

地理信息系统在养老资源配置优化中应用的研究进展

张智霖,汪秋伊,许嘉乐,周兰姝

(海军军医大学 护理学院,上海 200433)

地理信息系统(Geographic Information Systems, GIS)是一种集成地理学、地图学、遥感与计算机科学的信息系统,主要用于采集、存储、处理、分析和可视化地理空间数据^[1]。GIS能够揭示资源与人口的空间分布格局、量化服务可达性、评估资源配置公平性,并支持选址优化与路径规划,从而为公共资源配置提供科学的决策依据^[2]。目前,GIS已广泛应用于城市规划、疾病防控、应急管理等领域。随着我国老龄化程度加深,人口老龄化的空间非均衡性特征愈发显著,养老资源配置的区域差异与供需矛盾加剧^[3-4],而传统统计方法难以揭示其空间异质性根源。如何从空间的视角出发,优化养老资源配置以平衡供需关系,保证有限养老资源在老年人中的公平性和可及性,仍为当前尚待解决的难题^[5]。GIS凭借其强大的空间分析优势,成为养老资源配置研究的有效工具,为其精准分析现状、提出科学规划与优化策略提供了支持,推动该领域从经验判断向数据驱动、空间导向的循证决策转型^[6]。基于此,本文旨在系统综述GIS在养老资源配置优化中的应用研究进展,明确其方法体系、应用场景与发展趋势,为相关研究与实践提供参考。

1 GIS概述

1.1 GIS的概念 GIS是一个对地理空间数据进行收集、存储、处理、显示、传播与应用的计算机系统,该系统融合了地理学、地图学、遥感技术和计算机科学等多学科知识^[1],由硬件、软件、空间数据、模型和用户五大基本要素组成^[7],可以用于整合多源时空数据、揭示空间格局、模拟空间过程并支持空间决策。

1.2 GIS在资源配置研究的主要应用 在资源配置研究中,GIS主要应用评价资源的空间可达性和资源的空间公平性。

空间可达性是指从一地到另一地的难易程度^[8],主要用最短路径时间/距离、服务覆盖率、空间可达性指数和服务潜力等指标进行评价。在养老资

源配置方面,研究者运用GIS的网络分析、缓冲区分析及两步移动搜索法等方法,可以精确计算老年人到达养老设施的实际通行成本,评估服务覆盖的完整性,从而系统识别出服务盲区或覆盖薄弱的区域。

空间公平性是指群众具有平等的机会享有同等分配的公共资源^[4],主要用资源分配均衡度、区域差异构成以及资源-人口空间匹配度等指标进行评价。在养老资源配置方面,研究者借助GIS的空间统计分析功能,能够量化评估养老床位等关键资源在区域间配置的不均衡度,并分解差异主要来源,有助于系统揭示资源配置的空间失衡格局与深层矛盾,从而为优化资源布局、制订促进公平的区域协调政策提供关键量化依据^[4]。

1.3 GIS在资源配置研究的主要评价指标 基于上述应用方向,资源配置研究主要围绕空间可达性与公平性,采用一系列可量化的评价指标及对应的GIS分析方法,从而为识别服务短板、评估布局合理性与优化资源配置提供关键数据支持和空间决策依据。以养老资源配置为例,各评价指标的内涵、常用分析方法及应用举例如表1所示。

1.4 GIS在资源配置研究中的基本流程 当前GIS在资源配置研究中的应用已形成一套相对成熟的“数据-评价-优化-决策”空间分析流程,即以多源数据构建地理空间数据库为基础;运用可达性与公平性等评价指标与方法(如表1所列)对资源配置现状进行空间分析;并结合智能优化算法模拟生成多个布局优化方案,构成候选方案集;随后通过情景比选确定推荐方案;最终基于GIS生成资源优化配置方案图,为养老服务的空间规划与管理提供定量化、可视化的决策依据。运用GIS进行资源配置优化研究的基本流程如图1所示。

2 GIS在养老资源配置优化中的研究现状

当前,GIS在养老资源配置中展现出良好的应用价值。基于服务递送的空间载体与形式,养老资源主要分为居家、社区与机构3类^[15]。本文以这3类养老资源为例,系统梳理GIS在其配置中的应用现状,分析如何借助GIS技术评价其空间配置状况,为识别服务短板、评估布局合理性及优化资源配置提供科学的决策依据。

【收稿日期】 2025-06-03 【修回日期】 2026-01-20
【基金项目】 国家社会科学基金青年项目(24CRK009);
老年长期照护教育部重点实验室(海军军医大学)
【作者简介】 张智霖,硕士在读,电话:021-81871511
【通信作者】 周兰姝,电话:021-81871511

2.1 GIS在居家养老资源配置中的研究 GIS在居家养老资源配置中的研究,呈现出从“空间格局描述”到“服务效能量化”,再到“调度过程优化”的研究

深化路径。因此,本部分将从以上三方面对其分类阐述。

表1 养老资源配置研究的主要评价指标、内涵与GIS分析方法

应用目的	评价指标	指标内涵	分析方法及举例
空间可达性	最短路径时间/距离	从需求点到最近服务设施的实际通行时间或欧氏距离的度量值。	主要用网络分析,计算从老年人口聚居区到养老设施的最短实际通行时间或距离,反映获取服务的基本成本 ^[9] 。
	服务覆盖率	在特定空间阈值内,能够获得服务的人口或区域所占的比例。	主要用缓冲区分析,通过划定服务半径来统计养老设施覆盖的老年人口比例 ^[10] 。
	空间可达性指数	综合了供给能力、需求规模和距离衰减效应的复合型可达性评价价值。	主要用两步移动搜索法,分别以设施点和需求点为中心搜索,计算加权可达性值,常用于评估社区养老设施的覆盖均衡性 ^[11] 。
	多设施服务潜力	一个地点能从所有服务设施获得的、随距离衰减的累积服务机会总量。	主要用潜能模型,计算所有设施对某需求点的服务潜力(随距离衰减),并求和得到综合潜力值,适用于区域尺度机构养老资源的评估 ^[11] 。
空间公平性	资源分布均衡度	资源在不同区域或人群间分配均匀程度的整体统计度量。	主要用基尼系数、洛伦兹曲线,从整体上衡量资源(如床位、机构)分布的均衡程度 ^[12] 。
	区域差异构成	总体资源分布差异中,来源于区域间和区域内部差异的占比分解。	主要用泰尔指数,利用其可分解性,量化区域内与区域间差异的贡献度,常用于分析区域间或城乡间的养老资源公平性格局 ^[13] 。
	资源-人口空间匹配度	资源地理分布与人口地理分布在空间上的吻合或关联程度。	主要用叠置分析或空间自相关分析,将资源分布图与人口密度图空间叠置比较或计算相关系数,识别供需错位区域 ^[14] 。

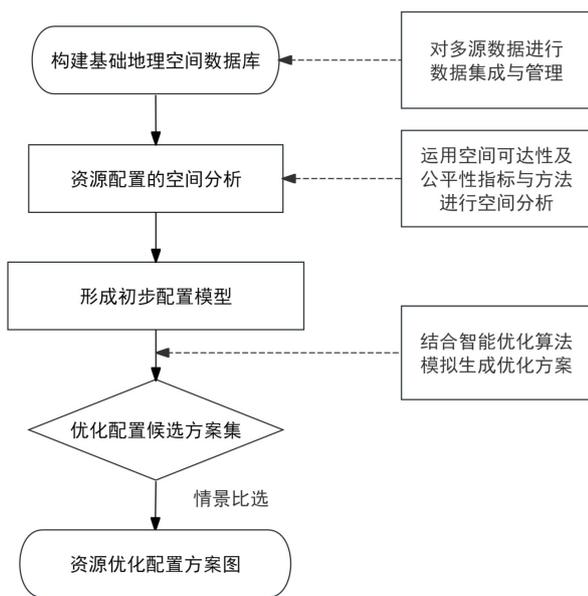


图1 GIS资源配置基本流程图

2.1.1 空间格局描述 主要用于实现服务资源与需求人口分布的可视化对比,通过识别资源配置的宏观格局与潜在失衡区域,为后续精准诊断与干预提供初步的空间认知依据。在居家养老服务场景中,服务资源主要指提供上门服务的护理人员及其依托的护理站^[16]。如 Naruse 等^[17]对日本家庭护理站空间分布的研究,通过将各市护理站点与老年人口普查面域数据进行GIS叠置分析,直观呈现了护理站与潜在需求在空间上的错配格局。该研究揭示了“资源分布不均衡”的宏观空间特征,为优

化区域设施布局提供了直接的视觉证据与初步定位依据。

2.1.2 服务效能量化 主要通过构建空间可达性指数来精确测量“服务难易程度”,为识别服务短板、评估区域差异提供客观数据基础。如 Ohashi 等^[18]对日本北海道地区居家护理服务可及性的评估,采用两步移动搜索法,分别以护理站和居民点为中心进行双向搜索与加权计算,得到了各居民点的服务可达性综合得分。该研究系统量化了区域内不同市町村的服务水平梯度,并精准识别出得分极低的“服务匮乏区”,为决策者制订资源投放的优先次序清单提供了关键定量依据。

2.1.3 调度过程优化 主要用于提升人力资源的调度效率与服务响应能力,实现从静态资源评估到动态运营管理的转变。如 Lind 等^[19]在美国退伍军人居家护理服务路径优化的实践中,通过结合GIS网络分析与车辆路径规划模型,在真实道路网络中以最小化总通勤时间为目标,为护理人员计算出最优每日巡访顺序与路线。结果显示,该系统能够有效降低护理人员的非服务性通勤时间,为管理者提供了提升服务覆盖率与人员工作效率的精细化调度方案与决策支持。

2.2 GIS在社区养老资源配置中的研究 GIS在社区养老资源配置中的研究,遵循从“服务范围精准刻画”到“多准则科学选址”的深化路径。因此,本部分将从以上两方面对其分类阐述。

2.2.1 服务范围精准刻画 主要通过精细化空间可

达性模型,量化评估资源覆盖的有效性与均衡性。与简单几何缓冲区相比,这类精细化模型能更真实地反映出行约束下的实际服务供给水平,旨在评估如日间照料中心、社区养老服务站及助餐点等实体设施的空间服务效能^[20]。如黄晓然等^[21]对上海市养老助餐设施可达性的研究,采用高斯两步移动搜索法,以各助餐点为中心,在不同步行时间阈值的生活圈内计算供需匹配关系,得到各居住小区的空间可达性指数。结果发现,设施服务能力呈现从中心城区向边缘递减的梯度差异,并成功识别出服务覆盖不足的具体居住小区,为优化助餐网络布局提供了精准的空间靶向依据。

2.2.2 多准则科学选址 主要通过集成多源空间数据与决策模型,综合评估土地、人口、交通、环境等多重因素,为新建设施选址提供系统化、可量化的规划支持^[22]。如李斌等^[23]对康复类社区养老设施选址的研究,通过GIS集成人口分布、土地利用、交通可达性及现有设施等多维度数据,运用多准则决策分析(multi-criteria decision analysis, MCDA)与加权叠置分析方法,对上海市某街道进行了选址适宜性综合评价。该研究生成的空间适宜性地图,直观识别出优先建设区域,为设施选址从经验判断转向数据驱动的科学决策提供了系统的技术方法与可视化工具。

2.3 GIS在机构养老资源配置中的研究 GIS在机构养老资源配置中的研究,呈现出从“宏观供需诊断”到“公平性格局评估”,再到“主动规划仿真”的研究深化路径^[24]。因此,本部分将从以上三方面对其分类阐述。

2.3.1 宏观供需诊断 主要通过构建融入供给属性(如床位数)的空间可达性模型,量化区域内部养老资源与老年人口需求的实际匹配错位程度,为识别结构性缺口与引导资源投放提供依据。如马丽亚等^[25]对长春市养老机构床位空间匹配的研究,采用高斯两步移动搜索法,以各机构实际床位数为供给指标,借助GIS计算各街道老年人获取床位的综合可达性指数。该项研究量化了服务能力北部高、南部低的空间梯度,揭示了新区与边缘区域的“服务洼地”,为制订差异化的床位规划提供了空间量化依据。

2.3.2 公平性格局评估 主要利用GIS空间统计分析工具,测度资源配置在区域、城乡等维度上的分布均衡性,以揭示公平性格局及成因,为促进资源协调配置提供实证基础。如Yu等^[12]对中国机构养老资源空间公平性的评估,利用GIS整合全国各省机构、床位、专业人员等多维数据,运用基尼系数和洛伦兹

曲线进行评估。结果表明,资源配置的总体不公平主要源于东、中、西部之间的区域差异,且基于老年人口与地理区位的分析结果存在显著不同,提示未来需统筹多方因素以实现公平与效率的均衡。

2.3.3 主动规划仿真 主要通过耦合智能优化算法与GIS平台,构建并求解空间优化模型,生成资源配置优化方案,推动研究从“问题诊断”向“方案生成”的转变。如Cheng等^[9]对上海市静安区养老机构空间配置的优化研究,将改进免疫算法(modified immune algorithm, MIA)与GIS深度集成,以公平与效率最大化为目标,模拟生成新增机构的最优选址方案集。该研究通过空间可视化呈现了不同情景下的优化布局,为区域床位发展规划的编制提供了可操作、可验证的量化决策支持工具,实现了从静态分析到动态仿真的跨越。

3 未来趋势与展望

随着养老服务需求日趋多元与复杂,GIS在该领域的应用研究正不断深化与拓展。未来研究将致力于突破数据、模型与视角的局限,推动资源配置向更精准、智能与系统的方向发展。

3.1 从粗放统计到多源数据的深度融合 未来研究需超越传统的人口与设施统计数据,构建融合街道/乡镇层级的老年人口健康档案、失能等级等多源信息的地理数据库;同时,护理研究者应积极推动数据标准化,实现认知功能、慢性病管理等专业护理指标的空间化关联。在此基础上建立的多源信息平台,可为精准识别高风险老年人群集聚区、预测差异化养老服务需求提供坚实的数据支撑。

3.2 从静态假设到动态仿真场景嵌入 为更真实地反映复杂服务场景,空间分析模型应向动态化、智能化演进。未来可开发融合护理学知识的动态仿真模型,将分级护理标准、服务时长、人员配置等要素嵌入多智能体系统或离散事件仿真中,模拟不同策略下护理人员负荷、服务响应与老年人满意度的动态变化,从而为优化人员排班、划定服务半径等运营决策提供循证依据。

3.3 从设施本位到“人力-服务-环境”协同优化 未来的资源配置研究需超越对“设施”布局的单一关注,转向“人力-服务-环境”多维协同的系统优化。一方面,应深入分析护理人力资源的空间分布、流动趋势及其与老年人口需求的匹配度,运用GIS评估区域护理人员配置密度与服务压力,为科学规划人才培养与岗位设置提供空间指引;另一方面,需将社区步行友好性、公共空间无障碍水平、社交环境等“养老服务环境”要素纳入评估体系,从“环境-行为”交互视角,探索通过空间干预促进老年人社会参与、提

升生活质量的新路径。

3.4 从学术分析到护理决策支持系统闭环 为使GIS真正赋能护理实践,未来需推动其从学术分析工具向护理决策支持系统的转化。护理决策者应倡导并参与开发集成护理知识图谱的仿真实验平台,可视化呈现区域护理资源短板、模拟政策干预效果,并支持基于实时数据的应急调度。通过将空间思维与护理专业知识深度融合,护理工作者有望从服务的执行者转变为资源规划的参与者和证据倡导者,从而系统性提升养老服务的可及性、公平性与整体效能。

4 小结

GIS通过其独特的空间分析能力,为养老资源配置研究提供了从宏观布局到微观匹配的定量化决策策略,深刻呼应了“健康老龄化”的国家战略。本文系统梳理了GIS在该领域的方法学框架及其在居家、社区、机构3类养老模式中的具体应用,并根据所存问题提出相应建议。期望在国家及政府的支持与引导下,未来能加强护理学与地理信息科学等多学科的协作,利用GIS等工具实现资源配置的精细化、智能化与人性化,进一步提升整体照护质量并促进健康老龄化。

【关键词】 地理信息系统;养老资源;配置优化

DOI:10.3969/j.issn.2097-1826.2026.02.006

【中图分类号】 R47;R823 【文献标识码】 A

【文章编号】 2097-1826(2026)02-0024-04

【参考文献】

- [1] 王家耀.关于地理信息系统未来发展的思考[J].武汉大学学报:信息科学版,2022,47(10):1535-1545.
- [2] 杨洁,庞震苗,徐庆锋,等.基于集聚度和地理信息系统研究广东省中医药卫生资源公平性[J].实用医学杂志,2022,38(2):222-227.
- [3] 黄佳豪,张敏.养老资源配置与区域经济发展耦合协调研究[J].华东经济管理,2023,37(8):102-109.
- [4] 陈星安,肖艳阳.社区生活圈视角下养老设施布局公平性研究[J].工业建筑,2021,51(9):65-74.
- [5] WANG X, LIU Z. Navigating aged care services with GIS: trends, developments, and future directions[J/OL]. [2025-05-01]. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12877-024-04799-4>. DOI:10.1186/s12877-024-04799-4.
- [6] LIU X, CHEN M, CLARAMUNT C, et al. Geographic information science in the era of geospatial big data: a cyberspace perspective[J/OL]. [2025-05-01]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666675822000753?via%3Dihub>. DOI: 10.1016/j.xinn.2022.100279.
- [7] 吴风华,杨久东,王政,等.地理信息系统基础[M].武汉:武汉大

学出版社,2014:5-7.

- [8] LIU M, LUO S, DU X. Exploring equity in healthcare services: spatial accessibility changes during subway expansion[J/OL]. [2025-05-01]. <https://www.mdpi.com/2220-9964/10/7/439>. DOI:10.3390/ijgi10070439.
- [9] CHENG M, CUI X. Spatial optimization of residential care facility configuration based on the integration of modified Immune algorithm and GIS: a case study of Jing'an district in Shanghai, China[J/OL]. [2025-05-01]. <https://www.mdpi.com/1660-4601/17/21/8090>. DOI:10.3390/ijerph17218090.
- [10] 陈洁,姚申君,吴健平,等.上海市养老机构空间分布研究[J].华东师范大学学报:自然科学版,2018(3):157-169.
- [11] 高巍,欧阳玉歆,赵玫,等.公共服务设施可达性度量方法研究综述[J].北京大学学报:自然科学版,2023,59(2):344-354.
- [12] YU Q, ZHANG T, JIANG L, et al. Equity analysis of older adult resource allocation in China[J/OL]. [2025-05-01]. <https://www.frontiersin.org/journals/public-health/articles/10.3389/fpubh.2024.1411054/full>. DOI:10.3389/fpubh.2024.1411054.
- [13] 朱斌,毛瑛,何荣鑫,等.中国卫生人力资源配置公平性测量方法及应用综述[J].中国卫生事业管理,2022,39(1):10-16.
- [14] 兰艺曼,廖勇,王馨,等.基于GIS的养老机构选址研究[J].智慧城市,2023,9(2):76-79.
- [15] 纪克堯.我国养老服务资源配置机制研究[J].社会建设,2024(1):24-41.
- [16] 曲绍旭.府际关系视角下城市居家养老服务资源配置的类型分析及转化策略[J].内蒙古社会科学:汉文版,2019,40(5):170-177.
- [17] NARUSE T, MATSUMOTO H, FUJISAKI-SAKAI M, et al. Measurement of special access to home visit nursing services among Japanese disabled elderly people: using GIS and claim data[J/OL]. [2025-05-01]. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12913-017-2322-0>. DOI:10.1186/s12913-017-2322-0.
- [18] OHASHI K, SATO M, FUJIWARA K, et al. Spatial accessibility of home visiting nursing: an exploratory ecological study[J/OL]. [2025-05-01]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/hsr2.70078>. DOI:10.1002/hsr2.70078.
- [19] LIND J D, FICKEL J, COTNER B A, et al. Implementing geographic information systems (GIS) into VHA home based primary care[J]. Geriatr Nurs, 2020, 41(3):282-289.
- [20] 陈美静.基于社区生活圈理念的社区养老服务设施空间配置评价研究[D].西安:西安建筑科技大学,2023.
- [21] 黄晓然,公丕欣,张勃.上海市养老助餐设施匹配以及空间分布研究[J].西部人居环境学刊,2023,38(2):30-37.
- [22] 唐密,杨燕,胡善联,等.多准则决策分析应用于卫生决策的理论基础与进展[J].中国卫生资源,2020(4):326-331.
- [23] 李斌,李雪,王依明.康复类社区综合养老设施布局选址研究[J].建筑学报,2019(2):44-49.
- [24] 汪斌,武继磊,高云霞.养老机构床位空位置分布影响因素的空间分析:以北京市为例[J].人口与发展,2022,28(4):118-128.
- [25] 马丽亚,修春亮.基于可达性分析的机构养老设施空间配置研究——以长春市为例[J].老龄科学研究,2018,6(5):62-71.

(本文编辑:郁晓路)