

基于GIS的体育休闲服务密度对成年人体质健康的影响分析

刘子龙¹. 杜久升¹. 王莉²

¹河南理工大学测绘与国土信息工程学院, 河南 焦作

²河南体育学院, 河南 郑州

发布日期: 2025年9月28日

摘要

目的为响应国家为期三年的“体重管理年”行动计划, 针对居民超重、肥胖问题提出相应的建议与解决方案。方法 以焦作市为研究区, 基于焦作全市成年人体质监测数据获取市民身高、体重、年龄和住址等信息, 结合体育休闲服务设施POI数据, 利用ArcGIS软件分析各区域的体育休闲服务设施密度、商务住宅密度、公园分布以及BMI指数观测值、预测值。进而, 分别采用地理加权回归模型(GWR)、最小二乘法模型(OLS), 研究公园分布密度、体育休闲服务设施密度等不同观测变量对焦作市成人BMI指数的影响, 并对比两者精度。结果 ①相较于OLS模型, GWR模型实现了更好的回归分析效果; ②体育休闲服务设施密度和BMI指数总体呈负相关, 但是, 在人造地表密度高的条件下, 呈现正相关; ③片面地增加体育设施服务密度, 未必是降低BMI指数的独立方案, BMI指数受到多种因素的共同影响。结论 增加体育设施服务密度, 对改善居民身体质量指数具有一定的促进作用, 该研究结果可为“体重管理年”计划的后续实施提供一定的参考价值。

关键词

BMI; 地理加权回归; 体育休闲服务; 肥胖

Analysis of the Impact of Sports and Leisure Service Density on the Physical Health of Adults

Zilong Liu¹. Jiusheng Du¹ and Li Wang²

¹School of Surveying and Mapping, Henan Polytechnic University, Jiaozuo, Henan, China

²Henan Sport University, Zhengzhou, Henan, China

Abstract

文章引用: 刘子龙, 杜久升, 王莉. (2025). 基于 GIS 的体育休闲服务密度对成年人体质健康的影响分析. 地球與空間科學輯要, 1(1), 96–105. ISSN Print: 3079-5621, ISSN Online: 3079-563X.
DOI: 10.63313/CESS.8001

Objective To respond to the country's three-year "Weight Management Year" action plan and put forward corresponding suggestions and solutions for the current problems of overweight and obesity among residents. **Methods** Taking Jiaozuo City as the research area, information such as citizens' height, weight, age and address was obtained based on the physical fitness monitoring data of adults throughout Jiaozuo City. Combined with the POI data of sports and leisure service facilities, ArcGIS software was used to analyze the density of sports and leisure service facilities, the density of business and residential areas, the distribution of parks, as well as the observed and predicted values of BMI index in each area. Furthermore, the Geographically Weighted regression model (GWR) and the least squares model (OLS) were respectively adopted to study the effects of different observed variables such as the distribution density of parks and the density of sports and leisure service facilities on the BMI index of adults in Jiaozuo City, and the accuracies of the two were compared. **Results** ① Compared with the OLS model, the GWR model achieved better regression analysis results; ② The density of sports and leisure service facilities was negatively correlated with the BMI index, but it was positively correlated under the condition of high artificial surface density. ③ Unilaterally increasing the density of sports facilities services may not be an independent solution to reduce the BMI index, and the BMI index is affected by a variety of complex factors. **Conclusion** Increasing the density of sports facility services can have a certain promoting effect on improving the body mass index of residents. The research results can provide certain reference value for the subsequent implementation of the "Weight Management Year" plan.

Keywords

BMI; Geographically Weighted Regression; sports and leisure services; obesity

Copyright © 2025 by author(s) and Erytis Publishing Limited.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



1. 引言

人们摄入高热量食物以及缺乏锻炼等因素都对中国人的身体健康,尤其是肥胖问题,产生了不同程度的影响[1]。《柳叶刀》的统计数据显示在 1993~2009 年间,我国男性超重率从 8%增加到 17%,女性则从 11%增加到 14%,预示着我国的肥胖问题将不断加深错误!未找到引用源。。研究表明体育休闲设施较丰富的公园能显著增加市民体育锻炼的频度与时间,促使 BMI 指数降低[2]。在控制人口、经济等混杂因素条件下,建议从多个建成环境指标综合分析建成环境与儿童青少年肥胖关联,探寻建成环境与肥胖间关联的异同点[4],“环境—行为—健康”的研究尺度不断细化,已由早期的区域尺度发展到如今居住区、社区层面[5]。本文拟比较、选取适宜的空间分析方法,研究焦作市不同观测变量对成人 BMI 指数的影响,为相关领域的发展和进步提供有益的参考和启示。

2. 资料与方法

2.1. 资料

基于焦作市统计年鉴获取焦作市 2015 年度体质监测报告,规划云官网获取焦作市 POI 数据集,全国地理信息资源目录服务系统获取焦作市区行政规划图。

2.2. 方法

2.2.1. 身体质量指数

身体质量指数 (Body Mass Index, BMI) 是一种衡量肥胖程度的常用指标^[6]。它是目前世界上对人体营养状况和体质健康水平评价最重要的标准。公式为:

$$\text{BMI} = \text{Weight} \div \text{Height}^2 \quad (1)$$

其中, 体重单位: kg; 身高单位: m。

根据世界卫生组织 (WHO) 对 BMI 指标的分类标准^{错误!未找到引用源。}, 成年人 BMI 指标的分类如下:

Table 1. BMI index of adults

表 1. 成年人 BMI 指标

指标	偏瘦	正常	超重	肥胖
BMI	<18.5	18.5~24.9	25~29.9	>30

2.2.2. 地理加权回归模型

地理加权回归模型 (Geographically Weighted Regression, GWR) ^{错误!未找到引用源。}是一种空间数据分析工具, 用于探索两个或多个变量之间的关系, GWR 允许建立一个数据集的局部回归模型, 以获得对实际现象的更好理解和解释^{错误!未找到引用源。}。公式为:

$$y_i = \beta_i(u_i, v_i) + \beta_1(u_i, v_i)x_{i1} + \beta_2(u_i, v_i)x_{i2} + \cdots + \beta_n(u_i, v_i)x_{in} + \varepsilon_i \quad (2)$$

其中, $i=1, 2, \dots, m$, ε_i 独立同分布, $\varepsilon_i \sim N(0, \sigma^2)$, 与普通线性回归模型不同的是, 每个样本点 (u_i, v_i) 的回归系数 $\beta_k(u_i, v_i) (k=1, 2, \dots, n)$ 随着空间变化而异, 模型的未知参数的个数为 $(n+1) \times m$, 远大于观测个数, 不能采用常规的参数回归估计方法。因此引入权重的概念, 求点的回归参数, 根据加权最小二乘法, 记残差平方和 $Q(\beta(u_0, v_0))$, 公式为:

$$Q(\beta(u_0, v_0)) = \sum_{i=1}^m [y_i - \beta_0(u_0, v_0) - \sum_{k=1}^n \beta_k(u_0, v_0)x_{ik}]^2 w_i(u_0, v_0) \quad (3)$$

其中, $w_i(u_0, v_0)$ 是样本点 (u_i, v_i) 对回归点 (u_0, v_0) 的权重, 求回归点 (u_0, v_0) 回归系数的估计值 $\hat{\beta}(u_0, v_0)$, 使残差平方和达到最小。公式为:

$$Q(\hat{\beta}(u_0, v_0)) = \min \left(Q(\beta(u_0, v_0)) \right) \quad (4)$$

2.2.3. 核密度分析

在传统城市和区域分析中, 核密度方法主要是作为一种可视化工具, 描述地理现象特征分布的一阶基本属性^[8], 研究数据在空间上的分布规律。公式为:

$$\hat{f}_i = \frac{1}{nh} \sum_{j=1}^N K\left(\frac{x-x_j}{h}\right) \quad (5)$$

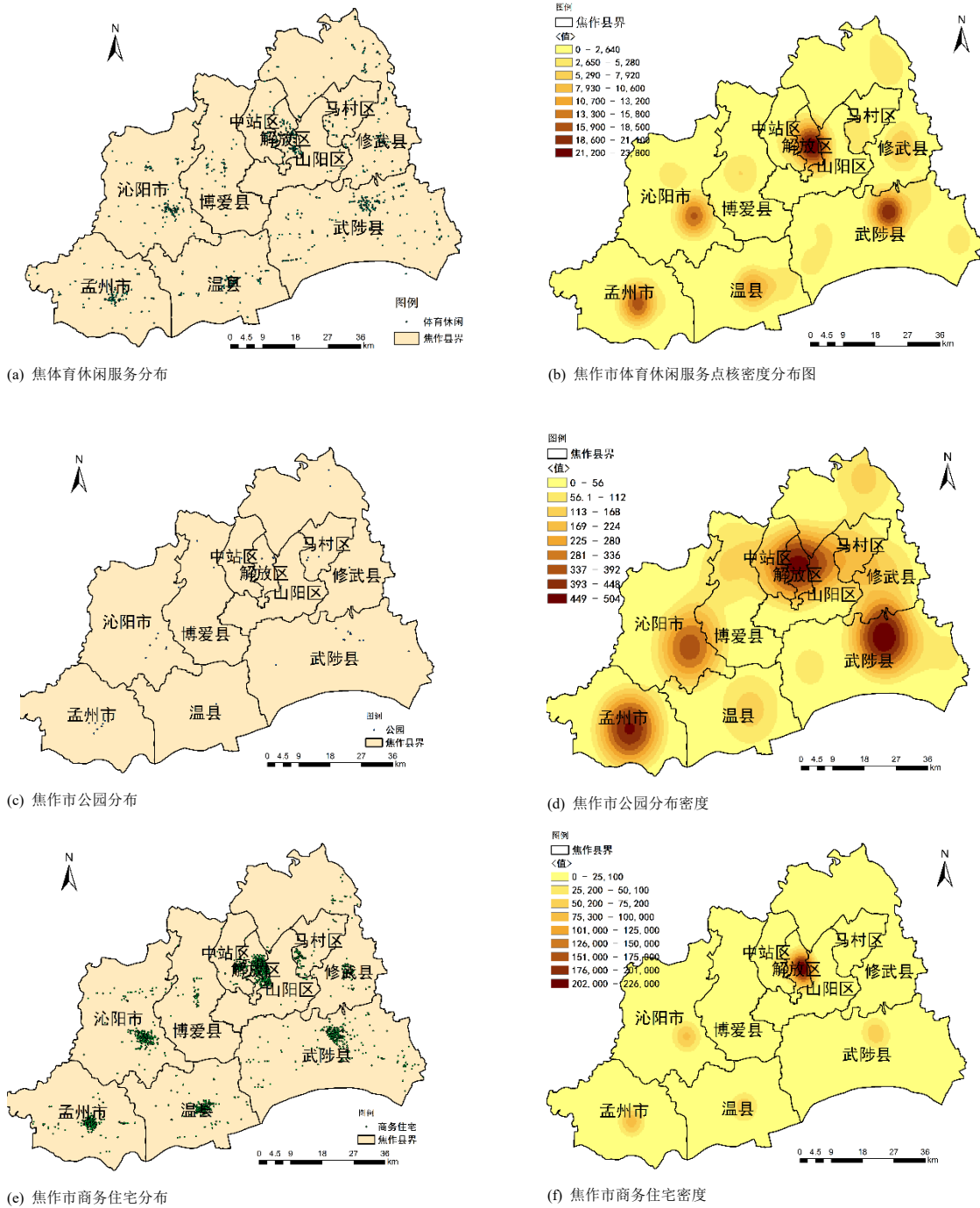
其中, $\hat{f}_i$ 表示在 x 处的概率密度的估计值, K 表示核函数; h 表示带宽, N 代表样本数据量, x_j 表示观测值。

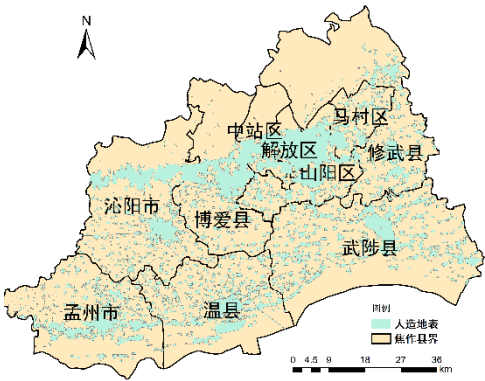
3. 结果

3.1. 体育设施及各影响因素空间分布

体育休闲服务设施是指能促进身体锻炼, 增强身体素质, 降低肥胖的器材或者场地, 如健身房, 游泳池等^[11]。体育锻炼在减肥中扮演了最主要的角色, 运动能有效降低体脂率即说明 BMI 指数与体育休

闲服务设施有明显相关性[12]。按照对 BMI 指数的潜在影响可能, 保留 POI 中体育休闲设施、公园、餐饮服务、人造地表、商务住宅等数据如图 1 所示, 删除 KTV、酒吧等无关数据, 以免影响回归方程。





(g) 焦作市人造地表分布

Figure 1. Spatial distribution of influencing factors
图 1. 各影响因素空间分布

3.3. 普通线性回归模型与地理加权回归模型性能对比

BMI 指数的表现也可能受到环境因素的不同程度影响如餐饮服务密度，住宅密度及公园分布等。人造地表与自然地理环境在吸引人进行体育锻炼方面也存在差异。住房密度，公园设施和人造地表等因素都会对 BMI 指数造成一定的影响，附加了上述变量来进行普通线性回归模型和地理加权回归模型的构建，结果表明：OLS 模型不能考虑到数据的空间分布特征，仅仅是数量统计特征，如表 2 所示。其中， R^2 和 $AdjustedR^2$ ^[13]反映模型的性能，取值为 0-1 之间，而 $AdjustedR^2$ 与真实数据相关联，更能对地理加权回归模型的性能进行评估^[14]。OLS 模型中的 $AdjustedR^2$ 小于 0.01，也就是说该模型不足以解释因变量中 1%的数据变化，可见该模型性能差。Koemker(BP)和 Jarque-Bera 的 P 值均大于 0.01，表示该模型具有统计学上的显著性。GWR 模型可以更好地解释 BMI 指数的变化特征，如表 3 所示。GWR 模型的 $AdjustedR^2$ 约为 0.59，可以解释因变量中约 59%的数据。GWR 模型的拟合效果在大于 0.5 的情况下表现出色，而 OLS 模型则在约 0.01 的范围内达到了最大值，这表明 GWR 模型能够有效地描述因变量和被解释变量之间的相互关系。

Table 2. OLS model output parameters
表 2. OLS 模型输出参数

R^2	$AdjustedR^2$		Koemker(BP)-P	Jarque-Bera-P
0.007 924	0.007 090		04.171 7	9 772.4 113

Table 3. GWR model output parameters
表 3. GWR 模型输出参数

R^2	$AdjustedR^2$		AIC	Sigma	Residual Squares
0.592	0.585 67		3 347.169 168	0.319 156 81	596.432 587 7

3.4. BMI 数值影响分析

3.4.1. GWR 拟合结果

地理加权模型结果如图 2 所示，地理加权模型的回归估计值提供了非常丰富的信息。分析发现各解释变量在不同空间位置对 BMI 数值的影响程度不同，解释变量的回归系数在空间上有明显的变化：图 2

(a)、图 2 (b) 是 GWR 模型中 BMI 真实值与预测值的分布状况, 发现真实值和预测值的数值范围和空间分布特征有明显的相似性; 图 2 (c) 是 GWR 模型残差, 反映模型性能, 残差值大多集中在-0.5~0.8 之间, 总体上模拟精度较高。LocalR² 表示局部 GWR 模型与真实值的拟合程; 图 2 (e) 可以看出, 较少区域的 LocalR² 值大于 0.4, 说明局部 GWR 模型性能不佳, 相应区域的 BMI 观测数据少、覆盖范围较小或为其原因; 图 2 (d) 是模型截距值的空间分布, 在一定情况下, 模型截距值表示焦作市 BMI 数值的平均值, 整体而言, 焦作市 BMI 数值北部最低, 西南部较低, 中间地区由西向东保持平稳, 东南部最高; 由图 2 (f) 可知, 大部分地区标准差在 0.316—0.318 之间, 说明模型拟合效果较为显著。

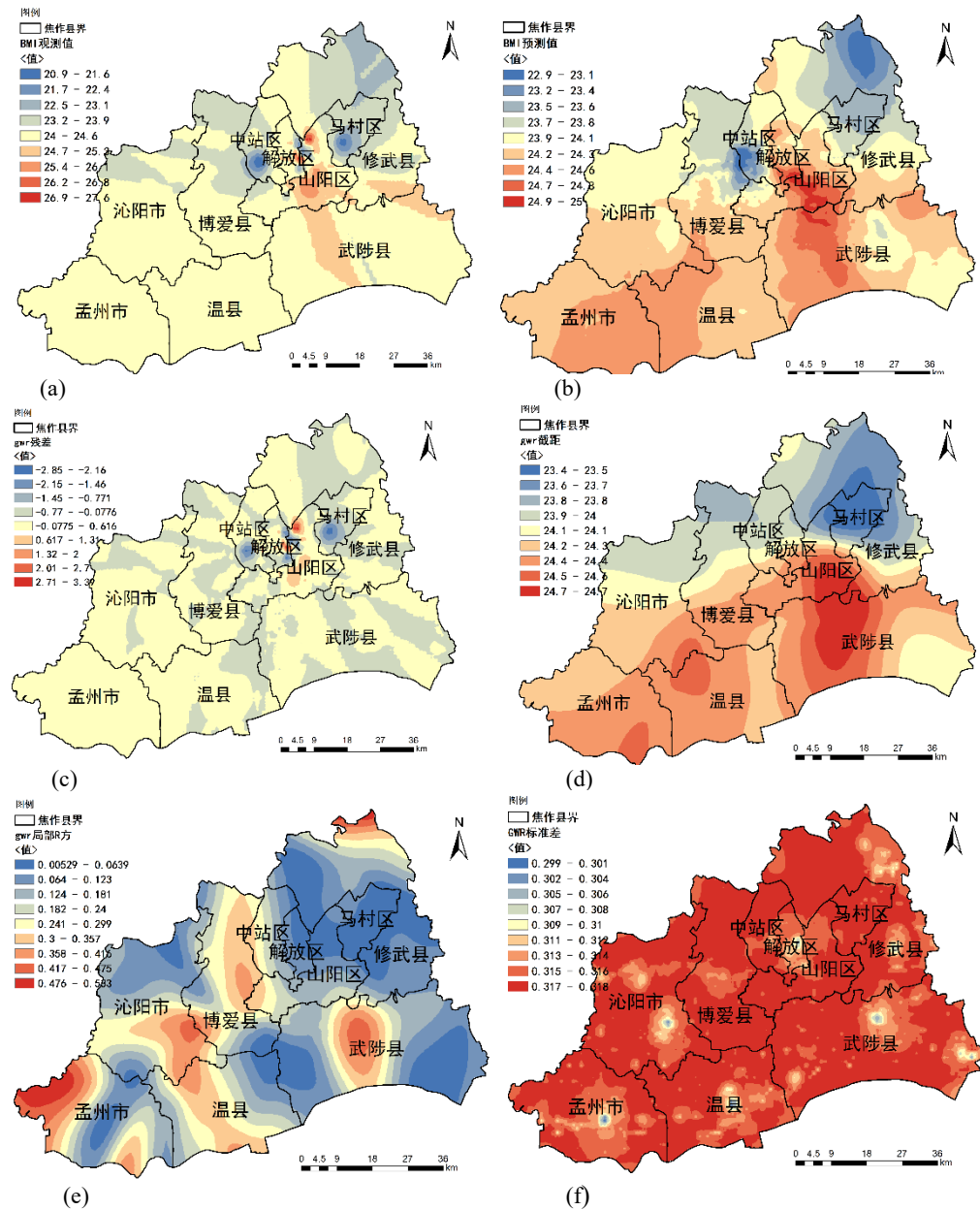


图 2. BMI 真实值、预测值、残差、截距、局部 R^2 、标准差

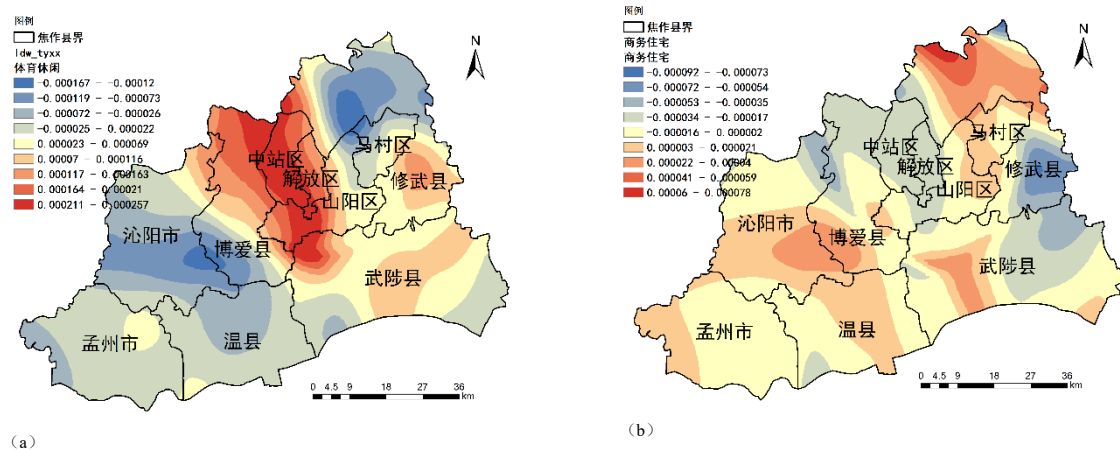
Figure 2. BMI true value, predicted value, residual, intercept, local R^2 , standard deviation

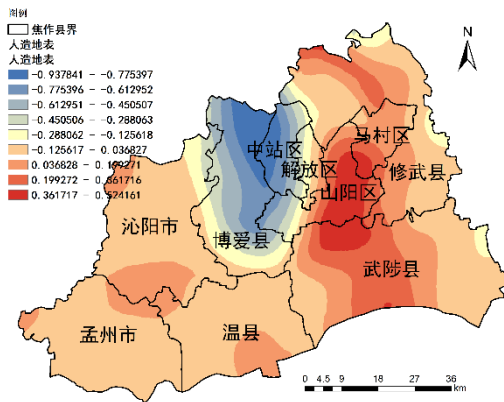
3.4.2. 各影响因素回归系数

回归系数, 作为解释变量与因变量之间关系强度和类型的指标, 具有重要的解释作用。它既反映了解释变量与自变量间的相互联系程度, 又体现着各因素在总体中的作用大小。如果回归系数呈现正值, 那么被解释的变量对因变量的影响将呈现出积极的趋势; 相反, 呈负向关系。关系强的, 回归系数比较大; 关系弱的回归系数趋近 0^[15]。图 3 为各解释变量的回归系数分布图, 表 4 为各因素回归系数统计表。图 3(a) 是体育休闲服务设施对应的回归系数在焦作市范围内的空间分布, 在焦作市的西南大部分地区, 回归系数为负, 而回归系数为正的区域集中在焦作市的北部中站区、解放区和山阳区西部形成的块状区域。图 3(d) 是焦作市公园回归系数。焦作市公园包括风景园林在焦作市中有重要的占比, 如云台山景区。因此体育休闲服务设施对应的回归系数需结合焦作市公园回归系数进行探究。图 3(b) 是商务住宅回归系数的空间分布, 大部分地区的回归系数为负值, 而在焦作市北部回归系数为明显的正值, 马村区、沁阳市和温县形成的带状区域、以及武陟县中部较为明显。图 3(c) 为人造地表回归参数图, 人造地表是指由于人类活动而产生的沥青, 混凝土, 沙石, 砖瓦, 玻璃等材料及其建材所覆盖的各种地表。与自然地面相比, 人造地表的运动减震、缓冲效果较强, 可能会让运动变得更加轻松, 人们可能会在人造地表上运动量减少, 导致能量消耗减少, 从而增加身体脂肪的累积, BMI 指数相应上升。同时由于人造地表缺乏视觉和情感上的刺激, 人们的运动意愿可能会下降, 从而降低人们的运动积极性, 最终导致 BMI 的升高。图 3(e) 为餐饮服务回归系数图, 其中大部分地区回归系数为正, 但是系数值低于 0.00001, 对 BMI 数值的影响十分小。

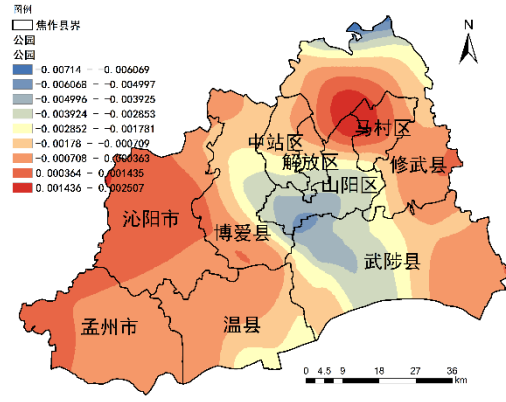
Figure 3. Inverse distance weighted results of each influencing factor

图 3. 各影响因素回归系数反距离加权分布图

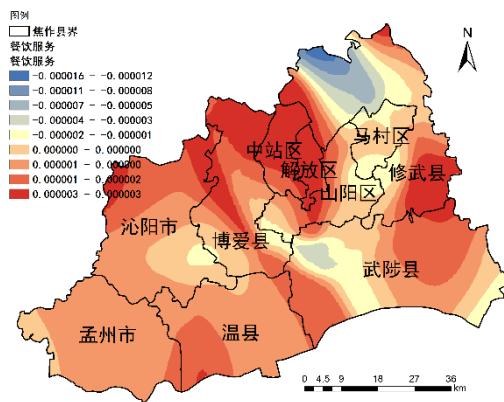




(c)



(d)



(e)

Table 4. Regression coefficients of various factors

表 4. 各影响因素回归系数表

	平均值	最大值	最小值	标准差
体育休闲	0.000 030	0.000 259	-0.000 168	0.000 087
公园	-0.000 852	0.002 514	-0.007 226	0.001 524
商务住宅	-0.000 004	0.000 078	-0.000 095	0.000 021
餐饮服务	0.000 000	0.000 003	-0.000 016	0.000 002
人造地表	-0.041 316	0.525 837	-0.938 320	0.266 583

4. 讨论

探讨 BMI 指数和体育休闲服务设施的相关性, 旨在为“如何可靠减少人群 BMI 指数”提供策略。若二者关联度较高, 则增设体育休闲服务设施或许有助于提高人民群众身体健康水平, 降低超重、肥胖发生率。相反, 若二者不具有相关性, 则增加体育休闲服务设施密度未必是独立的解决方案。以焦作市体质监测报告数据、POI 数据、土地利用数据及行政区划数据为基础数据, 详细分析焦作市成人 BMI 指数的空间分布, 并研究多种因素对 BMI 指数变化的影响作用。得到主要结论如下:

GWR 模型实现了更好的回归分析效果, 去除了异常数据、不相关数据, 确保了实验的准确性。根据监测报告计算 BMI 指数作为因变量, 以体育休闲服务设施密度、人造地表比例、公园密度、商务住宅密度、餐饮服务密度为解释变量, 运用 GWR 模型分析各个因素对 BMI 指数的影响程度, 同时构建了 OLS 模型与 GWR 模型进行对比, 发现 GWR 模型的分析结果精度更高。

体育休闲服务设施密度和 BMI 指数总体呈负相关。由体育休闲回归系数图可看出孟州市, 温县、沁阳市、马村区回归系数为负值, 说明体育休闲服务设施密度和 BMI 指数呈负相关。体育休闲设施越多, BMI 指数越低。但是, 中站区、解放区、修武, 武陟和山阳区的回归系数为正, 表示体育休闲服务设施和 BMI 指数成正相关, 体育休闲服务设施越多, BMI 指数也就越高。对比人造地表回归系数图以及商务住宅和人造地表分布图可以发现, 这些地区回归系数呈现正值是应为商务住宅密度高、人造地表密度高引起的。

人造地表可能对 BMI 指数有正向影响。由回归系数结果可知, 多数区域回归系数均为正值, 表明人造地表与 BMI 指数之间存在一定的正相关性, 而居民的城市生活方式还会造成很多不良健康后果, 例如压力、气污染、噪音污染、疲劳以及社交隔离, 这些都可能影响 BMI 指数的变化。中站区与博爱县以及解放区的人造地表回归系数均为负值, 主要是因为这些区域临近云台山景区, 由于在山区人口较少, 导致其区域内的回归系数为负。

分析餐饮服务回归系数图表明, 虽大部分地区呈正相关, 但是回归系数小于 0.00001, 对 BMI 指数并没有产生显著的影响。通过对比五种观测变量发现, 人造地表、公园、体育休闲服务设施对 BMI 指数影响最大; 商务住宅、餐饮服务对 BMI 指数影响较小。而人造地表、体育休闲服务设施和公园三者之间又具有较强的相关性。体育休闲服务设施和公园都可以促进人们锻炼身体, 而它们中的小广场、道路、体育场等又属于人造地表。综上所述, 人造地表对于 BMI 指数的影响可能依赖于许多复杂因素。

基金项目

河南省哲学社会科学规划项目 (2017BTY007); 河南省重点研发与推广专项 (192102310025)

参考文献

- [1] 郑鑫, 胡小琪. 孩子肥胖 注意你家的生活方式[J]. 家庭医学: 上半月, 2005(24):3.
- [2] AMTW ,AMJRV ,AS , et al.WHO European Childhood Obesity Surveillance Initiative 2008: weight, height and body mass index in 6-9-year-old children.[J].Pediatric obesity,2013,8(2):79-97.
- [3] Zheng Xili, Chen Xiaojian, Yu Lu, Li Caige.Impacts of Neighborhood Built Environment on Obesity and Related Behaviors: A Systematic Review and Meta-Analysis[J].China City Planning Review, 2022, 31(03):45-57.
- [4] 王娇娇, 谢阳, 万宇辉, 陶芳标.社区建成环境与儿童青少年肥胖的关联研究进展[J].中国学校卫生, 2023, 44(01):147-151.DOI:10.16835/j.cnki.1000-9817.2023.01.033.
- [5] 赵新正, 张得康, 高玮, 李磊, 李同昇, 董欣, 朱菁.健康社区研究与规划建设综述[J].人文地理, 2023, 38(02):1-9.DOI:10.13959/j.issn.1003-2398.2023.02.001.
- [6] 无.BMI 身体质量指数[J].少儿科学周刊(少年版),2012,(12):14.
- [7] 张伋, 马军, 李百惠, 等.基于 BMI 判定超重肥胖 4 个标准的比较[J].中国学校卫生, 2009, 30(03):207-210.
- [8] Brunsdon, C. E, Fotheringham, A. S. and Charlton, M. E., 1999. Some notes on parametric significance test for geographically weighted regression. Journal of Regional Science, 39 (3): 497 - 524.
- [9] Tasyurek M ,Celik M .RNN-GWR: A geographically weighted regression approach for frequently updated data[J].Neurocomputing,2020,399(prepublish):258-270.
- [10] 禹文豪, 艾廷华, 杨敏, 等.利用核密度与空间自相关进行城市设施兴趣点分布热点探测[J].武汉大学学报(信息科学版), 2016, 41(02):221-227.DOI:10.13203/j.whugis20140092.
- [11] 刘自豪.全民健身视角下休闲体育公共服务高质量发展的对策研究[C]//国际班迪联合会 (FIB), 国际体能协会 (ISCA), 中国班迪协会 (CBF). 2024 年第二届国际体育科学大会论文集.重庆师范大学体育学院, 2024:1035-1038.
- [12] 潘道雍, 刘永光, 李瑞.我国肥胖大学生体育锻炼减肥效果的 meta 分析[J].喀什大学学报, 2021, 42(03):82-86+120.
- [13] Adjusted R²[EB/OL].<https://corporatefinanceinstitute.com/resources/data-science/adjusted-r-squared/>
- [14] 彭挺, 周涛, 蔡晓禹. 基于属性加权回归的组团式城市轨道交通进出站客流预测模型研究[J]. 交通运输系统工程

程与信息, 2023, 23(1):12.

[15] 卢宾宾, 葛咏, 秦昆, 等. 地理加权回归分析技术综述[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2020, 45(09): 1356-1366.