引文格式：刘逸瑞,李小玲,王成,等. 等时圈视角下西宁市医疗救护空间可达性分析[J]. 地理空间信息, 2026, 24(4):52-55. doi:10. 3969/j.issn. 1672-4623.2026.04.011

等时圈视角下西宁市医疗救护空间可达性分析

刘逸瑞[1]，李小玲[1,2*]，王　成[1]，何黎鸣[1]
（1. 青海大学土木水利学院，青海 西宁 810016；2. 青海省建筑节能材料与工程安全重点实验室，青海 西宁 810016）

摘　要：综合医院紧急医疗救护空间可达性评估是研究分析医疗救护服务效率和优化配置医疗救护资源的有效研究手段，基于高德地图提供的路径规划 API 系统及 ArcGIS 空间分析，对西宁市综合医院医疗救护的布局及可达性进行分析，结果表明：①西宁市中心城区各综合医院等时圈主要沿市区十字形分布，区县的等时圈整体呈辐射状分布。②在影响等时圈覆盖率的因子中，路网较高，人口较低。③医疗救护等时圈基本能够覆盖市区，下属区县仅能覆盖中心地区。根据西宁市综合医院的等时圈分布状况，总结当前医疗救护布局的不足，对西宁市医疗布局今后的发展提出建议。

关键词：等时圈模型；医疗救护；空间可达性；高德地图 API；西宁
中图分类号：P208　　**文献标志码：**B　　**文章编号：**1672-4623（2026）04-0052-04

Spatial Accessibility Analysis of Medical Aid in Xining City, Qinghai Province from the Perspective of Isochronous Circle Model

LIU Yirui[1], LI Xiaoling[1,2], WANG Cheng[1], HE Liming[1]
(1. School of Civil Engineering and Water Conservancy, Qinghai University, Xining 810016, China;
2. Qinghai Provincial Key Laboratory of Building Energy Saving Materials and Engineering Safety, Xining 810016, China)

Abstract: The spatial accessibility assessment of emergency medical aid in general hospitals is an effective research method to study and analyze the efficiency of medical aid services and optimize the allocation of medical aid resources. Based on the path planning API system provided by Gaode map and ArcGIS spatial analysis, we analyzed the layout and accessibility of medical aid in Xining City general hospitals. The results show that ① the isochronal circle of general hospitals in the central urban area of Xining City is mainly distributed along the urban cross, and the isochronal circles of districts and counties are distributed radially as a whole. ②Among the isochronal circle coverage influence factors, the road network is high and the population is low. ③The medical aid isochronal circle can basically cover the urban area, and the subordinate districts and counties can only cover the central area. According to the isochronal circle distribution of general hospitals in Xining City, we summarized the deficiencies of current medical aid layout, and put forward suggestions for the future development of medical layout in Xining City.

Key words: isochronal cycle model, medical aid, spatial accessibility, Gaode map API, Xining City

近年来，伴随生活节奏加快与人口老龄化趋势，心脏病等突发性疾病发病率持续上升，对医疗救护的时效性提出了极高要求[1-2]。救护车作为院前急救的核心环节，其响应效率直接关系到患者的生命安全。在此背景下，从空间视角评估医疗资源的可及性显得至关重要。可达性已成为衡量资源配置公平性与合理性的关键指标，目前已有大量研究探讨了相关问题[3-11]。因此，本研究以西宁市为例，旨在通过高德地图 API 构建医院服务范围的精确等时圈，分析其在夜间平峰时段的覆盖能力，以识别服务薄弱区域，从而为优化城市医疗资源布局、提升应急救援效率提供科学依据。

1　研究概况

1.1　研究区概况

西宁市（101°49′E、36°34′N），古称青唐城、西平郡、鄯州、夏都，青海省辖地级市、省会，国务院批复确定的中国西北地区重要的中心城市[12]。截至 2022 年 10 月，全市下辖 5 个区、2 个县，总面积 7 660 km^2，其中城东区、城西区、城北区和城中区四区为中心城区。西宁市常住人口为 248 万人，城镇常住人口 198.08 万人，城镇化率约为 80 %。较高的城镇化率意味着市民对医疗也有着较高的需求，紧急医疗救助的及时到达有利于保护市民的生命安全。利用等

项目来源：青海省科学技术厅资助项目（2019-ZJ-985Q）。
第一作者简介：刘逸瑞（2002—），硕士，研究方向为生态经济与区域可持续发展，E-mail：liuyirui150@163.com。
通信作者：李小玲（1983—），博士，副教授，研究方向为生态经济与区域可持续发展，E-mail：lxlsource@163.com。

时圈模型分析西宁市医疗救护的可达性，可以衡量区域内医疗机构的空间分布情况，为相关部门调整医疗机构空间配置提供依据[13]。研究区概况如图1所示。

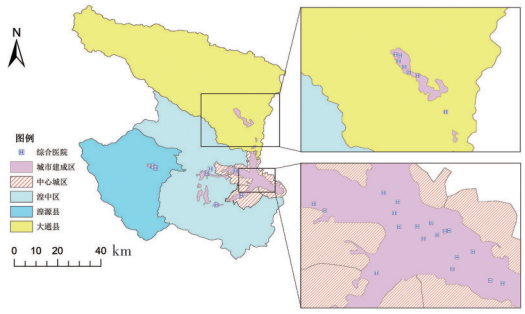


图1　西宁市综合医院和城市建成区

审图号：青S(2024)026

1.2　研究数据来源

数据来源为：①西宁市综合医院位置数据；②西宁市各区县的边界数据；③从综合医院到到周边区域点的行车时间，首先以定位的综合医院位置为原点确定研究区域，将该区域分割为细小方格，以方格几何中心作为目的点构建相应点阵，然后使用高德地图平台提供的路径规划系统中的驾车规划，获得从各综合医院到各点的行车时间，从而构建出符合真实路网的综合医院周边范围的医疗救护等时圈；④获取2024年西宁市每km^2人口分布GIS数据、2024年西宁市各级道路分布GIS数据以及2024年西宁市城市建成区面积等必要的地理数据，从而支持影响因素覆盖率的计算。

2　研究方法

本文的研究路线如图2所示。

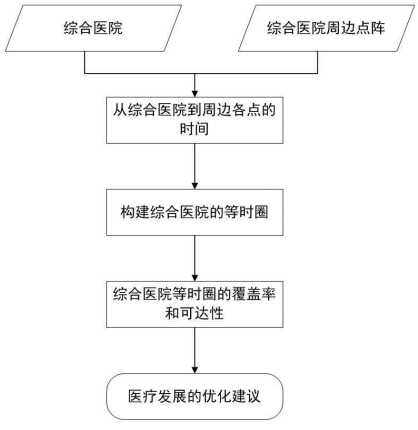


图2　医疗救护可达性评估技术路线

2.1　医疗救护等时圈的构建

首先，使用FME软件获取西宁市各综合医院的坐标，以获取的地理坐标为圆心、10 km为半径生成规则点阵，将综合医院坐标作为出发点，点阵中各点为到达点构建出发、到达点对；接着，调用高德地图提供的路径规划系统，使用驾车模式得到各点对的行车时间；然后，依据各综合医院到达周边点的时间生成相应的时间栅格图；最后，按0~5 min、5~10 min和10~15 min的范围将时间栅格图划分，由此构建5 、10 min和15 min等时圈。

2.2　医疗救护等时圈的构建

覆盖率是等时圈模型中衡量可达性的重要指标，在不同的文章中均采用了这一指标对可达性进行衡量[14-15]。本文计算各综合医院5 、10 min和15 min等时圈西宁市不同区县内的覆盖率，由此度量各综合医院的医疗救护可达性，p_{ij}计算公式如下：

$$p_{ij}=\frac{S_{ij}}{S_i} \tag{1}$$

式中，S_{ij}为第j种等时圈覆盖西宁市的第i个县区的面积；S_i为i的县区面积；p_{ij}为第j种等时圈对第i个县区的覆盖率。

同时，为分析得到影响综合医院覆盖率的因素，选取道路、人口和城市建成区作为分析因素，分别计算各等时圈覆盖的道路里程、人口数量和城市建成区面积占对应区县内路网总里程、人口总量和城市建成区总面积的比重，作为各等时圈的道路、人口和城市功能区覆盖率，q_{ij}计算公式如下：

$$q_{ijt}=\frac{H_{ijt}}{H_{it}} \tag{2}$$

式中，H_{ijt}为第j种等时圈对于第t种因素在第i个县区的覆盖情况；H_{it}为第i个县区中第t种因素的总数量；q_{ijt}为第j种等时圈对第t种因素在第i个区县的覆盖率。

然后使用SPSS软件计算不同等时圈对3种影响因素的覆盖率q_{ijt}与综合医院等时圈覆盖率p_{ij}的相关系数R_{pq}，其公式为：

$$R_{pq}=\frac{\sum_{i=1}^{n}(p_i-\dot{p})(q_i-\dot{q})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(p_i-\dot{p})^2}\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(q_i-\dot{q})^2}} \tag{3}$$

2.3　西宁市整体医疗救援等时圈与公平性计算

当面对重大公用卫生事件时，往往需要多家综合医院团结协作，共同执行救援任务。为整体了解西宁市各区域综合医院医疗救援整体的覆盖情况，构建西宁市整体医疗救援服务等时圈。

在分析整体医疗救援等时圈覆盖情况的基础上，对医疗服务的公平性进行研究。经济学领域的学者们习惯运用基尼系数表达人口财富的分布累积差异。

近年来，基尼系数应用领域大大拓展，不仅可以反映收入分配的不平等程度，还可以应用于人口累积中任何对象的数量评价。借鉴该指标可以衡量地区医疗空间公平性。可达性基尼系数计算式为：

$$G=1-\sum_{k=0}^{n}(X_k-X_{k-1})(Y_k+Y_{k-1}) \quad (4)$$

式中，G 为可达性基尼系数；X_k 和 X_{k-1} 分别为 k 个和 $k-1$ 个可达性变量的累积百分比（$X_0=0$，$X_n=1$）；Y_k 和 Y_{k-1} 分别为 k 个和 $k-1$ 个群体人口变量的累积百分比（$Y_0=0$，$Y_n=1$）。

基尼系数在0~1的范围取值，根据联合国推荐标准，基尼系数小于0.2表示“绝对平均”；基尼系数介于0.2~0.3意味比较平均；基尼系数介于0.3~0.4代表公平性相对合理；基尼系数介于0.4~0.5为公平性较差；基尼系数>0.5表示存在严重不公平。国际上通常把0.4作为分配差距的“警戒线”[16]。

3 结果与分析

3.1 等时圈的空间分布情况

由西宁市各区县的综合医院5、10 min和15 min等时圈空间分布，15 min等时圈基本能够覆盖西宁市城西区、城东区、城中区和城北区的大部分面积，同时城中区南部部分地区以及城北区北部部分地区没有能够被覆盖，除此之外，湟中区、大通县和湟源县的15 min等时圈基本呈以县城区为中心辐射状分布，仅能覆盖核心地区。可以看出，西宁市各区县的医疗资源布局并不均衡，中心城区（即城东区、城西区、城北区和城中区）分布密集，郊区以及下属县区较匮乏。这是由于中心城区作为重点发展区域医疗配置较为完善的原因，城中区南部以及城北区作为新发展的城区，城市基础服务略显不足，而湟中区等作为下属区县，区域内的综合医院服务范围并不能有效覆盖整体区县的范围。

3.2 西宁市各区县等时圈覆盖率和影响因素

由图3分析可得，医疗救护的可达性在西宁市的不同区县存在明显差异，中心城区可达性相对较高，新发展城市区域以及下辖的区县，可达性相对较低。

使用SPSS软件得到图4所示结果，道路和人口整体上与西宁市综合医院可达性的相关性较好，道路较高，人口较低。等时圈范围内的道路覆盖率越高，越有助于综合医院的医疗力量尽快到达救护现场，由此可见，路网道路等交通基础设施的建设水平与综合医院的空间可达性息息相关；同时，人口的规模也对医院的设置以及可达性有着一定的影响。西宁市区3种影响因素与覆盖率的相关系数 R 总体高于西宁市的相关系数，说明在西宁市区中路网、人口和功能区对医疗救护可达性的影响大于西宁市总体区域。

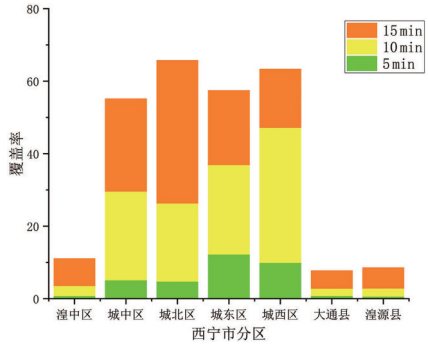
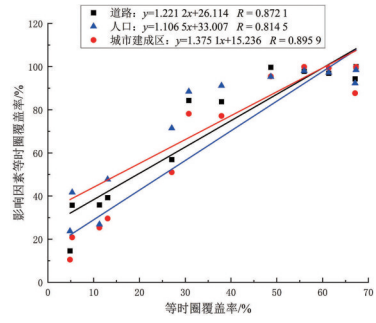
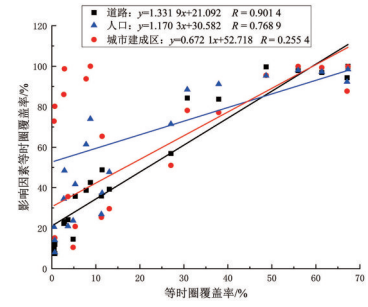


图3 西宁市各区县不同等时圈的覆盖率



a 西宁市区



b 西宁市

图4 医疗救护等时圈覆盖率与等时圈对区县内道路、人口以及城市建成区覆盖率的相关性分析

3.3 西宁市整体等时圈覆盖率与公平性

从整体来看，西宁市医疗救护5 min等时圈在中心城区有小部分重叠，其余区县基本上呈现独立辐射状分布。其中，中心城区5 min等时圈覆盖的范围相比于下属区县的覆盖范围小，这是受到城市中心区复杂交通状况的影响的结果；10 min等时圈覆盖范围相对于5 min等时圈覆盖范围明显增大，且在综合医院设置较密集处存在服务范围重叠情况，具有一定的连通性；15 min等时圈覆盖区域在中心城区与其余区县交界处也呈现叠加情况，覆盖范围明显增大。从定量角度来看，西宁市医疗救护5 min等时圈对整个西宁市的覆盖率为1.00 %，10 min等时圈的覆盖率为

4.72 %，15 min等时圈的覆盖率为12.08 %。中心城区除城北区郊区以及城中区南部部分地区外，15 min等时圈基本能完全覆盖；下属县区的15 min等时圈基本能覆盖其核心区。

为了衡量西宁市综合医院医疗救护服务的布局公平性水平，得到了各等时圈覆盖的人口数，并在此基础上计算了总体以及各区县对应的可达性基尼系数，详见表1。

表1　分区域可达性基尼系数

计算区域	可达性基尼系数
总体	0.381
城东区	0.338
城西区	0.395
城中区	0.304
城北区	0.421
湟中区	0.453
湟源县	0.323
大通县	0.432

结果显示：西宁市总体医疗救护的可达性基尼系数为0.381，属于相对公平的范围。城中区、城东区作为老城区，医疗建设水平较好。湟源县因为人口较为集中于城市建成区内，医院的15 min等时圈范围能够覆盖大部分人口，故而基尼系数较低。但湟中区、城北区和大通县的可达性基尼系数介于0.4~0.5，已经处于较不公平的评价范围内，这主要是由于湟中区面积较大，人口分布较为分散，而大型综合医院大多设立在较小的城市区域内，导致医院不能在有限时间内给分布广泛的民众提供医疗服务，基尼系数较高。城北区与大通县发展较为缓慢，医疗设施未能及时建设是致使可达性较不公平的主要原因。同时，城西区基尼系数值与临界值0.4仅相差0.05，空间布局公平性不容乐观，西宁市政府正在加紧城西区综合医院建设，未来城西区的医疗配置水平将得以改善，而湟中区等较不公平的县区，政府也应加强医疗资源倾斜，提高医疗水平。

4　结　语

本研究基于高德地图路径规划系统建立等时圈模型，分析西宁市综合医院医疗救护可达性。结果显示：中心城区（如城西区、城东区）可达性高，郊区（如城北区北部）和县区（如湟中区）可达性较低。5、10、15 min等时圈在中心城区的覆盖率分别为7.39%、33.12%和60.05%，整体平均覆盖率仅1.00%、4.72%和12.08%。路网与可达性相关性较强。建议加强城北区和城中区南部医疗资源建设，鼓励医院设分院，改善偏远地区交通，推进城镇化，引进民营资本，并在可达性差地区配置急救中心。研究未考虑路网动态变化和多级医疗设施，未来需多时段综合性探索。

参考文献

[1] 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

[2] 肖映辉,王泓茜,詹庆明. 居民生活圈视角下社区医疗步行可达性评价:以武汉市主城区为例[J]. 测绘地理信息,2023,48(6):121-126

[3] Hansen W G.How Accessibility Shapes Landuse[J]. Journal of the American Institute of Planners,1959,25(2):73-76

[4] 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,2009,28(6):848-854

[5] Ingram D R. The Concept of Accessibility:A Search for an Operational Form[J]. Regional Studies,1971,5(2):101-107

[6] 湛东升,谢春鑫,张文忠,等. 基于累计机会可达性的北京城市公共服务设施复合功能识别[J]. 地球信息科学学报,2020,22(6):1320-1329

[7] O'Sullivan D, Morrison A, Shearer J. Using Desktop GIS for the Investigation of Accessibility by Public Transport: An Isochrone Approach[J]. International Journal of Geo Graphical Information Systems,2000,14(1):85-104

[8] 何亚坤,艾廷华,禹文豪,等. 时线模型支持下的路网可达性分析[J]. 测绘学报,2014,43(11):1190-1196

[9] 艾廷华,雷英哲,谢鹏,等. 等时线模型支持下的深圳市综合医院空间可达性测度分析[J]. 地球信息科学学报,2020,22(1):113-121

[10] Neuburger H. User Benefit in the Evaluation of Transport and Land Use Plans[J]. Journal of Transport Economics& Policy,1971,5(1):52-75

[11] 尹海伟,孔繁花,宗跃光. 城市绿地可达性与公平性评价[J]. 生态学报,2008,27(7):3375-3383

[12] 何芹,杨世云. 基于等时圈模拟的西宁市城市空间扩展研究[C]//中国城市规划学会,成都市人民政府.面向高质量发展的空间治理:2020中国城市规划年会论文集(06城市交通规划),2020

[13] 杨潘丰,晏晓红,胡春春. 城市医疗设施可达性模型关键参数分析与评价[J]. 地理空间信息,2023,21(5):9-13

[14] 陈卓,金凤君. 北京市等时间交通圈的范围、形态与结构特征[J]. 地理科学进展,2016,35(3):389-398

[15] 祝开心,张凤焰,李余郁,等. 实时路况支持下的南京市消防救援覆盖率时空模式分析[J]. 地球信息科学学报,2021,23(12):2201-2214

[16] 赵颖波,王建伟,尹畅,等. 基于洛伦兹曲线和基尼系数的我国卫生资源配置公平性研究[J].中国医院,2018,22(2):22-25