

城市校外科学教育资源配置的空间格局及驱动因素

韩勇

北京善思加科技有限公司, 北京 100102

DOI: 10.61369/ETR.2026050002

摘要：校外科学教育资源是学校科学教育的重要补充，在弥补学校科学教育短板、提升青少年科学素养方面发挥着重要作用，其空间配置合理性直接影响教育公平与城市教育高质量发展进程。故而，文章基于 GIS 空间分析与计量经济学方法，以中国东部典型大城市 N 市为案例，系统解析校外科学教育资源（科技馆、博物馆、科普基地、研学机构等）的空间分布格局特征，探究资源配置的核心驱动因素，旨在为优化城市校外科学教育资源空间布局、促进教育公平，实现城市科学教育提质增效提供理论参考与实践路径。

关键词：校外科学教育资源；空间格局；驱动因素；GIS 空间分析；城市教育

Spatial Pattern and Driving Factors of the Allocation of Urban Outdoor Science Education Resources

Han Yong

Beijing Shansi Technology Co., Ltd., Beijing 100102

Abstract：Outdoor science education resources are an important supplement to school science education, playing a crucial role in making up for the shortcomings of school science education and improving young people's scientific literacy. The rationality of their spatial allocation directly affects educational equity and the process of high-quality development of urban education. Therefore, based on GIS spatial analysis and econometric methods, this paper takes City N, a typical large city in eastern China, as a case study. It systematically analyzes the characteristics of the spatial distribution pattern of outdoor science education resources (such as science and technology museums, museums, science popularization bases, and study-tour institutions) and explores the core driving factors of resource allocation. The research aims to provide theoretical references and practical paths for optimizing the spatial layout of urban outdoor science education resources, promoting educational equity, and realizing the quality improvement and efficiency enhancement of urban science education.

Keywords：outdoor science education resources; spatial pattern; driving factors; GIS spatial analysis; urban education

引言

随着我国城市化水平的不断提高，城市内部的公共资源配置，尤其是科学教育资源的可及性、普惠性问题日益成为各界关注焦点。当前，城市内部科学教育资源的空间格局及其驱动机制的系统化研究既是涉及城市规划与教育公平的关键议题，也是推动城市科学教育高质量发展的内在要求^[1]。

为揭示城市内部校外科学教育资源的空间演化规律与驱动机制，本研究以中国东部典型大城市 N 市为典型案例，综合运用 GIS 空间分析技术与计量经济学模型，深入探讨校外科学教育资源在空间上的分布特征及其形成机理。N 市经历了长期的城市空间结构演化，将其作为观察与检验资源配置规律的研究对象，具有数据记录详实、高度市场化的优势。文章以其为研究对象，选取民办科技体验馆、研学实践教育基地（科技类）、国家级/省级科普教育基地、科学博物馆、科技馆等作为校外科学教育资源的典型代表，通过空间自相关分析、核密度估计等方法，研究城市校外科学教育资源配置的空间格局及驱动因素，能够为城市科技教育高质量发展提供理论遵循与实践路径^[2]。

一、研究设计

（一）研究区域

选取中国东部沿海副省级城市 N 市作为研究区域，该市下

辖6个市辖区、2个县、1个县级市，2023年末常住人口已经达到949.9万人，城镇化率高达78.3%，经济发达且文化底蕴深厚。作为区域中心城市，N市有民办科技体验馆56家、科技类研学基地28个、科技馆3座、省级科普教育基地45个、国家级科普教育基

地12个,其科技教育资源类型丰富、总量充足,满足研究需求,其研究结果具有较高的代表性和借鉴价值^[3-4]。

(二) 数据来源与处理

本文所用数据主要包括校外科学教育资源数据、城市社会经济数据、地理空间数据三类,数据处理过程如下:

(1) 校外科学教育资源数据:筛选出有效研究样本144个,通过官方网站、行业报告及实地调研等方式获取数据。

(2) 城市社会经济数据:选取2025年《N市教育事业发展规划2023》《N市统计年鉴2024》作为数据来源,根据人口规模、经济发展水平、教育投入等多项指标进行数据获取与整理。

(3) 地理空间数据:通过自然资源部地理信息公共服务平台、高德地图开放平台、N市教育局官网等渠道获取地理空间数据。

(4) 数据预处理:运用ArcGIS 10.8软件对资源点的相关数据进行整理与分析,生成资源空间分布密度图。

(三) 研究方法

1. 核密度估计法

在本研究中,采用核密度估计法对N市校外科学教育资源进行空间密度分析,其计算公式为:

$$f_n(x) = \frac{1}{nh^d} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right) \quad (式1)$$

式1中, $f_n(x)$ 为 x 点的核密度估计值; n 为资源点总数; h 为带宽; d 为空间维度; $K(\cdot)$ 为核函数; $x-x_i$ 为样本点 x_i 与估计点 x 的空间距离。

核密度值越高,表明该区域校外科学教育资源的集聚程度越高,不同区域的核密度值,可以直观地反映出N市校外科学教育资源在空间分布上的密度差异。

2. 空间自相关分析

空间自相关分析用于衡量N市校外科学教育资源在空间上的分布是否存在集聚性或离散性特征。

(1) 全局莫兰指数(Global Moran's I):用于判断整个研究区域内校外科学教育资源空间分布的集聚程度,其计算公式为:

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_i - \bar{x})^2} \quad (式2)$$

式2中, n 为区县数量; x_i 、 x_j 分别为区县 i 、 j 的资源密度值; \bar{x} 为资源密度平均值; w_{ij} 为空间权重矩阵(本文采用邻接权重矩阵,区县 i 与 j 相邻时 $w_{ij}=1$, 否则为0)。

(2) 局部莫兰指数(Local Moran's I):用于识别研究区域内不同区县校外科学教育资源空间分布的局部集聚特征,其计算公式为:

$$I_i = \frac{(x_i - \bar{x}) \sum_{j=1}^n w_{ij} (x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (式3)$$

式3中,各参数含义与全局莫兰指数一致。

3. 地理加权回归模型

本研究采用地理加权回归模型分析校外科学教育资源空间配置的驱动因素;通过计算局部莫兰指数,可以明确哪些区县存在

高值集聚或低值集聚,为针对性政策制定提供科学依据^[5-6]。其计算公式为:

$$y_i = \beta_0(u_i, v_i) + \sum_{k=1}^m \beta_k(u_i, v_i) x_{ik} + \varepsilon_i$$

其中, y_i 为区县 i 的校外科学教育资源密度; $\beta_0(u_i, v_i)$ 为区县 i 的空间位置对应的截距项; $\beta_k(u_i, v_i)$ 为区县 i 第 k 个驱动因素的回归系数; x_{ik} 为区县 i 第 k 个驱动因素的标准值; ε_i 为随机误差项。

二、城市校外科学教育资源空间格局特征与驱动因素

(一) 整体空间格局:核心集聚、外围扩散的圈层结构

核密度估计结果显示,N市校外科学教育资源整体呈现出“核心集聚、外围扩散”的圈层结构特点,其核心区域主要集中在城市中心的老城区及新兴科技园区,核密度值在0.6—1.2个/平方公里之间,外围区域则随着与核心区域距离的增加而逐渐降低,核密度值普遍低于0.6个/平方公里。

N市校外科学教育资源空间分布的全局莫兰指数为0.72,显著高于临界值0.1,表明全市资源存在显著的空间集聚特征。

(二) 类型差异格局:公益型集聚、市场型分散

不同类型校外科学教育资源在空间分布上呈现出显著差异。公益型校外科学教育资源,如科技馆、科学博物馆以及国家级、省级科普教育基地等,相对集聚,集中分布在城市中心区域及教育文化资源密集的区县^[7-8]。部分中心区域甚至集中了全市一半以上的公益型资源,其核密度值高达1.5个/平方公里,形成明显的资源集聚区。此类资源空间分布特征的形成与政府公共服务布局相关,它们集聚的区域交通便利、政府教育投入较大、历史文化积淀深厚。比如,N市科技馆位于行政中心附近,与地铁换乘站毗邻,且周边3公里范围内建有中小学、高校、科研院所。这意味着,N市科技馆在整合科研资源,组织科普活动方面具有天然的区位优势。公益型资源空间分布呈现集聚性特点的原因在于,其供给主体以政府为主,政府在规划布局时倾向于将此类资源集中配置于人口密集、教育需求旺盛且交通便利的核心区域,以最大限度上提升公共设施覆盖率与社会效益。

市场型资源,如民办科技体验馆、研学基地,在空间分布上呈现出“外围分散”的弱集聚特征,其核密度值普遍在0.2—0.5个/平方公里之间,与核心区域差距较大,且多分布于城市近郊及新兴居住区。此类资源的空间分布与运营成本、市场需求相关,究其原因在于,市场型校外科学教育资源供给主体以企业为主,企业出于土地租金、人力成本的考虑,会倾向于选择城市近郊等成本相对较低的区域布局。同时,随着城市扩张,新兴居住区人口增长迅速,对科学教育服务的需求日益旺盛,吸引企业来此投资。城市近郊及新兴居住区的科技教育资源建设主要分布于产业园区、景区周边,主要是依托当地特色产业资源提供差异化科学教育服务。

(三) 空间分布均衡性:区域差异显著,城乡鸿沟突出

通过泰尔指数、基尼系数对N市校外科学教育资源空间分布

均衡性进行量化分析发现，其整体基尼系数为0.582，已经超过0.4的国际警戒线，所以认为其资源空间分布不均衡问题较为突出；泰尔指数为0.326，其中区域内泰尔指数为0.108，区域间泰尔指数为0.218，这表明N市校外科学教育资源空间分布不均衡主要是由区域间差异导致的。进一步分析发现，城乡之间的校外科学教育资源分布差异尤为显著，城市中心区域及近郊的校外科学教育资源密度远远高于远郊及农村地区。

三、研究结论与建议

综上所述，城市校外科学教育资源空间格局呈现出核心集

聚、外围扩散的圈层结构特征，公益型集聚、市场型分散分布格局差异，且空间分布均衡性不高，区域差异显著。通常而言，城市校外科学教育资源空间格局的形成受到产业结构变化、教育政策导向、人口分布模式、区域社会经济发展水平乃至国际环境的显著影响。城市科技教育发展中，要重视这些因素对教育资源的布局的塑性作用，通过对相关资源的优化配置提升城市科技教育水平，强化青少年学生的非认知能力^[9-10]。未来，针对城市校外科学教育资源配置的空间格局，我们可以基于“区域—学校—学生”多层次嵌套、“校内—校外”整合等不同维度开展进一步研究，从而为制定更加科学合理的教育资源配置政策提供更多数据支撑。

参考文献

- [1] 唐银. 新时代统筹城乡学前教育资源配置均衡发展路径研究[J]. 黔南民族师范学院学报, 2024, 44(06): 66-72.
- [2] 乐星宇. 新质生产力视角下学前教育基础性的理论诠释与实践路径[J]. 内蒙古师范大学学报(教育科学版), 2025, 38(01): 108-113.
- [3] 刘自成. 围绕促进教育公平深化教育综合改革[J]. 劳动经济研究, 2024, 12(05): 9-12.
- [4] 杨慧康, 陈友华. 人口变动背景下省域基础教育资源跨区域配置策略研究[J]. 人口与社会, 2024, 40(05): 15-27.
- [5] 马丽. 努力夯实教育强区基点推进扩优提质行动走深走实[J]. 人民教育, 2024, (24): 43-44.
- [6] 王艺臻, 李文斌. 精准发力, 持续抓好教育资源均衡配置[N]. 日照日报, 2024-08-29(A01).
- [7] 王灿玺, 信俊汝. 基础教育公共资源配置绩效优化研究——以A地区为例[J]. 财政监督, 2024, (23): 50-53.
- [8] 蔡迎旗, 王嘉逸. 公平与效率: 普惠性学前教育资源配置的双重价值追求[J]. 河北师范大学学报(教育科学版), 2024, 26(06): 121-130.
- [9] 优化资源配置共创幸福教育——鹰潭市余江区江镇中心学校特色教育纪实[J]. 江西教育, 2024, (42): 81.
- [10] 陈云奔, 李冠琼. 中国式现代化视域下基础教育综合改革的时代特征、现实挑战与未来路向[J]. 教育理论与实践, 2024, 44(31): 3-10.