

## ◎ 基于城市大数据的健康人居环境研究

DOI: 10.13791/j.cnki.hsfwest.20230201

苏昱玮, 马悦, 常杰, 等. 急诊急救就医可达性和公平性的研究——以急性心肌梗死就医为例[J]. 西部人居环境学刊, 2023, 38(2): 1-7.

SU Y W, MA Y, CHANG J, et al. Research on Accessibility and Equity of Emergency Medical Care: A Case Study of Acute Myocardial Infarction[J].

Journal of Human Settlements in West China, 2023, 38(2): 1-7.

## 急诊急救就医可达性和公平性的研究\*

## ——以急性心肌梗死就医为例

## Research on Accessibility and Equity of Emergency Medical Care: A Case Study of Acute Myocardial Infarction

苏昱玮 马悦 常杰 刘静 龙瀛 SU Yuwei, MA Yue, CHANG Jie, LIU Jing, LONG Ying

**摘要:** 急性心肌梗死是心血管病中的危重类型, 送医不及时死亡风险将大大提高。科学测度就医可达性能准确评价医疗设施的空间布局, 助力疾病救治和健康城市建设。以急性心肌梗死患者就医为例, 首先基于网络应用接口和人口大数据精准测度了一天中不同时段下的北京市居住小区就医可达性, 然后基于社会经济地位和地理探测器分析了就医公平性。研究发现空间上北京市西南部和北部边缘就医可达性较差; 时间上早高峰的就医可达性最差; 昌平区、通州区可达性受交通拥堵影响严重。研究还发现受教育年限越短, 收入越低以及蓝领工作占比越高的人群就医时间更长, 存在一定的就医不公平现象。研究利用新技术新数据从疾病防控角度为医疗资源的合理布局提供了参考。

**关键词:** 心梗; 医疗设施; 可及性; 互联网地图; 弱势群体

**Abstract:** Acute myocardial infarction is a critical type of cardiovascular disease with rapid onset and high mortality rate. Without timely medical treatment, patients may suffer from complete necrosis of myocardium and eventually lead to death due to inadequate blood vessel clearance. Early Percutaneous Coronary Intervention surgery after acute myocardial infarction can greatly reduce patient mortality rate. However, according to monitoring data, 12.3% of heart disease patients in Beijing die on their way to hospitals. Therefore, accurately measuring the accessibility of medical treatment for acute myocardial infarction, assessing medical fairness, and optimizing the allocation of medical resources are of great significance to ensure the people's health and life.

This study takes the acute myocardial infarction patient treatment as a simulation scenario, and explores methods of accurately measuring the accessibility of medical facilities by combining new data and new methods based on map Web API. The medical accessibility of residential communities in Beijing at different times of the day is accurately measured by combining big data on population. Then, using the geographic detector model, the relations between Social Economic Status and acute myocardial infarction medical accessibility is analyzed, and the fairness of medical treatment from the perspective of spatial differentiation is assessed. It identifies the deprived groups and regions in the medical treatment space, and provides research references for optimizing the layout of medical facilities.

This study has three main findings: 1) the overall medical accessibility of residential areas in Beijing is good. When patients suffer from acute myocardial infarction, they can reach the nearest hospital capable of performing Percutaneous Coronary Intervention surgery within 120 minutes of the golden treatment time. However, at different times, medical accessibility shows significant differences. Medical accessibility during the rush hour (7:00-9:00) is the worst, while medical accessibility at 0:00-7:00 is the best. In addition, the urban medical treatment spatial pattern has obvious spatial differentiation and aggregation characteristics. The accessibility in the peripheral areas is significantly different from that in the central urban area, where the accessibility in the area within the Fifth Ring Road is far better than that outside the Fifth Ring Road. Some areas in the southwest and north of Beijing have poor accessibility. Furthermore, the population within the Fifth Ring Road has more medical resources than that outside the Fifth Ring Road, while it is the opposite for the access to medical resources. There is a certain degree of mismatch between the population and medical resources inside and outside the Fifth Ring Road. 2) The layout of medical resources is somewhat unfair, and spatial deprivation of deprived groups appears. Specifically, the higher the average years of education and family income, the better the medical accessibility, while the longer it takes for people engaged in blue-collar work to reach medical facilities. Among these factors, the average years of education has the strongest explanatory power, and both the average years of education and family income have a double-factor enhancement effect on medical accessibility. This indicates that high-educated groups tend to value living quality and the supply of medical services more, and they often have higher income and are more able to choose high-quality residential areas. 3) Rush hour traffic congestion has similar spatial patterns, but affects different groups. Traffic congestion during rush hour significantly increases the medical treatment time of residential areas in the north of Haidian District, the south of Changping District, and the south of Chaoyang District. The

中图分类号 TU984.14

文献标识码 B

文章编号 2095-6304 (2023) 02-01-07

\*国家自然科学基金资助项目 (82073635)

## 作者简介

苏昱玮: 武汉大学城市设计学院, 博士研究生

马悦: 清华大学建筑学院, 博士研究生

常杰: 首都医科大学附属北京安贞医院—北京市心肺血管疾病研究所, 流行病学研究室, 博士研究生

刘静: 首都医科大学附属北京安贞医院—北京市心肺血管疾病研究所, 流行病学研究室, 教授

龙瀛 (通讯作者): 清华大学建筑学院, 副教授, ylong@tsinghua.edu.cn

two rush hours have similar spatial characteristics, with rush hour traffic congestion being more severe during the morning rush hour. However, the residential areas where medical accessibility is prolonged during the morning rush hour have higher average family income and education level and lower proportion of blue-collar workers than the overall average, while the residential areas affected during the evening rush hour have lower average family income and education level and similar proportion of blue-collar workers to the overall average, indicating that the affected population during different rush hours has characteristics different socioeconomic conditions.

The problems found in this study can provide decision-making references for the spatial optimization of medical facilities and the alleviation of road congestion, and can also support the optimization of the process of sending acute myocardial infarction patients to hospitals, and provide reference for the treatment of similar critical illnesses. In addition, special attention should be paid to the issue of medical fairness for low-educated individuals, low-income individuals, and blue-collar workers. By accelerating urban planning to improve the supply level of medical facilities and other public services in residential areas of these groups and the external traffic environment, social equity can be promoted.

Keywords: Acute Myocardial Infarction; Medical Facilities; Accessibility; Internet Map

## 0 引言

世界卫生组织指出,保证居民身体健康公平是健康城市建设的重要目标,高质量的医疗服务是否可达是影响健康公平的重要因素<sup>[1]</sup>。中共中央、国务院先后印发《健康中国2030 纲要》《健康中国行动计划(2019—2030)》等都将“基本实现健康公平”作为战略目标之一。同时,习近平总书记提出“城市管理应该像绣花一样精细”<sup>[2]</sup>,北京市政府颁布《北京市关于加强城市精细化管理工作的意见》提出要“加快推动形成有效的超大城市治理体系,全面提高城市精细化管理水平”。在此背景下,有必要针对就医可达性进行科学精准地测度,探究医疗设施的时空可达性和公平性,对于实现居民更加公平公正地享有医疗服务具有重要意义。

心脏病是我国死亡率和死亡人数最高的疾病<sup>[3-4]</sup>,在疾病死亡人数中,每五个人就有两个人是因为心脏病而死亡<sup>[5]</sup>。急性心肌梗死(Acute Myocardial Infarction, AMI)是心脏病中的危重类型<sup>[6]</sup>,其起病急、病死率高,如果不及时送医治疗,患者就会由于血管得不到及时疏通,心肌彻底坏死,最终死亡<sup>[7]</sup>。急性心肌梗死患者发病后尽早进行冠状动脉介入手术(Percutaneous Coronary Intervention, PCI),可极大减少病人死亡率<sup>[8]</sup>。而据监测显示,北京市12.3%的心脏病患者死于去医院的路上<sup>[9]</sup>。因此,精确测度急性心肌梗死这一疾病的就医可达性,衡量就医公平性,对于优化医疗设施资源配置,保证人民的生命健康具有重要意义。

汉森(Hansen)于1959年首次提出可达性的概念,认为可达性本质上讲就是从一点到另一点的便利度<sup>[10]</sup>。就医可达性,是指在交通工具的辅助下,居民从起点到达医疗设施点的难易程度<sup>[11]</sup>。目前就医可达性的研究主要考虑人口与医疗资源之间的空间距离,其中潜能模型、两步移动搜索法模型的应用较多,除此之外,还有网络分析法、核密度估值法、最小邻近距离法、比例方法等<sup>[12-13]</sup>。当前研究多以欧式直线距离或离线路网为度量方式,局限于对距离的评判,而对就医时间影响的相关研究较少<sup>[14]</sup>。所采用的数据都是静态的、离线的,数据滞后性高、误差大,同时在计算中忽略了交通因素的影响,这也导致可达性的评价结果不够精确,指导意义不强。

互联网技术的快速发展,使基于时间精确测度可达性成为可能。互联网在线地图在进行路线规划时,通过对车辆大数据的研判、堵车状况的分析、车辆行驶速度的实时计算,可以对通勤时间进行精确预测。网络应用接口(Application Programming Interface, API)的产生使互联网地图服务应用到学界研究成为可能<sup>[12-13]</sup>。许多研究开始探索

应用互联网地图及其API服务,如交通等时圈研究<sup>[15]</sup>、城市空间品质测度<sup>[16]</sup>、商业中心可达性研究<sup>[17]</sup>、社区生活圈研究<sup>[18]</sup>等。

就医可达性背后所体现的公平性也是学者和决策者所关注的重要话题<sup>[19-20]</sup>。西方国家对不同地区和不同社会群体之间医疗可达性差异研究开始较早<sup>[21-24]</sup>。随着我国社会经济的发展,城市规模不断扩大,一些城市已经出现社会构成分化、社会空间分异等现象<sup>[25-26]</sup>。近年来国内也出现了基于社会公平视角关注公共服务设施的研究<sup>[27]</sup>,强调城乡差异、空间距离、交通的便利度<sup>[19,28-29]</sup>。部分研究关注到了群体的差异,将目光投向老年人、残疾人等弱势群体<sup>[26,30]</sup>,也有研究对户籍人口与流动人口的就医可达性差异进行了分析<sup>[31]</sup>。但针对不同社会经济条件的居民可达性差异的关注不足<sup>[32]</sup>,从社会空间分异、空间剥夺<sup>①</sup>角度对医疗设施的可达性进行评价的相关研究还比较缺乏<sup>[20]</sup>。因此研究就医可达性和社会经济地位(Social Economic Status, SES)的关系对促进就医公平具有重要意义。

本文以急性心肌梗死患者就医为模拟场景。旨在探讨以下问题:

第一,基于地图Web API,探索结合新数据与新方法对医疗设施可达性进行精细测度的方法,以便在全国其他城市或领域推广。

第二,利用地理探测器模型,分析社会经济地位和急性心肌梗死就医可达性的关系,从空间分异视角衡量了急性心肌梗死发病就医的公平性,识别就医空间剥夺的群体和区域,为医疗设施布局的优化提供研究参考。

## 1 研究区域、数据与方法

### 1.1 研究区域概况

本文选取北京市内的居住小区进行案例研究。北京市是我国第二大城市,百度地图公司发布的《2019年度中国城市交通报告》显示,北京交通拥堵情况在全国排名第二。而急性心肌梗死这一病症对时间的敏感度又很高,在此情况下,探明北京市各居住小区就医的可达性时空格局,对于科学、准确地对医疗资源进行精细化配置,避免医疗资源的浪费,保证健康公平具有重要意义。

### 1.2 数据说明

#### 1.2.1 医疗设施和居住区数据

本研究居住小区数据收集自多个数据源,包括互联网地图数据、北京市土地利用地块数据等,共14 231个居住小区。研究选取了北京

市具备PCI手术资质的医院共74家(该数据由首都医科大学附属北京安贞医院提供)。百度慧眼公司提供了14 231个小区对应的人口指数数据(人口指数,即人口大小的相对值)。该数据为2019年年底的北京市常住人口数据(图1)。

### 1.2.2 社会经济数据

社会经济数据获取自北京市邻里社会经济状况数据集中的社会经济地位数据<sup>[33]</sup>。从收入水平、教育状况、工作类型三个维度分别选取了平均家庭年收入、平均受教育年限、蓝领工作人群占比三个指标作为社会经济地位的代表因子(图2)。

### 1.2.3 就医时间数据

急性心肌梗死患者从发病至开通梗死血管如能在120 min内完成可大大降低病死率和致残率,取得良好的治疗效果<sup>[34-35]</sup>。患者就医主要采用自行就医和呼叫救护车就医两种模式,已有研究表明约85%的病人患病后采取自行就医的模式<sup>[36]</sup>,因此本研究主要从患者自行就医的角度进行研究,采集在乘车模式下患者发病至到达医院的这段时间作为研究分析的依据。

本研究对于就医时间数据的采集来源于高德在线地图的Web API接口。通过编程实现与该接口的交互并采集每个小区至最近PCI医院的就医时间。根据《2020北京市交通发展年度报告》<sup>[37]</sup>,北京工作日早高峰时段为7:00—9:00,晚高峰时段为17:00—19:00,本研究以北京市早晚高峰为界限,将研究时段分为六个,分别为0:00—7:00、7:00—9:00、9:00—12:00、12:00—17:00、17:00—19:00、19:00—24:00,分别计算每个时段下小区质心在乘车模式下到最近PCI医院的时间。计算的时间是2021年10月25日,这一天北京未受特殊天气和重大事件影响,且并未因疫情进行大面积道路交通封控。

## 1.3 研究方法

### 1.3.1 研究技术路线

研究首先基于Web API计算一天中不同时段就医可达性,然后

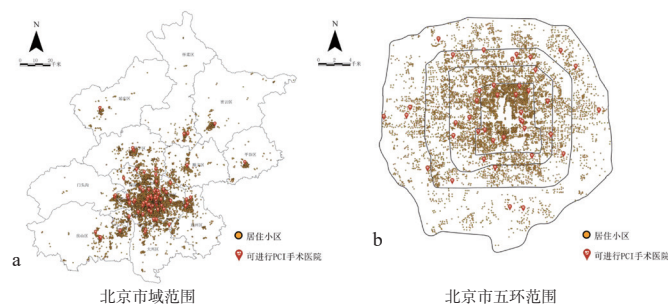


图1 北京市PCI医院和居住小区分布图

Fig.1 distribution of PCI hospitals and residence communities in Beijing

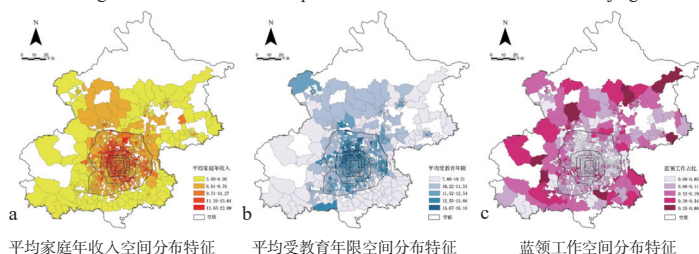


图2 不同社会经济地位因子空间分布特征

Fig.2 spatial distribution characteristics of different socioeconomic attribute factors

结合人口大数据对就医可达性进行分析。接着耦合社会经济地位数据,利用地理探测器模型计算就医可达性和社会经济地位的关系,对小区的就医可达性、公平性进行综合分析(图3)。

### 1.3.2 Web API计算就医可达性

首先通过获得的小区面数据,在ArcGIS软件平台中提取小区质心的经纬度坐标,其次通过获得的医院地址数据利用互联网在线地图的地址解析API接口获取医院经纬度坐标。然后对获得的坐标位置进行人工审计保证数据定位的准确性。接着利用ArcGIS软件平台的网络分析功能对其可达性进行预处理,粗略得到每一个小区就医最近的三所医院(因在线地图的运算配额限制,该步骤的目的是减少接入互联网地图API之后的运算量)。接着通过构建算法编写程序接入互联网地图API接口,得到每一个小区到其最近三所PCI医院的最短时间,从而对比筛选出每个小区到最近一所医院的就医时间。

为了使就医模拟更加符合实际,我们在模拟过程中做出以下两个优化措施:首先,选择更加符合交通实际的驾车选择策略<sup>[38]</sup>。高德在线地图的驾车导航API接口中提供了20种驾车选择策略。我们选择策略10“返回结果会躲避拥堵,路程较短,尽量缩短时间”进行模拟以更加贴近就医实际。其次,互联网在线地图提供的可达性是从道路口直接乘车至最近医院的时间,然而在实际就医过程中,患者往往会从居住区室内转移至车上再乘车至医院。考虑到急性心肌梗死这一病症对时间的敏感性,研究认为这一时间应当被考虑在内。但不同的居住环境下这一时间长短不一。本文将患者“上车”这一过程所花费的时间统一设置为5 min。

### 1.3.3 地理探测器计算社会经济地位和可达性的关系

地理探测器是一种从空间分层异质性视角来判断两个变量的空间分布相似性的空间数据分析统计模型<sup>[39]</sup>。即如果某个自变量对某因变量有影响,那么自变量的空间分布和因变量的空间分布应该趋于一致<sup>[40]</sup>。地理探测器可以探测自变量对因变量的解释力大小,即自变量对因变量的影响程度是多少。地理探测器应用广泛,可用于地理与疾病关联度<sup>[41]</sup>、医疗资源分布<sup>[42]</sup>、城市用地变化<sup>[43]</sup>、居民宜居满意度<sup>[44]</sup>、房价影响因素<sup>[45]</sup>等多个与地理空间相关的领域。

本文采用地理探测器中的因子探测及交互作用探测来分析社会经济地位因素对就医可达性的影响程度及各因子间的交互作用。其中因子探测的作用是探测某一个因子X对于属性Y的空间分异性的解释程度有多大,用q统计量来表示,具体的表达式为:

$$q = 1 - \frac{\sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2}{N \sigma^2} = 1 - \frac{SSW}{SST} \quad (1)$$

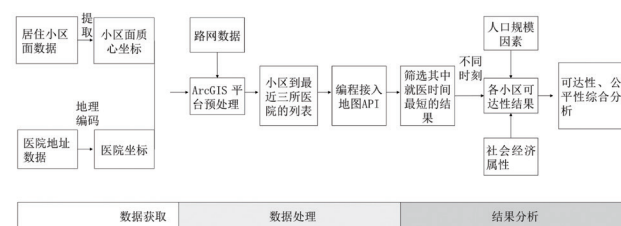


图3 研究技术路线

Fig.3 research technical route

$$SSW = \sum_{h=1}^L N_h \sigma_h^2 \quad (2)$$

$$SST = N \sigma^2 \quad (3)$$

式中 $h=1,2,\dots,L$ 表示因子 $X$ 或变量 $Y$ 的分层或称之为分类;  $N_h$ 和 $N$ 分别为层 $h$ 和全区的单元数量;  $\sigma_h^2$ 和 $\sigma^2$ 分别是层 $h$ 和全区 $Y$ 值的方差。 $SSW$ 为层内方差之和,  $SST$ 则是全区总方差。 $q$ 值的范围在 $[0, 1]$ 之间, 数值越大表示变量 $Y$ 的空间分异性越大。若分层由因子 $X$ 产生, 则 $q$ 值表示 $X$ 对 $Y$ 的因子解释力,  $q$ 越大, 则说明因子 $X$ 对 $Y$ 的解释力越大。当 $q$ 值为1时, 表示因子 $X$ 解释了100%的属性 $Y$ , 而0则表示因子 $X$ 与属性 $Y$ 无关。

交互作用探测是用来检验各风险因子之间进行交互之后的效果。即两因子交互作用后对因变量 $Y$ 的解释力是增强还是减弱, 增强减弱的程度是多少, 以及两者对 $Y$ 的影响是否相互独立等问题。交互作用需首先计算两个因子 $X_1$ 和 $X_2$ 分别对变量 $Y$ 的 $q$ 值, 得到 $q(X_1)$ 和 $q(X_2)$ ; 然后, 将两个因子进行交互(具体来讲就是将 $X_1$ 和 $X_2$ 两个图层进行叠加, 相切后形成新的多边形分布)并得到 $q(X_1 \cap X_2)$ ; 然后将 $q(X_1)$ 、 $q(X_2)$ 和 $q(X_1 \cap X_2)$ 进行相互比较。若 $q(X_1 \cap X_2) > q(X_1) + q(X_2)$ , 则是非线性增强; 若 $q(X_1 \cap X_2) = q(X_1) + q(X_2)$ , 则两因子独立; 若 $q(X_1 \cap X_2) > \text{Max}(q(X_1), q(X_2))$ , 为双因子增强; 若 $\text{Min}(q(X_1), q(X_2)) < q(X_1 \cap X_2) < \text{Max}(q(X_1), q(X_2))$ , 为单因子非线性减弱; 若 $q(X_1 \cap X_2) < \text{Min}(q(X_1), q(X_2))$ , 则为非线性减弱。

## 2 基于Web API的就医可达性结果

### 2.1 就医时间分析

研究获取了6个不同时间段的就医时间并计算了其平均值。结果显示居民发病后立即到最近PCI医院就医的平均时间为17.5 min, 中位数为15 min, 最大值为114 min, 均小于黄金救治时间120 min, 说明研究范围内北京居住小区如有患者发病后立即就医, 均可在最佳救治时间内获得救治。其中超过90%的小区 and 人口数量, 可在30 min之内到达最近的PCI医院。

对小区数量占比和人口数量占比两个不同角度分析的结果显示(图4)。在10—14 min之内到最近PCI医院的小区数量占比最高, 达到38.94%, 此分段内人口占比为27.82%。在15—19 min之内到最近PCI医院的人口数量占比最高, 达到28.78%, 此分段内小区数量占比为25.73%, 小于人口数量占比。

在六个时间段中(图5), 早高峰(7:00—9:00)与晚高峰(17:00—

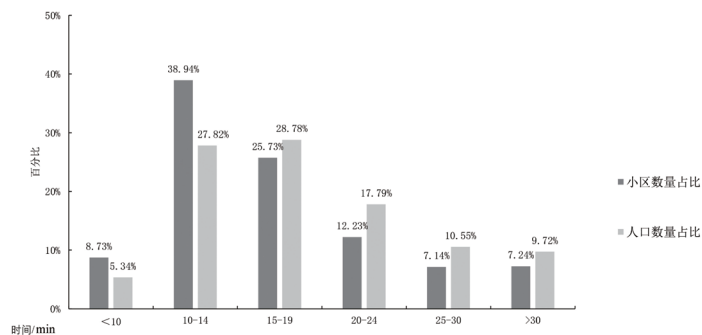


图4 平均就医可达性时间分析  
Fig.4 average accessibility time to health care

19:00)的可达性最差。早晚高峰可达性在15 min之内的占比明显低于其他时段, 而在超过30 min的可达性人口占比明显高于其他时刻。

就医可达性特征大致可分为三类: 0:00—7:00的可达性最好, 19:00—24:00, 9:00—12:00和12:00—17:00就医时间特征类似, 7:00—9:00和17:00—19:00可达性最差。根据各时段的城市通勤特征, 分别将以上三类时间定义为低峰期、平峰期和高峰期。可以看出就医时间长度的分异特征总体上呈现高峰期>平峰期>低峰期, 且趋势呈现梯度下降的特点, 说明交通拥堵情况对就医可达性有比较明显的影响。

### 2.2 就医空间格局分析

为了进一步分析就医空间格局上的特征。将PCI手术医院的位置及各居住小区的就医可达性时长进行空间可视化(图6)。

首先, 就医资源的分布在北京市域范围内呈现明显的中心聚集性, 五环内PCI手术医院的密度明显高于五环外。而在五环内的41家PCI手术医院中, 有56%位于三环内。结合各小区的就医时间可发现, 北京市急性心肌梗死病例急救可达性与医疗资源的分布密切相关。医疗资源集中区周围的居住小区就医可达性往往较好, 缺乏医院资源的区域其可达性较差。可达性呈现由城市中心向周边区域逐渐降低。其中北京市五环内的平均就医时间为14.7 min, 五环外的平均就医时间为21.6 min, 五环内优势十分明显。此外, 五环内外医疗资源与人口分布存在空间错配。在研究的居住小区中, 北京市五环内占全域48%的人口, 享有57%的医疗资源, 而五环之外占全域52%的人口却只拥有43%的医疗资源(图7)。

### 2.3 交通拥堵影响分析

就医可达性除了和医疗资源的距离有关外, 交通拥堵情况也是一个不可忽略的因素。探明就医时间随交通因素的变化情况对于科学分析就医可达性空间变化具有重要意义。

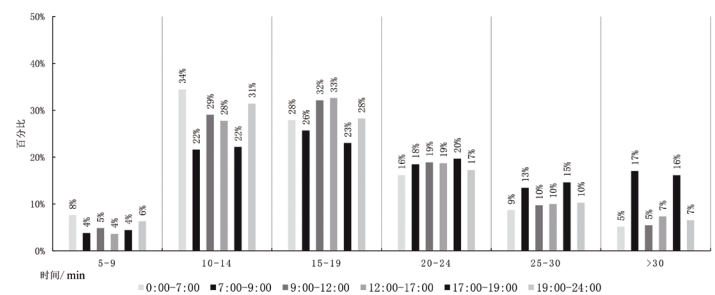


图5 一天中不同可达性下人口占比分布  
Fig.5 population proportion with different accessibility during a day

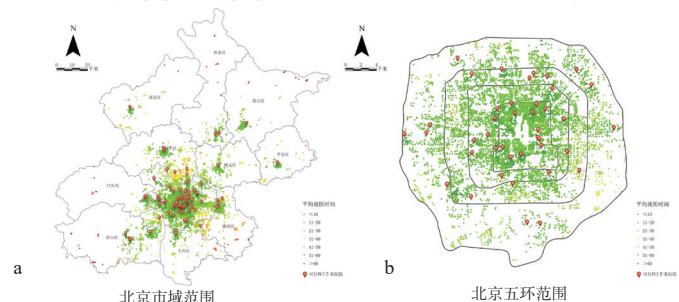


图6 居住小区就医可达性空间特征  
Fig.6 spatial characteristics of accessibility to health care in residence communities

研究对比了北京市早高峰(7:00—9:00)和晚高峰(17:00—19:00)就医时间相对于午夜平峰期(0:00—7:00)的差值,结果显示与0:00—7:00时段相比,早高峰(7:00—9:00)时,92%的居住小区就医时间变长,晚高峰(17:00—19:00)时,91%的居住小区就医时间变长。为了进一步分析就医时间变化在空间上的分布特征。将各居住小区的就医可达性延长以5 min为时间间隔进行空间可视化(图8-9)。早高峰可达性延长时间最高的区域在昌平区的东南部,主要集中在昌平区 and 海淀区交界地带,以及朝阳区的中部和南部。晚高峰除以上地区外还包括通州区的西部和北部。这些地区的就医时间增长超过10 min,局部地区超过15 min。具体到北京五环内部,则主要集中在朝阳区,包括六里屯、八里庄、建外、双井、南磨房、高碑店、王四营、十八里店等街道和乡镇,受交通影响其居住小区的就医可达性变差。

此外,研究筛选出了早晚高峰中,就医时间长度与午夜时期相比增加超过15 min的居住小区,并将其社会经济地位特点和研究范围内所有居住小区(去除空值)的平均值进行了对比(表1)。结合图8的空间格局特征,发现早晚高峰由于交通拥堵,虽然造成了相似的空间格局变化特征。但相似空间格局特征背后的变化程度和社会经济地位特

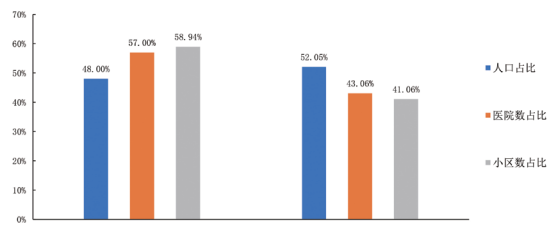


图7 五环内外人口、医院和可达性对比分析

Fig.7 comparative analysis of population, hospitals and accessibility inside and outside the 5th Ring Road

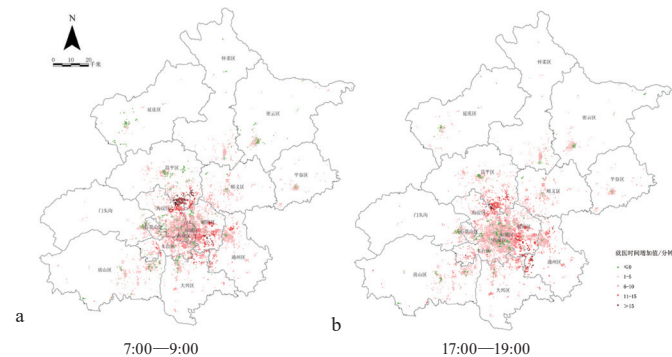


图8 北京早高峰和晚高峰与0:00—7:00的可达性差值

Fig.8 accessibility difference between morning peak and evening peak and midnight peak at 0:00-7:00 in Beijing

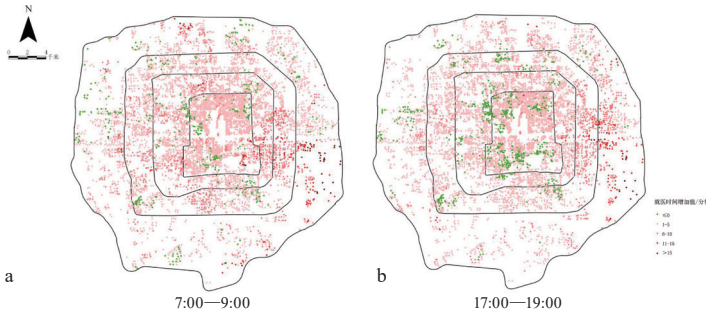


图9 北京五环内早高峰和晚高峰与0:00—7:00的可达性差值

Fig.9 accessibility difference between morning peak and evening peak and midnight peak at 0:00-7:00 in the 5th ring road in Beijing

征却不相同。

首先从受影响的居住小区数量来看,早高峰的小区数为305个,而晚高峰的小区数为129个,远小于早高峰。其次,从三个社会经济地位来看,早高峰受影响的居住小区其平均家庭年收入、平均受教育年限均高于总体的平均值,而蓝领工作人群占比低于总体的平均值。说明早高峰受影响的群体偏向于社会经济条件较好的人群。而晚高峰时段受影响的人群,其平均家庭年收入、平均受教育年限均低于总体的平均值,蓝领工作人群占比和总体的平均值持平,说明晚高峰受影响的群体偏向于社会经济条件较差的人群。这一发现使早晚高峰交通变化的影响群体更加清晰,有助于后续对于早晚高峰的交通优化实施更加精细化的疏导政策。

### 3 基于社会经济地位的就医公平性分析

#### 3.1 相关性基本判定

在利用地理探测器进行分析之前,研究根据交通状况影响的强弱,选取并分析了7:00—9:00时段中不同时长的就医可达性和居民家庭年均收入、平均受教育年限和蓝领工作人群占比的关系,对社会经济地位和就医可达性的关系方向进行简单判定。结果显示,居民家庭年均收入、平均受教育年限和蓝领工作人群占比和就医时间具有一定的相关性,但并非简单线性相关,总体上,平均家庭收入越高、平均受教育年限越高的人群其就医可达性时长越短,而从事蓝领工作比例越高的人群所在的区域就医时间越长(图10)。

#### 3.2 基于地理探测器的社会经济地位和可达性关系分析

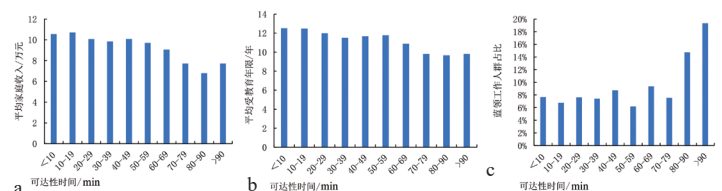
##### 3.2.1 因子探测结果

针对0:00—7:00和7:00—9:00分别计算3个影响因子影响下的 $q$ 统

表1 早晚交通变化社会经济特征和总体的对比分析

Tab.1 comparative analysis of changes in traffic with SES characteristics in the morning, the evening, and the average

	居住小区数量/个	平均家庭年收入/万元	平均受教育年限/年	蓝领工作人群占比
早高峰(可达性增加15 min的小区)	305	11.4	12.9	4%
晚高峰(可达性增加15 min的小区)	129	9.8	11.9	7%
研究范围内居住小区平均值	14 169	10.5	12.4	7%



不同就医时间下的年收入 不同就医时间下的平均受教育年限 不同就医时间下的蓝领人群占比

图10 7:00—9:00不同可达性和社会经济地位之间的关系

Fig.10 the relations between different accessibility times and socioeconomic attributes at 7:00-9:00

表2 因子探测结果 $q$ 值统计表

Tab.2  $q$  value of factor detection results

时段	平均家庭年收入	平均受教育年限	蓝领工作占比
$q$ (0:00—7:00)	0.065	0.205	0.025
$q$ (7:00—9:00)	0.023	0.124	0.009

表3 交互作用类型统计表

Tab.3 table of interaction types

时段	社会经济地位	平均家庭年收入	平均教育年限
0:00—7:00	平均教育年限	双因子增强	
	蓝领工作占比	双因子增强	非线性增强
7:00—9:00	平均教育年限	双因子增强	
	蓝领工作占比	非线性增强	非线性增强

计值(表2)。3个影响因子均通过了1%的显著性检验,说明各因子均可在不同程度上影响就医可达性。因子探测结果q统计值表示各因子对就医可达性的解释力。四个因子对就医可达性的影响程度从大到小分别是:平均受教育年限>平均家庭收入>蓝领工作占比。探测结果说明受教育水平高的人群更加注重自身居住区位的医疗资源可达性,同时也说明收入越高的人,其就医可达性往往越好。此外,0:00—7:00时段的各因子对就医可达性的影响力均大于早高峰7:00—9:00时段的各因子影响力。两个时段的区别在于是否存在交通拥堵程度不同。7:00—9:00时段的交通拥堵情况更严重,说明交通拥堵情况在一定程度上缓和了由于社会经济地位而造成的就医可达性不平等。

### 3.2.2 交互作用探测结果

交互探测结果显示,任意两个因子交互作用都产生了增强现象,包括双因子增强和非线性增强两种类型,说明任意两个因子交互后对就医可达性的解释力显著增强,远大于两个因子各自独立的影响程度(表3)。显然,各因子交互后城市空间就医不平等性进一步加大。

值得注意的是,在早高峰7:00—9:00时,蓝领工作占比和任意因子交互后的交互作用类型均为非线性增强。这说明从事蓝领工作的低收入、低学历人群在上班高峰期其就医可达性更易受影响。因此,未来除了要在空间上进一步促进医疗资源的均衡分布之外,还应当注重对于交通堵点的识别和疏解,以缓解就医的不公平性。

## 4 结论与启示

### 4.1 结论

第一,基于地图Web API,构建了结合小区数据和人口大数据对医疗设施可达性进行精细化测度的方法路径,实现了就医时长的精确获取和缺医地区的精准识别。研究发现北京市居住小区总体就医可达性较好,在发生急性心肌梗死时立即就医均可在120 min黄金救治时间内到达最近的可做PCI手术的医院。但不同的时刻表现出明显不同的可达性特征,早高峰(7:00—9:00)的就医可达性最差,0:00—7:00的就医可达性最好。此外,城市就医空间格局具有明显的空间分异和聚集特点,边缘地区可达性和城市中心区相比差异较大,五环内的可达性远好于五环外的就医可达性。尤其是北京西南部边缘、北部边缘的部分区域可达性较差。另外五环内的人口相比五环外拥有更多的医疗资源,五环外则正相反,五环内外存在一定程度的人口和医疗资源错配。

第二,医疗资源的布局存在一定程度的不公平,对社会经济地位差的群体出现了空间剥夺。具体表现为平均受教育年限越高,平均家庭收入越高的人群可达性越好,同时从事蓝领工作比例越高人群所在的区域就医可达性时长越长。其中,平均受教育年限是三个因子中对就医可达性解释力最强的因子,而且平均受教育年限和平均家庭年收

人对就医可达性具有双因子增强作用。说明受教育水平高的群体往往更注重居住品质和医疗服务资源供给情况,同时高学历群体往往收入水平较高,也更有能力选择优质区位的居住小区。

第二,早晚高峰造成的交通拥堵,在空间格局上相似,但影响的群体不同。早晚高峰引起的交通拥堵均显著增加了海淀区北部、昌平区南部和朝阳区南部的就医时长,二者在空间特征上相似,其中早高峰造成的交通拥堵最严重。但早高峰就医时间延长的居住小区其平均家庭年收入、平均受教育年限均高于总体的平均值,蓝领工作人群占比低于总体的平均值。而晚高峰时段受影响的居住小区,其平均家庭年收入、平均受教育年限均低于总体的平均值,蓝领工作人群占比和总体的平均值持平,说明在早高峰时受影响的群体主要集中在社会经济条件较好的群体,而晚高峰受影响的群体其社会经济条件较差。这一发现明确了早晚高峰下受影响的群体特征和居住小区情况,有助于后续对于早晚高峰的交通优化实施更有针对性的应对政策。

### 4.2 启示

以往对于急性心肌梗死的研究一般是从医学专业聚焦于治疗技术的提高和患者就诊后如何优化救治流程和缩短手术准备时间上进行探讨<sup>[46-48]</sup>。本文从城市规划学科视角对急性心肌梗死发病就医可达性和公平性进行了分析。

研究所发现的问题,可为医疗设施的空间优化和道路交通的疏解提供决策参考,也可用于支持优化急性心肌梗死发病送医的过程,亦可为类似急危重症的救治提供借鉴。此外,需特别关注低学历、低收入和蓝领工作群体的就医公平性问题。通过城市规划加快改善这类群体所在居住区的医疗设施等公共服务设施的供给水平和外部交通环境,促进社会公平。

本文的就医可达性数据只采集了工作日中某一天不同时刻的数据,而周末就医可达性的结果与工作日可能不同。此外,实际上病人可能存在就医延迟和转诊的情况从而影响就医可达性,本文没有考虑这些情况。同时本文只分析了病人在乘车模式下的就医时间,并未分析其他交通模式和呼叫救护车情况下的就医时间。这些问题未来有待进行深入研究。

致谢:北方工业大学张雨洋老师和首都医科大学附属北京安贞医院—北京市心肺血管疾病研究所邓秋菊老师提供了宝贵意见,在此一并致谢。

### 注释:

- ① 剥夺(deprivation)指城市中处于弱势地位的群体所受到的社会资源的不公平问题,是一个社会学概念<sup>[49]</sup>。

### 参考文献:

- [1] World Health Organization. Unmasking and Overcoming Health Inequities in Urban Settings[R]. Geneva: WHO, 2010.
- [2] 央广网. 习近平:城市管理应该像绣花一样精细[EB/OL]. [2021-10-24]. [http://china.cnr.cn/gdgg/20170305/t20170305\\_523637510.shtml](http://china.cnr.cn/gdgg/20170305/t20170305_523637510.shtml).
- [3] 国家心血管病中心. 中国心血管病报告2017(中文版)[R]. 北京:中国大百科全书出版社, 2017.

- [4] 许婵, 文天祚, 王坤晓. 北京市核心区医疗设施可达性研究[J]. 地域研究与开发, 2019, 38(3): 60-65.
- [5] 国家心血管病中心. 中国心血管健康与疾病报告2019(中文版)[R]. 北京: 科学出版社, 2020.
- [6] 中华医学会心血管病学分会, 中华心血管病杂志编辑委员会. 急性ST段抬高型心肌梗死诊断和治疗指南(2019)[J]. 中华心血管病杂志, 2019(10): 766-767.
- [7] BOERSMA E, MERCADO N, POLDERMANS D, *et al.* Acute Myocardial Infarction[J]. *Lancet*, 2003, 361(9360): 847-858.
- [8] 高润霖. 急性心肌梗死诊断和治疗指南[J]. 中华心血管病杂志, 2001(12): 9-24.
- [9] 张林峰, 李莹, 周红玲, 等. 北京市城区居民心脏性猝死发生率的监测研究[J]. 中华心血管病杂志, 2014, 42(6): 504-509.
- [10] HANSEN, WALTER G. How Accessibility Shapes Land Use[J]. *Journal of the American Institute of Planners*, 1959, 25(2): 73-76.
- [11] 宋正娜, 陈雯, 车前进, 等. 基于改进潜能模型的就医空间可达性度量及缺医地区判断——以江苏省如东县为例[J]. 地理科学, 2010, 30(2): 213-219.
- [12] NIU Q, WANG Y, XIA Y, *et al.* Detailed Assessment of the Spatial Distribution of Urban Parks According to Day and Travel Mode Based on Web Mapping API: A Case Study of Main Parks in Wuhan[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2018, 15(8): 1725.
- [13] CHOI W G, KIM M S, JANG I S, *et al.* The Comparative Research On 2D Web Mapping Open API for Designing Geo-Spatial Open Platform[J]. *Journal of Korea Spatial Information Society*, 2014, 22(5): 87-98.
- [14] 郑智成, 张丽君, 秦耀辰, 等. 基于互联网地图服务的开封市就医可达性分析[J]. 资源科学, 2018, 40(11): 2307-2316.
- [15] 唐婧娴. 多中心与单中心区域内城市的交通供给效率——基于等时间交通圈的对比研究及规划政策刍议[J]. 国际城市规划, 2018, 33(1): 119-127.
- [16] 陈婧佳, 张昭希, 龙瀛. 促进公共健康为导向的街道空间品质提升策略——来自空间失序的视角[J]. 城市规划, 2020, 44(9): 35-47.
- [17] 浩飞龙, 王士君, 谢栋灿, 等. 基于互联网地图服务的长春市商业中心可达性分析[J]. 经济地理, 2017, 37(2): 68-75.
- [18] 潘云新. 基于互联网地图数据的社区生活圈绿色空间服务水平研究[D]. 赣州: 江西理工大学, 2017: 1-52.
- [19] 胡舒云, 陆玉麒, 胡国建, 等. 基于多源大数据的深圳市医疗设施可达性与公平性测算[J]. 经济地理, 2021, 41(11): 87-96.
- [20] 曾文, 向梨丽, 张小林. 南京市社区服务设施可达性的空间格局与低收入社区空间剥夺研究[J]. 人文地理, 2017, 32(1): 73-81.
- [21] DONALD H T, HOENIG H. Access to Health Care Services for the Disabled Elderly[J]. *Health Services Research*, 2010, 41(3): 743-758.
- [22] MAVOA S, WITTEN K, MCCREANOR T, *et al.* GIS Based Destination Accessibility via Public Transit and Walking in Auckland, New Zealand[J]. *Journal of Transport Geography*, 2012, 20(1): 15-22.
- [23] LEE J E, KIM H R, SHIN H I. Accessibility of Medical Services for Persons with Disabilities: Comparison with the General Population in Korea[J]. *Disability and Rehabilitation*, 2014, 36(20): 1728-1734.
- [24] SIBLEY L M, WEINER J P. An Evaluation of Access to Health Care Services Along the Rural-Urban Continuum in Canada[J]. *Bmc Health Services Research*, 2011, 11(1): 1-11.
- [25] 张敏. 全球城市公共服务设施的公平供给和规划配置方法研究——以纽约、伦敦、东京为例[J]. 国际城市规划, 2017, 32(6): 69-76.
- [26] 许婧雪, 张文忠, 湛丽, 等. 基于弱势群体需求的北京服务设施可达性集成研究[J]. 人文地理, 2019, 34(2): 64-71.
- [27] 湛东升, 张文忠, 湛丽, 等. 城市公共服务设施配置研究进展及趋向[J]. 地理科学进展, 2019, 38(4): 506-519.
- [28] 李朝奎, 卜璞, 方军, 等. 基于改进引力模型的医疗服务可达性评价[J]. 经济地理, 2018, 38(12): 83-88.
- [29] 湛丽, 张文忠, 杨翌朝. 北京城市居民服务设施可达性偏好与现实错位[J]. 地理学报, 2013, 68(8): 1071-1081.
- [30] 韩非, 罗仁朝. 基于可达性测度的城市社区居家养老服务供需匹配研究——以南京为例[J]. 经济地理, 2020, 40(9): 91-101.
- [31] 陶印华, 申悦. 医疗设施可达性空间差异及其影响因素——基于上海市户籍与流动人口的对比[J]. 地理科学进展, 2018, 37(8): 1075-1085.
- [32] 申悦, 李亮. 医疗资源可达性与居民就医行为研究进展[J]. 科技导报, 2020, 38(7): 85-92.
- [33] LI Y, ZHANG Y, SUEL E, *et al.* Beijing Neighborhood Socioeconomic Status Dataset, Mendeley Data[DB], 2022(1). doi: 10.17632/ryp8rng78f.1
- [34] 颜红兵, 向定成, 刘红梅, 等. ST段抬高型急性心肌梗死院前溶栓治疗中国专家共识[J]. 中国医学前沿杂志(电子版), 2018, 10(4): 1-10.
- [35] 张森佳. 国内首个“急性心肌梗死救治日”在京启动[J]. 中华医学信息导报, 2014, 22: 6.
- [36] 随永刚, 杨进刚, 许海燕, 等. 中国ST段抬高型心肌梗死患者急救医疗服务应用情况及对治疗的影响: 中国急性心肌梗死(CAMI)注册研究[J]. 中国循环杂志, 2019, 34(2): 128-133.
- [37] 北京交通发展研究院. 2020北京市交通发展年度报告[R]. 北京: 北京交通发展研究院, 2020.
- [38] 高德开放平台. 路径规划-API文档-开发指南-Web服务. <https://lbs.amap.com/api/webservice/guide/api/direction>
- [39] WANG J, LI X, CHRISTAKOS G, *et al.* Geographical Detectors-Based Health Risk Assessment and Its Application in the Neural Tube Defects Study of the Heshun Region, China[J]. *International Journal of Geographical Information Science*, 2010, 24(1): 107-127.
- [40] 王劲峰, 徐成东. 地理探测器: 原理与展望[J]. 地理学报, 2017, 72(1): 116-134.
- [41] WANG J, CHRISTAKOS G, HU M. Modeling Spatial Means of Surfaces with Stratified Non-Homogeneity[J]. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 2009, 47(12): 4167-4174.
- [42] 姜磊, 陈星宇, 朱竑. 中国城市养老院的分布特征及其分异成因[J]. 地理学报, 2021, 76(8): 1951-1964.
- [43] 李进涛, 刘彦随, 杨园园, 等. 1985—2015年京津冀地区城市建设用地时空演变特征及驱动因素研究[J]. 地理研究, 2018, 37(1): 37-52.
- [44] 湛东升, 张文忠, 余建辉, 等. 基于地理探测器的北京市居民宜居满意度影响机理[J]. 地理科学进展, 2015, 34(8): 966-975.
- [45] WANG Y, WANG S, LI G, *et al.* Identifying the Determinants of Housing Prices in China Using Spatial Regression and the Geographical Detector Technique[J]. *Applied Geography*, 2017, 79: 26-36.
- [46] 程宝珍, 张小红, 牛娟. 急诊全程优化护理在抢救急性心肌梗死患者中的应用[J]. 护理学杂志, 2012, 27(5): 9-11.
- [47] 吕晓, 黄继良, 晋芹, 等. 急性非ST段抬高型心肌梗死患者预后危险因素的分析及预测列线图的建立与验证[J]. 临床心血管病杂志, 2022, 38(12): 967-974.
- [48] HAUSENLOY D J, KHARBANDA R K, MOLLER U K, *et al.* Effect of Remote Ischaemic Conditioning on Clinical Outcomes in Patients with Acute Myocardial Infarction (CONDI-2/ERIC-PPCI): A Single-Blind Randomised Controlled Trial[J]. *The Lancet*, 2019, 394(10207): 1415-1424.
- [49] TOWNSEND P. Deprivation[J]. *Journal of Social Policy*, 1987, 16(2): 125-146.

#### 图表来源:

图1-10: 作者绘制

表1-3: 作者绘制

收稿日期: 2023-03-03

(编辑: 田洁)