

基于精确重心法的应急医疗物资储备库选址研究

——以长沙市雨花区为例

杨佳, 罗志军*, 邓润婕

湖南人文科技学院数学与金融学院, 湖南 娄底

收稿日期: 2023年10月13日; 录用日期: 2024年1月5日; 发布日期: 2024年1月16日

摘要

为应对突发的公共卫生事件, 利用精确重心法对长沙市雨花区应急医疗物资储备库选址问题展开研究。以长沙市雨花区的三甲医院作为应急医疗物资需求点, 选取各大医院的卫生床位数、执业医师人数、年收入作为医疗卫生资源指标, 通过熵权法确定权重。其地理经纬度作为二维坐标轴坐标, 构建应急医疗物资储备库选址的精确重心法模型, 求解模型得到长沙市雨花区应急医疗物资储备库的最优地理位置, 即在湖南中医药大学第一附属医院西北方向附近。研究可为长沙市雨花区应急医疗物资储备库的建设提供决策参考。

关键词

精确重心法, 应急医疗物资, 公共卫生管理, 熵权法, 选址研究

Research on the Location of Emergency Medical Material Reserve Based on the Precise Center of Gravity Method

—Taking Yuhua District of Changsha City as an Example

Jia Yang, Zhijun Luo*, Runjie Deng

School of Mathematics and Finance, Hunan University of Humanities, Science and Technology, Loudi Hunan

Received: Oct. 13th, 2023; accepted: Jan. 5th, 2024; published: Jan. 16th, 2024

*通讯作者。

文章引用: 杨佳, 罗志军, 邓润婕. 基于精确重心法的应急医疗物资储备库选址研究[J]. 管理科学与工程, 2024, 13(1): 101-107. DOI: 10.12677/mse.2024.131009

Abstract

To cope with public health emergencies, the location of emergency medical supplies reserve in Yuhua District of Changsha City was studied based on the precise center of gravity method. Taking the third-class hospital in Yuhua District of Changsha City as the demand point for emergency medical supplies, the number of health beds, the number of practicing physicians and the annual income of major hospitals were selected as medical and health resource indicators, and the weight was determined by the entropy weight method. Its geographical latitude and longitude are used as two-dimensional coordinate axis coordinates to construct an accurate center of gravity method model for the location of emergency medical material reserves, and the optimal geographical location of emergency medical materials reserves in Yuhua District of Changsha City is solved by solving the model, that is, near the northwest of the First Affiliated Hospital of Hunan University of Chinese Medicine. The study can provide a decision-making reference for constructing an emergency medical supplies reserve in Yuhua District, Changsha.

Keywords

Precise Center of Gravity Method, Emergency Medical Supplies, Public Health Management, Entropy Weight Method, Site Selection Research

Copyright © 2024 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

近年来,国内突发卫生事件频发,严重影响人民的正常生活。由于突发卫生事件的高度不确定性、难预见性和极强的破坏性,其造成的人员伤亡与经济损失难以估量[1]。突发公共卫生事件发生前后,为有效预防、及时控制和消除突发公共卫生事件的危害,保障公众身体健康与生命安全,维护正常的社会秩序,需建立应急医疗物资储备中心有效保障群众的基本生活要求。

2. 文献综述

选址问题是经典的运筹学问题,其广泛的应用,是国内外研究者关注的热点问题之一。栗娜[2]等人在选址问题的基础上构建了一个数学模型和应用,旨在将垃圾站对周边环境的影响降至最低。他们通过实际案例的分析,验证了这个模型和算法所提供的选址方案的可行性。现有的研究中更多的是通过构建优化模型来解决选址问题,马丽荣等[3]研究的是自然灾害应急物流设施选址问题,利用运筹理论建模技术,建立应急物流设施选址模型,在约束条件下进行求解。关于选址的优化问题中,候同娟[4]在基于双层规划模型的乳制品冷链物流配送选址一路径优化问题研究中,运用双层规划理论,构建起物流配送选址-路径优化问题的双层规划模型,最后,通过运用遗传算法与蚁群算法相结合的混合算法并使用 MATLAB 对模型进行求解。国外的研究中有 Zhang Yan [5]提出一种将地理信息系统(GIS)和贝叶斯网络(BN)相结合的混合方法来解决电动汽车的选址问题,该研究的新颖之处在于开发了基于 GIS 的混合 BN 方法,与传统的决策方法相比,在噪声干扰下具有更高的准确性和稳定性。Liu Kenan [6]提出了一个综合的框架来指导震后电磁场的选址。该方法构建了一种新的评价指标体系,采用区间层次分析法确定指标权重,最后,采用 TOPSIS 方法对 EMSF 选址备选地点的适宜性进行评价,并根据评价结果进行排序。

张圆圆[7]等人通过熵权法改进的 TOPSI 选出应急物资储备中心备选区域,考虑物资供应成本和交通运输时间为目标函数。在需求和速度不确定的情况下,构建相应的鲁棒优化选址模型。谭正园[8]等人以最大覆盖模型为基础,通过层次分析法研究南宁市江南区应急物资配送仓的选址。安敏等人综合时空、人口、经济因素影响,将层次分析法与熵权法有效结合,构建考虑患者到应急医疗设施的距离之和最小以及选择应急医疗设施的综合评价最优的多目标规划,基于改进的 PSO 算法进行求解。王振报[9]等人以邯郸主城区居民点为需求点,以现有医疗设施点作为备选点,利用 GIS 分析,结合最大化覆盖模型进行应急医疗选址。

综上所述,虽然应急物流选址和应急医疗物资储存库的相关研究较多,但采用精确重心法确定应急医疗物资储存库选址问题进行研究的文献却较少,本文通过构建精确重心法模型对长沙市雨花区应急医疗物资储存库的位置进行探讨。

3. 应急医疗物资储备库选址模型

3.1. 精确重心法

精确重心法是一种确定单个设施的方法。其思想是在确定的坐标中,求解各需求点与物流中心距离、需求量总积的最小值。

3.2. 需求点坐标

长沙市雨花区的综合三甲医院有 5 家,通过各三甲医院官网的统计数据以长沙市雨花区的三甲医院作为应急医疗物资需求点,其医院名称及地理经纬度如表 1,依据经纬度所绘散点图如图 1,医院实物图如图 2。

Table 1. Changsha Yuhua District Third Class Hospital
表 1. 长沙市雨花区三甲医院

| 序号 | 医院名称 | 经度 | 纬度 |
|----|---------------|-----------|----------|
| 1 | 湖南省儿童医院 | 112.99556 | 28.17650 |
| 2 | 湖南中医药大学第一附属医院 | 113.00226 | 28.17103 |
| 3 | 湖南省脑科医院 | 112.99151 | 28.16143 |
| 4 | 长沙市妇幼保健院 | 113.00480 | 28.18561 |
| 5 | 湖南省职业病防治院 | 112.99601 | 28.16050 |

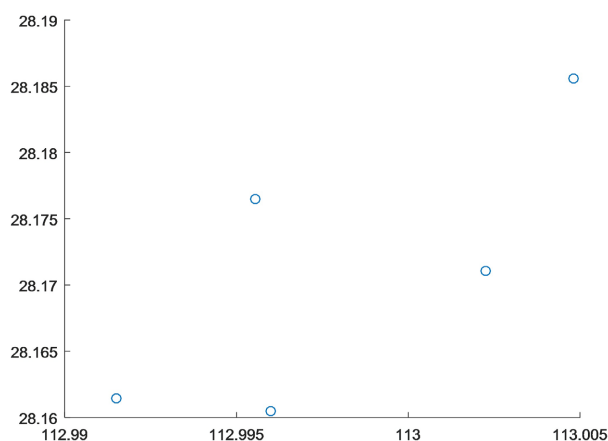


Figure 1. Hospital scatter plot
图 1. 医院散点图

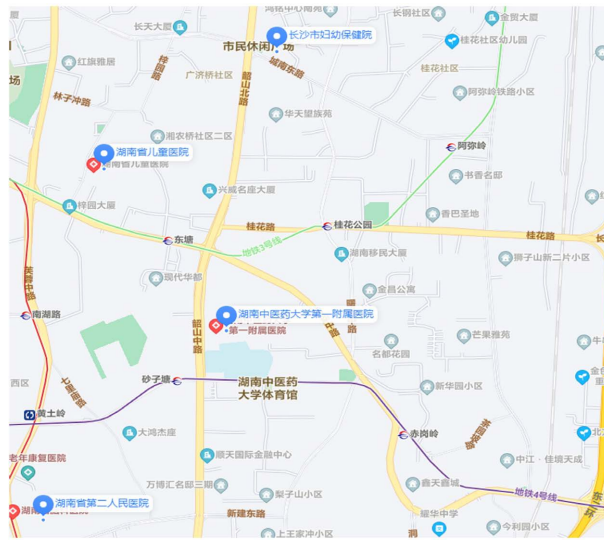


Figure 2. Physical map of the hospital
图 2. 医院实物图

3.3. 基于熵权法确定权重

医疗卫生资源是指在为社会提供卫生服务过程中所消耗的社会资源，选取各大医院的卫生床位数、执业医师人数、年收入作为医疗卫生资源指标，通过熵权法确定权重。指标数据见表 2，来源于各大医院官方网站及湖南省卫健委、长沙市卫健委公开发布。

Table 2. Table of metric quantities
表 2. 指标数量表

| 序号 | 医院名称 | 卫生床位数/张 | 执业医师/人 | 年收入/万元 |
|----|---------------|---------|--------|---------|
| 1 | 湖南省儿童医院 | 1800 | 1900 | 155,000 |
| 2 | 湖南中医药大学第一附属医院 | 1800 | 1295 | 232,222 |
| 3 | 湖南省脑科医院 | 1650 | 1440 | 100,848 |
| 4 | 长沙市妇幼保健院 | 600 | 1245 | 76,705 |
| 5 | 湖南省职业病防治院 | 520 | 600 | 37,582 |

3.4. 熵权法

通常，如果一个指标的信息熵比较低，这意味着该数据的可变性更强，可以传递的数据更丰富，它在整体评估过程中的影响力也更强，因此它的权重也会更高。反之，一个指标的信息熵越高，意味着该指标的变异性越低，提供的信息量也就越少，在整体评估中的影响力也就越小，其权重也就越低。

3.5. 熵权法赋权步骤

3.5.1. 数据标准化

首先对各个指标的数据进行标准化处理。假设给定了 k 个指标, X_1, X_2, \dots, X_k , 其中 $X_i = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 。假设对各指标数据标准化后的值为 Y_1, Y_2, \dots, Y_k , 那么

$$Y_{ij} = \frac{X_{ij} - \min(x_i)}{\max(x_i) - \min(x_i)} \quad (1)$$

3.5.2. 求各指标的信息熵

依据信息论中信息熵的定义，一组数据的信息熵 $E_j = -\ln(n)^{-1} \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln p_{ij}$ 。其中 $p_{ij} = Y_{ij} / \sum_{i=1}^n Y_{ij}$ ，如果 $p_{ij} = 0$ ，则定义 $\lim_{p_{ij} \rightarrow 0} p_{ij} \ln p_{ij} = 0$ 。

3.5.3. 确定各指标权重

根据信息熵的计算公式，计算出各个指标的信息熵为 E_1, E_2, \dots, E_k 。通过信息熵计算各指标的权重：

$$W_i = \frac{1 - E_i}{k - \sum E_i} (i = 1, 2, \dots, k) \quad (2)$$

4. 基于精确重心法进行选址

4.1. 模型假设

- 1) 某区域客户的需求量集中于一点。
- 2) 不考虑各个节点建设成本、运营成本的差异。

4.2. 模型建立

$$\min Z = \sum_{i=1}^n w_i \left[(x_i - x_s)^2 + (y_i - y_s)^2 \right]^{1/2} \quad (3)$$

其中 w_i 为与第 i 个点对应的权重， x_i, y_i 为第 i 个需求点的坐标， x_s, y_s 为医疗物资储备库的坐标， n 为需求点的总数目。

4.3. 模型求解

精确重心法目标函数为双变量系统，分别对 x_s 和 y_s 求偏导，并令导数为零，求得隐含最优解的等式。

$$x_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i x_i}{d_{is}}}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{d_{is}}} \quad (4)$$

$$y_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i y_i}{d_{is}}}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{d_{is}}} \quad (5)$$

$$d_{is} = \sqrt{(x_i - x_s)^2 + (y_i - y_s)^2} \quad (6)$$

4.3.1. 迭代法

利用已知的点 $(x_s(k-1), y_s(k-1))$ ，求出 $d_{is}(k-1)$ ，再求出新的点 $(x_s(k), y_s(k))$

迭代公式：

$$x_s(k) = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i x_i}{d_{is}(k-1)}}{\sum_{i=1}^n \frac{\omega_i}{d_{is}(k-1)}} \quad (7)$$

$$y_s(k) = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i y_i}{\sum_{i=1}^n d_{is}(k-1)} \quad (8)$$

$$d_{is}(k-1) = \left[(x_i - x_s(k-1))^2 + (y_i - y_s(k-1))^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (9)$$

4.3.2. 迭代法步骤

迭代法的步骤包括初始值的确定、进行迭代与中止准则。

中止准则的确定

1) 判断两次迭代的差值是否小于设定的阈值

$$\begin{cases} \Delta x_s(k) = |x_s(k) - x_s(k-1)| \leq \Delta x_{s\text{limit}} \\ \Delta y_s(k) = |y_s(k) - y_s(k-1)| \leq \Delta y_{s\text{limit}} \end{cases} \quad (10)$$

2) 判断总费用是否减小或两次迭代差值小于设定值

$$Z(k) = \sum_{i=1}^n \omega_i \left[(x_i - x(k))^2 + (y_i - y(k))^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (11)$$

$$Z(k) \geq Z(k-1) \text{ 或者 } \Delta Z(k) = |Z(k) - Z(k-1)| \leq \Delta Z_{\text{limit}}$$

3) 待选设施的初始坐标

$$x_{s(0)} = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i x_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i}, \quad y_{s(0)} = \frac{\sum_{i=1}^n \omega_i y_i}{\sum_{i=1}^n \omega_i} \quad (12)$$

据所有需求点坐标求解初始迭代点，计算初始迭代点 $x_0 = 112.99778$ ， $y_0 = 28.17185$ 。通过 matlab 软件编程求解，经过第 92 次迭代重心坐标为：(112.9994, 28.1722)。结合实际情况对比优化之后，得出最终的最优选址在湖南中医药大学第一附属医院西北方向附近，在地图的位置如下图 3 所示。



Figure 3. Physical map of the site
图 3. 选址地点实物图

5. 结语

为有效预防、及时控制和消除突发公共卫生事件的危害，保障公众身体健康与生命安全，维护正常的社会秩序，本文以长沙市雨花区的三甲医院作为应急医疗物资需求点，选取各大医院的卫生床位数、执业医师人数、年收入作为医疗卫生资源指标，通过数据标准化消除各医疗卫生资源指标的量纲影响，利用熵权法确定权重。其地理经纬度作为二维坐标轴坐标，构建应急医疗物资储备库选址的精确重心法模型，根据选取的长沙市雨花区三甲医院坐标求解初始迭代点，通过 matlab 软件编程求解，经过第 92 次迭代求解得到长沙市雨花区应急医疗物资储备库的最优地理位置，结合实际地图对比优化，即在湖南中医药大学第一附属医院西北方向附近。本文医疗卫生资源指标数量过少，因此在后续应急医疗物资储备库选址研究中可以考虑选取多种医疗卫生资源指标确定其权重，在应急医疗物资储备库的实际建设过程中，可能还要考虑成本、自然条件和社会环境等因素的影响，因此在后续选址研究中，可以基于更多的因素进行综合研究。

基金项目

本研究由湖南省大学生创新创业训练计划项目“疫情常态化背景下核酸检测点优化布局研究——以娄底市为例”和湖南人文科技学院数学应用与实践创新创业教育中心、科学计算与数据分析创新创业教育中心资助。

参考文献

- [1] 彭大江, 叶春明, 万孟然. 基于模糊需求的应急物资中心选址-路径问题的算法研究[J]. 计算机应用研究, 2022, 39(12): 3631-3638. <https://doi.org/10.19734/j.issn.1001-3695.2022.06.0238>
- [2] 栗娜, 李珍萍. 垃圾站选址问题的数学模型及应用[J]. 物流技术, 2011, 30(23): 135-137+168.
- [3] 马丽荣, 尹耀杰. 甘肃省应急物流设施选址问题研究[J]. 合作经济与科技, 2022(12): 177-179.
- [4] 候同娟. 基于双层规划模型的乳制品冷链物流配送选址一路径优化问题研究[D]: [硕士学位论文]. 郑州: 河南大学, 2018.
- [5] Zhang, Y., Teoh, B.K. and Zhang, L.M. (2022) Integrated Bayesian Networks with GIS for Electric Vehicles Charging Site Selection. *Journal of Cleaner Production*, **344**, Article ID: 131049. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.131049>
- [6] Liu, K. (2022) GIS-Based MCDM Framework Combined with Coupled Multi-Hazard Assessment for Site Selection of Post-Earthquake Emergency Medical Service Facilities in Wenchuan, China. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **73**, Article ID: 102873. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2022.102873>
- [7] 张园园, 周恒胜, 孙兆统, 等. 应急物资储备中心选址研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2023, 39(3): 361-368. <https://doi.org/10.19492/j.cnki.1672-0946.2023.03.018>
- [8] 谭正园, 李嘉丽, 唐琳婕, 等. 新冠肺炎疫情下应急物资储备仓库选址研究——以南宁市为例[J]. 中国物流与采购, 2022(14): 57-58. <https://doi.org/10.16079/j.cnki.issn1671-6663.2022.14.043>
- [9] 王振报, 李慧庆, 祝霜霜. 突发公共卫生事件应急医疗设施选址研究——以邯郸主城区为例[J]. 西部人居环境学刊, 2022, 37(4): 69-75.