

基于模糊聚类的应急物资分类储备研究^{*}

张永领

(河南理工大学 应急管理学院, 河南 焦作 454000)

摘 要: 对品种繁多的应急物资进行分类是科学储备应急物资的前提和基础。以应急物资的自然属性和社会属性以及突发事件的应急需求为基础, 从应急物资的有效使用期限、用途、生产周期、价格、市场流通量、社会集中拥有量、突发事件的预计需求量和需求层次 8 个方面建立应急物资的分类指标体系; 采用模糊聚类的方法对应急物资进行分类, 并用经验正交函数方法确定应急物资的最佳分类数量; 最后探讨了每一类应急物资的储备模式, 为应急物资的科学储备提供借鉴。

关键词: 应急物资; 分类储备; 模糊聚类

中图分类号: X921 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2010)01-0130-05

0 引言

近年来我国各类重大突发事件频繁发生, 如 2003 年席卷全国的 SARS、2008 年的雨雪冰冻灾害和汶川地震、2010 年的玉树地震和舟曲特大泥石流等都造成了巨大的人员伤亡和经济损失。科学应对各类突发事件成为摆在我们面前的重大课题, 而做好物资储备又成为这个重大课题的关键环节。应急物资是指突发事件应急处置过程中所需要的各类物资, 它是实施紧急救助、灾情快速控制、灾民转移安置的物质保障。应急物资种类繁多, 根据不同的分类标准应急物资可分为不同的类别。在美国联邦紧急事态管理局(FEMA)公布的《Resource Management (IS-703)》中, 应急物资分为物品(Supplies)、设备(Facilities)和设施(Equipment)三类。美国国家突发事件管理系统(National Incident Management System, NIMS)又将应急资源分为 8 个类别^[1], 即应急医疗服务资源(Emergency Medical Services Resources)、事件管理资源(Incident Management Resources)、公共卫生资源(Health and Medical Resources)、执法与安全资源(Law Enforcement and Security Resources)、公共工程资源(Public Works Resources)、搜寻救援资源(Search and Rescue Resources)、火灾和危险品资源(Fire

and Hazardous Materials Resources)、动物健康资源(Animal Health Resources), 并对每种资源单独编制指导手册。国家发改委公布的《应急物资分类及产品名录》将应急物资分为 13 类, 即防护用品类、生命救助类、生命支持类、救援运载类、临时住宿类、污染清理类、动力燃料类、工程设备类、工程材料类、器材工具类、照明设备类、通讯广播类、交通工具类。张旭凤按应急物资使用的优先级别将应急物资分为 4 类, 即生命救助物资、工程保障物资、工程建设物资、灾后重建物资^[2]; 张永领按照突发事件的应急管理阶段和主要应对环节将应急物资分为应急处置物资、基础保障物资和恢复重建类物资^[3]; 王宗喜等按应急需求将应急物资分为灾民生活需求物资、抢救物资和灾后初期重建物资等三类^[4]。余廉等按国家应急能力建设将应急物资分为应急物资、应急工程、灾害风险立体监测系统、特种应急装备等四类^[5]。丁斌等和郭子雪等分别用聚类的方法对应急物资进行分类研究^[6-7]。应急物资的品种繁多, 对应急物资进行科学的分类储备是提高应急物资保障能力、科学应对突发事件的重要因素。本文以应急物资储备为目的, 采用模糊聚类的方法对应急物资进行分类, 并在分类的基础上探讨每一类应急物资的储备模式, 为应急物资的科学储备提供借鉴。

^{*} 收稿日期: 2011-07-11

基金项目: 教育部人文社科基金“政府应急物资的准备模式研究”(09YJCZH033)

作者简介: 张永领(1975-), 男, 山东成武人, 博士, 副教授, 主要研究方向为应急管理. E-mail: zhyongling@126.com

1 资料与方法

1.1 模糊聚类简介

模糊聚类是根据样本之间的特征、亲疏程度和相似性, 通过建立模糊相似关系进行客观的分类, 作为数理统计中的一种多元分析方法, 已广泛应用于诸多领域^[8-10]。

(1) 建立原始数据矩阵

设有 n 种待分类的应急物资, 每种应急物资又有 m 个评价指标, 于是得到原始矩阵:

$$\begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (1)$$

(2) 数据的标准化

因为不同的评价指标具有不同的量纲和数量级单位。为了使不同量纲和不同数量级的数据能放在一起进行比较, 通常要对数据进行标准化处理。数据标准化的方法很多, 本文采用标准差变换的方式对数据进行标准化。

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (2)$$

式中: x'_{ij} 为矩阵(1)第 i 行第 j 列数据的标准化数据; \bar{x}_j 为矩阵(1)第 j 列数据的平均值, $\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij}$; s_j 为矩阵(1)第 j 列数据的均方差, $s_j = \left[\frac{1}{n-1} \sum (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$ 。

(3) 建立模糊相似矩阵

对于待分类的应急物资 $u = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ 首先要鉴别元素 x_i 与 x_j 的相似程度, 用相似系数 r_{ij} 来表示, 其区间数为 $[0, 1]$ 。确定相似系数的方法很多, 本文采用海明距离法:

$$r_{ij} = 1 - \frac{1}{m} \sum_{k=1}^m |x_{ik} - x_{jk}| \quad (3)$$

式中: r_{ij} 是 x_i 和 x_j 的相似系数。可得到模糊相似矩阵:

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & \cdots & r_{1n} \\ r_{21} & r_{22} & \cdots & r_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & \cdots & r_{nn} \end{bmatrix} \quad (4)$$

(4) 求模糊等价矩阵

采用传递闭包法求模糊等价矩阵。

(5) 模糊聚类

对模糊等价矩阵进行聚类处理, 取不同的阈值 $\lambda [0, 1]$, 得到不同的分类关系, 并建立动态聚类图。

1.2 应急物资的分类指标体系

影响应急物资储备的因素主要有 3 个方面, 即应急物资的自然属性、社会属性以及突发事件应急处置过程中的应急需求特征。应急物资的自然属性如应急物资的有效使用期限直接影响应急物资的储备方式。不同品种的应急物资的社会属性有很大差别, 如面包、纯净水等物资的社会流通量大, 生命探测仪的社会流通量则很小, 而挖掘机和推土机则主要集中在建筑等施工单位, 所以应急物资的社会属性也是影响应急物资分类储备的主要因素。不同种类的应急物资在应急救援过程中发挥的作用不一样, 并且急需程度也有一定的差别, 因此应急物资的需求因素也是影响应急物资的分类储备的主要因素。以应急物资的自然和社会属性以及应急需求特征为基础, 从 8 个方面建立应急物资的分类指标体系。

(1) 应急物资的有效使用期

不同类别的应急物资的有效使用期是不同的, 食品药品类物资的保质期较短, 而机械设备类物资的保质期较长。应急物资的有效使用期限是直接影响应急物资分类储备重要因素, 如对于保质期比较短的应急物资, 一般不适宜过多采用实物储备, 以免造成不必要的浪费。

(2) 应急物资的用途

不同种类的应急物资在突发事件应急处置过程中发挥的功能是不同的, 如食品主要是维持生命与健康, 应急救援物资主要是拯救伤员; 帐篷棉被等物资主要是为灾民提供临时住宿, 因此应急物资的功能用途也是影响应急物资分类储备的重要因素。

(3) 应急物资的生产周期

重特大突发事件发生后, 应急物资的需求量大, 许多应急物资需要突击生产。对于生产周期较长的应急物资, 如果仅仅依靠突击生产就无法满足突发事件应对初期对应急物资的需求, 但可以用来满足长期抗灾的需要。因此在应急物资的分类储备中也要充分考虑应急物资的生产周期。

(4) 应急物资的价格

应急物资的价格也是影响应急物资储备的重要因素, 如地震应急救援所需要的挖掘机、推土机等在应急救援中具有极大的紧迫性, 但是价格比较昂贵且使用的频率比较低, 如果以实物的方

式储备这类应急物资往往会造成大量社会资源闲置甚至浪费。因此，在应急物资储备时要充分考虑应急物资的价格因素，并选择合适的储备方式。

(5) 应急物资的市场流通量

应急物资的市场流通量是指处在市场流通环节的可以用作应急物资的物资数量。对于市场流通量大的通用类物资，政府就能在短时间内采购足够的应急物资，该类物资就可以少储备或者不储备。对于市场上流通量较小且应急过程中又急需的应急物资，则平时就需要有适量的实物储备。

(6) 社会集中拥有量

政府、企事业单位、社会团体乃至个人往往也拥有一些物资可用作应急物资，如建筑企业拥有的挖掘机和推土机、运输企业拥有的输运卡车等。应急物资的社会集中拥有量越大越集中，越有利于应急物资的租用和征用。

(7) 应急物资的预计需求量

应急物资的预计需求量是指快速高效应对突发事件所必须的应急物资的最小数量。应急物资的预计需求量直接影响应急物资的储备模式。预计需求量既包括灾害应对初期对应急物资的需求的大量需求，也包括满足整个事件应对过程中对应急物资的持续需求。

(8) 应急物资的需求梯度

突发事件应急处置对应急物资的需求具有一定的梯度和层次性。如地震发生后首先需要生命救援和灾民临时安置类的物资；随着时间的推移，则大量需要防疫和垃圾清理类的物资；进入恢复重建阶段需要的更多的则是建筑类物资。所以，应急物资的需求梯度或需求层次也是影响应急物资的储备模式的重要因素。

1.3 数据资料的处理

民政部公布的《应急物资分类及产品目录》将应急物资分为 13 类 208 种(二级分类)，本文以 208 种应急物资为基础对应急物资进行分类。对应急物资进行分类首先要对每一种物资的 8 个分类指标进行量化评分。对应急物资的有效期、功能、价格、生产周期、社会集中拥有量 5 项分类指标进行量化评分，对于通用类物资则在社会调查、民政部门调研的基础上进行，对于专用物资则在专业应急救援队伍如中国国际应急救援队和 71762 工程兵部队调研的基础上进行。应急物资的预计需求量和需求梯度则以破坏性地震应急为例，估计应急物资的需求量和需求梯度。应急物资的市

场流通情况主要通过通过对物流公司调研的基础上进行量化评分。

2 结果分析

2.1 应急物资的分类

将 208 种应急物资 8 个评价指标的数据系列构成原始数据矩阵。由于原始数据的量纲不一致，对原始数据采用标准差变换的方式进行无量处理。然后建立模糊相似矩阵和模糊等价矩阵，最后进行模糊聚类。模糊动态聚类的结果如图 1 所示。

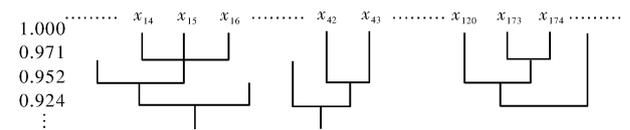


图 1 应急物资的动态聚类图

由于参加聚类的应急物资种类多，且选取的指标比较复杂，以至于阈值 λ 的取值较多，如何确定应急物资的最终分类，即最终将应急物资分为几类成为解决问题的关键。

本文采用经验正交函数分解(EOF)的方法来确定应急物资的分类数量。经验正交函数又称自然正交函数(EOF)，由于它在提取物理量场的信息特征方面具有极其显著的优点，现已被广泛应用多维数据场的分析当中。经验正交函数是一种有效的降维技术，将变量场分解成若干个相互正交的典型模态的线性组合，收敛速度快又能较好地反映出信息场的基本结构特征和物理意义^[11]。

对由 208 种应急物资、每类物资 8 个分类指标构成的矩阵进行经验正交函数分解，表 1 中给出了前 9 个特征向量方差及累计方差贡献。

表 1 EOF 分解前 9 个特征向量的方差及累计方差贡献 %

特征向量	1	2	3	4	5	6	7	8	9
方差贡献	14.24	12.33	11.85	9.89	8.67	7.26	6.01	3.46	2.98
累计方差贡献	14.24	26.57	38.42	48.31	56.98	64.24	70.25	73.71	76.69

从表 1 可知，前 7 个特征向量的累计方差贡献大于 70%，表明前 7 个特征向量基本涵盖了整个变量场的大部分信息特征，第 8 个特征向量及以后的各特征向量的方差贡献均小于 5%，说明它们包含变量场的信息量很少，而更多的则是噪音成分。

因此，208 种应急物资可以划分为 7 个相对独立的类别。根据模糊聚类结果，当 λ 的取值为 0.849

时, 应急物资正好可以划分为 7 类。

2.2 应急物资的储备

2.2.1 应急物资的储备模式

应急物资储备模式主要包括 3 个方面, 即实物储备、合同储备以及生产能力储备^[12], 其中应急物资的实物储备又可分为政府部门自行储备和委托企业储备两种。因此本文将应急物资储备模式细分为 4 种, 即实物储备、企业代储、合同储备和生产能力储备。

(1) 实物储备

实物储备就是把应急物资以实物的形式存储在仓库中, 当突发事件发生后随时可调用的物资储备。实物储备是突发事件应对尤其是大规模突发事件初期应对的主要物资来源。实物储备对于生命的拯救、灾情的控制具有重要意义。

(2) 企业代储

为了充分利用社会资源, 政府部门可以通过补贴等方式委托企业代储应急物资, 要求企业保持一定量的物资储备。企业代储即克服了实物储备中资源利用效率低甚至浪费的现象, 同时又能发挥投入资金的放大效应, 提高资金的利用效能。但是市场上流通性较小的物资不适于企业代储, 另外企业代储的灵活性也较差。

(3) 合同储备

合同储备就是政府部门与那些拥有应急物资的企事业单位或个人签订合同, 保证在突发事件发生后按照合同约定, 能够优先租用或调用这些单位或个人的物资进行救灾, 应急物资的这种储备方式称为合同储备。可采用合同储备的应急物资很多, 如建筑企业的铲车、挖掘机、大货车等设备, 仓储企业的食品、药品等。

(4) 生产能力储备

生产能力储备是对那些能够生产、转产或研制救灾物资的企业或其它单位, 通过签订有关协议或合同, 保证突发事件发生后能够按照协议规定迅速生产、转产或研制救灾物资, 这类应急物资的储备方式称为生产能力储备。但是生产能力储备转化为实际应急物资需要一定的时间。

2.2.2 应急物资的分类储备

采用模糊聚类和经验正交函数方法对 208 种应急物资计算表明, 应急物资的最优分类为 7 个类别。每类应急物资的属性不同, 其储备方式也有较大差别。

(1) I 类物资。主要包括食品、罐头、瓶装水以及医用药品等。I 类物资都是一次性消费物资,

也是维持生命和健康所必须的物资。它们的共同特点是生产周期和保质期都较短, 突发事件的预计需求量和市场流通量都很大、并且需求具有持续性。根据应急物资的储备模式, I 类物资储备适于企业代储和生产能力储备, 并结合适量的实物储备。大规模突发事件发生的概率特别小, 而这类物资的保质期又较短, 采用企业代储既可以提高资源利用效率又减少不必要的损失, 还能保证物资的供给。另外这类应急物资的需求时序性强, 有必要采取生产能力储备, 保证应急物资的持续供给。

(2) II 类物资。主要包括推土机、挖掘机、铲运机、拖拉机、吊车、货运开车等大型的通用设备, 这类物资在地震应急救援、后勤保障中发挥着重要作用。II 类物资的特点是生产周期长、价格高、市场流通量小, 但这类物资主要集中在各类建筑施工单位, 可通过与物资拥有单位签订合同, 保障在突发事件发生后能够优先调用这类设备进行救灾。

(3) III 类物资。主要包括生命探测仪、消防车、液压剪、张紧器等工具设备, 这类物资的专用性特别强, 当突发事件发生后需要立即调往受灾地区进行救灾。这类物资的特点是日常使用率极低、社会流通量极小, 但是灾害发生后急需程度高, 需要专业抢险救灾部门以实物的形式储备这类物资。

(4) IV 类物资。主要包括帐篷、棉衣、蚊帐、简易厕所、垃圾袋、炊具、餐具等。这类物资主要为灾民安置所需要的物资。IV 类物资宜采用实物储备和生产能力储备相结合的方式储备。目前民政部门所储备的救灾物资主要是该类物资。

(5) V 类物资。V 类物资主要包括空投飞机或直升机、灭火和救生飞机(直升、水上、雪地、短距起降、土地草地跑道起降)、消毒飞机。在航空还没有普遍开放之前, 这类物资可采用合同储备的方式进行储备, 即向军队或者其他拥有这类工具的单位以签订合同的方式租赁该物资。

(6) VI 类物资。VI 类物资包括燃料、电池、铁锹、各类灯具以及灭菌和杀毒药品器具等。这类物资在应急救援整个过程中用途广泛, 市场流通量大, 可以采用企业代储和适量实物储备的方式进行储备。

(7) VII 类物资。主要包括水泥、砂石料、管道、钉子、五金器具等。这类物资应属于第二层次的应急物资, 即突发事件应急处置中需求量不

大,而是在后勤保障和恢复重建中发挥着重要作用。这类物资可采用合同储备和生产能力储备相结合的方式储备。另外该类物资的急需程度不高且市场拥有量大,也可以通过应急采购的方式满足需求。

3 结论

突发事件应急处置中所需应急物资的种类繁多,各种应急物资的自然属性和社会属性又有较大差异,并且在应急处置过程中发挥的功能和需求时间也不尽相同,如何对应急物资进行科学合理的分类储备一直是政府部门和学者们关心的问题。本文以应急物资储备为目的采用模糊聚类的方式对应急物资进行分类,并探讨了每类应急物资的储备模式,主要结论如下。

(1)以应急物资的自然属性和社会属性以及应急需求特征为基础,从应急物资保质期、功能、生产周期、价格、市场流通量、社会集中拥有量以及应急物资的预计需求量和需求梯度8个方面建立了应急物资的分类指标体系。

(2)用模糊聚类的方法对应急物资进行分类,并用经验正交函数的方法确定应急物资的分类数量,计算结果表明应急物资可分为7个类别。

(3)Ⅰ类物资可采用企业代储和生产能力储备相结合的储备方式;Ⅱ类物资可采用合同储备的方式进行储备;Ⅲ类物资可采用实物储备的方式进行储备;Ⅳ类物资适于采用实物储备和生产能

力储备相结合的储备方式;Ⅴ类物资适于采用合同储备的方式进行储备;Ⅵ类物资可采用企业代储和实物储备相结合的储备方式;Ⅶ类物资可采用合同储备和生产能力储备相结合的方式储备。

参考文献:

- [1] Federal Emergency Management Agency. Typed resource definition [EB/OL]. [2010-03-21]. http://www.fema.gov/nims/mutual_aid.shtm.
- [2] 张旭凤. 应急物资分类体系及采购战略分析[J]. 中国市场, 2007(2): 110-111.
- [3] 张永领. 突发事件应急资源的需求结构研究[J]. 灾害学, 2010, 25(4): 127-132.
- [4] 王宗喜, 阳波. 论应急物流的地位与作用[J]. 物流技术与应用, 2008(7): 104-106.
- [5] 余廉, 郑华卿. 基于国家应急能力建设的应急资源分类探讨[J]. 中国应急管理, 2010(4): 20-24.
- [6] 丁斌, 王鹏. 基于聚类分析的应急物资储备分类方法研究[J]. 北京理工大学学报: 社会科学版, 2010, 12(4): 10-13.
- [7] 郭子雪, 张强. 模糊聚类分析在突发事件应急物资分类中应用[J]. 计算机工程与应用, 2009, 45(35): 208-211.
- [8] 江玮. 基于模糊聚类分析的多准则ABC库存管理[J]. 物流技术, 2009, 28(1): 97-98.
- [9] 杨昇, 赵一飞. 模糊聚类法在经济区域内的物流园区网络布局中的应用[J]. 物流科技, 2007(12): 1-4.
- [10] 宋艳, 梁静国. 基于模糊聚类的客户分类应用研究[J]. 物流科技, 2005(1): 26-28.
- [11] 么沈生, 丁裕国. 气候统计[M]. 北京: 气象出版社, 1990.
- [12] 张永领. 中国政府应急物资的储备模式研究[J]. 经济与管理, 2011, 25(2): 92-96.

Research on Classified Reserve of Emergency Materials Based on Fuzzy Clustering Analysis

Zhang Yongling

(Emergency Management School, Henan Polytechnic University, Jiaozuo 454000, China)

Key words: Classification of a wide range of emergency materials is the foundation of emergency material reserve. Based on the natural and social attributes of emergency materials and need in emergency response, the classification index system of emergency materials is worked out in eight aspects as effective life, function, production cycle, price, market circulation, concentrated possessive quantity of community, expected demand and expected demand level of emergency materials. The emergency materials are classified by the method of fuzzy clustering analysis and the optimal classification number is determined by the method of empirical orthogonal function. The reserve pattern of each type of emergency materials is analyzed, which is helpful to the scientific reserve of emergency materials.

Abstract: emergency materials; reserve classification; fuzzy clustering analysis