

中国 HIV/AIDS 发病率时空分异和宏观影响因素研究

刘晟^{1,2}, 周丙锋³, 谢新水⁴, 刘珊珊⁵

1. 安徽大学商学院, 安徽 合肥 230031; 2. 安徽大学经济学院, 安徽 合肥 230031;

3. 首都师范大学资源环境与旅游学院, 北京 100048; 4. 首都师范大学管理学院; 5. 首都师范大学化学系

摘要:目的 本文使用 2005—2018 年 HIV/AIDS 发病率监测数据, 对其空间特征和影响因素进行研究, 为科学有序、可持续、精准的区域化防控策略提供支撑。方法 首先使用空间自相关方法探讨其时空分异特征, 然后采用时空地理加权回归(GTWR)对影响因素进行研究。结果 2005 年以来, HIV/AIDS 疫情的总体传播速度不断加快, 且具有明显的空间差异性, 表现为非均衡增长; 2011 年以后, 非均衡增长加速, 各省份 HIV/AIDS 疫情集聚趋势更加明显, 空间近邻效应比较明显, 在博台线以下区域有内部拓展趋势。经济、交通、医疗和教育共同影响 HIV/AIDS 发病率时空演变格局。经济因素对 HIV/AIDS 蔓延的影响程度较大, 但总体在逐渐减弱。交通因素在博台线以上的大部分区域, 为正向高值区域, 且基本保持在平稳水平。医疗因素对 HIV/AIDS 发病率的影响明显, 但呈逐渐减弱的趋势。教育因素对 HIV/AIDS 发病率影响较大, 且影响力基本稳定。结论 从时空数据挖掘视角, 分析 HIV/AIDS 发病率时空分异特征和近邻效应, 探讨了经济、交通、医疗和教育因素对 HIV/AIDS 发病率的影响, 有利于大众从新视角直观地认识 HIV/AIDS, 对于控制 HIV/AIDS 疫情, 优化配置公共卫生资源, 都有重要的借鉴意义。

关键词: HIV/AIDS; 时空分异; 影响因素; 主成分分析; 时空地理加权回归

中图分类号: R512.91 文献标志码: A 文章编号: 1003-8507(2024)01-01-07

DOI: 10.20043/j.cnki.MPM.202309397

Study on spatial-temporal differentiation and macro influencing factors of HIV/AIDS incidence in China

LIU Sheng*, ZHOU Bing-feng, XIE Xin-shui, LIU Shan-shan

*Business School of Anhui University, Hefei, Anhui 230031, China

Abstract: Objective To study the spatial characteristics and influencing factors of HIV/AIDS incidence in China based on surveillance data from 2005 to 2018, to provide support for scientific, orderly, sustainable, and accurate regional prevention and control strategies. **Methods** The spatial autocorrelation method was used to explore the characteristics of spatial-temporal differentiation, and then geographically and temporally weighted regression (GTWR) was used to investigate the influencing factors. **Results** Since 2005, the overall spread speed of the AIDS epidemic was accelerating and showed obvious spatial differences demonstrated by unbalanced growth. After 2011, the unbalanced growth accelerated, and the agglomeration trend of the AIDS epidemic in various provinces became more obvious. The spatial nearest neighbor effect was more obvious, and there was an internal expansion trend in the areas below the Bole-Taipei line. Economy, transportation, health care, and education jointly affected the temporal and spatial evolution pattern of HIV/AIDS incidence. Economic factors had a great impact on the spread of AIDS, which was gradually weakening. Most of the traffic factors above the Bole-Taipei line were positive high-value areas and basically remained at a stable level. The influence of medical factors on the incidence of HIV/AIDS was obvious, but it tended to weaken gradually. Educational factors had a great influence on the incidence of HIV/AIDS, and the influence was basically stable. **Conclusion** From the perspective of spatial-temporal data mining, the spatial-temporal differentiation characteristics and neighborhood effects of the incidence of HIV/AIDS are analyzed, and the effects of economic, transportation, medical, and educational factors on the incidence of HIV/AIDS are discussed. This study helps the public understand AIDS visually from a new perspective and has important reference significance for controlling AIDS epidemic and optimizing the allocation of public health resources.

Keywords: HIV/AIDS; Spatial-temporal differentiation; Influencing factors; Principal component analysis; Spatial-temporal geographically weighted regression

基金项目: 国家社科基金重大项目(21ZDA112)

作者简介: 刘晟(1976—), 女, 硕士, 副教授, 研究方向: 新型城镇化与公共管理

通信作者: 周丙锋, E-mail: Zbf@cnu.edu.cn

联合国把 HIV/AIDS 列为 2030 年 17 个可持续发展目标之一。当前对于 HIV/AIDS 的研究主要聚焦在病因学、流行病学、临床特征、预防控制和医疗救

治等方面^[1],忽略了 HIV/AIDS 传播的空间属性,从而导致信息丢失。空间流行病学相关研究表明:传染病的产生、传播、空间分布与地理空间位置有密切关系, GIS 是研究与地理空间位置相关主题的利器。

近年来,已有许多学者运用 GIS 相关空间分析方法,对 HIV/AIDS 发病率的分布特征和影响因素进行了研究,对促进 HIV/AIDS 防控工作具有重要意义。当前研究存在以下问题:(1)部分研究探讨了某个地区和截面数据 HIV/AIDS 发病率时空分布特征。其局限性在于,前者的研究仅代表某个局部区域的空间分布规律,无法掌握全国尺度的空间分布特征^[2-6],后者无法从时序上动态掌握 HIV/AIDS 发病率演变规律^[7]。(2)对 HIV/AIDS 发病率影响因素研究,主要采用地理加权回归法(GWR)和地理探测器等方法,在一定程度上解决了 HIV/AIDS 发病率空间异质性和空间效应的问题,但没有考虑时间维度,无法解决时间尺度上的不平稳性^[5,7-9]。(3)对于 HIV/AIDS 发病率时空分异和影响因素的可视化,仅以研究单元为边界绘图,割裂了 HIV/AIDS 传播的连续性^[1,4,10-11]。(4)大多数关于 HIV/AIDS 发病率研究以统计描述为主,主要运用 GIS 绘制 HIV/AIDS 发病率分布图,或运用空间自相关分析其空间集聚特征,虽然能揭示该区域 HIV/AIDS 发病率的分布特征,但在探究空间 HIV/AIDS 发病率驱动机制方面,缺乏实证分析,可能直接影响研究成果的可靠性、科学性和实践价值。

因此,本文以 2005—2018 年全国省级尺度 HIV/AIDS 发病率数据和影响因素数据为基础,采用空间自相关方法(莫兰指数, Moran *I*),探讨 HIV/AIDS 发病率的时空分异。采用 GTWR 定量揭示了经济、交通、医疗和教育四个影响因素,对 HIV/AIDS 发病率的影响。本文的边际贡献在于两个方面:(1)从时序上动态研究各影响因素的对 HIV/AIDS 发病率的影响,解决了在时空上的不平稳性;(2)“一图胜千言”,由于 HIV/AIDS 传播在空间上存在连续性,采用空间插值算法,可以将相关结果辅以直观、有效和生动的地图呈现出来。

1 数据与方法

1.1 数据来源 HIV/AIDS 发病率监测数据来源于公共卫生科学数据中心网站(<http://www.phsciencedata.cn>),其中 HIV/AIDS 发病率 = 病例数 / 统计人口 × 10 万。由于受公共卫生科学数据中心数据发布的限制,仅搜集到 2005—2018 年我国 31 个省、自治区、直辖市(不包括香港特别行政区、澳门特别行政区、台湾地区)的 HIV/AIDS 发病率监测数据。影响 HIV/AIDS 发病率潜在因素的 12 个指标数据来源于 2005—

2018 年《中国统计年鉴》和各省《统计年鉴》。

1.2 研究方法

1.2.1 空间自相关分析法 空间自相关分析经常用于刻画研究对象的空间分布特征,全局自相关常用于描述研究对象在整个区域的聚集特征^[12-13]。本文运用局部莫兰指数(Global Moran *I*)计量研究 2005—2018 年中国 HIV/AIDS 发病率的局部空间聚集特征,对发病率的分布特征和空间异质进行识别。热点分析(Getis-Ord *G_i^**)用于进一步分析 HIV/AIDS 发病率的局部空间自相关特征^[14]。

1.2.2 主成分分析法 主成分分析法是基于数学降维的思想,将原本相关性很高的变量,重新整合成少数几个新的综合指标变量,来表征原来的变量,并且使这些新的综合指标变量能够尽可能多地保持原有变量的信息特征,它们之间彼此间又不相关^[15]。

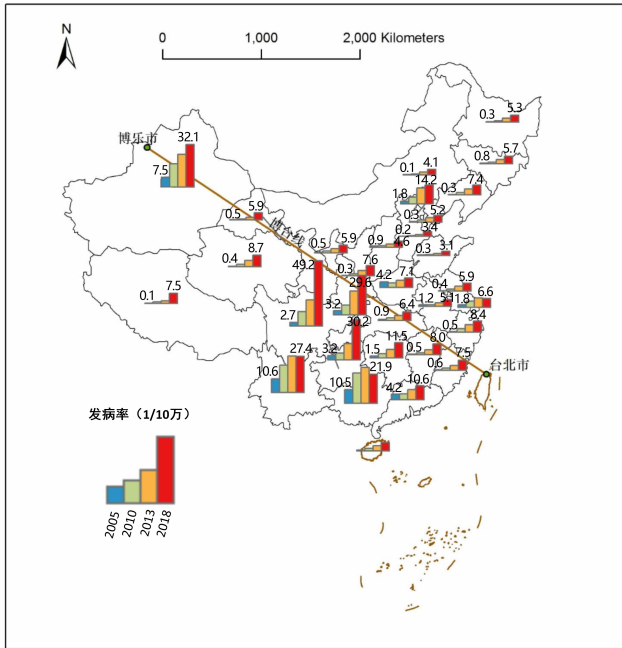
本文根据已有文献的研究成果,将潜在影响因素分为经济水平、交通运输、医疗保健和教育水平四大类。(1)经济水平被广泛认为是影响人们就医和体检负担能力的重要因素。本文选择人均 GDP(元)、居民人均可支配收入(元)、居民人均消费支出(元)等三个因子,来表征经济水平。(2)基于交通运输的人口流动和毒品走私,是影响 HIV/AIDS 传播、诊断和预防的重要因素。本文选择旅客运量(万人)、公路铁路里程(公里)、旅客周转量(亿人公里)等三个因子,来表征交通发展水平。(3)医疗卫生资源是应对流行病传播和预防的重要手段。本文选择卫生医疗机构数、床位数和医疗卫生机构门诊服务情况等三个因子,表征医疗保健水平。(4)教育程度是是流行病学传播的一个显著因素。本文选择本专科在校学生人数、普通高中在校学生人数、教育经费(万元)等三个因子表征教育水平。

1.2.3 时空地理加权回归(GTWR)模型 GTWR 同时考虑了空间和时间异质性,弥补了 GWR 只考虑空间影响的缺点^[16]。本文采用 GTWR 模型探究中国 HIV/AIDS 发病率影响因素。本文采用自适应带宽,即按照修正后的赤池信息量(AICc)作为带宽选取和模型抉择的判定标准。

2 结果

2.1 HIV/AIDS 发病率现状 如图 1 所示,2005—2018 年,大部分省份的 HIV/AIDS 发病率逐渐增长,并各省份差异明显。从空间分布来看,以博台线^[17]为界,博台线下方即中国西南部的云南、贵州、广西、四川和西北部的新疆,发病率较高;博台线上方除了北京外,其他省份发病率相对较低且增速相对稳定。从时间发展来看,博台线下方区域发病率存在较大差

异,广西和云南存在下降趋势,其他省份发展速率相对较高。贵州、重庆和四川的 HIV/AIDS 发病率仍处于快速增长阶段,尤其是四川增长速度明显。



注:底图源于国家地理信息公共服务平台,审图号为GS(2019)1825号。

图 1 2005、2010、2013 和 2018 年 HIV/AIDS 发病率的时空分布

Figure 1 Temporal and spatial distribution of HIV/AIDS incidence in 2005, 2010, 2013, and 2018

本文按照自然间断点分级法,将 HIV/AIDS 发病率分为 5 级,利用 ArcGIS10.2 软件,对各省份的发病率进行可视化分析。从图 2 可见,从全国尺度上看,2005—2018 年 HIV/AIDS 发病率呈现出整体上升,局部严重的特征,且由少数几个区域集聚,逐步向全国拓展的态势。其中,云南、广西和新疆一直为 HIV/AIDS 高发集聚区。尽管,西南部其他省份有所波动,但四川、重庆和贵州等仍是流行区。随着 HIV/AIDS 的蔓延,西北部和西南部基本连成一片,整个博台线以下构成了疫情流行带,并存在加快越过博台线的趋势。

2.2 HIV/AIDS 发病率的时空分异特征

(1)全局空间自相关 使用 ArcGIS10.2 软件,对中国 HIV/AIDS 发病率进行空间自相关分析,得到全局 Moran I 的统计量,如图 3 所示,所有值都大于 0。其中,2006 年 P 值没有显著的统计学意义,即没有探测到 HIV/AIDS 发病率的全局空间自相关特征。从 2007 年开始, P 值都小于 0.05(通过了 95%的置信度校验), Z 值都为正值,都大于 1.65(拒绝零假设),表明 HIV/AIDS 发病率已经具有空间集聚态势。特别是从 2012—2016 年,全局 Moran I 从 0.213 快速上升到 0.378,表明全国各省份的 HIV/AIDS 发病率集聚趋势越加明显、集聚程度加深。

(2)局部空间自相关 为了进一步探究各省份及周边省份 HIV/AIDS 发病率的空间相关性和差异,本文使用 2005、2008、2011、2013 和 2018 年 HIV/AIDS 发病率进行局部空间自相关分析,并使用 GeoDa 软件绘制 Moran I 分析结果散点图。从图 3 可以看出,HIV/AIDS 发病率的局部 Moran I (0.175、0.201、0.246、0.247、0.292、0.340) 增加趋势明显,散点主要落在第一和第三象限,即高-高聚合,低-低聚合,区域具有明显空间聚集性。

2.3 影响因素的主成分分析 从经济生活、交通运输、医疗卫生和教育程度四个维度的 12 个指标,分别提取一个主成分。经济生活维度方差贡献率为 96.92%;交通运输维度方差贡献率 81.94%;医疗卫生维度方差贡献率为 87.48%;教育程度维度方差贡献率为 90.89%。另外,原始指标均对其主成分载荷较大,表明这四个主成分对原始指标的解释较为充分。通过 KMO 校验,KMO 的值全部大于阈值 0.5,说明变量之间是存在相关性,符合要求。通过 Bartlett 球形检验,结果 Sig 值全部小于 0.05,说明变量指标数据可以进行因子分析。

2.4 HIV/AIDS 发病率的影响因素时空变化 全局 Moran I 结果表明,2007—2018 年中国 31 个省份的 HIV/AIDS 发病率具有空间相关性;通过 GTWR 结果的相关参数值,其中, $R^2=0.89$ 与校正后的 $R^2=0.88$,从拟合优度和表中其他参数来看,该 GTWR 回归模型能够较好地测算出解释变量对被解释变量的影响。见表 1。

表 1 GTWR 模型回归的相关参数

Table 1 Relevant parameters of GTWR model regression

模型参数	Residual Squares	Sigma	AICc	R^2	Adjusted R^2	Spatio-temporal Distance Ratio	Trace_of_SMatrix
值	1302.14	2.89	866.23	0.89	0.889	0.27	35.26

运用 ArcGIS10.2 软件计算回归系数后,对其进行简单的克里金插值,结果如图 4 所示。不同时期各

影响因素对 HIV/AIDS 发病率的影响,存在空间分异情况。

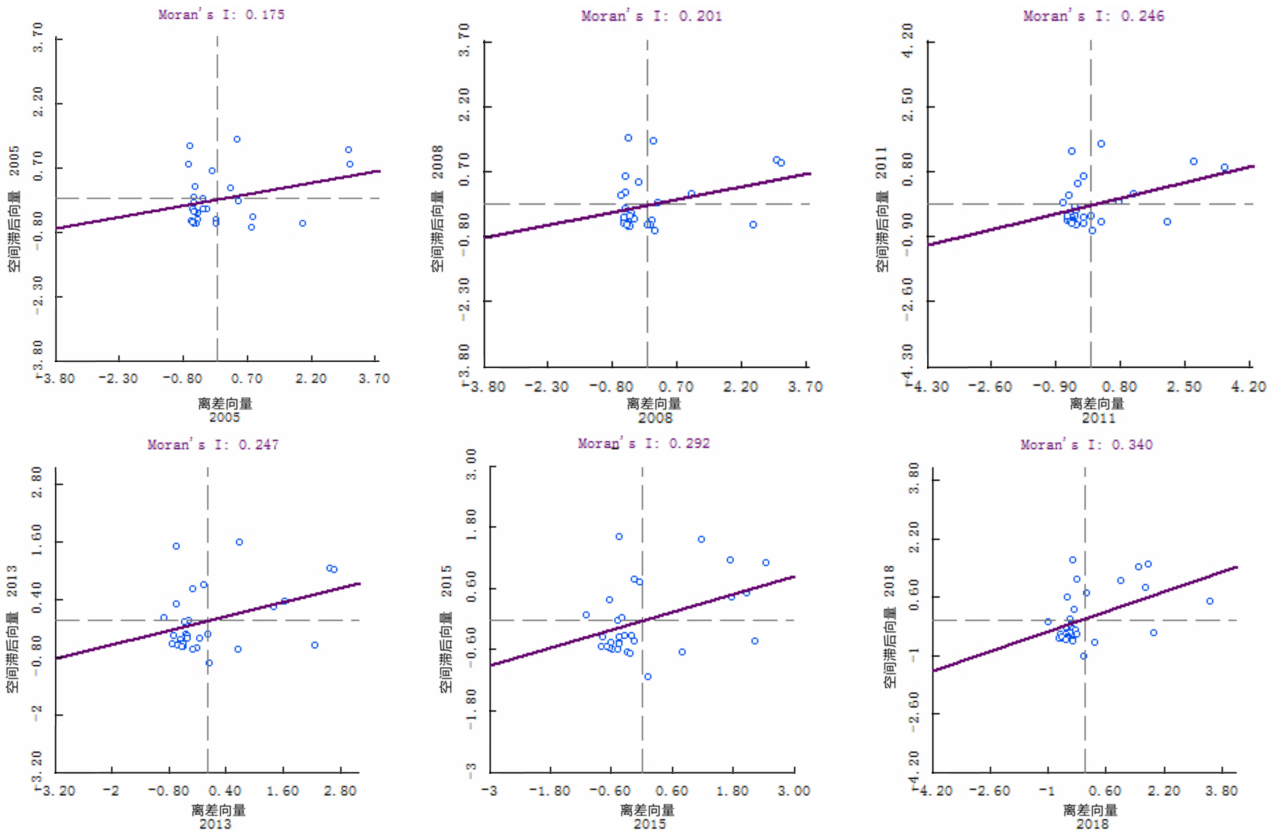


图 2 2005—2018 年 HIV/AIDS 发病率的莫兰指数散点图

Figure 2 Scatter plot of the Moran index for HIV/AIDS incidence from 2005 to 2018

(1)经济生活要素。经济生活因素 HIV/AIDS 蔓延的影响力略有波动。总体上看是逐渐减弱,回归系数范围为(17.03,16.80)。其中,西北部经济越发达、发病率越高,西南部反之;中东部受经济因素的影响较小。2013—2018 年期间,正向高值区域主要分布在中国西北地区,且正向高值区域以新疆为中心逐渐缩小。负向高值区域主要分布在中国的西南地区,负向高值区域相对比较稳定。回归系数绝对值较低的区域主要包括博台线以上的区域。在这些区域,经济生活因素对 HIV/AIDS 发病率影响较小。

(2)交通运输因素。该要素对 HIV/AIDS 疫情蔓延的主要影响如下。博台线以上的大部分区域为正向高值区域,西北部地区是回归系数绝对值较低的区域,即前者交通越发达、发病率越高,后者是交通越发达、发病率低,并且基本保持在一个平稳的水平,回归系数为(-25.57,12.5)。博台线以下的区域波动较大,2013 和 2014 年负向高值区域仅存在西南的云南省、广西、贵州省和四川省南部等省份;2015 和 2016 年负向高值区域重心逐步向北移动,基本接近博台线。2018 年,负向高值区域基本扩展到了中国这个中西部地区。

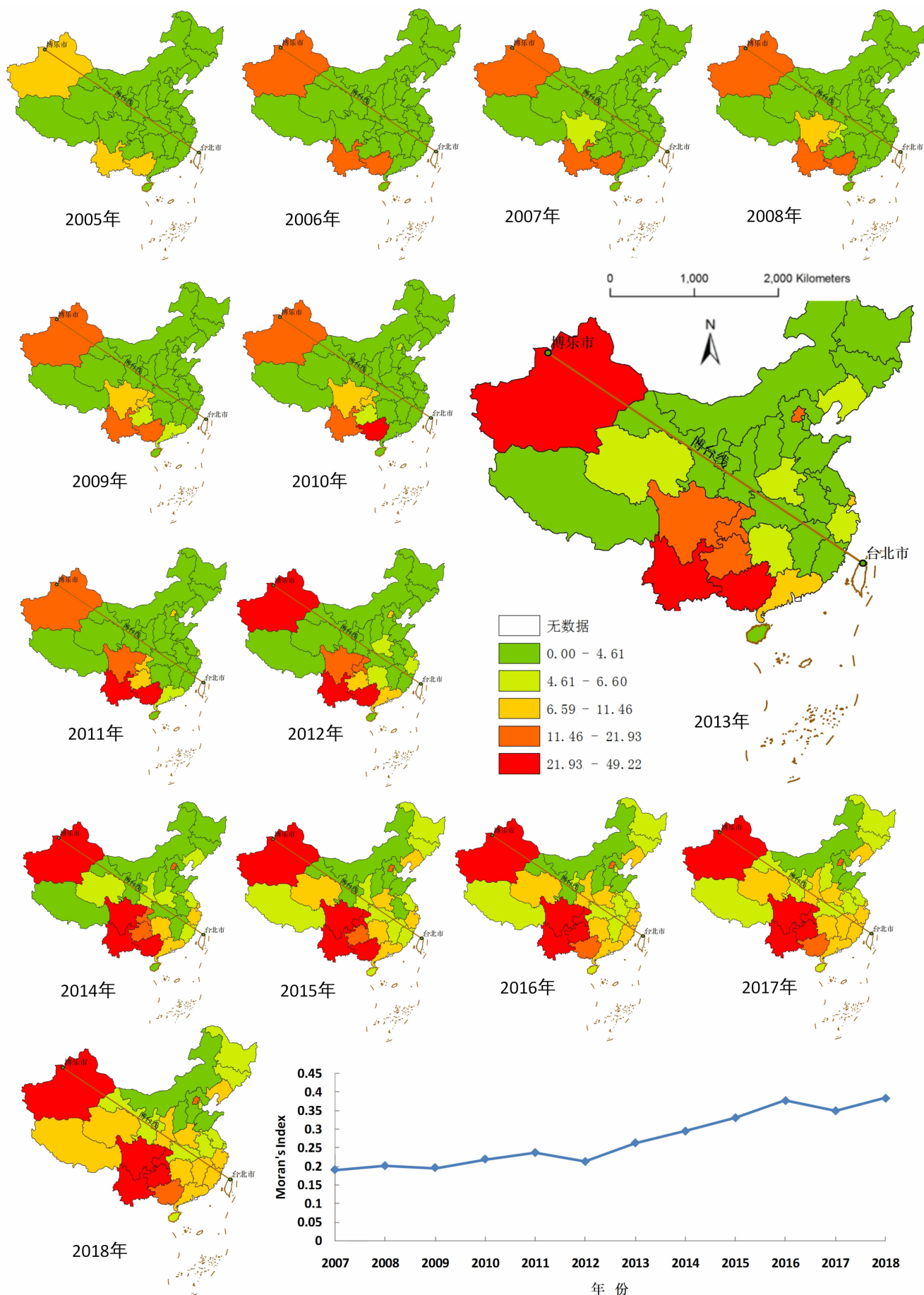
(3)医疗卫生因素。该要素对 HIV/AIDS 扩散的影响明显的呈逐渐减弱的趋势,回归系数为

(-22.22, 29.22)。中国西部地区医疗条件越好,发病率越低,中西部反之;东部地区受医疗条件的影响较小。正向高值区域 2013—2016 年基本涵盖了广东至内蒙古西部直线的沿线区域。负向高值区域 2013—2016 年包括中国西部大部分区域,2018 年缩减为新疆、西藏和甘肃省西部边缘地区。回归系数绝对值较低的区域,从中国东北地区和长江三角洲地区,逐步扩大到中国南部地区。

(4)教育程度。该因素对 HIV/AIDS 扩散的影响基本处于稳定水平,回归系数为(-30.84,49.14)。在中国西部地区教育水平越高,HIV/AIDS 发病率越高,东部反之。正向高值区域主要集中在西部几个省份。负向高值区域范围较小,仅包括宁夏,陕西北部和内蒙古西部的一小部分。其他部分都是回归系数绝对值较低的区域。

3 结 论

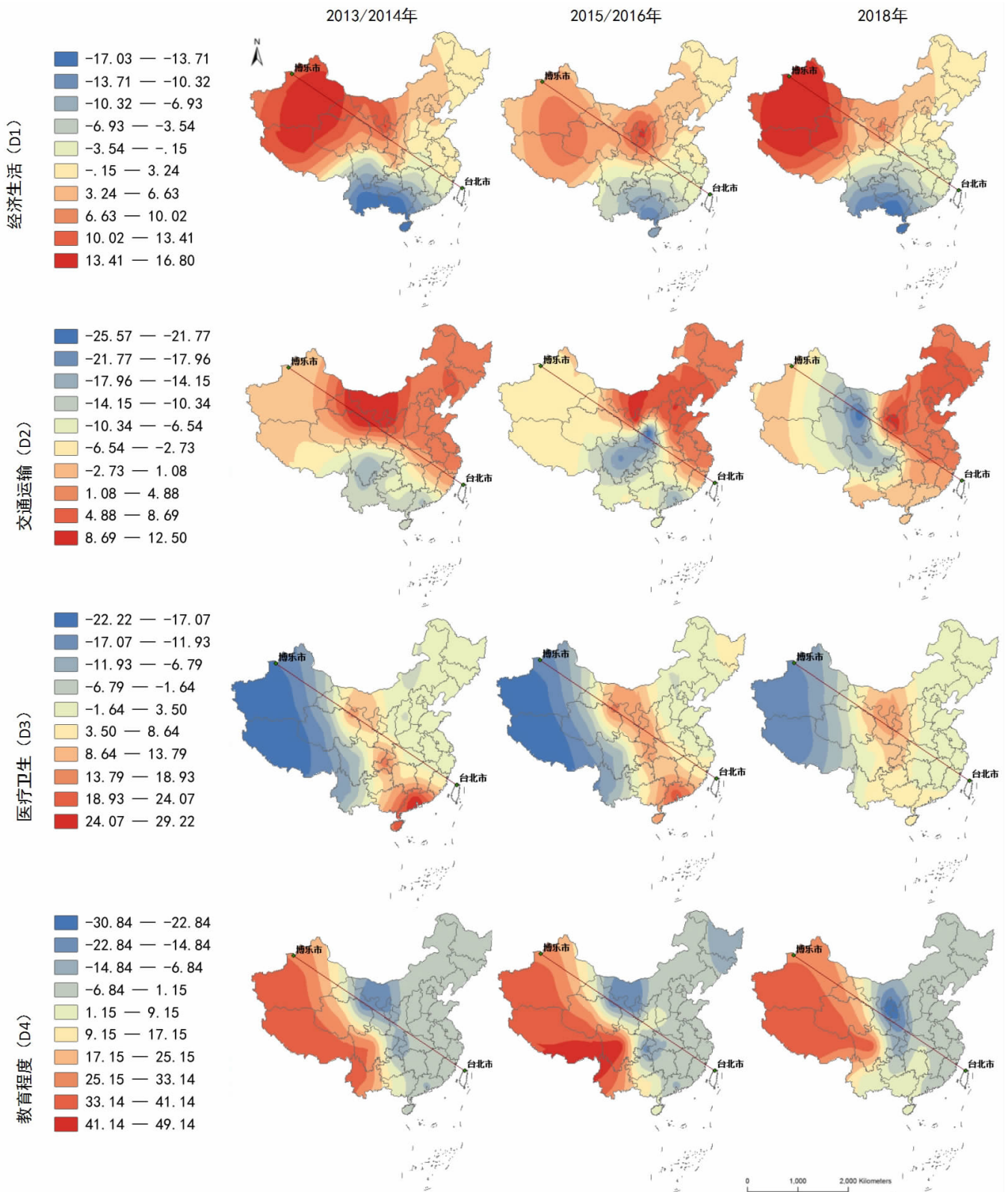
3.1 2005 年以来 HIV/AIDS 疫情蔓延程度呈稳步增长态势 以 2011 年时间界限,蔓延速度由低速均衡增长,向高速不均衡增长发展,空间差异逐渐扩大。除北京外,博台线以上地区的其他省份增长速度比较稳定;博台线以下区域,广西和云南存在下降趋势,其他省份呈快速增长趋势。



注:底图源于国家地理信息公共服务平台,审图号为GS(2019)1825号。

图3 2005—2018年HIV/AIDS发病率时空变化及全局空间自相关指数

Figure 3 Temporal and spatial changes of HIV/AIDS incidence and global spatial autocorrelation index from 2005 to 2018



注:底图源于国家地理信息公共服务平台,审图号为GS(2019)1825号。

图4 HIV/AIDS 发病率影响因素回归系数时空分布

Figure 4 Spatial and temporal distribution of regression coefficients of factors affecting the incidence of HIV/AIDS

3.2 HIV/AIDS 疫情发展的空间近邻效应比较明显 全国各省份 HIV/AIDS 疫情集聚趋势越加明显,集聚程度加深,西南部的贵州省、云南省、广西和西北部的新疆为热点高值集聚区,且博台线以下区域存在内部

拓展趋势。华北和东北地区为冷点低值集聚区,部分区域集聚程度有所波动,且存在向外扩展的趋势^[18]。

3.3 经济、交通、医疗和教育共同影响 HIV/AIDS 疫情时空演变 经济生活因素对 HIV/AIDS 蔓延影响

较大,但总体上逐渐减弱。在博台线以上的大部分区域,交通运输因素为正向高值区域,且基本保持在平稳水平。医疗卫生因素对 HIV/AIDS 疫情扩散的影响明显呈逐渐减弱的趋势。教育程度影响因素对 HIV/AIDS 扩散的影响基本处于一个稳定的水平,但 HIV/AIDS 发病率影响较大。

利益冲突声明 本研究不存在任何利益冲突

参考文献

- [1] 杨尧,李功权. 中国近年艾滋病空间分布及影响因素分析[J]. 中国艾滋病性病,2018,24(12):1208-1211.
Yang Y, Li GQ. Spatial distribution and influencing factors of AIDS in China in recent years [J]. Chinese Journal of AIDS & STD, 2018, 24(12): 1208-1211.
- [2] 李明丽. 空间分析技术在广西 HIV/AIDS 地理分布特征及其影响因素中的应用研究[D]. 南宁:广西医科大学,2015.
Li ML. Application of spatial analysis technology in the geographical distribution characteristics and influencing factors of HIV/AIDS in Guangxi[D]. Nanning: Guangxi Medical University, 2015.
- [3] 赵亚栋. 甘肃省 2010-2019 年艾滋病流行特征及空间聚集性研究[D]. 兰州:兰州大学,2021.
Zhao YD. Study on HIV/AIDS epidemic characteristics and spatial clustering in Gansu Province from 2010 to 2019 [D]. Lanzhou: Lanzhou University, 2021.
- [4] 赵亚栋,王晓蕊,王斌,等. 甘肃省 2016-2018 年法定报告性传播疾病空间分布特征及聚集性分析 [J]. 中国艾滋病性病, 2021, 27(3):237-241.
Zhao YD, Wang XR, Wang B, et al. Spatial distribution and clustering of notifiable sexually transmitted diseases in Gansu province from 2016 to 2018 [J]. Chinese Journal of AIDS & STD, 2021, 27(3): 237-241.
- [5] Xiao CH, Jike CN, Liu DP, et al. The changing modes of human immunodeficiency virus transmission and spatial variations among women in a minority prefecture in southwest China: An exploratory study[J]. Medicine, 2020, 99(6): e18776.
- [6] 施雅莹,陈思琪,何勤英,等. 2010-2020 年成都市 50 岁及以上 HIV/AIDS 空间聚集性 [J]. 中华疾病控制杂志,2022,26(12):1384-1388.
Shi YY, Chen SQ, He QY, et al. Spatial clustering of HIV/AIDS aged 50 years and above in Chengdu, China from 2010 to 2020 [J]. Chinese Journal of Disease Control, 2022, 26(12): 1384-1388.
- [7] 王莹. 2013 年中国 HIV/AIDS 空间分布及主要社会经济影响因素[D]. 郑州:郑州大学,2016.
Wang Y. Spatial distribution of HIV/AIDS and its main socio-economic influencing factors in China in 2013 [J]. Zhengzhou: Zhengzhou University, 2016.
- [8] 邢健男. 我国吸毒者艾滋病感染的空间特点及影响因素分析 [D]. 北京:中国疾病预防控制中心,2014.
Xing JN. Spatial characteristics and influencing factors of HIV/AIDS infection among drug users in China [D]. Beijing: Chinese Center for Disease Control and Prevention, 2014.
- [9] Zhang YW, Wang XF, Li YF, et al. Spatiotemporal analysis of influenza in China, 2005-2018 [J]. Scientific Reports, 2019, 9(1): 19650.
- [10] 张永树,杨振凯,訾璐,等. 中国艾滋病空间格局和时空演化分析[J]. 地球信息科学学报,2020,22(2):198-206.
Zhang YS, Yang ZK, Zi L, et al. Spatio-temporal Evolution of the AIDS Pattern in China[J]. Journal of Geo-Information Science, 2020, 22(2): 198-206.
- [11] Qian S, Guo W, Xing J, et al. Diversity of HIV/AIDS epidemic in China: a result from hierarchical clustering analysis and spatial autocorrelation analysis [J]. AIDS (London, England), 2014, 28(12): 1805-1813.
- [12] Moran P. The interpretation of statistical maps[J]. Journal of the Royal Statistical Society, 1948, 10(2): 243-251.
- [13] 朱伶俐,任红艳,丁凤,等. 陕西省 HFRS 疫情时空分异特征及影响要素研究[J]. 地球信息科学学报,2020,22(5):1142-1152.
Zhu LL, Ren HY, Ding F, et al. Spatiotemporal differentiation and influencing factors of HFRS epidemic in Shaanxi Province[J]. Journal of Geo-Information Science, 2020, 22(5): 1142-1152.
- [14] Moraga P, Montes F. Detection of spatial disease clusters with LISA functions[J]. Statistics in Medicine, 2011, 30(10): 1057-1071.
- [15] 陈旋,叶俊,译. 实用多元统计分析[M]. 第 6 版. 北京:清华大学出版社,2008.
Chen X, Ye J. Practical multivariate statistical analysis [M]. 6th ed. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [16] Ren YF, Fang CL, Li GD. Spatiotemporal characteristics and influential factors of eco-efficiency in Chinese prefecture-level cities: A spatial panel econometric analysis [J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 260: 120787.
- [17] 方创琳. 博台线 -- 中国区域发展均衡线的重要功能与建设构想[J]. 地理学报,2020,75(2):211-225.
Fang CL. The important function and construction idea of Botai Line: China's regional development equilibrium line [J]. Acta Geographica Sinica, 2020, 75(2): 211-225.
- [18] 刘萌萌,黄晓军,常文辉,等. 中国艾滋病分布时空演化及影响因素研究[J]. 中国卫生统计,2020,37(1):116-120.
Liu MM, Huang XJ, Chang WH, et al. Spatial and temporal evolution of HIV/AIDS distribution and its influencing factors in China [J]. Chinese Journal of Health Statistics, 2020, 37(1): 116-120.

收稿日期:2023-09-20