7): 1-4. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2024.07.001

基于手机信令数据的宁波市医疗资源均等性评估

俞　艳[1]，闫奇奇[1*]，阎　程[1]，张宸赫[1]，何宇嘉[1]，高昕欣[1]
（1. 武汉理工大学，湖北 武汉 430070）

摘　要：目前对医疗资源均等性的评估大多基于传统数据，仅从供或需单一方面开展，其结果不够全面。鉴于此，采用POI数据和手机信令等多源大数据，从供给和需求双向出发，对宁波市医疗资源的均等性进行综合评估。结果表明，宁波市医疗资源整体均等性较好，但局部地区仍存在不均等现象，需要针对各地区的具体情况制定合适的政策，以发展各区医疗资源。

关键词：手机信令；医疗资源；均等性；可达性；POI
中图分类号：TU984　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2024）07-0001-04

Medical Resource Equalization Evaluation of Ningbo City Based on Mobile Phone Signaling Data

YU Yan[1], YAN Qiqi[1], YAN Cheng[1], ZHANG Chenhe[1], HE Yujia[1], GAO Xinxin[1]
(1. Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China)

Abstract: Most of the current medical resource equalization evaluation is based on traditional data, from the single aspect of supply or demand, and its results are not comprehensive enough. Therefore, we used multi-source big data such as POI data and mobile phone signaling data to comprehensively evaluate the medical resource equalization of Ningbo City from both supply and demand. The results show that the overall medical resource equalization of Ningbo City is good, but the phenomenon of local inequality still exists, and it is necessary to formulate appropriate policies to develop medical resource in each region according to the specific condition of each region.

Key words: mobile phone signaling, medical resource, equalization, accessibility, POI

推进公共服务发展、健全完善公共服务体系、持续推进基本公共服务均等化是国家“十四五”规划的重要举措，高质量的公共服务对人的全面发展和社会进步具有重要意义[1]。城市医疗资源是公共服务重要的组成部分，其空间配置公平与否影响居民健康和社会满意度。目前我国医疗设施的空间配置存在重叠和滞后，医疗设施空间可获得性存在差异。新冠疫情流行尚未结束，病毒变异仍存在不确定性，如何进一步评估医疗资源的均等性，是城市高质量发展的重要步骤，也是增强人民幸福感和安全感的基本保障[2]。宁波市位于长江三角洲经济活跃区域，城市发展动力强，居民对医疗服务需求较突出。《宁波市卫生健康事业发展“十四五”规划》[3]中提出，要促进卫生健康事业更加优质均衡、更加充分的发展。现阶段正值宁波市卫生健康事业发展“十四五”规划时期，高质量发展卫生健康事业，是满足人民美好生活向往，提升人民获得感、幸福感的重要保障。

目前学者大多基于传统数据对基础设施尤其是医疗设施评估方法进行研究，如韩霞[4]等选取医疗卫生机构床位、医疗卫生技术人员、医疗卫生经费等因素分析了京津冀城市与城市间以及城市与农村间医疗资源的均等化情况；李娜娜[5]通过地理国情数据对新疆地级行政区的基础医疗服务均等化进行了研究；郭亮[6]等从医疗设施的供需关系出发，为武汉市医疗设施的配置优化提供了决策支持；赵文花[7]等利用GIS和改进潜能模型构建了刻画人口对医疗设施需求的人口需求指数，对宁波市海曙区开展了医疗设施评估；胡瑞山[8]等采用两步移动搜索法对江苏省东海县开展了居民就医可达性分析。近年来国内外出现了一些基于手机信令等大数据评估设施布局与服务水平的研究，如 Ahas R[9]等利用手机信令数据计算了爱沙尼亚的职住通勤距离，并通过与统计数据的比较，验证了手机

收稿日期：2023-02-14。
项目来源：国家自然科学基金资助项目（42171260、52079101）。
第一作者简介：俞艳（1976—），博士，教授，研究方向为计算地理在区域规划及土地资源管理中的应用，E-mail：yyhrose@whut.edu.cn。
通信作者：闫奇奇（2000—），硕士研究生在读，研究方向为计算地理在区域规划及土地资源管理中的应用，E-mail：334777@ whut.edu.cn。

数据可作为城市人口研究的可靠数据源；席广亮[10]等利用大数据开展聚类分析，验证了大数据评价城市空间布局实施效果的可行性；师浩辰[11]、薛琴[12]等均将手机信令引入医疗设施配置的研究中，取得了一定的成果。从目前研究来看，医疗资源均等性的评估方法取得了较大进展，但大多仅从供给或需求水平单一方面进行评估，少有综合考量二者的评价方法，导致评估结果较片面，不能很好地将医疗资源的供给水平和居民对医疗资源的需求水平紧密结合，医疗资源的均等性难以得到合理评估；且研究大多采用统计年鉴等静态基础数据，对于居民需求侧的分析不够全面，无法精准动态识别出区域范围内真正的居民活动常住区和居民需求。因此，本文将医疗资源供给侧和居民医疗服务需求侧相结合，立足于大数据技术，通过引入手机信令数据，较精准地判定居民的时空行为特征，判断常住生活区，确定其医疗需求范围，开展区域医疗资源均等性评估，使得医疗设施空间布局与人的时空行为相匹配，以提高医疗资源效益。

1 研究方法

1.1 医疗资源供给水平测度方法

本文通过计算医疗资源可达性来测度其供给水平。将综合医院分为三级医院、其他综合医院和社区卫生服务点（包括卫生院和社区卫生服务中心）3个等级进行计算，并计算3个等级医院的综合可达性，以此测度医疗资源的供给水平。由于某些专科医院，如口腔医院、监狱医院、美容整形医院等具有特定服务人群，难以代表居民整体综合就医需求，因此这些医院未被列为分析对象。

可达性以到达医院所需时间长短来衡量其强度[13]。本文结合宁波市的交通道路情况、各级医疗设施的服务能力以及居民的出行方式，利用服务区分析方法，在时间等级内计算各医院的最远服务距离，以此确定各医疗资源的服务覆盖范围。本文参考了胡峻语[13]等的服务半径设定方法，并根据宁波市的实际情况制定了可达性强度划分标准，具体见表1。

表1 可达性强度划分表/min

医院等级	强	较强	较弱	弱
三级医院	<20	20~40	40~60	>60
其他综合医院	<10	10~20	20~40	>40
社区卫生服务点	<5	5~10	10~15	>15

根据表1中的分级，对得到的各医疗资源的服务覆盖范围赋予相应分值，以三级医院为例，若到达医院时间小于20 min，则赋值3；若在20~40 min，则赋值2；若在40~60 min，则赋值1，以此表征可达性大小，得到各医院的可达性。以各乡级行政区为评价单元，按照各医疗资源在各行政区的面积比例计算各行政区内医疗资源的可达性分值，具体公式为：

$$W_i = \sum R_{ij} \frac{S_{ij}}{S_i} \tag{1}$$

式中，R_{ij} 为 j 类医疗资源在乡级行政区 i 内的分值；S_{ij} 为乡级行政区 i 内 j 类医疗资源的可达面积；S_i 为乡级行政区 i 的面积。

1.2 医疗资源需求水平测度方法

本文通过各乡级居住人口密度来测度医疗资源的需求水平。相较于传统的基于《统计年鉴》的测度方法，可以更科学精准地得出居住地的人口密度，从而更精准地反映医疗设施的实际需求。以20：00—次日8：00为筛选标准，若该时间范围内数据固定在某个点未发生位移，则认为该点为该居民当晚的居住地；一个月内该居民在同一地点的天数超过16 d，则认为该点为该居民的常住地。通过统计得到各乡级行政区联通用户常住人口数量，根据式（2）计算得到各行政区联通用户人口密度。

$$\rho_i = \frac{X_i}{S_i} \tag{2}$$

式中，X_i 为乡级行政区 i 的联通用户常住人口总数。

1.3 医疗资源均等性测度方法

医疗资源均等性主要是指供给侧与需求侧的耦合程度。本文采用非相似系数来定量测度供给侧医疗资源可达性与需求侧乡级联通用户人口密度之间的差异程度。非相似系数是衡量两个实体或一个实体与实体组之间差异程度的数量指标，已广泛应用于产业结构差异、城市群健康发展[14]等领域。

为体现局部空间分异特征，本文采用改进的非相似系数，即通过局部和全局分别计算非相似系数的方法来描述单元和全局的差异性，计算公式为：

$$A_i = \frac{W_i}{W_{\text{sum}}} - \frac{\rho_i}{\rho_{\text{sum}}} \tag{3}$$

$$A = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^{N} |A_i| \tag{4}$$

式中，A_i 为局部非相似系数，通常描述局域的差异程度，即乡级行政单元 i 的差异程度；W_i 为乡级行政区 i 的可达性；W_{sum} 为宁波市医疗资源的可达性；ρ_i 为乡级行政单元 i 的联通用户居住人口密度；ρ_{sum} 为宁波市的联通用户居住人口密度；A 为全局非相似系数，通常描述全局的差异程度；N 为乡级行政单元总数。

局部非相似系数的区间为(−1,1)，若系数为0，则该区域的医疗资源相对均等；若系数在(−1,0)区间，

接近-1表示该区域医疗资源供给水平较低，需求量大于供给量，存在医疗资源紧缺现象；若系数在(0,1)区间，接近1表示该区域医疗资源供给水平较高，需求量小于供给量，存在医疗资源过剩情况。全局非相似系数的区间为(0,1)，越靠近0表示宁波市医疗资源越平衡，越靠近1表示医疗资源失衡越明显。

2　数据来源与预处理

本文利用宁波市联通手机信令数据、三级综合医院POI数据和城市路网数据，从两个角度评估宁波市医院资源的均等性。医疗资源爬取自高德地图提供的宁波市综合医院POI数据，经数据核验、筛选、清洗和格式转换等预处理操作，最终得到28个三级医院、72个其他综合医院和838个社区卫生服务点的POI数据。将上述POI点位数据与宁波市矢量图相结合，得到医疗资源空间设施分布情况（图1）。宁波市人口数据来源于中国联通公司提供的手机信令数据，记录了手机用户与通信基站之间的数据往来，包括进入和离开基站的用户信息，数量大、范围广、个体独立，具有很强的客观性和代表性。根据宁波市实际情况，筛选20：00—次日8：00的数据，并对符合条件的用户进行居住地和常住地的识别。根据乡级行政区边界，统计联通用户人口数量，共筛选出2 701 849个用户，并计算得到各乡级行政区的联通用户人口密度。由于手机信令数据为抽样数据，且本文所需数据为密度的比值，因此联通手机信令数据可表征该比值。城市路网数据来源于OpenStreetMap网站（https://www.openstreetmap.org/），具有时效性高、可操作性强、分辨率高等特点[15]。结合宁波市实际路面情况，对其进行了一定的修正处理，使其作为服务区分析的基础数据。

3　研究结果与分析

3.1　宁波市医疗资源供给水平

本文基于宁波市医疗资源POI数据，结合供给水平测度方法，对宁波市整体医疗资源供给水平进行了分类分析，结果见图2，可以看出，三级医院可达性呈“中心强、周边弱”的聚集特征，其中海曙区、江东区聚集特征最明显，这两个区位于宁波市政治经济繁华地带，面积小、医疗资源丰富，在慈溪市和余姚市的市中心也呈现同样的特征，说明医疗资源在经济相对发达的地区覆盖率较好；社区卫生服务点整体覆盖率较高，基本实现了10~15 min生活圈居住区配套设施，但仍有部分地区的高可达性区域偏离中心区域，存在不公平现象，象山县尤为突出；其他综合医

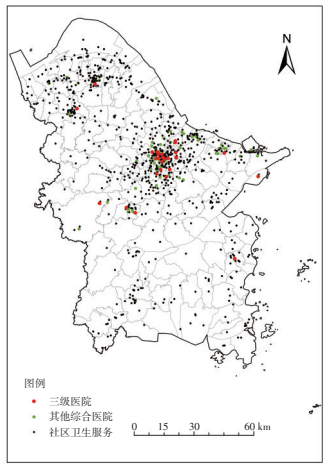


图1　宁波市医疗资源空间设施分布

审图号：GS(2019)1822

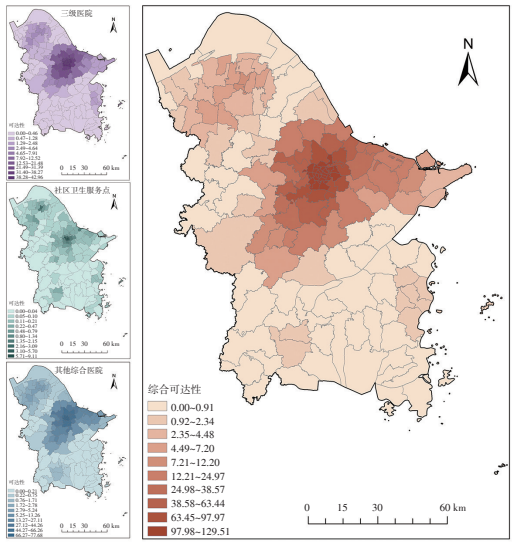


图2　宁波市医疗资源供给水平

审图号：GS(2019)1822

院的可达性与三级医院可达性类似，呈“中心强、周边弱”的聚集特征，其他综合医院在宁海县市中心也有较好的可达性，说明经济发展较弱的地区，医疗资源也相对匮乏。叠加上述可达性得到宁波市医疗资源综合可达性，可以看出，高可达性区域位于各分区中心和经济繁华地带，形成一个可达性核心，而南部地区覆盖率较低，仍存在医疗资源无法覆盖的情况；海曙区和江东区存在医疗资源外溢现象，服务范围可覆盖到其他区的部分区域；慈溪市、余姚市和宁海县呈现明显的中心聚集现象，基本满足本区域的医疗服务需求；象山县医疗资源高可达性区域偏向东部，这是由于该县三面环海，人口集中在东部地区，医疗资源中心位于人口聚集处，满足当地居民的日常医疗需求。综上所述，宁波市医疗资源可达性总体呈现“中心强、周围弱”的聚集特征，医疗资源偏向经济发达

地区，同时与人口呈现正相关性，基本满足大多数居民的医疗需求，在一定程度上分配较为合理。

3.2　宁波市医疗资源需求水平

本文利用联通手机信令数据计算得到宁波市各乡级行政单元的联通人口密度，用于表征各评价单元对医院资源的需求水平。由图3可知，宁波市人口分布总体呈“中心聚集、向外扩散逐步减弱”的态势，各区县均呈“区县中心人口聚集、边缘人口稀疏”的特征，宁波市老三区海曙区、江东区、江北区的人口密度最大；进一步评估宁波市医疗资源的需求水平发现，宁波市各区县中心地区医疗资源需求量大，且需求量从中心向外呈多圈逐步减弱的特征，总体上宁波市市中心区域的医疗资源需求量最大。

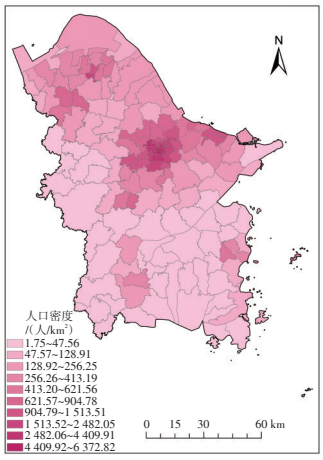


图3　宁波市联通用户人口密度分布

审图号：GS(2019)1822

3.3　宁波市医疗资源均等性

判断医疗资源供给水平与需求水平的耦合程度是评估宁波市医疗资源均等性的核心。根据宁波市医疗资源供给水平和需求水平，本文采用局部和全局非相似系数来描述二者的耦合程度，进而评估宁波市医疗资源的均等性。计算得到全局非相似系数为0.002 765，说明宁波市医疗资源均等性较好，医疗资源可达性与人口空间分布整体上较吻合；但从局域来看（图4），医疗资源供给和需求水平仍存在较大的不均等性，不均等现象在各区县中心区域较严重，甬江街道、庄桥街道、白沙街道等地区的医疗资源可达性强，供给量超过需求量，存在医疗资源过剩现象，而江厦街道、百丈街道等部分地区局部非相似系数较小，医疗资源供给水平不及需求水平，医疗资源较紧缺。此外，宁波市市中心区域虽然医疗资源丰富且集中，但其人口密度也较大，因此仍存在医疗资源匮乏的街道，如江厦街道、百丈街道等。总体而言，宁波市医疗资源整体均等性较好，但局部地区不均等现象普遍存在，局部均等性仍需进一步提升。

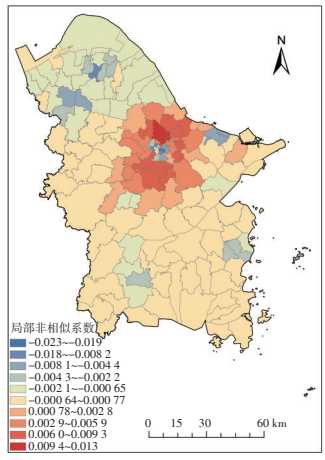


图4　局部非相似系数分布

审图号：GS(2019)1822

4　结　语

本文基于POI数据和手机信令等大数据，从医疗资源的供给侧和需求侧双向驱动，对宁波市医疗资源的均等性进行了评估。

1）在医疗资源供给方面，不论等级还是数量，宁波市医疗资源更偏向市中心，边缘地区以社区服务中心和其他综合医院为主。可达性总体呈“中心强、周围弱”的聚集特征，医疗资源偏向经济发达地区。

2）在医疗资源需求方面，宁波市各区县中心地区人口较多、边缘地区人口较少，市中心区域的医疗资源需求量大于边缘地区。

3）在医疗资源均等性方面，宁波市医疗资源整体均等性较好，但局部地区不均等现象普遍存在，多数地区医疗资源供需关系并不平衡，局部均等性仍需进一步提升。

据此本文对宁波市卫生健康事业发展提出一些建议：供给水平方面，建议在边缘地区设立一些等级高的医院，如建立三甲医院的分院或扩建边缘地区的医院，提高其等级，也可增加医院资源数量，为边缘地区居民提供更好的服务；需求水平方面，建议在人口密度大且医疗资源不均衡的地区适当增加医疗资源或扩大医院规模；均等性方面，不能只注重整体的均等性，应以各乡级行政区为单元，针对各乡级行政区的均等性分析结果，制定合适的政策来发展医疗资源。

参考文献

[1]　国家图书馆研究院.《“十四五”公共服务规划》发布[J]. 国家图书馆学刊,2022,31(2):15

（下转第11页）