

DOI: 10.16210/j.cnki.1007-7561.2021.05.029

韩建军, 侯纪伟, 程玉, 等. 基于空间聚类的省级粮食应急储备分区研究[J]. 粮油食品科技, 2021, 29(5): 209-214.

HAN J J, HOU J W, CHENG Y, et al. Research on provincial grain emergency reserve division based on spatial clustering[J]. Science and Technology of Cereals, Oils and Foods, 2021, 29(5): 209-214.

基于空间聚类的省级粮食 应急储备分区研究

韩建军, 侯纪伟, 程 玉, 郭志涛

(河南工业大学 土木建筑学院, 河南 郑州 450001)

摘 要: 以 K 均值 (K-Means) 空间聚类算法为基础, 根据粮食应急储备目标, 引进有关粮食应急储备的特征影响因素, 以要素重心距离为检验标准, 实现省级区域粮食应急储备的分区, 并根据实际情况制定相应的粮食应急储备策略。结果表明: 在充分考虑灾害、人口、经济等特征因素的影响的基础上, 基于 K-Means 空间聚类算法建立的省级粮食应急储备分区模型, 可实现对省级区域内粮食应急储备区更为精细化的划分, 达到一定程度的节约成本、提高效率的目的。为我国省级区域的粮食应急储备分区研究提供了理论参考, 并具有一定实践意义。

关键词: 粮食储备; 应急储备; 空间聚类; 区域划分; 重心距离

中图分类号: F323.1 文献标识码: A 文章编号: 1007-7561(2021)05-0209-06

网络首发时间: 2021-08-24 10:54:59

网络首发地址: <https://kns.cnki.net/kcms/detail/11.3863.TS.20210824.1047.002.html>

Research on Provincial Grain Emergency Reserve Division Based on Spatial Clustering

HAN Jian-jun, HOU Ji-wei, CHENG Yu, GUO Zhi-tao

(School of Civil Engineering and Architecture, Henan University of Technology,
Zhengzhou, Henan 450001, China)

Abstract: Based on the K-Means spatial clustering algorithm, this paper introduces the features of food emergency reserves and influencing factors according to the food emergency reserve goals, and uses the distance of the gravity center of the elements as the test standard to achieve the zoning of provincial emergency food reserves and formulate corresponding food emergency reserve strategy. The results show that, by fully taking disasters, population, economy and other factors into consideration, the provincial grain emergency reserve zoning model, based on the K-Means spatial clustering algorithm, can achieve deliver better results. For the purpose of fine division, a certain degree of cost savings and efficiency are achieved. This paper provides a theoretical reference for the study of the regional emergency reserve of grain in China's provincial regions, and guides practices.

Key words: grain reserve; emergency reserve; spatial clustering; zone division; center of gravity distance

收稿日期: 2021-01-25

作者简介: 韩建军, 男, 1974 年出生, 博士, 副教授, 研究方向为粮食储备建设及应急管理。E-mail: hanjianjun@haut.edu.cn.

粮食应急储备作为调节粮食供求的“蓄水池”，不仅能保障受灾地区人口的基本生活，还能调节粮食市场价格的波动^[1-2]。2008 年汶川发生特大地震，中国储备粮管理集团有限公司（以下简称中储粮）累计向灾区紧急投放粮油储备 64 万 t，保证了灾区群众的基本生活；2010 年，国内粮食价格快速上涨，中储粮释放了 4 884.14 万 t 政策性粮油储备，相当于当年消费量的 10%，稳定了市场，避免了粮食价格的大幅波动。

目前，我国省级区域（省域）粮食应急储备多是依据“销区六个月消费量，产区三个月消费量”的储备原则，这种“一刀切”储备模式的不足在于不能有效解决省域内各地区对于粮食储备需求的差异问题^[3-4]。针对不同地区特征因素的差异性来划分粮食应急储备区域能够有效的解决这个问题。

有学者利用建立多级评价指标体系、叠置法、聚类分析、定性分析等方法分别针对不同的功能分区进行了研究，其中，空间聚类方法因其能反映地理位置邻近的特点^[5]，常用于划分区域。有学者基于此方法，通过设定有关应急物资储备的目标函数，对应急物资储备的分区进行研究。如王晶^[6]以区域救援效率和储备成本为目标函数建立了空间聚类的模型，对我国应对自然灾害的应急物资储备区域划分进行了实证研究；尹洪兵等^[7]基于空间聚类模型，以全面覆盖各类交通目标为基础，平衡保障效率（聚类的数目）与储备成本，实现对国防交通保障物资区域的划分。粮食储备的目标不仅仅是应对自然灾害，同时它也担负着平抑粮价的功能，但是现有的专门针对粮食的储备分区研究较少，个别有关粮食分区的研究也只采用了单一要素分析。

本研究以粮食应急储备的功能目标为导向，引入有关影响粮食应急储备的特征因素，基于 K 均值（K-Means）空间聚类算法，建立省级区域粮食应急储备分区模型，对省域内粮食应急储备区域进行细分研究，并利用粮食生产重心和人口重心之间的距离来检验分区的有效性。根据各聚类特征提出相应的粮食应急储备策略，以期为我国省级粮食应急储备布局提供参考。

1 材料和方法

1.1 研究材料

浙江省多面临海，港口贸易发达。作为我国的经济强省，其 11 个地级市中有 8 个进入 2018 中国城市 GDP（经济总量）百强排名。长期以来浙江省粮食自给率都很低，如杭州市富阳区的自给率仅为 35.57%，这意味着当浙江省受到自然灾害或者紧急情况的冲击时，大部分的粮食供给需要动用应急储备。另一方面浙江地形自西南向东北呈阶梯状分布，西南以山地为主，中部以丘陵为主，东北部是低平的冲积平原，地形因素较为复杂，对于粮食的储备和调运均有影响。因此选择以浙江省为研究对象。

相比于单一截面数据，分析面板数据更能体现出区域划分的准确性，同时考虑到数据的可获得性，在不破坏行政管理边界的情况下，选择 2010—2019 年浙江省地级市面板数据来研究浙江省粮食应急储备的区域划分。

其中地理坐标经纬度数据来源于百度地图坐标拾取，受灾面积、受灾人口、经济损失、价格指数、人口、城镇化率、粮食产量和公路里程等指标均来源于 2010—2019 年《浙江省统计年鉴》《浙江省自然资源与环境统计年鉴》。

1.2 研究方法

1.2.1 因素选取

粮食储备的目的不仅是能够在发生自然灾害时保障灾民的基本生活，还能调节因供需不平衡导致粮食价格剧烈波动。

针对应急情况，交通便捷的地区对于紧急调运的反应相对更迅速。但粮食与其他应急物资储备所不同的是，粮食储备不仅要达到应急目的，还需要考虑到它对人民生活的影 响，比如人口越多的地区对于粮食的需求量相对越高，城镇人口和农村人口对于粮食的需求结构和需求量也不一样，不同地区粮食种植品种和产量也不完全相同等等。

通过分析地区之间各要素的差异和前人研究^[8-9]，筛选出 A 灾害、B 价格、C 人口、D 经济、E 产量、F 交通六个影响粮食应急储备分区的重要因素，选取经纬度 T 坐标来表示地理位置特征，

用来描述划分对象在空间上邻近程度。

其中 A. 选取受灾面积 S、受灾人口 H、经济损失 L 三个指标表示地区受灾情况的轻重；

B. 选取粮食价格指数 R 表示不同地区粮食价格的波动差异；

C. 选取人口密度 P 指标表示人口空间分布的差异；

D. 选取城镇化率 Q 指标表示地区之间经济发展情况的差异；

E. 选取谷物产量 M 指标表示地区粮食供给差异；

F. 选取路网密度 O 指标来衡量地区交通网络的差异。

1.2.2 K-means 算法

K-means 算法是一种基于划分的经典空间聚类方法，应用广泛，收敛速度快^[10]。其算法的核心是找出 k 个聚类中心令每一个样本点和与其最近聚类中心的平方距离和最小化，最终得到对标准化后数据集的划分结果。其具体流程如下：

(1) 随机在数据集中选取 k 个样本作为 k 个簇的聚类中心， k 个聚类中心定义为 $(c_1(l), c_2(l), \dots, c_k(l))$ 。

(2) 计算剩余每个样本到 k 个聚类中心的空间距离，将其划分到最近的聚类中心，并重新计算每个簇的中心。

$$D = \sqrt{\omega_1(x_i - x_j)^2 + \omega_2(y_i - y_j)^2 + \sum_{m=1}^n \omega_n(p_{im} - p_{jm})^2} \quad (1)$$

其中， (x_i, y_i) 为样本点 z 的距离坐标， $(p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in})$ 为样本点的属性向量， $(\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)$ 代表各个特征对于聚类分析的重要程度的权重向量， $(x_i, y_i, p_{i1}, p_{i2}, \dots, p_{in})$ 和 $(x_j, y_j, p_{j1}, p_{j2}, \dots, p_{jn})$ 为任意两个样本点坐标向量。

(3) 以重新计算的簇中心为新的聚类中心，重复步骤 (2)，直到其收敛函数不再明显的改变。

$$E = \sum_{i=1}^k \sum_{z \in Z} |z - c_i|^2 \quad (2)$$

1.2.3 重心模型

重心模型是研究空间变动的重要分析工具，能够客观的描述区域发展过程中要素的空间变化

特征及规律^[11]。本文采用重心模型计算区域粮食生产重心和人口重心位置，以区域粮食生产重心和人口重心距离来反映区域应急的成本和效率，距离越小，代表区域粮食产量和人口数量的重心越靠近，则认为该区域在应急状况下调运粮食和储备成本越小、应急反应越快。

$$x_a, x_b = \frac{\sum_{i=1}^n (G_{ij} \times x_i)}{\sum_{i=1}^n G_{ij}} \quad (3)$$

$$y_a, y_b = \frac{\sum_{i=1}^n (G_{ij} \times y_i)}{\sum_{i=1}^n G_{ij}} \quad (4)$$

$$d = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2} \quad (5)$$

其中， (x_a, y_a) 为第 i 个区域第 a 年的粮食产量重心坐标， (x_b, y_b) 为第 i 个区域第 a 年的人口重心坐标， (x_i, y_i) 为第 i 个区域单元的几何重心坐标（即第 i 个区域中行政中心的地理坐标）， G_{ij} 为第 i 个区域第 j 年的粮食产量或人口数量， d 为区域粮食产量坐标和人口重心坐标的距离。

2 结果与分析

2.1 聚类结果分析

通过对比结果发现，当 $k \geq 5$ 时，每年的聚类类别中所包含的样本均不相同，无法根据各年聚类结果总结出有效的划分结果，并且依据聚类内相似度最小、聚类间相似度最大原则，选择 $k=3$ 为最终聚类数和聚类类别，最终得出表 1 中聚类结果。

表 1 $k=3$ 时的聚类结果
Table 1 Clustering results when $k=3$

城市	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
丽水	3	1	3	3	3	3	3	3	1	3
台州	3	1	1	1	3	1	1	1	1	3
嘉兴	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2
宁波	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
杭州	2	3	3	1	1	1	1	1	3	1
温州	1	1	3	1	1	1	2	1	1	2
湖州	2	2	2	2	2	2	3	2	2	1
舟山	1	1	1	2	1	1	1	1	3	1
绍兴	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2
衢州	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
金华	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3

基于表 1 的结果，以频率 $\geq 80\%$ 的数字为该

样本类别, 可得宁波、舟山属于聚类 1, 绍兴、湖州和嘉兴属于聚类 2, 丽水、衢州和金华属于

聚类 3。接下来对三个聚类的聚类中心进行对比分析, 如图 1。

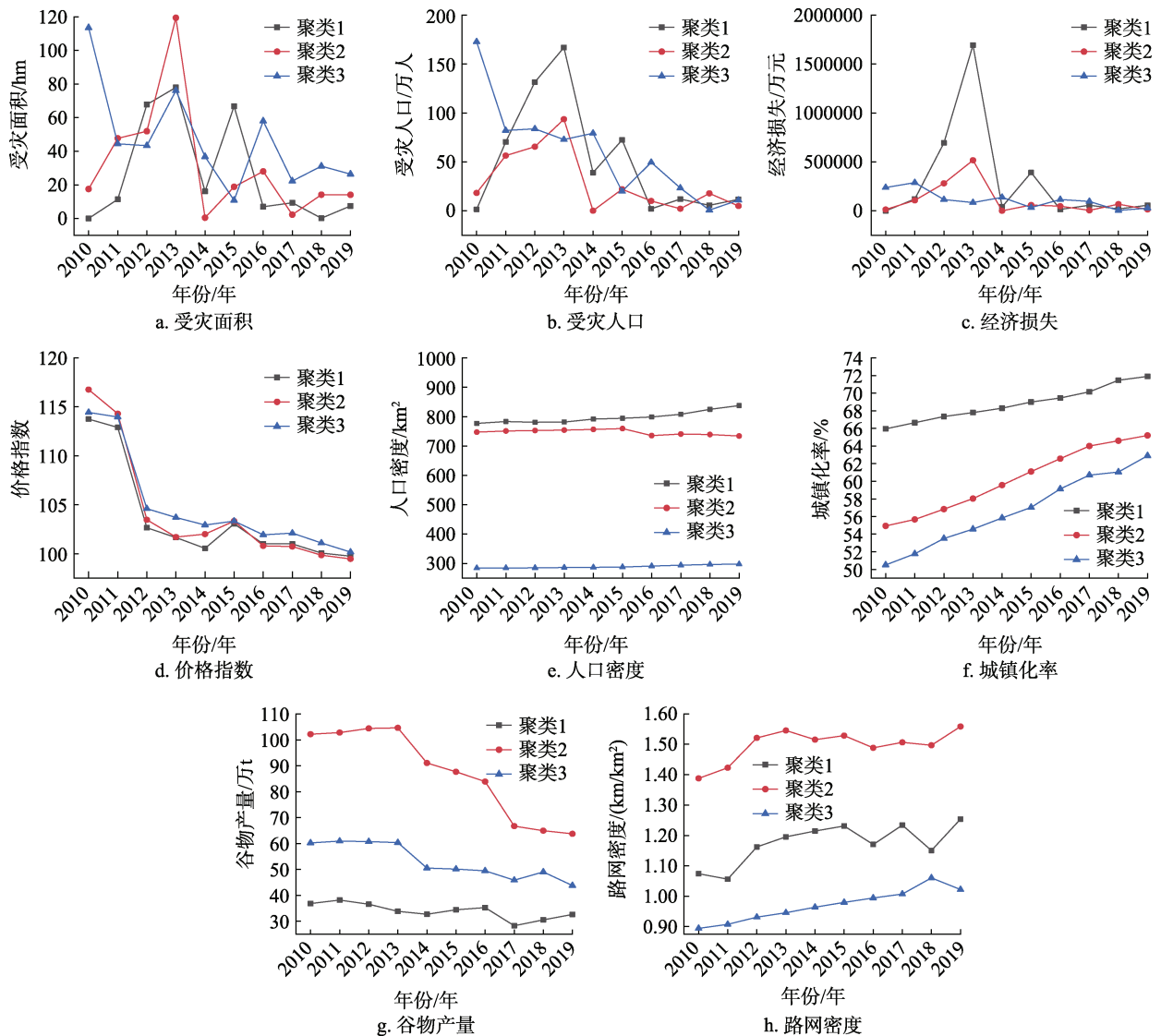


图 1 聚类中心变化趋势对比

Fig.1 Comparison of the changing trends of cluster centers

由图 1a~1c, 发现三个聚类的每年自然灾害造成的损失无明显规律, 且波动较大, 但对比浙江省灾害类型的分布特征^[12], 发现聚类 1 多发生台风灾害, 聚类 2 无明显的灾害特征, 聚类 3 多是夏季降水量大引发洪涝灾 (这里的洪涝灾害不包括因台风引起的洪涝灾)、冬季寒潮引发低温冷冻和雨雪灾。

由图 1d, 发现三个聚类每年的价格指数变化差异不大, 均在 2011—2012 年价格迅速下跌之后基本无大的波动, 故后续不再将价格指数作为区域储备的分析指标。

由图 1e 可以看出三个聚类的人口密度指标基

本处于平稳状态。聚类 1 和聚类 2 的人口密度均值远大于聚类 3。

由图 1f 可以看出三个聚类的城镇化率指标在八年中一直处于上升状态, 其中聚类 1 上升相对缓慢, 聚类 2 和 3 上升得相对快一些。

由图 1g 可以看出各聚类的产量指标呈阶梯式下降的变化趋势, 尤其是 2013—2014 和 2016—2017 这两个阶段下降趋势较为明显。

由图 1h 看出各聚类的路网密度指标总体呈曲折上升的状态。

总结出各聚类特征, 如表 2。并对比表 1 中未呈现明显所属类别的城市的属性特征, 按照邻

近城市以及属性相近的原则，将杭州划分到聚类 2 中，温州和台州划分到聚类 1 中。由此，最终

确定出浙江省粮食应急储备的三个储备区域，如图 2，同一符号代表同一区域类型。

表 2 聚类特征表
Table 2 Clustering feature table

聚类类别	城市	灾害类型	人口密度/(人/km ²)	城镇化率/%	谷物产量/万 t	路网密度/(km/km ²)
聚类 1	宁波 舟山	台风	大	高	低	中等
聚类 2	嘉兴 湖州 绍兴	无明显灾害特征	大	中等偏低	高	大
聚类 3	丽水 衢州 金华	洪涝	小	低	中等	低



图 2 浙江省三个储备区域
Fig.2 Three reserve areas in Zhejiang province

2.2 重心距离分析

根据最终得出的三个储备区域，采用公式 (3)~(5) 计算 2017 年浙江省以及划分出的三个区域的粮食生产重心和人口重心，根据地理坐标通过百度地图坐标拾取器坐标反查确定坐标位置，如表 3。

由表 3 可以看出，划分的三个区域粮食生产重心和人口重心的距离明显小于浙江省的两个重心的距离。如果据此进行分区储备，将会大大缩短各区域粮食生产重心到人口消费重心之间的距离，这说明，利用本文所建立的粮食应急储备分区模型在一定程度上可以有效减少粮食调运的成本、提高粮食应急供给的效率。

表 3 重心距离对比
Table 3 Center of gravity distance comparison

	生产重心 x	生产重心 y	所属地区	人口重心 x	人口重心 y	所属地区	重心距离 d
浙江省	120.473	29.617	绍兴市诸暨市	120.579	29.411	绍兴市嵊州市	0.231 026
区域 1	120.486	30.491	嘉兴市海宁市	120.395	30.396	嘉兴市海宁市	0.077 225
区域 2	121.258	28.880	台州市临海市	121.240	28.805	台州市临海市	0.131 960
区域 3	119.399	28.881	金华市婺城区	119.527	28.895	金华市婺城区	0.128 389

2.3 粮食应急储备策略分析

依据各地区的属性特征将浙江省的粮食应急储备区域划分为三个区域，同时结合各区域的灾害类型及地理位置特征来确定各区域的储备策略。

区域 1 可采取“多处集中”的储备策略。该区域夏季多发生台风灾害，台风会破坏当地的基础设施、交通及其引发的二次洪涝灾害，认为应对储备库进行加固处理，可以选择新建储备库，也可以选择和企业合作收储，若选择新建储备库则应将其建在相对高处的位置。该区域主要受台风灾害影响，人口密度相对较大，应急情况下会增加对粮食的需求量，所以粮食应尽量储存在人

口密集处。区域形状呈长条状，南北距离较长，应选择多处进行储备，并且为尽量避免从外地调运粮食进行储备的情况，还应选择储存在对外交通联系较好的位置。

区域 2 可采取“合作收储”的储备策略。地处平原，没有表现出某一种特定的灾害类型，每年受灾程度相对较轻。人口密度相对较大，总体粮食产量较高，路网密度也比较大，说明在应急情况下，供给、调运粮食的能力较强一些，可利用现有的储备库，和企业合作收储，以达到迅速应急的目的。区域经济情况较好，可适当增加针对粮食轮换的管理成本，以避免由于储存时间过

长、储备量过多而导致大量粮食腐烂的情况。

区域 3 可采取“集中+分散”的储备策略。人口密度小但市区人口相对集中，农村人口相对分散，可集中多量储备在人口密集处，分散少量储备在农户家里。区域地形大多属于山地，极易形成洪涝灾害，储备需避开地势低洼的地区。各城市区划面积较大但路网密度小，尤其是路网大多密集在市区，所以集中储备应选择在对外交通联系较好的位置。

3 结论

本研究提出的省级粮食应急储备分区模型，开创性引入灾害、人口、经济、粮食产量、交通等六大属性特征因素对分区的影响。以粮食生产重心和人口重心距离来检验划分结果的有效性，体现了有关粮食的应急储备特征。

通过建立省级粮食应急储备分区 K-Means 模型对浙江省的粮食储备区域进行细分研究发现，由该模型得出的划分结果更贴合区域的属性特征分布，并且可以在一定程度上能减少储备调运成本、提高应急效率。为省级粮食储备区域划分、布局优化提供参考，下一步将针对省级区域粮食储备规模及品种结构等进行研究。

参考文献：

[1] 苗齐, 钟甫宁. 我国粮食储备规模的变动及其对供应和价格的影响[J]. 农业经济问题, 2006, (11): 9-14+79.
MIAO Q, ZHONG P N. Changes in the scale of my country's grain reserves and its impact on supply and prices[J]. Issues in Agricultural Economy, 2006, (11): 9-14+79.

[2] 申家宇. 城镇化进程中我国保障粮食安全的途径[J]. 农业经济, 2014, (9): 7-9.
SHEN J Z. Ways to guarantee food security in my country in the process of urbanization[J]. Agricultural Economy, 2014, (9): 7-9.

[3] 胡甜, 鞠正山, 周伟. 中国粮食供需的区域格局研究[J]. 地理学报, 2016, 71(8): 1372-1383.
HU T, JU Z S, ZHOU W. Regional pattern of grain supply and demand in China[J]. Acta Geographica Sinica, 2016, 71(8): 1372-1383.

[4] 韩建军, 邹亚丽. 区域粮食储备的地区差异与规模确定分析[J]. 自然资源学报, 2019, 34(3): 464-472.

HAN J J, ZOU Y L. Spatial differences and scale determination of regional grain reserves[J]. Journal of Natural Resources, 2019, 34(3): 464-472.

[5] 李新运, 郑新奇, 闫弘文. 坐标与属性一体化的空间聚类方法研究[J]. 地理与地理信息科学, 2004, (2): 38-40.
LI X Y, ZHENG X Q, YAN H W. On spatial clustering of combination of coordinate and attribute[J]. Geography and Geo-Information Science, 2004, (2): 38-40.

[6] 王晶, 黄钧, 朱建明, 等. 基于空间聚类的应急物资储备一体化区域划分[J]. 计算机应用研究, 2010, 27(8): 2999-3001.
WANG J, HUANG Y, ZHU J M, et al. Integration regional area division for emergency resources reserving based on spatial clustering[J]. Application Research of Computers, 2010, 27(8): 2999-3001.

[7] 伊洪冰, 侯远达, 李海超, 等. 国防交通物资储备区域聚类划分及实证[J]. 军事交通学院学报, 2019, 21(8): 15-20.
YIN H B, HOU Y D, LI H C, et al. Regional clustering division and empirical study of national defense transportation material reserve[J]. Journal of Military Transportation University, 2019, 21(8): 15-20.

[8] 田永强. 关于粮食安全问题的金融思考[J]. 农业经济问题, 2004, (12): 19-22.
TIAN Y Q. Financial thinking on the issue of food security[J]. Issues in Agricultural Economy, 2004, (12): 19-22.

[9] 吴昊, 甘宇. 地方政府的粮食储备意愿及其影响因素[J]. 财经科学, 2019, (10): 119-132.
WU H, GAN Y. The analysis on grain reserve willingness of local governments and its influencing factors[J]. Finance & Economics, 2019, (10): 119-132.

[10] 邓敏, 刘启亮, 李光强, 等. 空间聚类分析及应用[M]. 科学出版社, 2011.
DENG M, LIU Q L, LI G Q, et al. Spatial cluster analysis and application[M]. Science Press, 2011.

[11] 吴建寨, 张建华, 孔繁涛. 中国粮食生产与消费的空间格局演变[J]. 农业技术经济, 2015, (11): 46-52.
WU J Z, ZHANG J H, KONG F T. Evolution of the spatial pattern of grain production and consumption in China[J]. Journal of Agrotechnical Economics, 2015, (11): 46-52.

[12] 胡适军, 季永清, 吴力川, 等. 浙江省水路台风灾害时空分布特征分析[J]. 武汉理工大学学报(交通科学与工程版), 2012, 36(4): 782-786.
HU S J, JI Y Q, WU L C, et al. Analysis of the time-space characteristic of the waterway typhoon disaster in Zhejiang[J]. Journal of Wuhan University of Technology (Transportation Science & Engineering), 2012, 36(4): 782-786. ㊞

备注：本文的彩色图表可从本刊官网 (<http://lyspkj.ijournal.cn>)、中国知网、万方、维普、超星等数据库下载获取。