

山东省新型冠状病毒肺炎疫情空间分异

戴怡昕, 秦 鹏*

青岛农业大学资源与环境学院, 山东 青岛

Email: *qinpeng@qau.edu.cn

收稿日期: 2021年4月16日; 录用日期: 2021年5月17日; 发布日期: 2021年5月24日

摘 要

新型冠状病毒肺炎目前仍呈现全球大流行趋势, 在中国疫情基本结束的情况下, 科学探究疫情空间分异特征, 对当前国际第二波疫情具有指导意义。基于截至2020年4月16日24时山东省各县(市、区)病例数据, 在区县尺度上对病例数进行空间自相关分析。结果显示: 山东省疫情经历了爆发、有效控制和稳定的发展过程, 累计报告确诊病例763例, 病例遍布山东省137个县(市、区)中的99个, 覆盖比例达72.26%, 各县域疫情空间分布差异明显; 山东省疫情呈现空间极化特性, 部分区县呈现空间扩散特点, 热点区域主要集中于济宁市。由此可知, 新型冠状病毒肺炎在山东省存在明显空间分异性, 预防和控制传播的措施也应因地制宜。

关键词

空间自相关, 地理探测, 新型冠状病毒肺炎, 山东省

Spatial Distribution of COVID-19 in Shandong Province, China

Yixin Dai, Peng Qin*

School of Resources and Environment, Qingdao Agricultural University, Qingdao Shandong

Email: *qinpeng@qau.edu.cn

Received: Apr. 16th, 2021; accepted: May 17th, 2021; published: May 24th, 2021

Abstract

COVID-19 is still showing the trend of global pandemic. With the end of the epidemic situation in China, it is instructive for current international second wave of epidemic to scientifically explore

*通讯作者。

文章引用: 戴怡昕, 秦鹏. 山东省新型冠状病毒肺炎疫情空间分异[J]. 地理科学研究, 2021, 10(2): 137-143.

DOI: 10.12677/gser.2021.102017

the spatial differentiation characteristics and its socioeconomic influencing factors of epidemic. Based on the case data of each county (city, district) in Shandong Province as of 24:00 on April 16, 2020, the spatial autocorrelation analysis of the number of cases was carried out at the county level. Research showed that the epidemic situation in Shandong Province has experienced a process of outbreak, effective control and stability. A total of 763 confirmed cases were reported in Shandong Province. The cases were found in 99 of 137 counties in Shandong province, with a coverage rate of 72.26%, and the spatial distribution of COVID-19 in each county is obviously different. The epidemic situation in Shandong province presented spatial polarization, some counties showed the characteristics of spatial diffusion. The high-risk areas (hot spots) were mainly concentrated in Jining City. Therefore, there is obvious spatial heterogeneity of COVID-19 in Shandong province and the prevention and control measures should also be adapted to local conditions.

Keywords

Spatial Autocorrelation, Geographic Detection, COVID-19, Shandong

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

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

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



Open Access

1. 引言

自 2019 年 12 月以来, 由新型冠状病毒引发的肺炎疫情(COVID-19)在极短时间内迅速蔓延至全国乃至全球, 严重威胁到人类的健康及生命财产安全[1]。疫情已引起世界各国公共卫生系统的重视, 2 月 28 日, 世界卫生组织将 2019 新型冠状病毒的全球传播风险和影响风险级别上调为“非常高”[2]。

自疫情流行以来, 许多国内外学者从分子生物学、病理学、流行病学以及用数据驱动的网络模型预测疫情等角度对其进行了研究[3] [4]。目前, 预防仍是控制疫情的重要任务, 许多最新的研究成果从地理环境的角度探讨了环境因素对新冠肺炎传播的潜在影响[5], 为控制疫情提供有力依据。美国霍普金斯大学(*Johns Hopkins University*)基于 ArcGIS Dashboard 开发的可视化、可交互的全球疫情地图用于实时跟踪报告全球的新冠肺炎病例[6], 该地理可视化成果已成为全球疫情数据网红。20 世纪 90 年代时, 地理研究方法已被广泛应用于流行病学的研究当中, 学者利用模糊数学与神经网络相结合的地理信息系统(GIS)研究地理现象的空间分布[7] [8], 如应用于人畜流行病时空分布特征及其影响因素分析[9]; 王姣姣等人利用地理探测器分析高血压合并症患病率与三种重要的经济、社会和地理因素之间的关系, 发现人口和社会经济因素、医院类别和地理因素对高血压合并症的患病率有明显的交互影响[10]; 曹征等人通过探究登革热在广州分布的热点区域从而提出相关建议及措施[11]。在对研究结果进行分析的基础上, 决策者需要在时空上了解疾病分布并制定疾病干预策略, 以便满足当地居民对其所在区域的知情权和对预防指导的需求[12] [13] [14]。

以往的研究大多采用时间序列研究方法, 如按照时间顺序研究中国多个省份日平均气温(AT)和相对湿度(ARH)与新冠肺炎日病例数的关系[15], 多见省、市尺度上病例数量的时空分析[2] [16] [17], 相对缺少更为精细尺度的探讨, 因而对于县(市、区)尺度上的差异化的疫情防控指导较弱, 并且不同区域社会经济发展水平对当地疫情状况的影响, 也决定着在面临复工复产工作时, 不同区域实行有差异化的防疫策略和措施, 精准防控可大大降低对疫区相关区域和人员的生产生活影响。因此, 在县域尺度下对新冠肺炎的空间分布特征进行研究对于疫情防控具有重要意义[18]。

新型冠状病毒肺炎作为一种输入性传染病, 均由省外传入山东。通过空间分异机制的研究, 探索疫情在山东省的空间分布规律, 分析冷热点区域和聚集类型, 是在县域层面进行更为精细尺度的探讨尝试, 可满足因地制宜, 分类指导的防控措施参考需求。因此, 本研究在 GIS 技术的支持下, 利用空间自相关分析方法, 研究县域尺度下疫情在山东省的空间分布特征, 以期有针对性地调配疫情防控资源, 为实施高效防控措施提供科学参考, 同时也为今后其他新发急性传染病的应急决策提供科学依据。

2. 研究方法 with 数据来源

2.1. 研究方法

基于山东省区域内各县(市、区)疫情状况之间潜在的相互依赖关系, 使用空间自相关方法探寻疫情的热点区域和冷点区域, 并分析疫情状况的聚类 and 异常值, 提取满足一定置信度水平的区域进行分析。使用 ArcGIS 的地统计分析模块进行空间自相关分析并制图。空间自相关计算公式如下:

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

式中 n 代表空间单元数(研究中的县级行政单元); x_i 和 x_j 分别是 i 和 j 县域的病例数; $\bar{x}$ 是病例的平均值, w_{ij} 是基于逆距离的空间权重矩阵。

2.2. 数据来源

从山东省卫生健康委员会官方网站收集每日报告新增病例数和累计病例数(均为实验室确诊病例), 时间截至 2020 年 4 月 16 日 24 时, 共收集 763 例。

3. 结果分析

3.1. 疫情基本情况

截至 2020 年 4 月 16 日 24 时, 山东省累计报告了新冠肺炎确诊病例 763 例(不含临床诊断病例及境外输入病例), 在山东省总共 137 个县(市、区)中, 遍布全省 99 个县(市、区), 比例达 72.26%。从每天新增病例数的时序变化过程来看(图 1), 新冠肺炎流行大致经历了三个发展阶段: 从 1 月 21 日到 2 月 5 日

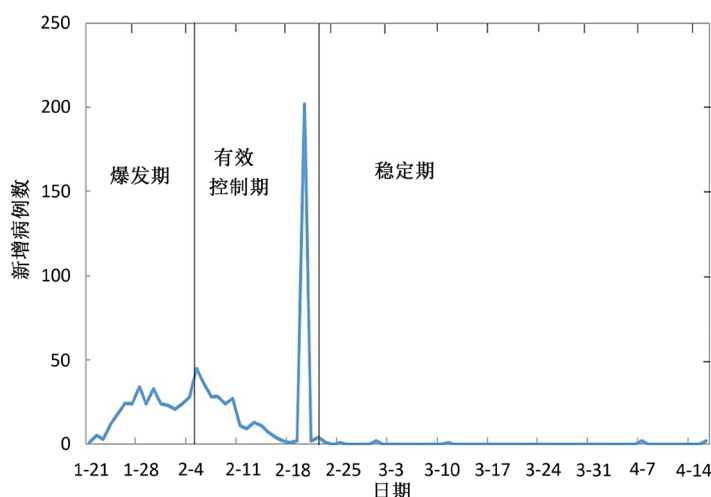


Figure 1. Sequence diagram of COVID-19 newly confirmed cases in Shandong Province as of 24:00, April 16, 2020
图 1. 截至 2020 年 4 月 16 日 24 时山东省新型冠状病毒肺炎新增确诊病例数时序图

的爆发期——早期新冠肺炎传播失控, 每天新增的感染者数量迅速攀升; 从2月6日到2月23日的有效控制期——新冠肺炎传播能力大大削弱, 每天新增的感染者数稳步下降(2月20日因济宁任城监狱疫情新增200名确诊病例); 从2月24日到4月16日的稳定期——疫情基本得到控制, 少有新增病例出现。山东省各县(市、区)疫情空间分布差异明显(图2): 济宁市任城区病例数达235例; 病例数在15~29之间的有5个县(市、区), 包括济南市市中区、聊城市东昌府、潍坊市奎文区、泰安市泰山区、威海市环翠区; 东营、莱芜等38个县(市、区)目前没有出现确诊病例。

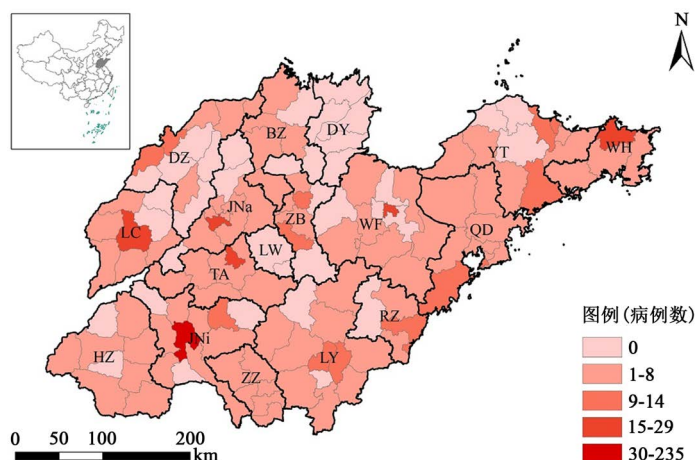


Figure 2. Spatial distribution of Shandong Province with the number of COVID-19 as of 24:00, April 16, 2020. Note: DZ: Dezhou; LC: Liaocheng; JNa: Jinan; BZ: Binzhou; DY: Dongying; ZB: Zibo; LW: Laiwu; TA: Taian; JNi: Jinan; HZ: Heze; ZZ: Zaozhuang; LY: Linyi; RZ: Rizhao; WF: Weifang; QD: Qingdao; YT: Yantai; WH: Weihai

图2. 截至2020年4月16日24时山东省新型冠状病毒肺炎累计确诊病例数空间分布图。注: DZ: 德州; LC: 聊城; JNa: 济南; BZ: 滨州; DY: 东营; ZB: 淄博; LW: 莱芜; TA: 泰安; JNi: 济宁; HZ: 菏泽; ZZ: 枣庄; LY: 临沂; RZ: 日照; WF: 潍坊; QD: 青岛; YT: 烟台; WH: 威海

3.2. 山东省疫情空间自相关分析

分别对山东省各县(市、区)的病例数进行热点分析(*Getis-Ord Gi**) [19]和聚类分析(*Anselin Local Moran I*) [20]。通过热点分析, 有9个区县在99%置信度水平划分为热点区域, 主要集中于济宁市(图3(a))。除济宁市外的地区传播风险较低, 相对较为安全。热点区域的形成与济宁任城监狱疫情事

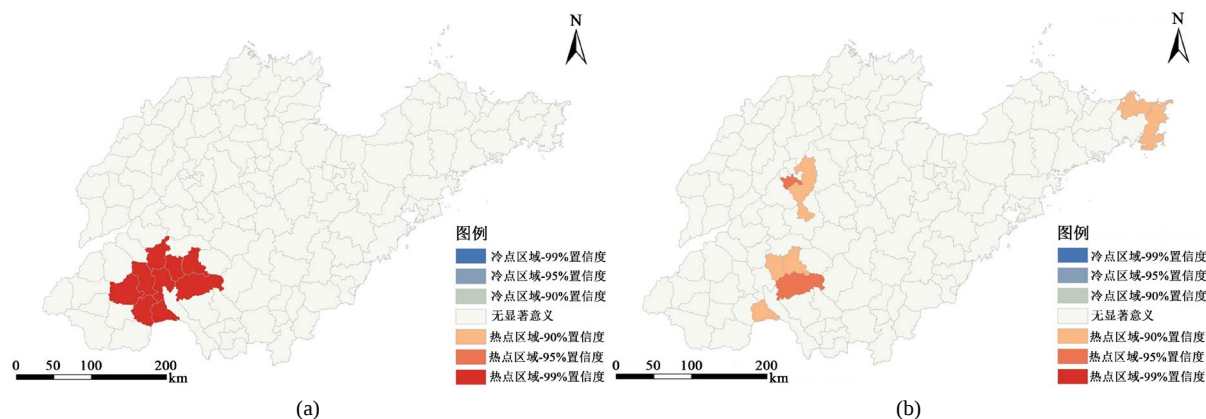


Figure 3. Distribution of the hot spots and cold spots of COVID-19 in Shandong Province. (a) Including Rencheng prison epidemic; (b) Excluding Rencheng prison epidemic

图3. 山东省疫情热点分析图。(a) 含任城监狱疫情; (b) 不含任城监狱疫情

件密切相关,若排除任城监狱 200 例病例这一异常值的影响,济宁任城区病例数为 35 例,此时有 2 个区县在 95%置信度水平划分为热点区域(图 3(b)),分别为市中区(济南)、邹城市(济宁);7 个区县在 90%置信度水平划分为热点区域,分布于中部和东部。通过聚类 and 异常值分析,有 22 个区县具有显著意义(图 4)。其中高-高聚集类型的地区为兖州区(济宁);在中部和西部,有 4 个高-低聚集类型的县域被聚集现象不显著的区县包围,分别为乐陵市(德州)、邹平市(滨州)、奎文区(潍坊)和昌乐县(潍坊);低-高聚集类型的区县共 7 个,主要分布于西南部,其中 6 个低-高聚集类型的区县与 1 个高-高聚集类型的区县将病例数最多的任城区包围;低-低聚集类型的区县共 10 个,主要分布于东营市,3 个区县分散在西北部和中部。经过以上两种类型的空间自相关分析可以看出,山东省疫情具有空间极化的特性,部分区县呈现空间扩散特点。

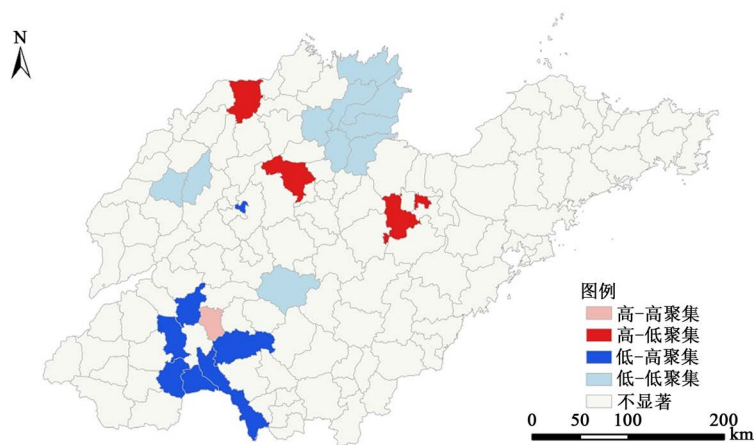


Figure 4. Clustering and outlier analysis of epidemic situation in Shandong Province

图 4. 山东省疫情聚类和异常值分析图

4. 讨论与建议

4.1. 讨论

本文搜集了山东省 763 例新冠肺炎的病例数据,采用空间自相关分析方法分析山东省疫情的空间差异特征,结果发现山东省新冠肺炎分布存在显著空间分异现象。发病的高风险(热点区域)区域集中于济宁市,一方面是由于这个区域的人口密度高,人们活动交流的频率大,另外一个重要原因与济宁任城监狱疫情事件有关。因监狱疫情防控工作督促指导不力,监狱中人群聚集性较强,导致该区新增 200 名确诊病例,从而也造成任城区周边单极化特征明显的低-高聚集类型区域的出现,如嘉祥县、汶上县等。总体来看,山东省疫情分布单极化特征明显,且疫情分布与社会经济指标分布存在高度相似的耦合现象。

4.2. 建议

基于以上研究结果,各级防控部门应严格控制聚集行为,对密切接触者、疑似病例进行集中隔离和医学观察,尽量减少家庭聚集性疫情的发展。同时,各部门应继续健全完善疫情防控管理体系,疫情彻底结束之前,管理不可松懈,对于各个县域的预防和控制传播的措施也应因地制宜,分类指导。在疫情分布空间自相关分析的基础上,建议应进一步加强和完善区域联防联控工作机制,确保在市、省、国家乃至全球尺度上,共享新冠肺炎防控信息,加强区域合作,并优化配置防护资源,有效减缓疫情的蔓延。目前疫情仍未结束,需要疫情防控和经济发展之间寻求平衡,成为各级政府当前面临的主要问题。

本研究也存在局限性, 限于数据获取、方法选择等问题, 本文仅基于县域尺度对新冠肺炎疫情格局进行了分析, 更精细化的解释还远远不够。因此, 在今后的研究中, 细化各个镇(乡)域、村域等地域单元内部的疫情分布格局, 可为不同类型乡镇、村庄的疫情防控提供精准指导。

基金项目

2020年山东省大学生创新创业训练计划项目(S202010435106); 山东省自然科学基金(ZR2017BD030); 青岛农业大学高层次人才科研基金项目(1114332)。

参考文献

- [1] Zhao, S., Lin, Q.Y., Ran, J.J., Musa, S.S., Yang, G., Wang, W., *et al.* (2020) Preliminary Estimation of the Basic Reproduction Number of Novel Coronavirus (2019-nCoV) in China, from 2019 to 2020: A Data-Driven Analysis in the Early Phase of the Outbreak. *International Journal of Infectious Diseases*, **92**, 214-217. <https://doi.org/10.1016/j.ijid.2020.01.050>
- [2] 刘勇, 杨东阳, 董冠鹏, 张航, 苗长虹. 河南省新冠肺炎疫情时空扩散特征与人口流动风险评估——基于 1243 例病例报告的分析[J]. 经济地理, 2020, 40(3): 24-32.
- [3] Wax, R.S. and Christian, M.D. (2020) Practical Recommendations for Critical Care and Anesthesiology Teams Caring for Novel Coronavirus (2019-nCoV) Patients. *Canadian Journal of Anesthesia*, **67**, 568-576. <https://doi.org/10.1007/s12630-020-01591-x>
- [4] Heymann, D.L. and Shindo, N. (2020) COVID-19: What Is Next for Public Health. *Lancet*, **395**, 542-545. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(20\)30374-3](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(20)30374-3)
- [5] Kwok, K.O., Wong, V., Wei, V.W.I., Wong, S.Y.S. and Tang, J.W.-T. (2020) Novel Coronavirus (2019-nCoV) Cases in Hong Kong and Implications for Further Spread. *Journal of Infection*, **80**, 671-693. <https://doi.org/10.1016/j.jinf.2020.02.002>
- [6] Dong, E.S., Du, H.R. and Gardner, L.M. (2020) An Interactive Web-Based Dashboard to Track COVID-19 in Real Time. *The Lancet Infectious Disease*, **20**, 533-534. [https://doi.org/10.1016/S1473-3099\(20\)30120-1](https://doi.org/10.1016/S1473-3099(20)30120-1)
- [7] 曹志冬, 王劲峰, 高一鸽, 韩卫国, 冯晓磊, 曾光. 广州 SARS 流行的空间风险因子与空间相关性特征[J]. 地理学报, 2008, 63(9): 981-993.
- [8] Wang, J.F., Li, X.H., Christakos, G., Liao, Y.-L., Zhang, T., Gu, X., *et al.* (2010) Geographical Detectors-Based Health Risk Assessment and Its Application in the Neural Tube Defects Study of the Heshun Region, China. *International Journal of Geographical Information Science*, **24**, 107-127. <https://doi.org/10.1080/13658810802443457>
- [9] Shi, G.N., Zhang, T. and Wang, W.W. (2020) Spatio-Temporal Evolution Characteristics and Causes of African Swine Fever in China. *Journal of Arid Land Resources and Environment*, **34**, 137-142.
- [10] Wang, J.J., Ma, J.J., Liu, J.Q., Zeng, D.D., Song, C. and Cao, Z. (2017) Prevalence and Risk Factors of Comorbidities among Hypertensive Patients in China. *International Journal of Medical Sciences*, **14**, 201-212. <https://doi.org/10.7150/ijms.16974>
- [11] Cao, Z., Liu, T., Li, X., Wang, J., Lin, H., Chen, L., *et al.* (2017) Individual and Interactive Effects of Socio-Ecological Factors on Dengue Fever at Fine Spatial Scale: A Geographical Detector-Based Analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **14**, Article No. 795. <https://doi.org/10.3390/ijerph14070795>
- [12] Milham, S. and Elledge, W. (2010) Maternal Methimazole and Congenital Defects in Children. *Birth Defects Research Part A Clinical & Molecular Teratology*, **5**, 125. <https://doi.org/10.1002/tera.1420050117>
- [13] Morgan, R.L., Thayer, K.A., Bero, L., Bruce, N., Falck-Ytter, Y., Ghersi, D., *et al.* (2016) GRADE: Assessing the Quality of Evidence in Environmental and Occupational Health. *Environment International*, **92-93**, 611-616. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2016.01.004>
- [14] Mutshinda, C.M., Antai, I. and O'Hara, R.B. (2008) A Probabilistic Approach to Exposure Risk Assessment. *Stochastic Environmental Research and Risk Assessment*, **22**, 441-449. <https://doi.org/10.1007/s00477-007-0143-0>
- [15] Qi, H.C., Xiao, S., Shi, R.Y., Ward, M.P., Chen, Y., Tu, W., *et al.* (2020) COVID-19 Transmission in Mainland China Is Associated with Temperature and Humidity: A Time-Series Analysis. *Science of the Total Environment*, **728**, Article No. 138778. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138778>
- [16] 胡建雄, 何冠豪, 刘涛, 肖建鹏, 容祖华, 郭凌川, 等. 新型冠状病毒肺炎疫情初期湖北省输出风险评估[J]. 中华预防医学杂志, 2020, 54(4): 362-366.

-
- [17] 许小可, 文成, 张光耀, 孙皓宸, 刘波, 王贤文. 新冠肺炎爆发前期武汉外流人口的地理去向分布及影响[J]. 电子科技大学学报, 2020, 49(3): 324-329.
- [18] 曹志冬, 曾大军, 郑晓龙, 王全意, 王飞跃, 王劲峰, 等. 北京市 SARS 流行的特征与时空传播规律[J]. 中国科学: 地球科学, 2010, 40(6): 776-788.
- [19] 刘昆, 李新楼, 邵中军. 空间流行病学在疾病预防控制工作中发挥着重要的作用[J]. 中华流行病学杂志, 2018, 39(9): 1143-1145.
- [20] 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.