

北京市老年人口就医空间可达性研究

摘 要

北京已经进入老龄化社会，重度人口老龄化及高龄化逐渐突出，老年群体对医疗服务的需求与获取日益备受关注。在此背景下，本文针对老年人口分别以最近距离法和改进的两步移动搜寻法对北京市一、二、三级医疗机构的空间布局进行可达性评价。研究主要发现：

1、从就医时间考虑可达性，北京市就医可达性较好。三级医疗机构可达性具有明显的空间分异，其可达性以东北-西南方向为轴，由城六区向西北、东南方向到最近医疗机构的出行时间增大，北部郊区的就医出行时间高于南部；一级、二级医疗机构的就医时间在全市范围比较一致，尤其一级医疗机构的就医时间城六区与郊区相近，甚至稍差。

2、从可获得的床位数考虑可达性，三级医疗机构的可达性由城六区中心向郊区递减，城六区可达性明显高于郊区区县；在二级医疗机构可达性上，城六区与郊区区县较为接近；城六区在一级医疗机构的可达性取上要差于郊区。总体的就医可达性在一定程度上是三个等级可达性结果的综合，城区中心、中西部与门头沟区东部、平谷区西部的街道可达性较高，处在北京市东南部的朝阳区东部、通州区、大兴区可达性较低。

3、各个功能区内老年人到达最近医疗点的时间相对均衡，但是可获取的床位数存在较大差异。

本研究根据可达性评价结果，同时提出针对老年人口的北京市医疗服务机构布局优化建议，以期为北京市未来的医疗卫生规划提供参考与借鉴。

关键词：老年人，就医可达性，北京市，最近距离法，两步移动搜寻法

目录

摘 要.....	1
1.1 研究背景.....	4
1.2 国内外研究综述.....	4
1.2.1 老年医疗服务研究.....	4
1.2.2 就医空间可达性研究.....	5
1.2.3 老年就医空间可达性.....	6
1.3 研究内容与意义.....	6
1.4 论文结构.....	7
2 研究数据与方法.....	8
2.1 数据获取及预处理.....	8
2.2 出行时间测算.....	10
2.3 可达性模型构建.....	11
2.3.1 最近距离法可达性模型构建.....	11
2.3.2 两步移动搜寻法可达性模型构建.....	11
3 最近距离法北京市老年人口就医可达性评价.....	14
3.1 三级医疗机构可达性评价结果分析.....	14
3.2 城市功能区角度的就医可达性结果分析.....	17
3.3 小结.....	18
4 两步移动搜寻法北京市老年人口就医可达性评价.....	19
4.1 就医可达性评价结果分析.....	19
4.1.1 一至三级医疗机构可达性评价.....	19
4.1.2 总体医疗机构可达性评价.....	22
4.2 城市功能区角度的就医可达性分析.....	23
4.3 小结.....	24
5 结论与讨论.....	25
5.1 最近距离法与两步移动搜寻法结果对比.....	25
5.2 主要结论.....	26
5.3 医疗机构布局建议.....	26
5.4 研究展望.....	27
参考文献.....	28

引言

1.1 研究背景

随着居民生活水平的提高、医疗卫生事业的进步、人口预期寿命的提高，人口老龄化现象在中国开始出现。作为首都的北京在 1990 年 60 岁以上人口达到了总人口的 10.27%，已经进入老龄化社会。据预测^{[1][2]}，到 2020 年，全市 60 岁以上老年人口将达到 350 万人，占人口比重 17%以上，重度人口老龄化和高龄化现象将日益突出。老年群体对医疗服务存在较高需求^[3]，医疗服务设施规划设置标准的高低、空间分布的合理性，直接影响着老年人的生活质量。公共服务设施的空间分布是地理学关注的研究问题，国内外许多学者均对医疗服务设施规划做过研究，研究方法从简单的比值法发展到考虑空间相互作用的方法，方法发展迅速且已较为成熟。在老龄化背景下，有必要从老年群体的角度出发，对北京市医疗服务设施的布局进行评价，丰富我国养老医疗问题的研究内容，同时为今后北京市医疗服务资源的规划提供科学依据。

1.2 国内外研究综述

1.2.1 老年医疗服务研究

医疗服务的获取与使用是人们关注的焦点。早期的研究多关注普遍的成年人，而未细致考察不同人群的需求使用差异。随着老龄化在全球的发展，美国学者 Branch 等^[4]于 1981 年开始以老年人为对象展开医疗服务相关研究，其研究基于 Anderson 健康行为模型，利用回归方法分析影响老年人医疗服务利用情况的因素。许多研究从医学或公卫角度出发^{[5][6][7]}，通过问卷或抽样方式研究收入水平、医保情况、性别年龄等因素对老年人获取医疗服务的影响。在地理学方面，Nemet 等^[8]也开始以老年人口为对象，研究不同区域老年人获取医疗服务的情况。

上世纪 90 年代起，国内学者也开始对老年医疗服务展开研究。辜胜阻等^[9]讨论了老年人口医疗服务利用的概念及理论模型，并主要从老年人口个人特征、医疗服务利用的可量化指标（看病次数等）入手，分析了当时老年人口医疗服务利用情况。此后十年，国内少有针对老年人医疗服务的研究。进入 21 世纪后，随着老龄化问题日益凸显，相关研究逐渐增加。医学领域多位学者^{[10][11]}从医疗服务供需视角进行研究，利用性别比例、患病率、就诊率等变量，度量老年人对医疗卫生服务的需求。从制度角度着手的研究也逐渐增多^{[12][13]}，主要关注医保制度改革等宏观政策对城乡老年人的就医认知的影响，以及对其就医行为的影响。近年来国内地理学领域也开始关注老年就医问题，其研究偏重于老年人

就医行为特征的提取及时空模式的总结^[14]。

1.2.2 就医空间可达性研究

医疗服务设施空间布局与老年群体空间分布之间的关系是老年医疗服务研究重要的方面之一。医疗服务设施空间分布评价是地理学研究的热点问题，空间可达性则是通常用于评价空间布局的指标。本部分主要介绍医疗服务设施可达性（即就医空间可达性）研究的相关进展。下面结合国内外多位学者的研究，介绍研究医疗服务资源空间可达性时常用的比例法、最近距离法、机会累积法、基于空间相互作用的方法，以及结合了机会累积法与基于空间相互作用法两步移动搜寻法。

1.2.2.1 比例法

以研究单元内医疗服务资源总量与服务人口总量的比值作为可达性数值^[15]。该方法操作简单且易于理解，但无法反映单元内部可达性的差异且忽略了空间的阻抗。

1.2.2.2 最近距离法

以服务人群到达最邻近医疗设施的距离作为可达性数值^[15]，其距离包括直线距离及基于路网的时空间距离^[16]。该方法同样操作简单，但是忽略了供求因素。

1.2.2.3 机会累积法

在设定的出行极限时间或距离内，以从某点出发能够获取的服务机会作为可达性数值^[16]。一般此方法不考虑距离衰减效应^[15]，即供应点服务半径内的需求点可达性不随距离增加而变化，可能会在一定程度上掩盖不同地点可达性的差异。

1.2.2.4 基于空间相互作用的方法

该类方法从空间相互作用的角度评价获取特定服务资源的难易程度，是一种考虑因素相对全面的模型，普遍引入了供需点间的距离衰减效应，主要包括重力模型、胡佛模型、核密度模型等。重力模型来自于万有引力定律，最早由Hansen^[17]应用于可达性评价。该模型认为任一需求点可获得的设施资源取决于供需点的质量及之间的距离。对于任一需求点的个体而言，设施资源越大，设施服务范围内需求点的规模总和越小，供需点间距离越小，其可获取的设施资源就越多。其他的模型也都基于重力模型的基本思想，或有所改进与简化。

1.2.2.5 两步移动搜寻法

实际的可达性度量往往是多种方法的结合^[16]。目前就医可达性的度量普遍采用两步移动搜寻法（及其改进形式），是机会累积模型与空间相互作用模型的结合。该模型雏形来自于 Radke 等^[18]的研究，该研究提出综合集合覆盖模型与最大覆盖模型解决公共服务设施的供求问题。并于 2003 年由 Luo 等^[19]给出明确的表达形式，命名为两步移动搜寻法并应用于芝加哥市的就医可达性研究。该方法将可达性的计算分为两步，第一计算服务供给点在其服务范围内的供需比，第二步计算需求点在其搜寻范围内各供给点的供需比之和。这种方法具有操作较为简便，引入供需规模等优点。后经多位学者^{[20][21][22]}的研究，考虑不同应用情况，引入不同的距离衰减效应，可变搜寻半径等，较原始模型更为灵活，可应用于多种空间可达性的研究。

1.2.3 老年就医空间可达性

目前针对老年人与医疗服务设施布局的研究较少，基本均是以就医可达性的度量方法为基础，并结合老年群体的特性进行分析。正如 Loo 等^[24]曾对香港老年居民的步行就医可达性进行研究，但是她的研究主要是基于实地调查的质性研究方法，分析小尺度的医院周边步行环境对老年人就医的影响（即从周边各交通站点至医院的可达性）。再如史荣^[25]关于西安市老年人口就医可达性的研究，该研究利用 GIS 工具，并基于公共交通的特点定义新的距离衰减函数进行可达性数值计算，然而仅分析了三甲医院的可达性，未考虑多级医疗服务设施的贡献。

1.3 研究内容与意义

本文将基于北京市老年人口与各级医疗服务设施分布，定量分析老年人口就医空间可达性，对全市医疗服务设施的空间布局情况进行评价。可达性的测算采用最近距离法和改进的两步移动搜寻法，分别从可达性的两个角度分析北京市医疗资源分布与老年人口分布的关系。本研究意义主要体现在以下几点：

1. 从地理学角度出发，并着眼于特定人口——老年群体，可以丰富我国养老医疗问题的研究内容。
2. 以北京为研究区域，可为其他地区的类似研究提供借鉴。
3. 对北京市对医疗服务设施空间布局进行评价，可为今后北京市医疗服务资源的规划提供科学依据。

1.4 论文结构

本文结构如下：

第二章介绍研究中使用的数据以及就医可达性评价模型。

第三章对基于最近距离法的北京市老年人就医可达性分析。

第四章对基于改进的两步移动搜寻法的北京市老年人就医可达性分析。

第五章对两种方法得出的可达性结果进行讨论，对全文进行总结，同时为医疗机构的规划布局提出建议。

2 研究数据与方法

基于以上对国内外研究的回顾，本文分别采用最近距离法与改进的两步移动搜寻法对北京市老年人口就医可达性进行评价与分析。最近距离法和两步移动搜寻法都是较为常用的可达性度量方法，其中最近距离法以需求点到达最近供给点的距离作为可达性数值，两步移动搜寻法则同时引入供需点间距离及其各自规模。本章将介绍研究中涉及的数据及模型构建的情况。

2.1 数据获取及预处理

本研究所使用数据主要包括北京市基础地理信息数据、一二三级医疗机构数据以及路网数据。

根据全国第六次人口普查数据，北京市共有 324 个街道及地区，研究采用其对应面状数据的几何质心作为街道位置，人口数据同样来自六普，按照国际标准计算各街道 65 岁以上人口数作为老年人口数。

一、二、三级医疗机构信息来自北京市人力资源和社会保障局的公开信息^[26]以及《2013 年北京市卫生工作统计资料》^[27]，信息包含各医疗机构等级、医院类别、实有床位数等。去除部分与老年就医关系较弱的专科（妇产科、儿童、精神病、结核病、急诊、皮肤病）医院。本研究所使用的数据包括一级机构 489 家，二级 101 家，三级 88 家。医疗机构位置信息则由高德地图的 Web 服务 API^[28]获取，利用 python 代码，通过医疗机构名称检索获得其经纬度。因一级医疗机构较多，故在此展示全市二、三级医疗机构分布图，见图 1。

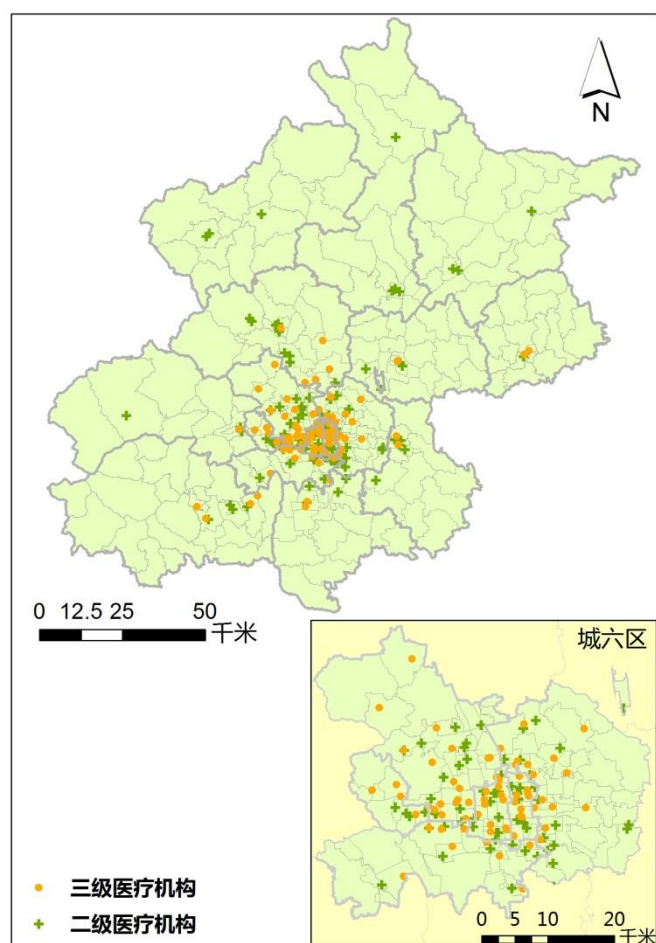


图 1 北京市二、三级医疗机构分布图

北京市路网数据来自 OpenStreetMap (OSM) [29], 参照其说明文档及北京市四级道路设置, 对应划分为四级道路如下:

表 1 OSM 数据四级划分

OSM 属性	道路类别
trunk/motorway	快速路
primary	主干道
secondary	次干道
其他	支路及以下

基础地理数据来源多样, 为统一分析, 对数据进行预处理, 均由其原本坐标系转换为 WGS84 地理坐标系, 与路网及基础数据库中其他数据相匹配。其中对医疗机构位置数据的处理方式为从基础数据库随机选取 100 个已有兴趣点, 并获得这些兴趣点高德 API 提供坐标, 对二者坐标差值进行分析, 观察发现差值

基本在某一值附近上下波动，由此得到两坐标简单线性映射关系如下，利用这一映射关系获得用于分析的医疗机构位置数据。

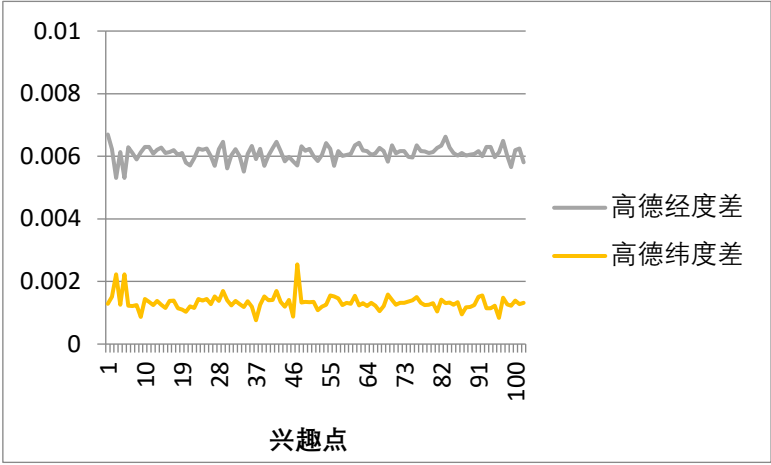


图 2 高德数据与基础数据库经纬度差

$$\begin{cases} \text{lon} = \text{lon}_{\text{amap}} - 0.006097 \\ \text{lat} = \text{lat}_{\text{amap}} - 0.001362 \end{cases} \quad \text{式 (2-1)}$$

其中，lon、lat 分别表示计算采用经度、纬度，*amap* 下标表示高德数据。

2.2 出行时间测算

本研究中的距离阻抗采用基于路网的出行时间。参照已有研究^[30]的做法，依据《2015 年北京市交通运行分析报告》^[31]和《公路工程技术标准》(JTGB01-2014)^[32]设置四级道路的速度。对早晚高峰速度求平均后，再对高峰均值速度与设计时速求平均，以该数值作为四级道路的平均时速。

表 2 四级道路速度设置（单位：km/h）

道路类型	早高峰速度	晚高峰速度	高峰平均	设计速度	实际采用速度
快速路	37.7	33.2	35.45	70	52.725
主干道	23.3	20.9	22.1	50	36.05
次干道	22	20.1	21.05	40	30.525
支路及以下	22	20.1	21.05	30	25.525

街道-医院出行时间的测算采用 ArcGIS 10.2 网络分析模块的 OD 成本矩阵工具，对路网数据进行交叉点处的打断后，每一路段的出行时间以各路段长度除以道路速度得到，该出行时间即为本研究中可达性模型所使用的阻抗。分别加载街道质心点数据作为出发点，各医疗机构点数据作为目的地，进行 OD 成本矩阵分析，即得到各街道到医疗机构的出行时间的 OD 矩阵。

2.3 可达性模型构建

2.3.1 最近距离法可达性模型构建

最近距离法以街道-各级医疗机构 OD 矩阵中出行时间为距离，各街道的可达性数值为其到最近医疗机构的距离，单位为分钟，在本模型中各街道可达性数值可表述为：

$$A_i = \min(d_{ij}) \quad \text{式 (2-2)}$$

其中 i 表示街道， j 表示医疗机构， A_i 为街道 i 处的可达性数值， d_{ij} 表示 i 、 j 两点之间的距离。对于分等级的评价模型而言， d_{ij} 分别是街道-各等级医疗机构间的距离；对于总体的评价模型而言， d_{ij} 是街道-所有等级医疗机构间的距离。本模型求得的可达性数值值越小，空间可达性越高。

2.3.2 两步移动搜寻法可达性模型构建

2.3.2.1 模型描述

原始的两步移动搜寻法（Two-Step Floating Catchment Area Method，简称 2SFCA）引入需求点规模和供给点规模，首先计算每个供给点在其服务范围内的供需比，其后计算每个需求点搜寻范围内供需比之和，并以该值作为可达性数值。本研究采用改进的两步移动搜寻法建立可达性模型，改进后的模型在原始模型的基础上引入了距离衰减效应和可变半径的改进形式。三个等级医疗机构可达性的模型及总体模型分别采用不同的改进形式。

对于三个等级各自的模型而言，采用引入距离衰减的 2SFCA 模型，该模型下供给点的服务半径与患者搜寻半径相等，各街道总体人口就医可达性数值均可表述为：

$$R_j = S_j / (\sum P_k f(d_{kj})) \quad \text{式 (2-3)}$$

$$A_i = \sum f(d_{ij}) \times R_j \quad \text{式 (2-4)}$$

其中， i 、 k 代表各街道， j 代表各医疗机构， R_j 是 j 的供需比， S_j 是 j 的实有床位数， P_k 是 k 的总人口数， A_i 是 i 的可达性数值， $f(d_{ij})$ 为 i 、 j 间的距离衰减

函数，采用常用的幂函数形式如下：

$$f(d_{ij}) = \begin{cases} d_{ij}^{-\beta} & (d_{ij} \leq D_j) \\ 0 & (d_{ij} > D_j) \end{cases} \quad \text{式 (2-5)}$$

D_j 为各等级医疗机构的极限服务半径， β 是衰减参数。

对于总体可达性模型而言，采用同时引入距离衰减及可变半径的 2SFCA 模型，该模型下供给点的服务半径与患者搜寻半径不等，各街道总人口就医可达性数值均可表述为：

$$A_i = \sum_{j \in \{d_{ij} \leq D_0\}} [f(d_{ij}) / (\sum_k P_k f(d_{kj}))] \quad \text{式 (2-6)}$$

其中， D_0 表示患者的搜寻半径，其余表达式与只引入距离衰减的可达性模型相同。

此外，由于本研究主要关注老年群体的就医空间可达性，因此在各街道的总体人口就医可达性上再乘以老年人口比例，最终得到各街道老年人口的就医可达性数值，该数值可表述为：

$$Aold_i = A_i \times \frac{Pold_i}{P_i} \quad \text{式 (2-7)}$$

其中， $Aold_i$ 是老年人的就医可达性数值， $Pold_i$ 是 i 的老年人口数，其余表达式同前。

本研究使用 MATLAB 进行两步移动搜寻可达性的计算。

2.3.2.2 搜寻半径确定

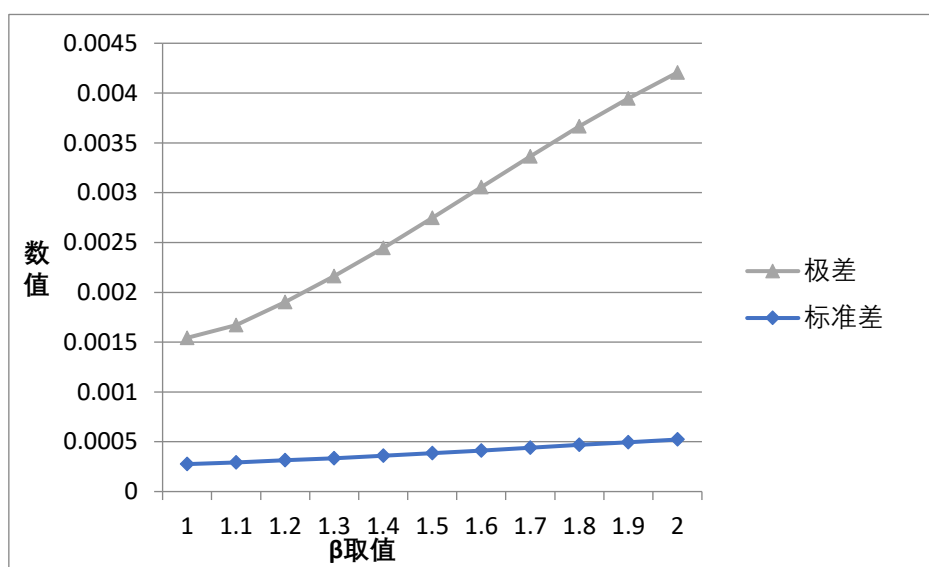
根据《医疗机构设置规划指导原则（2009 版）》^[33]，三级医疗机构的服务范围各不相同，一级机构面向十万人以下的社区，二级机构面向数十万人口的多个社区，三级机构面向人口几百万的地区，由此设置模型中各等级医疗机构的极限服务半径：一级服务半径为社区级别的最小完全覆盖距离，即取全市街道-一级医院 OD 矩阵中街道与医院同属一个街道的记录，以每一街道就医最近距离的最大值作为服务半径，保证每个街道都可以被街道内至少一家一级医疗机构覆盖；二级服务半径为区县级别的最小完全覆盖距离，取全市街道-二级医院 OD 矩阵中街道与医院同属一个区的记录，以各街道最近就医距离的最大值作为服务半径；三级服务半径为市域级别的最小完全覆盖距离，以全市街道-三级医院 OD 矩阵中的各街道最近距离的最大值作为服务半径。总体医疗服务的 2SFCA 模型中患者的搜寻半径参考自柴彦威等的研究^[34]，根据其团队对北京市老年人就医行为的问卷调查，90%的就医行为集中在其居住社区 4.5km 的范围内，因此取街道-医院 OD 矩阵中街道-医院距离在 4.4km-4.6km 范围内记录，其对应出行时间的平均值作为患者搜寻半径。各半径具体值参见表 3。

表 3 2SFCA 模型就医半径（单位：分钟）

	三级	二级	一级	患者搜寻
半径值	60.095216	40.412977	16.676574	33

2.3.2.3 距离衰减参数敏感性分析

改进的两步移动搜寻模型中距离衰减函数参数 β 的选择对模型结果有着较大影响，一般应对实际的就医情形进行拟合后确定。有研究指出，其一般取值范围为[0.9, 2.29]，其中针对医疗服务设施的取值一般在[1,2]间，多数研究认为 β 取 2 反映的结果更为合理^[35]。因此，本研究对该参数取值[1,2]间进行参数敏感性分析，以确定模型中实际采用的参数。由于两种两步移动搜寻法模型所使用基础人口、床位等数据一致，在此仅对总体就医模型不同 β 取值的可达性结果的进行敏感性分析分析，结果见图 3：

图 3 不同 β 取值可达性数值统计结果

可以看到，随着 β 的增大，可达性数值的极差和标准差都急剧增大，不同街道的可达性数值差异越发显著，即 β 取值在[1,2]时，可达性数值对参数的变化极为敏感。为体现可达性数值的空间差异，同时参考以往类似研究对距离衰减函数参数的取值，在本研究中，各两步移动搜寻模型的 β 均取 2。

3 最近距离法北京市老年人口就医可达性评价

本章基于最近距离法对北京市老年人就医的空间可达性进行评价。最近距离法以各街道到其最近医疗机构的出行距离作为可达性数值，结果保留小数点后一位数字，单位为分钟。该可达性数值越小说明就医越便利，可达性更好，越大说明就医越不便捷，可达性较差。由于三级医疗机构所能提供的医疗服务各不相同，所以分别构建一、二、三级医疗机构的可达性模型，并且讨论同时考虑三级医疗服务的总体可达性。

3.1 三级医疗机构可达性评价结果分析

图 4-7 分别为三级、二级、一级医疗机构以及总体的可达性结果，可达性数值保留小数点后一位。表 4 给出了可达性数值的均值，表 5 为对城六区、郊区可达性数值按人口进行统计的结果。

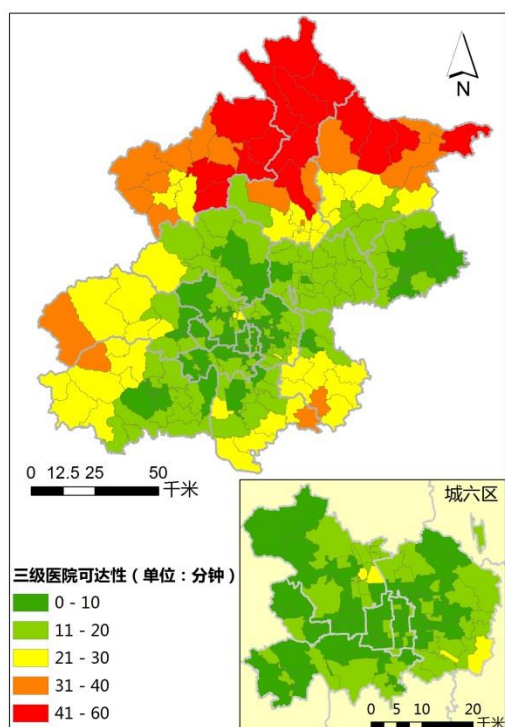


图 4 三级医疗机构最近距离法可达性

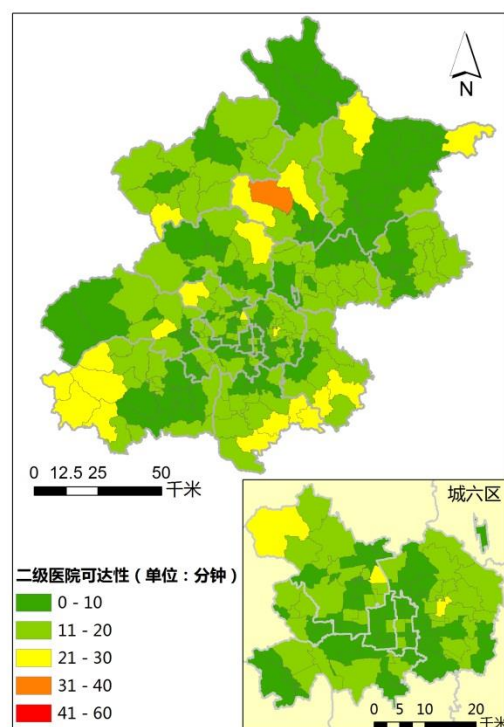


图 5 二级医疗机构最近距离法可达性

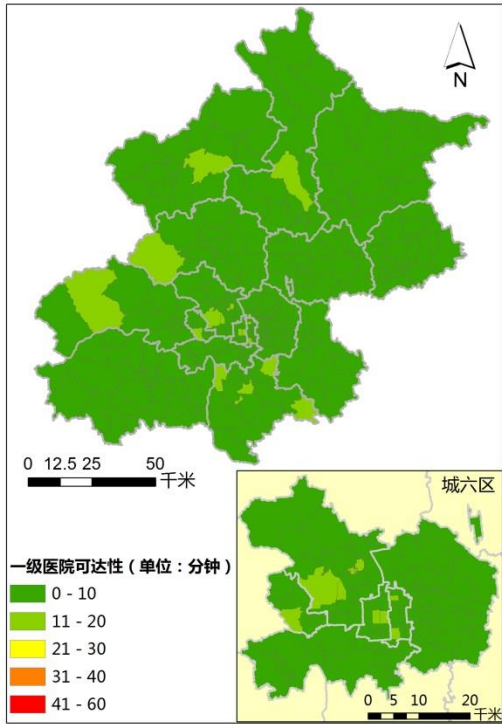


图 6 一级医疗机构最近距离法可达性

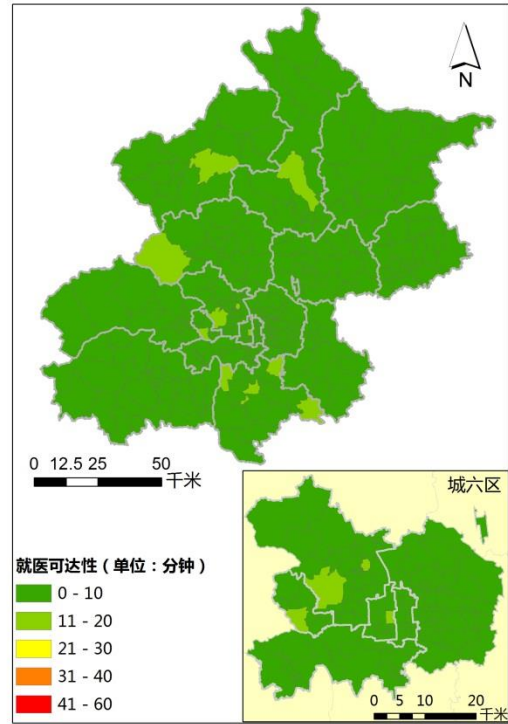


图 7 医疗机构总体最近距离法可达性

表 4 北京市最近距离法就医可达性均值

区域	三级	二级	一级	总体
城六区	8.83	8.60	4.81	3.96
其他区县	19.29	11.52	3.63	3.38
总计	14.93	10.30	4.12	3.62

表 5 北京市最近距离法就医可达性数值按人口统计

可达性数值	三级		二级		一级	
	城六区	其他区县	城六区	其他区县	城六区	其他区县
<10 分钟	69.9%	32.0%	68.1%	50.6%	95.1%	96.7%
10-20 分钟	27.2%	41.4%	29.5%	42.5%	4.9%	3.3%
>20 分钟	2.9%	26.6%	2.5%	6.9%	0.0%	0.0%

三级医疗机构是服务水平最高的医疗机构，最近距离法下的北京市三级医疗机构就医可达性结果不一，存在明显差异。统计结果的变异系数，即标准差

与均值的比值，该结果表征结果的离散程度。三级医疗机构可达性的变异系数较大为 0.74, 并且呈现出明显的空间结构，其数值基本以东北-西南方向为轴，由城六区向西北、东南方向到最近医疗机构的时间距离逐渐增大。全市可达性数值基本均在 60 分钟以内，说明从各个街道出发，1 个小时可以保证到达最近的三级医疗机构。城六区共 135 个街道，可达性数值均值为 8.83 分钟，其数值绝大部分在 10 分钟以内，占到了城六区总人口的 69.9%，27.2% 在 10-20 分钟。仅 4 个街道（占城六区人口的 2.9%）可达性数值在 20 分钟以上，其中包括了位于海淀区的学院路及清华园街道，它们也是北京市高校最密集的区域，可达性数值分别为 24.3 分钟和 26.6 分钟。其余两个则是位于朝阳区的垡头街道和黑户庄地区，它们处于城区的边缘地带，可达性数值分别为 20.4 分钟和 20.7 分钟，略大于 20 分钟。相比之下，城六区以外的郊区，可达性均值达到了 19.29 分钟，且数值普遍在 10 分钟以上，仅 32.0% 的人口就医可达性数值在 10 分钟以内，有 26.6% 的人口就医可达性数值超过 20 分钟。除此之外，北部郊区，尤其是怀柔、密云、延庆的北部，较南部郊区的可达性数值要更高。最近距离法下的北京市三级医疗机构就医可达性格局主要与医疗机构分布有关，除城六区以外，三级医疗机构主要分布在东部的顺义区中心及南部、西南部的大兴区、房山区，因此这些地方的可达性数值较低，老年人到达最近的三级医疗点相对便利。北部区的三级医疗机构较少，延庆区、密云区与怀柔区境内三级医疗机构数为 0，导致这些地方就医可达性数值较高，对老年人就医而言十分不便。按照《医疗机构设置规划指导原则（2009 版）》^[33]，每区县应设置至少一所三级综合医疗机构，这些地区尚未达到这一标准。

二级医疗机构可达性的变异系数为 0.56，较之三级有所减小，但是不同地区仍存在差异，除怀柔区渤海镇的 35.6 分钟外，其余地区可达性均在 30 分钟以内。城六区 68.1% 的人口所在街道就医可达性在 10 分钟以内，29.5% 的可达性为 10-20 分钟，均值为 8.60 分钟。郊区 50.6% 的人口就医可达性为 10 分钟以内，可达性为 10-20 分钟的人口占 42.5%，均值为 11.52 分钟。二级医疗机构的就医可达性在城区与郊区的差异较三级医疗机构有所减小。在房山区西部、大兴区和通州区东南部、怀柔区南部出现连片的可达性数值较高区域，这些地区处在所在区县的边缘地带，而二级医疗机构基本分布在区县中心，到达区县中心的道路多为次干道及以下的低等级道路，交通条件较差，因此到达医疗机构的用时较长，最近距离法下的可达性数值较大。

各街道一级医疗机构的就医可达性差异性最小，城六区、郊区分别有 95.1%、96.7% 的人口所在街道可达性在 10 分钟以内。值得注意的是，城六区出现多个街道可达性数值达到 10 分钟以上，最大值也与郊区就医可达性的最大值

相仿，均达到了 16 分钟，城六区可达性数值均值甚至稍大于郊区，可达性略差于郊区，但是总的来说二者还是较为接近。

在最近距离法下，同时考虑三个等级医疗机构的总体就医可达性结果基本与一级医疗机构就医可达性相同，即距离各个街道最近的医疗点基本均是一级医疗点，到达最近医疗点用时普遍在 10 分钟以内。不过，也存在部分街道，其总体的就医可达性与一级医疗机构就医可达性不一致，这种现象在城六区尤其明显，这些街道内部不存在一级医疗点或是一级医疗点分布在街道边缘，但是分布有更高等级的医疗机构。

3.2 城市功能区角度的就医可达性结果分析

《北京市主体功能区规划》^[36]将北京市划分为四个功能区域，分别是首都功能核心区、城市功能拓展区、城市发展新区以及生态涵养发展区，功能区各自有着不同的发展定位。将街道的最近距离可达性按城市功能区进行统计分析，有如下结果：

表 6 北京市各功能区最近距离就医可达性数值统计

功能区	三级		二级		一级		总体	
	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数
首都功能核心区	7.78	0.45	6.91	0.47	5.55	0.62	4.36	0.56
城市功能拓展区	9.17	0.59	9.14	0.53	4.57	0.61	3.82	0.62
城市发展新区	13.85	0.50	11.25	0.49	4.27	0.69	3.94	0.71
生态涵养发展区	23.46	0.57	11.72	0.57	3.14	0.91	2.95	0.93
总计	14.93	0.74	10.30	0.56	4.12	0.73	3.62	0.73

随着医疗机构等级降低，就医可达性数值均在降低，各功能区就医可达性均值的差异也在减小。就三级医疗机构而言，可达性数值排序由小到大为首都功能区、城市功能拓展区、城市发展新区、生态涵养发展区。二级的排序与此一致。在一级和总体的可达性上，其均值基本在相仿的水平，只是排序完全颠倒，首都功能核心区数值较大而郊区数值较小。这一方面是由于首都功能核心区（东城、西城）基本处在二环以内，其街道到医疗点主要是靠低等级的道路（支路及以下）连接，所以用时较长；另一方面是由于进行网络分析时，忽略了各点实际位置的到其网络位置的距离，在郊区这段距离往往较长，尤其对于郊区低等级医疗机构的可达性而言，街道与其最近的医疗点都处在路网稀疏的

地区，因此低估了其实际的出行时间。这两点对于完全以出行时间作为可达性结果的最近距离法而言存在一定程度的影响。

还有一点值得注意的是，各功能区的变异系数明显不同，即可达性的离散程度不同。三级、二级、一级可达性的变异系数均较大，说明三个等级医疗机构在全市分布都存在一定程度的不均衡，这个现象对于三级和一级机构尤为明显。将各功能区与全市的可达性比较，考虑三级医疗机构与二级机构可达性，各功能区变异系数基本小于或等于全市水平，数值也比较接近，说明各个区内的就医可达性相近。然而对于一级的就医可达性，生态涵养发展区的变异系数明显大于全市水平，说明该功能区内的低等级医疗机构分布较不均衡。

3.3 小结

本章以最近距离法对北京市老年人口就医可达性进行评价。这种方法对就医可达性实际测算的是每个街道质心到最近医疗点的出行时间，数值越小说明就医越便捷。总的说来，各街道到最近的三级、二级、一级医疗机构的出行时间逐渐减小，即到达最近低等级医疗机构的用时普遍少于高等级医疗机构，距离各街道最近的医疗点基本均是社区医院这类一级医疗点。总的来说，各街道三个等级的到达最近医疗点的出行时间不长，尤其到达低等级机构的出行时间较均衡，北京市的就医可达性较好。

此外，医疗机构等级越高，城六区与郊区的就医可达性差异越显著。三级医疗机构的就医可达性存在最明显的空间分异，以东北-西南方向为轴，由城六区向西北、东南方向到最近医疗机构的出行时间增大，同时北部郊区较南部郊区的可达性数值要更高；一级、二级医疗机构的就医可达性在全市范围比较一致，尤其是一级医疗机构的就医可达性，城六区与郊区相比数值相近，可达性甚至略差。

分城市功能区考虑就医可达性，首都功能区、城市功能拓展区、城市发展新区、生态涵养发展区的三级、二级医疗机构可达性数值依次增大，在一级医疗机构可达性上由于交通条件影响显著，四个功能区的可达性数值排序颠倒。三个等级医疗机构的就医可达性都存在一定程度的不均衡，这个现象对于三级和一级机构尤为明显。各个区内的就医可达性相对平衡，但是生态涵养发展区各街道的一级就医可达性存在较大差异，与该功能区内一级医疗机构的分布相关。

4 两步移动搜寻法北京市老年人口就医可达性评价

本章对基于两步移动搜寻法构建的老年人就医可达性模型进行分析。在本部分的研究中，可达性数值的大小可以表示老年人所能得到床位的多少。在下述分析中为使结果更为明晰，对结果乘以 1000。该数值越大说明老年人可获得的医疗资源越多，可达性越好；越小说明获得的医疗资源越少，可达性较差。利用该方法同样分别分析三个等级医疗服务设施的可达性，并且讨论总体医疗服务的可达性。其中三个等级医疗服务的分析采用引入距离衰减的 2SFCA 模型，医疗机构服务半径与患者搜寻半径一致，高等级医疗机构有着更大的半径；总体医疗服务的可达性采用引入三级机构的可变半径的 2SFCA 模型，该模型下患者搜寻半径固定，各医疗机构服务半径不一，是一般性的、总体医疗可达性的反映。两种模型实际是不同情境下的就医可达性模型。

4.1 就医可达性评价结果分析

4.1.1 一至三级医疗机构可达性评价

图 8-10 分别为三级、二级、一级医疗机构的可达性结果,表 6 给出了城六区、郊区可达性数值的均值,表 7 给出了对可达性数值按人口数分段进行统计的结果。

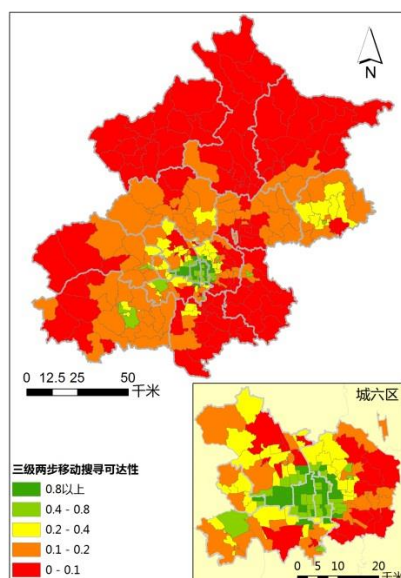


图 8 三级医疗机构两步移动搜寻可达性

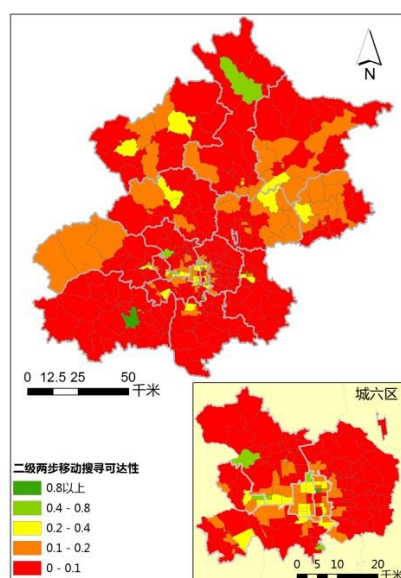


图 9 二级医疗机构两步移动搜寻可达性

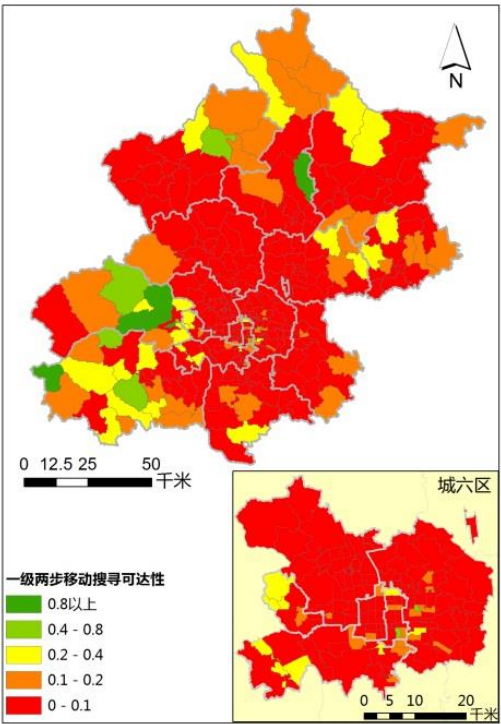


图 10 一级医疗机构两步移动搜寻可达性

表 7 北京市 2SFCA 就医可达性均值

区域	三级	二级	一级
城六区	0.56	0.13	0.07
其他区县	0.12	0.11	0.13
总计	0.30	0.12	0.11

表 8 北京市 2SFCA 就医可达性数值按人口统计 1

可达性数值	城六区	其他区县	城六区	其他区县	城六区	其他区县
	三级		二级		一级	
	城六区	其他区县	城六区	其他区县	城六区	其他区县
<0.1	6.0%	44.4%	43.0%	63.6%	75.2%	74.2%
0.1-0.2	13.8%	41.0%	36.0%	21.2%	16.9%	13.8%
0.2-0.4	22.7%	8.1%	16.5%	11.8%	6.8%	8.9%
>0.4	57.5%	6.5%	4.5%	3.3%	1.1%	3.2%

三级医疗机构的可达性在空间上分布不一，呈现较明显的圈层结构，可达性数值由城六

区中心向郊区递减，另外在平谷区和房山区还存在局部的中心向外递减结构。全市可达性数值最高的地区主要集中在城六区以内，尤其是东城区、西城区及其周边，最高值则出现在海淀区的永定路街道，为 3.8；最低的地区则均分布在北部的延庆区、怀柔区、密云区以及东南部的通州区、大兴区，该数值均不到 0.1。城六区的可达性明显好于郊区区县，其平均可达性 0.56 远大于郊区的 0.12，同时有 57.5%的人口所在社区均达到 0.4 以上的千人床位数，22.7%的人口在 0.2-0.4 之间，仅有 6.0%的可达性小于 0.1；而郊区则只有 6.5%的人口千人床位数达到 0.4 以上，大部分人口的可达性小于 0.2。这样明显的城区郊区分异同样主要与三级医院分布有关，多数三级医院分布在城中心，同时城区内三级医院所能提供的床位数也普遍多于郊区区县。

二级医疗机构的可达性同样存在较大差异，但是分布相对零散，城六区中心及东北部郊区可达性数值相对高于其他地区。最大值出现在通州区的新华街道，可达性达到了 1.25，其次是东城区、房山区、怀柔区的个别街道，可达性均在 0.8 以上。此外，在丰台区与海淀区的交界处，顺义区、平谷区与密云区的交界处附近可达性也较高。值得注意的是，低值除了出现在距离中心城区较远的北郊与南郊外，属于城区的朝阳区、海淀区、丰台区大部分街道可达性数值也较低，这部分区域分布的总人口较多，然而二级医院主要分布在该区的边缘位置，使得这一地区二级医疗机构的可达性数值较低，老年人可获得到的二级医疗服务资源较少。对于二级医疗机构而言，城六区与其他区县相比可达性仍较好，不过差距较三级机构的可达性在减小，其 0.13 的均值甚至与郊区的 0.11 达到了相仿的水平，可达性数值达到 0.2 以上的占人口的 21.0%，其他区县这一比例则为 15.1%，其他可达性分布段比例差距也在减小。

一级医疗机构的可达性也存在一定差异，总体而言市域边缘街道的可达性好于中心城区的可达性，尤其是西南部及北部郊区可达性整体较高。高值主要分布在西南部的门头沟区和房山区，可达性 0.4 以上，这一片地区一级医疗点较密，总人口相对较少，虽然老年人口比例不小，但是他们可分得的一级医疗服务资源较多。低值则多分布在城区与北部近郊，尤其城区中由于总人口众多，虽然街道的老年人口比例不大，但是可达性低值较北郊更为集中。另外从按人口比例的可达性数值统计可看出，在一级医疗机构的可达性上，城六区明显要低于其他区县，其可达性均值仅为 0.07，低于郊区的 0.13，可达性大于 0.4 及在 0.2-0.4 之间的人口比例均小于其他区县。虽然城六区的总人口更为集中，密度更大，然而一级医疗机构所实际提供的床位数却与郊区相仿，这就造成了城六区一级机构就医可达性普遍极低，老年人的可达性同样极低。

4.1.2 总体医疗机构可达性评价

图 11 为总体的就医可达性结果,表 7 给出了对城六区、郊区可达性数值按人口的统计结果。

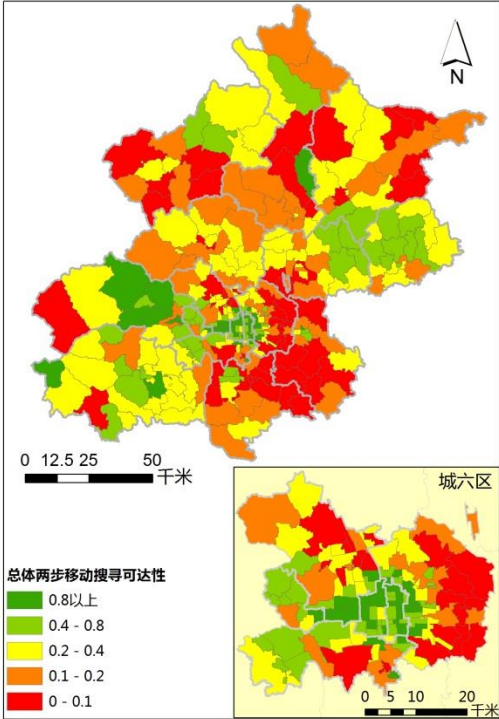


图 11 医疗机构总体两步移动搜寻可达性

表 9 北京市 2SFCA 就医可达性数值按人口统计 2

可达性数值（床位数/千人）	城六区	其他区县
<0.1	7.2%	15.8%
0.1-0.2	11.2%	30.1%
0.2-0.4	17.4%	34.3%
0.4-0.8	26.9%	13.2%
>0.8	37.3%	6.6%

总体就医可达性的分布与三个等级就医可达性的结果均不相同，高值主要分布在城六区的中部、中西部，以及门头沟区东部、平谷区西部，可达性 0.4 以上。低值则主要集中在东南部的朝阳区东部、通州区、大兴区，数值不足 0.1，这主要是由于一、二、三级的医

疗机构在这片均存在服务能力不足的问题。分城六区和其他区县来看，城六区总体的老年人就医可达性好于其他区县，超过 60%人口的可达性达到了 0.4 以上，这一比例在其他区县不到 20%，在低值上城六区也好于其他区县，不到 20%的人可达性在 0.2 以下，其他区县则达到了 45.8%。这一结果在一定程度上是对三个等级医疗机构可达性的综合，从整体上体现了全市医疗服务资源的供需状况。

4.2 城市功能区角度的就医可达性分析

对各城市功能区基于两步移动搜寻法的可达性数值进行统计，具体结果如下：

表 10 北京市各功能区 2SFCA 就医可达性数值统计

功能区	三级		二级		一级		总体	
	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数	均值	变异系数
首都功能核心区	0.88	0.57	0.20	0.82	0.07	1.18	1.02	0.62
城市功能拓展区	0.46	1.22	0.11	1.06	0.07	1.28	0.53	1.17
城市发展新区	0.15	0.92	0.10	1.56	0.07	0.86	0.26	1.01
生态涵养发展区	0.11	1.14	0.11	1.04	0.19	1.65	0.35	1.06
总计	0.30	1.44	0.12	1.16	0.11	1.83	0.45	1.15

随着医疗机构等级的降低，各功能区的可达性数值普遍在降低，但是生态涵养发展区的可达性数值基本不变，甚至增大。不同等级医疗机构的可达性数值排序不同：三级的可达性均值排序由大到小为首都功能区、城市功能拓展区、城市发展新区、生态涵养发展区；二级可达性排序第一位为首都功能核心区，其余三个功能区数值近似；一级则是生态涵养发展区可达性数值最高，其余三个功能区数值近似。总体可达性结果的排序除生态涵养发展区外，基本与三级可达性排序相同，但是各功能区间差异，尤其是三级可达性较高的两个功能区与较低的两个功能区之间差异在减小，这在一定程度上反映了不同等级医疗资源之间的互补。

就可达性的离散程度而言，三级、二级、一级的变异系数均较大，说明对于老年人而言，三个等级的医疗资源的获取在全市差异较大，然而总体的变异系数却略有减小，这同样反映出了不同等级医疗资源的互补。将各功能区的变异系数进行对比，可以看到不同等级的医疗机构在各功能区分布的离散程度不等，其中首都功能核心区的变异系数在每一个模型中均显著小于全市均值，说明该功能区内的医疗资源分布相对最为均衡。城市发展新区的

二级机构可达性变异系数较明显地大于全市均值，说明该功能区内的二级医疗资源分布差异较大，这与前一部分对二级医疗机构可达性分析相同，主要是由于北部郊区比南部郊区可达性数值较高造成的。

4.3 小结

本章以改进的两步移动搜寻对北京市老年人口就医可达性进行评价。这种方法得到的就医可达性数值可用来表示老年人获得的床位多少，在本部分中对结果乘以 1000 进行分析，它是每个街道考虑供需后可获得的医疗资源数的体现，数值越大则可达性越高，越小则可达性越低。随着医疗机构等级降低，可达性数值逐渐减小，老年人可获得的医疗资源逐渐减少。

不同等级的就医可达性各自体现出不同的分布：三级医疗机构的可达性由城六区中心向郊区递减，城六区的可达性明显高于郊区区县；二级医疗机构的可达性分布相对较零散，高值出现在城六区中心及东北部郊区，低值在城六区与郊区均有分布，总体而言二级的就医可达性城六区仍好于郊区区县，但是已经极为接近；一级医疗机构的可达性则主要是市域边缘好于中心城区，总体而言城六区的可达性差于郊区。总体的就医可达性在一定程度上是三个等级可达性结果的综合，高值在城区与郊区均有分布，而低值集中在北京市东南部包括朝阳东部的近远郊区。

分功能区分析就医可达性的数值，尽管三级医院就医可达性在各功能区间差异较大，但是总体就医可达性的差异较之有所减小，这体现了北京市不同等级医疗资源配置之间的互补。此外，各个区内的就医可达性不平衡性均不同，其中首都功能核心区最为均衡，而城市发展新区的二级机构分布较为不均衡。

5 结论与讨论

5.1 最近距离法与两步移动搜寻法结果对比

最近距离法与改进的两步移动搜寻法得到的可达性评价结果并不完全相同，二者的区别主要体现在：

1. 最近距离法得出的三级、二级、一级医疗机构的出行时间依次减小，一级机构的可达性最好；两步移动搜寻法得到三个等级医疗机构的老人可获得床位依次减少，三级机构的可达性最好。

2. 最近距离法下的三级医疗机构可达性以东北-西南方向为轴，由城六区向西北、东南方向到最近医疗机构的出行时间增大，城六区可达性优于郊区，同时北部郊区较南部郊区的可达性数值要更高，可达性更差；两步移动搜寻法下的三级医疗机构的可达性由城六区中心向郊区递减，城六区的可达性同样优于郊区。

3. 最近距离法的二级医疗机构的就医可达性高值在城区与南北郊均有分布；而两步移动搜寻法下的二级医疗机构的就医可达性的高值主要分布在城区中心与东北部郊区。

4. 最近距离法的一级医疗机构的就医可达性城六区与郊区相近，略差；而两步移动搜寻法下的一级医疗机构的就医可达性则是城六区较明显地差于郊区。

5. 最近距离法得到的总体就医可达性在全市范围内与一级机构可达性的结果几乎一致，全市可达性相近；两步移动搜寻法的总体就医可达性则是对一、二、三级机构可达性的综合，高低值存在较大差异且各有集中分布。

6. 最近距离法得到的各功能区的变异系数普遍较两步移动搜寻法得到的变异系数小，即两步移动搜寻法体现的可达性差异更为明显。

本研究中可达性评价结果出现差异主要有以下原因：首先，可达性的定义十分灵活，两个方法对可达性定义不完全一致，它们各自侧重了可达性的不同方面。最近距离法反映的是单纯的物理上的障碍，在本文中为出行时间。而两步移动搜寻法强调的则是克服一定物理障碍后某一地区公共服务“质”和“量”^[15]，在本文中可反映可获得的床位数的多少。两步移动搜寻法除了关注空间上的障碍外，还引入了供需两方面的因素，相对来说反映了更多的信息。其次，改进的两步移动搜寻法引入可变半径，在涉及多等级的服务设施的研究中，对总体情况进行分析会更为合理。

两种方法并无优劣之分，一般情况下适用于不同的情景。在讨论高等级医疗机构（二、三级）的空间布局时，考虑床位数及人口分布的两步移动搜寻法可以揭示更全面的信息；而在分析低等级医疗机构的布局时，由于人们只是从这些机构获得简单的医疗服务，更关

注距离因素，最近距离法也是十分有效的可达性评价方法，而且它所需的数据量小，实现更为简单。使用两种方法都可以得到一定的可达性分布情况，发现目前医疗机构与老年人口空间分布不均衡且不匹配，并由此指导具体决策。

5.2 主要结论

本文分别以最近距离法与改进的两步移动搜寻法分别对北京市老年人就医的空间可达性进行了评价与分析，主要结论如下：

1. 就医时间而言，北京市老年人的就医可达性较好，各街道到最近三级、二级、一级医疗机构的就医时间逐渐减少。三级医疗机构的就医时间存在明显的空间分异，以东北-西南方向为轴，由城六区向西北、东南方向到最近医疗机构的出行时间增大，同时北部郊区的就医出行时间较南部郊区更高；一级、二级医疗机构的就医时间在全市范围比较一致，尤其一级医疗机构的就医时间城六区与郊区相近，甚至略差。全市三个等级医疗机构的就医时间都存在一定程度的不均衡，这个现象对于三级和一级机构尤为明显，但是各个功能区内的就医时间相对均衡。

2. 从可获得的床位数而言，各街道老年人可获得的三级、二级、一级医疗机构的可达性逐渐减小。三级医疗机构的可达性由城六区中心向郊区递减，城六区老人可获得的床位明显多于郊区区县；在可获得的二级医疗机构床位上，城六区与郊区区县较为接近；城六区在一级医疗机构的床位获取上要差于郊区。总体的就医可达性在一定程度上是三个等级可达性结果的综合，城区中心与门头沟区东部、平谷区的街道可获取的床位较多，处在市区东南部的朝阳区东部、大兴区和通州区获得的床位较少。在全市范围内各等级医疗机构的床位获取存在较大差异，同时各个功能区内的获取床位状况分布也并不均衡。

5.3 医疗机构布局建议

基于本文最近距离法与两步移动搜寻法所得出的老年人就医可达性情况，可以发现目前北京市的医疗机构布局主要有以下问题，同时针对每条给出相应建议：

1. 三级医疗机构集中于城六区内，未来的三级医疗机构建设应向郊区倾斜，尤其目前密云区、怀柔区、延庆区缺少三级医院，应尽快在这三个地区设立服务水平较高的三级医院，以满足这些区域的就医需求。

2. 一级医疗机构的服务能力在城六区与郊区相近，应提高城六区中以朝阳区为主的人口集中地区的相应医疗服务能力，增加一定的床位等资源。3. 就总体的就医可达性而言，朝阳区东部及大兴区、通州区数值较低，这些区域的一、二、三级医疗机构分布均较少，未来这一片区应根据具体情况不同，逐步完善建立各级医疗机构。

4. 各城市功能区内虽然到达最近医疗点的时间相对均衡，但是可获取的床位差异较大，应从实际人口数量分布角度出发，针对各功能区的医疗资源配置按需进行优化。

5.4 研究展望

本研究仍存在一些不足，有待下一步的研究继续完善。

1. 人口数据尺度问题。街道人口采用点数据，不能反映实际的人口分布情况，尤其对于街道面积较大、人口分布分散的郊区，其出行距离的测算与实际情况存在一定出入，如有一定方法可对人口数据进行降尺度，得到更小尺度的人口数据，得到的结果会更为合理。

2. 实际交通方式的复杂性。本研究未考虑步行段，对郊区距离路网较远的点的出行距离存在一定程度的低估。同时城区与城郊的道路速度应存在差异，但是本研究中未作区分，以同一值代替。

3. 老年人就医行为的调查。本研究所用两步移动搜寻法中的各项参数并非根据老年人实际就医行为得到，而是主要基于已有距离数据，分析得到较为合理的医院服务半径及距离衰减参数，根据老年人实际就医行为建立的模型会更符合实际情况。

参考文献

- [1] 陆学艺,张荆,唐军 等. 2010 年北京社会建设分析报告[M]. 北京:社会科学文献出版社,2010
- [2] 清华大学社会学系课题组. 北京市人口预测研究[J]. 北京规划建设,2012,04:69-75.
- [3] 刘国恩,蔡春光,李林. 中国老人医疗保障与医疗服务需求的实证分析[J]. 经济研究,2011,03:95-107+118.
- [4] Branch L, Jette A, Evashwick C, et al. Toward understanding elders' health service utilization[J]. Journal of Community Health, 1981, 7(2): 80-92.
- [5] Evashwick C, Rowe G, Diehr P, et al. Factors explaining the use of health care services by the elderly[J]. Health Services Research, 1984, 19(3): 357.
- [6] Fitzpatrick A L, Powe N R, Cooper L S, et al. Barriers to health care access among the elderly and who perceives them[J]. American Journal of Public Health, 2004, 94(10): 1788-1794.
- [7] Hurd M D, McGarry K. Medical insurance and the use of health care services by the elderly[J]. Journal of Health Economics, 1997, 16(2): 129-154.
- [8] Nemet G F, Bailey A J. Distance and health care utilization among the rural elderly[J]. Social Science & Medicine, 2000, 50(9): 1197-1208.
- [9] 辜胜阻,梁浙西. 老年人对医疗服务的利用及中国医疗制度的改革[J]. 社会学研究,1993,06:56-65.
- [10] 汤哲,方向华,项曼君 等. 北京市老年人卫生服务需求研究[J]. 中华医院管理杂志,2004,08:19-24.
- [11] 徐刚,袁兆康,朱宏. 老年人群医疗卫生服务需求及利用[J]. 中国老年学杂志,2010,10:1417-1419.
- [12] 陈玲. 新型农村合作医疗制度背景下农村老年人的就医行为研究[D].湖南师范大学,2008.
- [13] 濮琼. 医保制度下老年人口的参保状况和求医行为[D].华中科技大学,2004.
- [14] 周洁,柴彦威. 中国老年人空间行为研究进展[J]. 地理科学进展,2013,05:722-732.
- [15] 宋正娜,陈雯,张桂香,张蕾. 公共服务设施空间可达性及其度量方法[J]. 地理科学进展,2010,10:1217-1224.
- [16] 杨家文,周一星. 通达性:概念,度量及应用[J]. 地理学与国土研究,1999,02:62-67.
- [17] Hansen W G. How accessibility shapes land use[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1959, 25(2): 73-76.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] Yang D H, Goerge R, Mullner R. Comparing GIS-based methods of measuring spatial accessibility to health services[J]. Journal of Medical Systems, 2006, 30(1): 23-32.
- [21] Luo W, Qi Y. An enhanced two-step floating catchment area (E2SFCA) method for measuring spatial accessibility to primary care physicians[J]. Health & place, 2009, 15(4): 1100-1107.
- [22] Dai D. Black residential segregation, disparities in spatial access to health care facilities, and late-stage breast cancer diagnosis in metropolitan Detroit[J]. Health & place, 2010, 16(5): 1038-1052.
- [23] Neutens T. Accessibility, equity and health care: review and research directions for transport geographers[J]. Journal of Transport Geography, 2015, 43: 14-27.
- [24] Loo B P Y, Lam W W Y. Geographic accessibility around health care facilities for elderly residents in

- Hong Kong: a microscale walkability assessment[J]. Environment and Planning B, 2012, 39(4): 629.
- [25] 史荣. 老龄化背景下西安市三级甲等医院交通可达性研究[D].西安建筑科技大学,2014.
- [26] 北京市人力资源和社会保障局.北京市医疗保险定点医疗机构、定点零售药店
[DB/OL].http://www.bjrbj.gov.cn/LDJAPP/search/ddyy/index_new.jsp,2016-02-27.
- [27] 北京市卫生和计划生育委员会.2013年北京市卫生工作统计资料（汇编）[DB]
[28] 高德地图开放平台[DB/OL].<http://lbs.amap.com/>.2016-03-17
- [29] OpenStreetMap[DB/OL].<http://www.openstreetmap.org/>,2016-03-03.
- [30] 邓羽,蔡建明,杨振山等.北京城区交通时间可达性测度及其空间特征分析[J].地理学报,2012,67(2):169-178.
- [31] 北京交通发展研究中心.北京市交通运行分析报告(2015
年)[R].<http://www.bjtrc.org.cn/JGJS.aspx?id=5.3&Menu=GZCG>,2016-03-24.
- [32] 中华人民共和国交通运输部.JTGB01-2014.公路工程技术标准[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2014.
- [33] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会.《医疗机构设置规划指导原则（2009版）》
[EB/OL].http://www.china.com.cn/policy/txt/2009-08/27/content_18409444.htm,2016-04-07.
- [34] 柴彦威等.中国城市老年人的活动空间[M].北京:科学出版社,2010: 111-124.
- [35] 宋正娜,陈雯.基于潜能模型的医疗设施空间可达性评价方法[J].地理科学进展,2009,v.2806:848-854.
- [36] 北京市政府.北京市主体功能区规划
[EB/OL].<http://zhengwu.beijing.gov.cn/ghxx/qtgh/t1240927.htm>,2016-04-07.