

# 基于 GIS 的芜湖市医院空间布局及优化研究

李 刚

(合肥市测绘设计研究院有限公司,安徽 合肥 230000)

**摘 要:**以芜湖市为研究区域,以其二级及以上医院为研究对象,借助 ArcGIS 软件,利用两步移动搜寻法和 Voronoi 图法,分别从数和形 2 个方面对芜湖市医院的空间分布进行评价,并在此基础上,结合 GIS 相关工具和技术,对新建医院的选址进行优化。

**关键词:**芜湖市;医院空间布局;两步移动搜寻法;Voronoi 图法;GIS 软件;新建医院选址优化

中图分类号:TU984.14

文献标识码:A

doi:10.13681/j.cnki.cn41-1282/tv.2025.01.006

## 0 引言

近年来,随着国内经济社会的迅猛发展,城市化进程不断加快,人口流动与集聚现象日益显著。这一趋势在很大程度上凸显了公共资源配置的不合理,特别是公共服务设施领域(如教育、医疗及应急服务等方面)的空间布局,直接关系到民众的生活质量与社会的和谐稳定<sup>[1-3]</sup>。医院作为医疗服务体系的核心组成部分,其空间分布的合理性不仅影响医疗服务的可及性与公平性,还直接关系到公共健康安全与应急响应效率。一些学者对公共服务设施的空间布局进行研究。如汤放华等基于 POI 对益阳市公共服务设施的空间分布进行了研究<sup>[4]</sup>。徐欣等以武汉市中心城区为研究区域,从城市公园绿地数量、质量及可达性三个维度对公园绿地空间公平性水平进行了探究<sup>[5]</sup>。

芜湖市是安徽省辖地级市,地处长江三角洲西南部,是华东地区关键的工业、科教基地。该市拥有二十多家二级及以上医院,这些医院的空间分布是否合理,直接关系到医疗服务的可及性与公平性,以及公共健康安全与应急响应效率。笔者拟通过 GIS 软件,利用两步移动搜寻法和 Voronoi 图法,对芜湖市医院的空间分布进行分析评价,并结合 GIS 相关工具和技术,对医院选址进行优化,以期对芜湖市医疗卫生服务体系的完善提供理论参考。

## 1 研究方法和数据来源

### 1.1 芜湖市概况

芜湖,简称“芜”,又称江城,地处长江三角洲西南部,南临皖南山系,北临江淮平原,是华东地区关键的工业和科教基地。截至 2024 年,芜湖市下辖 5

个区、1 个县,代管 1 个县级市,分别为镜湖区、鸠江区、弋江区、湾沚区、繁昌区、南陵县、无为市,总面积为 6 009.02 km<sup>2</sup>,常住人口 375.6 万人。目前,全市有三级医院 7 所,二级医院 20 所(除去整形、产科等特殊专科医院)。从医院布局来看,镜湖区有三级医院 5 所,二级医院 4 所;弋江区有三级医院 2 所,二级医院 1 所;鸠江区有二级医院 6 所;无为市有二级医院 3 所;繁昌区有二级医院 2 所;湾沚区有二级医院 2 所;南陵县有二级医院 2 所。由此可见,芜湖市的高等级医院多分布于以镜湖区为代表的市中心一带,其他区县居民就医的便利程度和所能享受到的医疗质量受到限制。因此,有必要对芜湖市医院的空间分布进行优化。

### 1.2 数据来源

(1)医院数据。根据各医院的官方地址,参照百度地图进行矢量化后,再将从各医院官网中所得的床位数赋予到属性表中,得到芜湖市医院图层。

(2)街道人口数据。依据街道及乡镇的位置,参照百度地图进行矢量化。从芜湖统计信息网得到各街道和乡镇的人口数,将其输入到属性表中,得到芜湖市街道图层。

(3)交通数据。因芜湖目前的公共交通仅限于公交车,故依据各公交站点的位置,参照百度地图进行矢量化,得到芜湖市公交图层。

(4)DEM 数据。该数据来源于 ASTER GDEM 产品,是美国与日本携手推出的地球电子地形数据。依据研究的需要,从地理空间数据云中下载对应经纬度范围内的 DEM 数据。通过 DEM 数据,可以借助

收稿日期:2024-09-29

作者简介:李 刚(1993—),男,安徽阜阳人,工程师,硕士,主要从事建设工程勘察、设计等工作,研究方向为测绘工程、地理信息系统。

GIS 技术获得所需的坡度数据。

(5) 遥感影像数据。该数据来源于 Landsat 8 OLI\_TRIS 卫星数字产品。根据研究范围,从地理空间数据云中下载时相接近且云量较小的影像数据。通过 ENVI 对遥感数据进行分类操作,可获得所需的土地利用类型数据。

### 1.3 研究方法

#### 1.3.1 Voronoi 图法

(1)首先对离散点和形成的三角形进行编号,由此来记录每个三角形是由哪 3 个离散点构成的;

(2)记录与每个离散点相邻的所有三角形的编号;

(3)对与每个离散点相邻的三角形统一按照顺时针或逆时针方向排序;

(4)记录并计算每个三角形的外接圆圆心;

(5)连接每个离散点的相邻三角形的外接圆圆心,即得到泰森多边形。

#### 1.3.2 两步移动搜寻法

两步移动搜寻法由 RADKE J 等提出<sup>[6]</sup>,后被 LUO W 等改进<sup>[7-8]</sup>,是引力模型的一个特例。它先以供给点为中心,搜索其阈值范围内的需求点,计算供需比。然后,以需求点为中心,搜索阈值范围内的供给点,并将所有供给点的供需比相加,得到需求点的可达性。

## 2 芜湖市现有医院空间布局评价

### 2.1 基于 Voronoi 图法的评价

#### 2.1.1 划分服务范围

以芜湖市内 27 家二级及以上医院为基础点,结合 ArcGIS 创建泰森多边形,每个多边形面积相当于基于最近距离的各医院的服务范围,如图 1 所示。

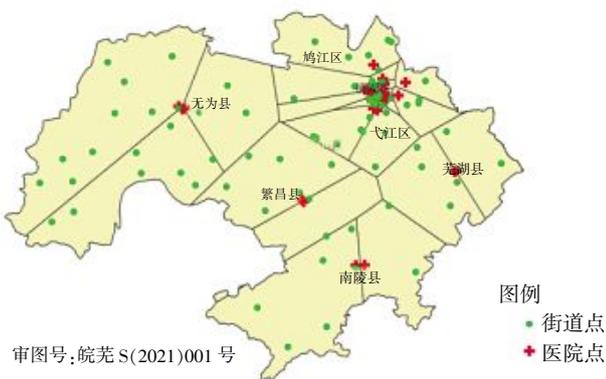


图 1 基于最近距离的芜湖市医院服务区划分图

Fig.1 Division of hospital service areas of Wuhu City based on the nearest distance

#### 2.1.2 数据处理及结果分析

对各个多边形内的街道或乡镇人口数据进行求和汇总,得到其可服务人口数量,多边形面积为服务

面积。计算出每个泰森多边形内的医院需求度,并按低、中、高各占三分之一的比例进行划分。同时,利用每个多边形内医院的床位数与多边形面积所代表的医院服务范围,计算出每个泰森多边形内医院服务的可供给度,并按低、中、高各占三分之一的比例进行划分,结果如图 2 所示。

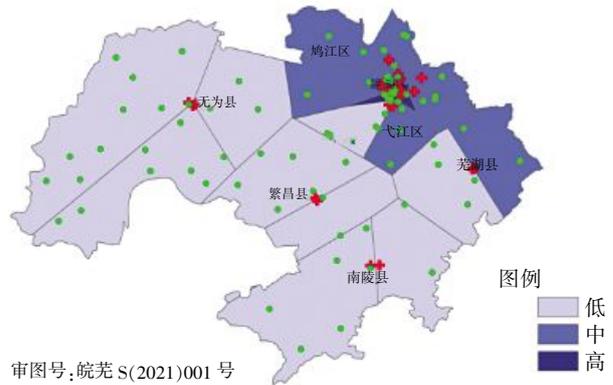


图 2 芜湖市医院供给分布图

Fig.2 Distribution of hospital supply of Wuhu City

由图 2 可以看出,芜湖市医院的需求强度和供给强度存在不对等性,在需求强度较高的区域,无法得到足够的医疗保障。此状况一方面说明了城市部分居民就医的不便捷性,基本的民生没有得到充足的保障;另一方面是这种不对等性会导致低供给高需求区域的居民就医时涌向高供给区域,一定程度上,会给高供给区域内的医院造成人员压力或服务质量下降等问题。

综上所述,芜湖市目前的医院布局存在供需不匹配的问题,有待完善医院分布格局。

### 2.2 基于两步移动搜寻法的评价

#### 2.2.1 两步移动搜寻法的具体实现

通过实际调查和总结,将 7 500 m 设为极限距离。

利用 ArcGIS 的 Point Distance 功能,提取距离在极限距离内的街道点和医院,并通过 Join 功能连接人口数据和医院床位数据。然后,以医院为中心汇总人口,计算各医院的千人床位数,如表 1 所示,再按街道或乡镇进行汇总,得到千人床位数,如表 2 所示。

#### 2.2.2 数据处理及结果分析

由表 2 可以看出:芜湖市 35 个街道和乡镇中有 14 个街道或乡镇的千人床位数小于等于 5 张;有 3 个街道或乡镇的千人床位数大于 5 张且小于等于 10 张;有 13 个街道或乡镇的千人床位数大于 10 张且小于 15 张;有 5 个街道或乡镇千人床位数超过 15 张。千人床位数小于 5 张或者超过 14 张的街道或乡镇共有 29 个,约占总街道或乡镇数的 82.86%。

表 1 各医院的千人床位数  
 Tab.1 Number of beds per thousand people for each hospital

医院	床位数/张	人口/人	千人床位数/张
繁昌县中医医院	151	130 228	1.159
弋江区医院	150	730 085	0.205
宣城地区医院院医二附院	1077	679 054	1.586
第三人民医院	200	679 054	0.294
芜湖市中医医院	1560	762 610	2.045
安徽中医药高专第二附属医院	88	667 273	0.131
芜湖市第二人民医院分院	500	313 873	1.593
芜湖手足外科医院	100	700 868	0.142
镜湖区医院	180	740 317	0.243
第四人民医院	1000	677 505	1.476
第五医院	661	673 543	0.981
第二人民医院	1910	730 085	2.616
妇幼保健医院	150	730 085	0.205
芜湖县医院	300	113 973	2.632
仁济骨科医院	150	397 240	0.378
卜家店医院	400	723 922	0.553
协和医院	100	702 670	0.142
南陵县中医医院	280	136 845	2.046
皖南医学院弋矶山医院	2100	702 670	2.989
第一人民医院	530	762 610	0.695
广济医院	500	772 842	0.647
芜湖县中医医院	94	113 973	0.825
南陵县医院	510	136 845	3.727
繁昌县人民医院	300	130 228	2.304
济民医院	300	310 206	0.967
无为市中医医院	216	267 647	0.807
无为市人民医院	420	310 206	1.354

这说明了街道或乡镇千人床位数差距大且趋于两极化,体现了芜湖市目前的医院分布网络存在不合理之处。另外,千人床位数小于 7 张的街道或乡镇有 16 个,这与《安徽省医疗卫生服务体系规划(2016—2020 年)》中制定的到 2020 年芜湖市千人床位数达到 7 张的目标仍有些差距。

千人床位数可反映现有医院服务的满足程度。芜湖市千人床位数较大的多位于相对靠近市区中心的区域,而较小的则多位于新城区或发展较晚的区域。这反映了芜湖市医疗机构配置的不完善。医疗机构配置的不完善,一方面对于缺乏医院的地区不公平,使那里的居民不能平等地享有医疗服务,同时也增加了现有医院的压力,使其无法保障良好的服务质量;另一方面对于医院分布相对密集的地区而言,其医疗服务能力不一定能得到充分的发挥,造成一

定程度的资源浪费。故需要对其目前的医院布局进行优化,使其服务更为均衡和合理。

### 3 芜湖市医院空间布局优化

采用多准则决策模型对芜湖市医院的空间布局进行优化。该模型可以综合考虑与现有医院的距离、街道点的距离、交通便捷程度以及土地利用类型的适宜性等多方面的选址影响因素,并按其影响程度赋予权重,形成评价模型。

#### 3.1 确定各影响因素的权重

多准则决策模型可以参考多条准则形成最终的单指标模型,但不同的因素对选址的影响不尽相同,因此要赋予其不同的权重,以说明各个要素对结果的影响程度以及重要程度。

经综合分析,选取了坡度、与街道点距离、与公交点距离、与现有医院距离和土地利用类型 5 个要

表 2 街道或乡镇千人床位数汇总

Tab.2 Summary of number of beds per thousand

people for each street or village or town

街道/乡镇	人口/人	千人床位数/张
白马街道	42 182	1.608
北京路街道	62 052	30.663
北门街道	42 459	14.954
东门街道	15 643	15.331
峨山镇	25 470	3.463
二坝镇	61 263	11.524
繁阳镇	104 758	3.463
福渡镇	42 499	3.128
高校园区管委会	3 214	1.608
官陡街道	60 415	15.316
赫店镇	42 559	2.321
火龙岗街道	34 798	1.608
吉和街街道	37 789	14.954
籍山镇	136 845	5.773
荆山街道	10 232	6.158
镜湖街道	35 979	14.954
利民路街道	18 755	14.954
漕港街道	38 036	10.146
马塘街道	21 904	11.680
南瑞街道	26 456	14.954
清水街道	41 452	1.860
十里墩乡	41 225	3.128
四褐山街道	19 727	1.736
天门山街道	21 328	14.939
汀棠街道	34 481	16.924
湾里街道	32 525	9.613
湾沚镇	113 973	3.457
万春街道	36 936	0.378
无城镇	183 923	3.128
弋矶山街道	77 735	16.547
弋江桥街道	21 529	14.811
裕溪口街道	6 399	1.593
赭麓街道	22 348	14.954
赭山街道	49 757	14.954
中山南路街道	20 104	14.954

素。以坡度和土地利用类型代表适宜建造程度,以距离街道点的远近代表服务人次规模,以距离公交站点的远近代表交通便利程度,以距现有医院的距离代表竞争强度。对各个要素进行打分,确定各个准则的权重,如表 3 所示。

3.2 优化方法

在分析现有医院布局的基础上,新医院选址应遵

表 3 各要素得分及权重

Tab.3 Scores and weights of each factor

要素	得分	所占权重
坡度 A	70	0.175 0
与街道点距离 B	115	0.287 5
与现有医院距离 C	15	0.037 5
与公交点距离 D	105	0.262 5
土地利用类型 E	95	0.237 5

循公平性、便捷性,以及满足居民的需求,同时使其服务具有更高效的原则。医院的服务对象是居民,与街道点的距离越近,越能满足更多居民的需要。本研究结合 GIS 工具,对到街道点的距离按远近进行重分类。同理,医院的服务效率可通过与公交站点距离近和与现有医院距离远两方面得以提高,所以需在计算出欧氏距离后,进行重新分类、重新赋值。然后,借助 ArcGIS 的 Raster Calculator 功能,将各因素的权重和重新分类后的数据进行叠加,得到最终的决策模型。

3.3 优化选址

对从地理空间数据云中下载的资料进行拼接裁剪,获得芜湖市地面高程数据。应用 ArcGIS 中的表面分析工具从 DEM 数据中提取坡度数据,并把坡度平均分为 10 级,平坦的地方赋予较大的值,陡峭的地区赋予较小的值,如此对坡度数据进行重分类,结果如图 3 所示。

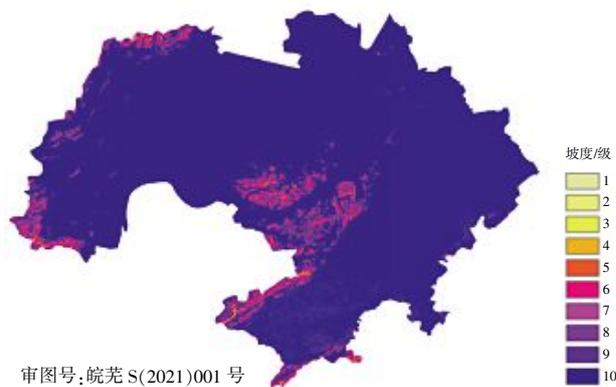
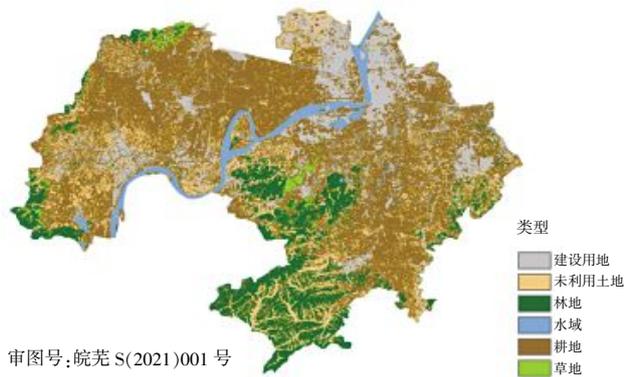


图 3 芜湖市地形坡度分布图

Fig.3 Distribution of terrain slope of Wuhu City

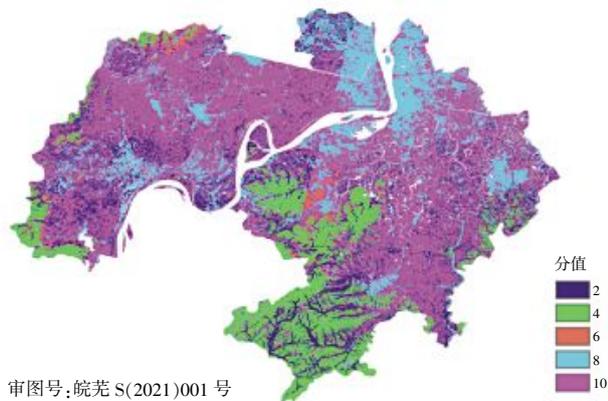
对于遥感影像数据,先将三景影像进行拼接,并用研究区域边界的矢量文件对其进行裁剪,再在 ENVI 里创建感兴趣区,对图像分类,得到土地利用类型数据后,加载到 ArcGIS 中,结果如图 4 所示。然后,对土地利用数据进行重分类。不同的土地利用类型会对医院的选址产生一定的影响,如水域不适合建造医院,则在重分类时删除这项。按照建造医院的适宜程度,对其余的土地利用数据赋予适当的属性

值,结果如图5所示。



审图号:皖芜S(2021)001号

图4 芜湖市土地利用类型图  
Fig.4 Land use type of Wuhu City



审图号:皖芜S(2021)001号

图5 芜湖市土地利用类型适宜图  
Fig.5 Suitable land use type of Wuhu City

借助 ArcToolbox 中的欧氏距离功能,从街道点分布数据中获得街道点距离数据,生成街道点的欧氏距离数据。考虑新建医院距离街道点越近越好,故按照距离远近,等间距分为 10 类,依次赋值 10~1,得到重分类街道点欧氏距离数据,结果如图 6 所示。



图6 芜湖市街道点欧氏距离图  
Fig.6 Euclidean distance of street points of Wuhu City

借助 ArcToolbox 中的欧氏距离功能,从现有的医院分布数据中得到现有医院欧氏距离数据。在此基础上进行重分类。考虑到新医院离现有医院比较远是比较好的,所以将现有医院欧氏距离数据平均分为 10 类,由远及近分别赋值 10~1,得到重分类医院欧氏距离数据,结果如图 7 所示。



图7 芜湖市现有医院欧氏距离图  
Fig.7 Euclidean distance of existing hospitals of Wuhu City

借助 ArcToolbox 中的欧氏距离功能,提取得到公交站点欧氏距离数据,再进行重分类操作。考虑新建医院距离公交站点越近越好,根据距离远近,将公交站点欧氏距离数据平均分为 10 类,依次赋值 1~10,得到公交站点重分类欧氏距离数据,结果如图 8 所示。



图8 芜湖市公交站点欧氏距离图  
Fig.8 Euclidean distance of bus stops of Wuhu City

利用栅格计算器,结合相应的权重,得到芜湖市医院选址适宜性图,并对其进行分类(分为 10 类,等级为 10 的区域为最佳新建医院地址),结果如图 9 和图 10 所示。图 10 中的黄色区域为本研究选出的最佳地址。

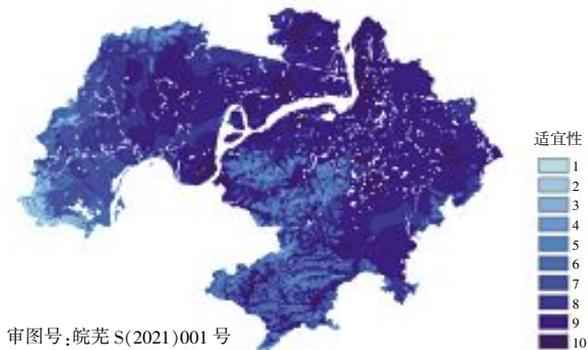


图 9 芜湖市医院选址适宜性图

Fig.9 Hospital location suitability of Wuhu City

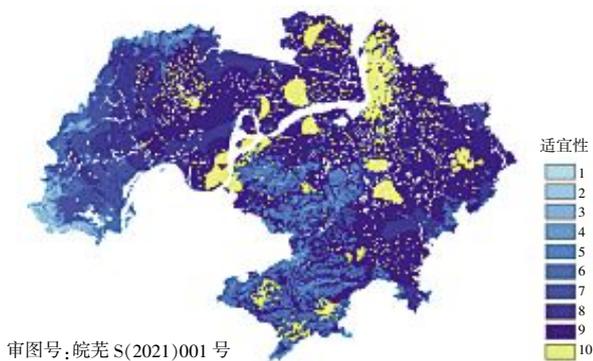


图 10 芜湖市医院优化选址图

Fig.10 Optimized hospital location of Wuhu City

#### 4 结语

综上所述,芜湖市地处长江三角洲,是国务院批准的南京和合肥都市圈成员城市,是重要的工业基地,是中国科学教育基地和全国综合交通枢纽,经济正在全面快速发展,导致城市人口日益增加。劳动力的增多促进了周边区县的发展。但是,芜湖市现有医院主要集中在中心城区,周边区县的医疗资源相对匮乏,医疗资源供需不平衡将会阻碍城市的进一步

发展。

本文采用多准则决策模型对芜湖市医院的空间布局进行优化,认为鸠江区西部、弋江区的部分区域、无为市中西部、繁昌西部、南陵县东北部以及湾沚区中西部最适合新建医院。该优化结果与之前的分析评价结果基本相吻合。

#### 参考文献:

[1] 李亚洲,张佶,毕瑜菲,等.“人口—设施”精准匹配下的公共服务设施配置策略[J].规划师,2022,38(6):64-69.

[2] 王琦,黎蕾.PPP 模式助力公共服务供给高质量发展[J].中国财政,2022(13):63-64.

[3] 李伟丽.新时代韧性城市公共服务设施规划研究[J].《规划师》论丛,2022(00):45-51.

[4] 汤放华,莫文波,张曦,等.基于 POI 数据的公共服务设施空间分布研究[J].城市建筑,2017(27):35-39.

[5] 徐欣,胡静,贾焱焱,等.武汉市多维度城市公园绿地空间公平性分析[J].地理科学,2021,41(12):2138-2148.

[6] 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.

[7] LUO W,WANG F H.Measures of spatial accessibility to healthcare in a GIS environment;Synthesis and a case study in Chicago Region [J].Environment and Planning.B,Planning & Design,2003,30(6):865-884.

[8] LUO W,WANG F H.Spatial accessibility to primary care and physician shortage area designation:A case study in illinois with GIS approaches [M]//KHAN O A,SKINNER R. Geographic Information Systems and Health Applications.Hershey,Pennsylvania:IGI Group Scientific Publishing,2003:261-279.

[责任编辑 荆旭春]

### Research on Spatial Distribution and Optimization of Hospitals in Wuhu City Based on GIS

LI Gang

(Hefei Institute of Surveying, Mapping and Design Co., Ltd., Hefei 230000, Anhui, China)

**Abstract:** Making Wuhu City as the research area and its hospitals of secondary level and above as the research objects, by means of ArcGIS and using the two-step mobile research method and Voronoi diagram method, it assesses the spatial distribution of hospitals in Wuhu City from both quantitative and qualitative aspects. On this basis, in combination with relevant GIS tools and technologies, the site selection for new hospitals is optimized.

**Key Words:** Wuhu City; hospital spatial distribution; two-step mobile research method; Voronoi diagram method; GIS software; optimization of site selection for new hospital