DOI: 10.3969/j.issn.2097-583X.2026.04.023　　文章编号：2097-583X(2026)04-0681-07

基于GIS的大别山革命老区信阳市体育场地设施空间集聚特征与影响因素

张　翔[a]，梁潇鸿[a]，高军波[b*]

(信阳师范大学 a.体育学院；b.旅游学院，河南 信阳 464000)

摘　要：基于POI大数据和地理信息系统(Geographic Information System，GIS)，以信阳市所辖8县2区的体育场地设施为研究对象，综合运用核密度估计、标准差椭圆分析、平均最近邻分析及地理探测器等方法，探讨信阳市体育场地设施的空间分布格局、资源配置特征及其影响因素。结果表明：1)体育场地设施(共计3309处)在空间上呈“单核心集聚”格局，核密度高值区(2.16～4.32)集中分布于平桥区与浉河区交界地带，并向周边区域呈逐级递减趋势。2)全市体育场地设施千人拥有量0.530 5个，其中浉河区最高(1.016 6个/千人)，息县最低(0.306 0个/千人)，资源配置与人口需求严重失衡。3)平均最近邻比率0.244 9(z=－83.102 3，p<0.001)，表明体育场地设施分布呈现高度聚集特征，居民整体可达性相对便利。4)医疗保健因子与科教文化因子的影响力最强(q=0.946)，夜间灯光强度与路网密度次之，自然地理因子的单独影响相对微弱，但各因子交互作用后解释力显著增强。据此，提出优化空间布局结构、提升资源配置均衡性、丰富设施类型多样性及强化多部门协同合作等相关建议。研究结果可为信阳市体育场地设施布局优化与选址决策提供科学参考，以推动区域体育场地设施建设实现高质量发展。

关键词：体育场地设施；地理信息系统；空间分布；影响因素

中图分类号：G818.2　　**文献标志码：**A　　**开放科学(资源服务)标识码(OSID)：**

Spatial agglomeration characteristics and influencing factors of sports venue facilities in Xinyang City, Dabie Mountain Revolutionary Old Area based on GIS

Zhang Xiang[a], Liang Xiaohong[a], Gao Junbo[b*]

(a. School of Physical Education; b. School of Tourism, Xinyang Normal University, Xinyang 464000, China)

Abstract: Based on point-of-interest (POI) big data and a geographic information system (GIS), the sports venues and facilities in the eight counties and two districts under the jurisdiction of Xinyang City were taken as the research objects. Methods including kernel density analysis, standard deviational ellipse analysis, average nearest neighbor analysis, and the geographical detector were comprehensively employed to investigate the spatial distribution pattern, resource allocation characteristics, and influencing factors of sports facilities in Xinyang. The results indicated that: 1) A total of 3309 sports facilities were spatially distributed in a "single-core agglomeration" pattern, with the high-value kernel density areas (2.16～4.32) concentrated at the junction of Pingqiao District and Shihe District and gradually decreasing toward the peripheral areas. 2) The per-thousand population occupancy of sports facilities citywide was 0.530 5 facilities per thousand people, with the highest value observed in Shihe District (1.016 6) and the lowest in Xi County (0.306 0), revealing a severe imbalance between resource allocation and population demand. 3) The average nearest neighbor ratio was 0.244 9 (z = －83.102 3, p<0.001), indicating a highly clustered distribution of sports facilities and relatively convenient overall accessibility for residents. 4) The factors of healthcare and science, education and culture exerted the strongest influence (q=0.946), followed by

收稿日期：2025-12-15；**修回日期：**2026-01-05；*.**通信联系人**，E-mail：gaojb@xynu.edu.cn

基金项目：国家自然科学基金项目(42371225)；河南省哲学社会科学规划项目(2025BTY016)

作者简介：张　翔(1977－)，男，河南信阳人，副教授，硕士，主要从事体育地域研究。

引用格式：张翔，梁潇鸿，高军波．基于GIS的大别山革命老区信阳市体育场地设施空间集聚特征与影响因素[J]．信阳师范大学学报(自然科学版)，2026，39(4)：681-687.

Zhang Xiang, Liang Xiaohong, Gao Junbo. Spatial agglomeration characteristics and influencing factors of sports venue facilities in Xinyang City, Dabie Mountain Revolutionary Old Area based on GIS[J]. Journal of Xinyang Normal University (Natural Science Edition), 2026, 39(4): 681-687.

nighttime light intensity and road network density, whereas the individual effects of natural geographic factors were relatively weak; however, the explanatory power was significantly enhanced after factor interactions were considered. Accordingly, suggestions were proposed to optimize the spatial layout structure, improve the balance of resource allocation, enrich the diversity of facility types, and strengthen multi-sectoral collaboration. The findings were intended to provide a scientific reference for the optimization of the spatial layout and site selection of sports facilities in Xinyang City, thereby promoting the high-quality development of regional sports facility construction.

Key words: sports facilities; geographic information system (GIS); spatial distribution; influencing factors

0　引言

习近平总书记视察河南并深入大别山革命老区信阳调研时强调:“要把革命老区建设得更好,让老区人民过上更好生活”[1]。推进体育场地设施建设是提升社会公共服务水平、满足人民日益增长的美好生活需要的重要举措。与此同时,2022年修订的《中华人民共和国体育法》明确规定:“县级以上地方各级人民政府应当将本行政区域内公共体育场地设施的建设纳入国民经济和社会发展规划、国土空间规划”[2]。然而,受历史资源分布格局与地理条件的双重制约,信阳市中心城区与革命老区所辖乡镇在体育场地类型、规模、服务覆盖范围等方面仍存在显著差异。加之交通通达性不足、人口结构分化及管理体制分散等因素,部分区域体育场地设施的服务半径与实际需求难以有效匹配。此外,当前尚缺乏基于空间大数据的动态监测与评估机制,致使多部门协同治理与资源优化配置面临现实困境。

自20世纪60—70年代起,西方国家率先将GIS技术应用于学校、医院等公共设施的优化选址与城市规划领域[3-4]。而国内相关研究多聚焦于大中型城市,较少结合革命老区的文化属性与发展需求展开针对性探讨。为填补这一研究空白,基于GIS技术构建“空间分布—服务效能”双维度评估框架,对信阳市各级体育场地的空间布局特征、设施可达性及服务供给效率进行定量测度与分析。这不仅有助于丰富公共体育场地设施空间治理的理论视角,也可为信阳及其他革命老区在体育场地选址、规划布局、服务网络构建方面提供数据支撑与决策参考,助力革命老区群众获得更加均衡、高效的公共体育服务,推动体育强国战略与乡村振兴战略在红色革命老区的协同实施。

1　研究区域与数据来源

1.1　研究区域

信阳市作为大别山革命老区的核心城市,在红色文化传承与区域发展格局中具有重要的战略地位。该市位于河南省南部,地处大别山北麓与淮河流域南缘的过渡地带,地貌类型以山地、丘陵与平原复合分布为特征。全市下辖2个市辖区及8个县,区域总面积约1.89×10^4 km^2。以信阳市范围内的体育场地设施为研究对象,对现有体育场地设施的空间集聚特征进行分析。

1.2　数据来源及预处理

体育场地设施、医疗保健场所、科教文化场所的点位数据均通过POI数据爬虫工具获取。对原始数据进行矢量化处理后,在ArcGIS 10.8软件平台中叠加2023年中国省、市、县行政区划底图,完成空间匹配与可视化表达。信阳市人口数据主要来源于第七次全国人口普查资料[5]、《信阳市第七次全国人口普查主要数据公报》《河南统计年鉴2023》及信阳市2023年国民经济和社会发展统计公报。人口密度数据通过常规人口密度计算公式测算获得。2022年归一化植被指数(Normalized Difference Vegetation Index, NDVI)数据下载自MODIS官方网站;路网数据获取自OpenStreetMap平台,导入GIS中与行政区划底图进行拓扑一致性检查。高程数据来自地理空间数据云平台,所采用的数字高程模型(Digital Elevation Model, DEM)为ASTER GDEM V2全球数字高程数据集[6]。夜间灯光栅格数据通过“珞珈一号”官方网站获取。根据研究分析需求,将获取的人口密度及GDP统计数据在GIS环境中与信阳市各区、县建立属性关联;高程与夜间灯光栅格数据经离散化处理与重采样后,统一转换至适用地理探测器分析的格式,以便后续开展单因子影响评估及因子交互作用探测。

2　研究方法

GIS具备快速精确的空间分析、数据采集与管理、动态空间信息可视化等功能特征[7]。核密度估计、标准差椭圆分析、平均最近邻分析及地理探测器等方法能够系统、全面且直观地刻画地理空间

单元的空间分布类型、均衡状态、集聚密度[8]。因此，综合运用上述分析方法，探究大别山革命老区信阳市体育场地设施的空间集聚特征及其影响因素。

2.1　核密度估计

核密度估计（Kernel density estimation，KDE）是密度估算分类方法之一，作为一种非参数估计模型，其基本思想是：为落入研究区域内的点要素赋予不同权重，靠近网格中心的点或线被赋予较大权重，随着与网格中心距离的增加，权重逐渐降低，所得结果分布较为平滑[5-6]。借助ArcGIS 10.8软件密度分析工具集中的核密度估计模块，以信阳市现有体育场地设施点数据为例，计算其空间密度指数，并对体育场地设施点要素进行连续表面模拟，以揭示信阳市不同类型体育场地设施的空间分布特征与集聚程度。计算公式如下：

$$f(x)=\frac{1}{nh}\sum_{i=1}^{n}k\left(\frac{x-x_i}{h}\right),$$

式中：n为区域内点要素的数量；h为搜索半径；$k(\frac{x-x_i}{h})$为核函数，带宽h的选取对分析结果具有重要影响，取值较大时可反映研究区域内样本点的整体分布格局，取值较小时则更能体现局部分布特征[9]。

2.2　标准差椭圆分析

标准差椭圆分析方法最早由D. Welty Lefever于1926年提出[10]，可用于分析点状要素在空间分布上的方向性特征。其中，椭圆长轴方向表征空间分布的主要扩展方向，短轴方向反映分布的范围大小；长、短轴差异越大，表明空间分布的方向性特征越明显。采用标准差椭圆分析方法探讨信阳市各类体育场地设施的空间分布方向趋势，计算公式如下：

$$\mathrm{SDE}_x=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i-\bar{x})^2/n},$$

$$\mathrm{SDE}_y=\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(y_i-\bar{y})^2/n},$$

式中：n为区域内点要素的数量；x_i表示横坐标，y_i表示纵坐标，$\bar{x}$与$\bar{y}$为所有点坐标的算术平均值。

2.3　平均最近邻分析

平均最近邻分析（Mean Nearest Neighbor Analysis，MNNA）是地理信息系统（GIS）中用于判别点要素空间分布模式的重要方法。空间邻近度（Proximity）用以描述地理空间中两个地物之间距离的相近程度[11]。该方法通过计算各点与其最近邻点之间距离的平均值，并与理论随机分布状态下的期望距离进行比较，从而量化点要素分布集聚或离散的显著性水平。采用平均最近邻分析方法进一步探究信阳市体育场地设施的集聚特征，计算公式如下：

$$R=\frac{D_i}{D_e}=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}d_i/(0.5\times\sqrt{\frac{n}{A}}),$$

式中：D_i表示实际观测距离，D_e表示理论预期距离，n为区域内点要素的数量，A为区域总面积，d_i为第i个体育场地设施点与其最近邻点之间的欧式距离。

2.4　地理探测器

地理探测器（Geographical Detector）是用于探测空间分异性并分析其背后驱动因子的统计学方法，在空间分异特征分析中应用广泛[12]。其中，因子探测模块可用于评估单个因子对因变量的影响程度及其显著性，交互探测模块则能揭示多因子交互作用后对因变量解释力的变化特征。该方法通过计算自变量X与因变量Y在空间分布上的耦合程度，来探测地理要素空间分异的形成机制。计算公式如下：

$$q=1-\sum_{h=1}^{L}N_h\sigma_h^2/(N\sigma^2),$$

式中：L为自变量X（影响因子）的分层数；N_h为第h层内的样本单元数；N为研究区域（信阳市）内的总样本单元数，满足$N=\sum_{h=1}^{L}N_h$；σ_h^2为第h层内因变量Y（体育场地设施空间分布指标）的方差；σ^2为全区因变量Y的总方差。q取值范围为[0,1]，其值越大，表明自变量X对因变量Y的影响程度越强。

3　结果与分析

3.1　信阳市体育场地设施的空间分布特征

通过POI数据爬取工具，获取信阳市体育场地设施点位数据。在GIS平台中，结合在线地图进行补充与校正后，共获得有效体育场地设施点3309处，并进行核密度估计与标准差椭圆分析。结果表明：体育场地设施核密度值在2.16～4.32区间内形成显著热点区，集中分布于平桥区与浉河区交界地带，且空间分布方向性明显，整体呈东西向延伸的趋势。其余地区体育场地设施分布相对

稀疏,呈现离散分布特征。核密度分析结果显示,信阳市体育场地设施在空间上表现出显著的不均衡集聚格局,整体呈现“单核心集聚、县域弱集聚、多点离散分布”的空间结构特征。这表明城市核心区域公共服务资源呈高度聚集态势,其原因在于该区域聚集了较多设施完善的高等院校。核密度值从中心城区向外围县区逐级递减,总体呈现出典型的“中心—边缘”空间布局模式。尽管光山县、固始县局部出现次级峰值,但城乡差异在整体上依然显著(图1和图2)。

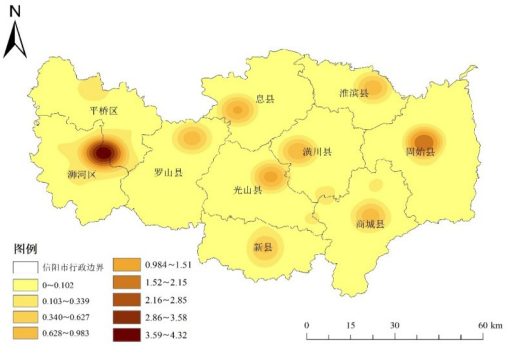

图 1　核密度估计

Fig. 1　Kernel density estimation

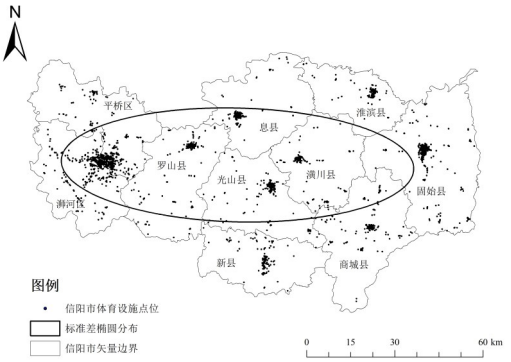

图 2　标准差椭圆分析

Fig. 2　Standard deviational ellipse analysis

3.2　信阳市体育场地设施的资源配置分析

从全市层面看(表1),信阳市体育场地设施千人拥有量为0.530 5个,整体处于较低水平,低于全国平均水平。浉河区位居全市之首,其设施数量占全市总量的20.04%,明显高于其他区县,表明该区在体育场地设施资源配置上具有较大优势。然而,固始县虽常住人口较多,但其千人拥有量仅为0.493 2个,设施占比15.53%,设施供给与人口需求之间存在较大差异。罗山县、光山县、潢川县和淮滨县等区县的千人拥有量均低于0.500 0个,尤其是淮滨县与息县,千人拥有量仅分别为0.311 6和0.306 0个,处于全市较低水平,反映出这些地区体育场地设施资源配置明显不足。分析可见,信阳市体育场地设施空间分布呈现出显著的空间异质性,区县之间配置不均衡现象突出。体育场地供给在空间分布与人口匹配方面存在明显不协调,制约了体育公共服务均等化目标的实现。

表 1　体育场地设施资源配置表

Tab. 1　Sports facilities resource allocation schedule

区县	常住人口/人	设施数量/个	占比/%	千人拥有量/个
浉河区	652 189	663	20.04	1.016 6
平桥区	785 432	590	17.83	0.751 2
罗山县	503 276	213	6.44	0.423 2
光山县	591 048	275	8.31	0.465 3
新县	286 514	182	5.50	0.635 2
商城县	458 327	244	7.37	0.532 4
固始县	1 042 156	514	15.53	0.493 2
潢川县	605 478	223	6.74	0.368 3
淮滨县	574 392	179	5.41	0.311 6
息县	738 615	226	6.83	0.306 0
全市总计	6 237 427	3309	100.00	0.530 5

此外,体育场地供给与常住人口规模之间尚存一定差距,体育公共服务承载能力仍有待提升,与“全民健身”和“体育强国”建设目标要求相比,仍有显著差距。因此,对于设施配置匮乏的区县,应加大投入力度,优化资源配置,以满足居民日益增长的体育健身需求。

根据《信阳市“十四五”体育事业发展规划》提出的体育场地设施规划预期指标,各县区均应建成“两场三馆”,即体育场、全民健身广场、综合体育馆、全民健身馆与游泳馆;新建或改扩建3~5个体育公园;每万人拥有足球场数量达到0.9块,有条件的区县力争达到1块以上。同时,应深入推进公共体育场馆“改造功能、改革机制”工程,在对现有全民健身场地和设施进行维修改造与提档升级的基础上,打造一批新型智能体育场所,推动信阳市智慧化健身场地设施建设,并充分利用城市更新手段挖掘存量用地潜力,提高公园绿地、居住用地等闲置空间利用率[13]。结合公共体育场馆建设现状(表2),信阳市体育场地设施与“十四五”规划预期目标之间仍存在较大差距,智慧体育场馆建设尤为滞后。

综上,信阳市每千人拥有体育场地设施水平

表 2　公共体育场馆建设情况

Tab. 2　Public sports venues construction status schedule

区县	体育场/个	综合体育馆/个	全民健身活动中心/个	室内游泳馆/个	体育公园/个	智慧体育场馆/个
平桥区	1	1	4	2	2	0
浉河区	1	2	5	3	3	1
罗山县	1	1	2	0	1	0
光山县	1	0	3	1	1	0
淮滨县	1	0	3	0	1	0
固始县	1	1	6	2	3	0
潢川县	1	1	4	1	2	0
商城县	1	0	3	1	2	1
息县	1	0	3	0	1	0
新县	1	0	2	0	1	0

低于全国平均水平且分布不均衡。浉河区和平桥区资源配置相对较高，而其余8个县区相对较低。其发展水平与实现信阳市“十四五”体育事业发展规划中所设定的预期目标仍存在较大差距。

3.3　平均最近邻分析

将经完善处理后的信阳市体育场地设施的POI点数据叠加至信阳市行政区划底图，运用平均最近邻工具进行分析，结果如图3所示。

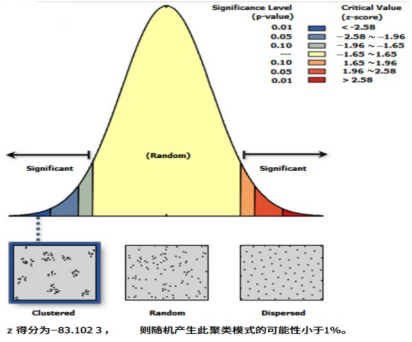

图 3　平均最近邻分析

Fig. 3　Mean nearest neighbor analysis

最邻近比率为0.244 9，z值得分为－83.102 3。最邻近比率远小于1，表明信阳市体育场地设施呈显著集聚分布；z值为负且其绝对值较大，进一步说明实际分布格局较随机分布更为集聚，集聚程度极为显著。居民在相对较短的空间距离内即可达最近的体育场地设施，整体可达性较为便利。同时，p值小于0.001，表明该集聚分布模式具有高度的统计显著性。

3.4　信阳市体育场地设施空间分布影响因素分析

3.4.1　影响因子选择

借鉴王洪桥等[14]的研究成果，从人文与自然两个维度进行分析。

（1）人文因子。公共体育场地设施的空间供需差异受人口密度与城市结构的显著影响[15]。在人口密度较高的城市中心区域，体育场地设施往往集中分布以满足庞大的健身需求，从而提升居民健身便利性。科教文化场所周边人口聚集且数量较大，较高的体育场地设施需求会带动周边更多设施建设。体育运动与医疗保健之间关联密切，同时体育场地设施距居民点越近、交通越便利，越有利于居民参与体育锻炼。经济发展水平较高的地区通常拥有更充足的财政投入，能够支撑大型体育场馆、社区健身中心及智能化设施的建设并维持高水平运营。夜间灯光数据通过捕捉地表夜间人工光源的强度与空间分布，可有效反映城市化水平：高亮度区域通常配置高密度、多元化的体育场地设施，而低亮度区域则优先布局基础性、普惠型设施。此外，灯光数据的时序变化可识别城市扩张趋势，为设施超前布局提供依据；对比灯光强度差异亦能揭示体育资源分布不均问题，为政府优化资源配置、缩小城乡服务差距提供数据支撑。据此，选取人口密度、夜间灯光数据、科教文化场所数量、医疗保健场所数量和路网密度作为影响体育设施密度的潜在人文因子[16]。

（2）自然因子。不同的地形条件与气候特征对体育场地设施的布局及建设类型均产生显著影响。山区地形崎岖，地势起伏较大，不利于建设大型体育场地设施，更适合配置基础性、便捷性较高或依据地势起伏而设的设施（如滑雪场地等）。平原地形平坦，适宜建设门类齐全的大型综合性体育设施。此外，植被状况能够在一定程度上反映区域生态环境特征，对体育活动的环境适宜性和

设施布局具有潜在影响。因此,选取DEM高程栅格数据与NDVI作为影响体育场地设施密度的自然因子。

3.4.2　单因子探测

采用自然断点法对各指标因子进行离散化处理后,使用地理探测器模型对所选因子进行作用力探测[17]。通过因子探测模块,逐一分析各影响因子对体育场地设施空间分布的影响。结果表明,所有影响因子的p值均小于0.01,即所选因子对体育场地设施空间分布格局均有显著影响,具体结果如图4所示。其中,人口密度因子的q值为0.034,夜间灯光因子的q值为0.562,医疗保健与科教文化因子的q值均为0.946,路网密度因子的q值为0.462,高程因子和NDVI因子的q值则分别为0.022和0.020。单因子探测结果显示,人文因素整体上对大别山革命老区体育场地空间分布的影响显著强于自然因素($p<0.01$)。其中,医疗保健与科教文化因子的影响力最强($q=0.946$),构成体育场地空间分异的核心驱动因素;夜间灯光与路网密度次之,折射出区域经济活跃度与空间可达性的支撑作用。相比之下,高程与NDVI等自然环境因子的影响力极弱,说明信阳市体育场地设施的空间分布受到自然条件制约较小,整体呈现出以公共服务体系与社会文化结构为主导的空间生成机制。因此,信阳市在今后体育场地设施规划中,应重点关注人文因素与设施布局之间的相互关系,同时兼顾不同地形条件和植被覆盖差异对设施建设的潜在影响。

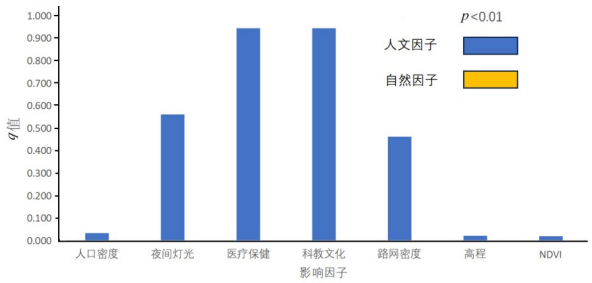

图4　单因子探测结果

Fig. 4　Single factor detection results

3.4.3　交互探测

地理探测器是通过衡量空间异质性以检验特定因素解释力的统计模型,主要通过因子探测和交互探测来探究地理现象空间分异的驱动机制[12]。运用地理探测器工具对所选取的影响因子进行交互作用分析,结果显示人口密度与医疗保健因子交互后q值达0.965,与科教文化因子交互后q值为0.963,表明体育场地设施主要集中于人口密集且医疗保健、科教文化资源丰富的城区。夜间灯光因子与医疗保健因子、科教文化因子交互后q值分别为0.939和0.951,进一步证实城市建成区基础设施水平对体育场地设施布局的显著影响。路网密度因子与医疗保健因子、科教文化因子交互后的q值同样较高,说明交通可达性在体育场地设施选址与布局中具有关键作用。虽然高程因子与NDVI因子的单独解释力相对较弱,但与医疗保健、科教文化等人文因子交互后,其影响力均显著增强($q>0.9$),表明自然环境因素虽然独立解释力有限,但在与公共服务资源等人文因素共同作用时,能够形成较强的综合解释力。因此,在体育场地设施布局与选址过程中,有必要对各类因子进行综合考量。

交互探测结果(表3)进一步表明,多数影响因子两两交互后的影响力均显著高于单因子作用,整体呈现出以双因子增强和非线性增强为主的基本特征。其中,医疗保健、科教文化等核心人文因子与夜间灯光、路网密度的交互作用最为显著,这反映出公共服务体系与空间可达性、经济活动水平之间存在明显的协同效应。此外,高程与NDVI等自然因子虽单独解释力较弱,但与人文因子交互后影响力显著提升,呈现出典型的非线性增强特征。这表明,自然环境条件并非直接决定体育场地设施的空间分布,而是通过社会资源配置与制度环境的嵌入被间接激活。

表3　影响因子交互探测结果

Tab. 3　Interaction detector results

交互因子	人口密度	夜间灯光	医疗保健	科教文化	路网密度	高程	NDVI
人口密度	0.034	—	—	—	—	—	—
夜间灯光	0.581	0.562	—	—	—	—	—
医疗保健	0.965	0.939	0.946	—	—	—	—
科教文化	0.963	0.951	0.959	0.946	—	—	—
路网密度	0.491	0.608	0.945	0.959	0.462	—	—
高程	0.042	0.594	0.955	0.965	0.555	0.022	—
NDVI	0.068	0.630	0.942	0.956	0.541	0.078	0.020

4　结论与建议

综合运用多源数据与地理空间分析方法,对信阳市所辖2区8县体育场地设施的空间布局特

征及其影响因素进行了可视化分析，主要结论如下：

（1）信阳市体育场地设施空间分布呈现出“单核心集聚—东西向扩展—外围分散不足”的综合特征。从集聚形态看，体育场地设施整体表现为以中心城区为核心的单核心集聚格局，高密度区域主要集中于平桥区与浉河区交界地带，设施密度由中心城区向外围县域逐级递减，形成明显的“中心—边缘”空间梯度结构。

（2）信阳市体育场地设施分布具有显著的东西向延展态势，椭圆长轴方向与城市整体发展轴线及主要交通走廊基本一致，反映出体育场地设施布局受城市空间拓展方向与交通条件的影响和制约。椭圆重心明显偏向中心城区，进一步表明体育设施空间配置对核心区依赖程度较高，外围县域在设施数量与空间覆盖方面则相对不足。

（3）信阳市体育场地设施千人拥有量为0.530 5个，整体处于偏低水平，且区县之间配置极不均衡，表现为浉河区与平桥区占比较高、外围县域供给偏低的典型特征。这种结构性不均衡不仅加剧了不同区域居民体育服务可达性的差距，也在一定程度上制约了公共体育服务均等化目标的实现。

（4）信阳市体育场地设施空间分布受多种因素共同作用，但各因素的解释力存在显著差异（$p<0.01$）。总体而言，人文因子的解释力明显高于自然因子，呈现出典型的“人文主导型”特征。从人文因子来看，医疗保健水平与科教文化水平的解释力最为突出，其q值均为0.946，表明二者对体育场地设施空间分布具有极强的解释能力。夜间灯光强度与路网密度因子的解释力次之，人口密度因子的解释力相对较弱（$q=0.034$）。自然因子中，高程与NDVI因子的q值分别为0.022和0.020，独立解释力均较低。交互探测结果进一步表明，多数因子两两交互后的解释力有所增强，整体以双因子增强为主，说明信阳市体育场地设施空间分布与多种因素的共同作用密切相关，其中公共服务资源、经济活动水平及交通条件具有更加突出的解释作用。

（5）信阳市体育场地设施布局优化应坚持公共体育服务协同与需求导向相结合的原则，一方面强化中心城区存量设施的功能整合与品质提升，另一方面引导新增设施向人口集聚区和服务薄弱区域布局。同时，加强体育场地设施与医疗、教育等公共服务的协同规划，推动多部门联动与资源共享，提升公共体育服务体系的整体效能，逐步实现体育场地设施布局由“规模扩张”向“结构优化与公平导向”转变，为区域公共服务高质量发展提供有力支撑。

参考文献：

[1] 丁桂玲．增强老区振兴发展支撑能力[N]．信阳日报，2020-08-28(1)．
[2] 曾建明，王健．我国大型体育场(馆)的空间布局研究[J]．体育科学，2014，34(7)：63-72．
[3] Classen R J．An introduction to geographic information systems[J]．Computers & Industrial Engineering，1977，1(2)：131-138．
[4] Levine J，Landis J D，Klosterman R．Geographic information systems for local planning[J]．Journal of the American Planning Association，1989，55(2)：209-220．
[5] 马忠东．改革开放40年中国人口迁移变动趋势：基于人口普查和1%抽样调查数据的分析[J]．中国人口科学，2019(3)：16-28．
[6] Morais J D，Faria T S，Elmiro M A T，et al．Altimetry assessment of ASTER GDEM v2 and SRTM v3 digital elevation models：a case study in urban area of Belo Horizonte，MG，Brazil[J]．Boletim de Ciências Geodésicas，2017，23(4)：654-668．
[7] Chang K T．地理信息系统导论[M]．陈健飞，胡嘉骢，陈颖彪，译．9版．北京：科学出版社，2019：78-85．
[8] 李冬花，张晓瑶，陆林，等．黄河流域高级别旅游景区空间分布特征及影响因素[J]．经济地理，2020，40(5)：70-80．
[9] 刘锐，胡伟平，王红亮，等．基于核密度估计的广佛都市区路网演变分析[J]．地理科学，2011，31(1)：81-86．
[10] 刘真真，李盈昌．山西省休闲农业与乡村旅游景点空间结构的计量地理分析[J]．中国农业资源与区划，2017，38(7)：108-114．
[11] 单勇兵，马晓冬，仇方道．苏中地区乡村聚落的格局特征及类型划分[J]．地理科学，2012，32(11)：1340-1347．
[12] 王劲峰，徐成东．地理探测器：原理与展望[J]．地理学报，2017，72(1)：116-134．
[13] 徐海滨，蒋依依，方琰，等．北京市公共体育设施空间格局特征及可达性研究[J]．干旱区资源与环境，2024，38(5)：190-198．
[14] 王洪桥，袁家冬，孟祥君．东北地区A级旅游景区空间分布特征及影响因素[J]．地理科学，2017，37(6)：895-903．
[15] 吴健生，钱韵，王宏亮，等．深圳市公共体育设施空间供需及影响因素研究[J]．北京大学学报(自然科学版)，2022，58(6)：1101-1110．
[16] 程乾，凌素培．中国非物质文化遗产的空间分布特征及影响因素分析[J]．地理科学，2013，33(10)：1166-1172．
[17] 郭斌，刘梓君，郑蔚．湖北省传统农区乡村多功能发展水平时空分异及影响机制[J]．长江流域资源与环境，2025，34(5)：1125-1137．

责任编辑：陈松楠　张伟博