

# 教学为主的计算机设备共享研究

陶燕丽

(宁波大学 资产与实验室管理处,浙江 宁波 315211)

**摘要:**本文通过对教学为主的计算机设备的利用率进行分析,对如何最大限度地提高独立性实验室计算机设备利用率进行了研究,提出利用博弈论中的Shapley值法,给出了成本分摊方法,合理设计各独立性实验室之间的成本分摊机制,提出了实验室资源共享管理中合理的成本摊派对策。

**关键词:**实验室设备;设备共享;合作博弈;Shapley值;成本分摊

中图分类号:G647 文献标识码:A

文章编号:1008-0627(2014)01-0064-04

实验设备是保证实验室教学、科研顺利开展的重要物质条件,对增强科技自主创新能力培养创新型人才的实践教学改革中起着重要的作用,因此教育行政部门和高校不断加大对实验设备的投入。但是高校实验设备普遍存在使用率不高且分布不均衡的问题,因此如何有效地加强实验设备的管理和使用,如何最大限度地提高现有仪器设备的使用率,使其能最大限度的为教学和科研服务,就成为高校实验设备管理中亟待解决的课题。<sup>[1]</sup>

本文通过教学为主的计算机设备的成本分摊,来研究教学实验设备的共享问题。本文选择计算机设备是因为计算机设备具有较好的代表性,一是普遍,计算机为通用设备,是目前所有高校实验教学使用最多的设备。二是计算机设备具有明确的使用期限,一般规定5-6年即可报废,即使利用率很低到年限也需要报废。因此,研究计算机设备共享,对提高设备利用率有着实际意义。共享研究的主要问题是如何合理地规定成本即费用的分配方案。<sup>[2]</sup>

## 一、实验设备管理的现状

目前,高校的设备管理体系尚不完善,普遍存在着“重购置、轻管理、低利用”的现象,既缺少设备资源的共享管理和激励体制,同时对于设备的购置又缺乏统筹管理计划,设备资源得不到合理优化配置。“小而全”“大而全”以及封闭式管理,这就导致实验设备资源的低使用率和高

成本。<sup>[3]</sup>为了降低使用成本,共享即成为重要的途径。对于绝大多数共享的利益主体而言,只有获得设备资源使用权支出的费用大大低于自己单独购置设备所支出的费用,他们才会去寻求可共享的设备资源。因此,经济利益的高低是决定利益主体是否参与设备资源共享的主要因素。

以笔者所在学校教学所用计算机为例:几乎每个学院都拥有计算机设备的实验室以及实验人员,承担各自学院的相关实验。截止2012年底,各学院拥有计算机设备:商学院427台,法学院276台,教育学院1000台,人文学院213台,体育学院112台,外语学院480台,艺术学院322台,理学院409台,材化学院133台,机械学院470台,信息学院2330台,建工学院378台,海运学院380台,海洋学院102台、医学院368台,国交学院215台,合计7615台。按照每台每年国家规定的通用设备使用时间1200学时计算,7615台可以安排9138000学时,远大于实际的人机时数。通过分析可以看出,计算机设备的利用率不高,但计算机设备存在即使利用率低,超过使用期限也要被更换的特点。

根据合作对策的思想建立组织管理基本模式的价值观,意味着承认合作对策是要充分协调各种价值观念。设备资源共享的利益主体各方为了各自需要进行合作,使设备资源发挥最大的使用效率,而主体各方在设备资源的共享中获得相应的效益。

收稿日期:2013-08-10

作者简介:陶燕丽(1965-),女,江西上饶人,助理研究员,主要研究方向:教育管理。E-mail: tyl@nbu.edu.cn

本文中共享主体是指仪器设备共享实践活动的承担者，包括高校、科研机构等相对独立的社会团体和教师、科研人员、实验人员等个体。共享是在多个主体之间实现的。

## 二、实验室共建的成本分摊问题描述

例如：共建一个实验室，成本函数 $c(S)$ 是为联盟 $S$ 提供服务的最小成本。成本分摊方案 $(x_1, x_2, \dots, x_n)$ 满足 $x_1+x_2+\dots+x_n=c(N)$ 。假设成本函数是：

$$c(A)=120, c(B)=140, c(C)=120, c(A, B)=170, \\ c(B, C)=190, c(A, C)=160, c(A, B, C)=255$$

A和B合作可以节约成本为 $c(A)+c(B)-c(A, B)=90$ ，再平均分配一下，从而 $C_A=120-(1/2)\times 90=75$ ， $C_B=140-(1/2)\times 90=95$ ，如果联盟中有3个主体，可以节约成本为： $c(A)+c(B)+c(C)-c(A, B, C)=125$ ，然后在3个主体之间平均分摊：

$$c_A = 120 - \frac{1}{3} \times 90 = 78.3,$$

$$c_B = 140 - \frac{1}{3} \times 125 = 98.3,$$

$$c_C = 120 - \frac{1}{3} \times 90 = 78.3$$

从直观上理解，这样的成本分摊是很合理的。但是问题在于，A和B会离开大联盟而单独组建联盟，因为 $c_A+c_B=176.6>170=c(A, B)$ ，换句话说，如果留在大联盟内，A和B会不公平地对C进行交叉补贴。<sup>[2]</sup>对主体合作对策是多个局中人（主体）参加的对策，它允许局中人互通信息，可以建立合作关系，形成事先商定的协议，统一联盟的策略，在终局之后重新分配局中人的收益。一般而言，合作能使联盟获得更大的收益。在多个局中人合作对策中能否形成合作，主要取决于合作后所得到的总收益能否找到一种公平的分配方案。如果分配不合理，有些局中人就可能脱离原来的联盟而加入其它联盟。因此，多主体合作对策的主要问题是当联盟形成后，在局中人之间如何分配合作所获得的收益。<sup>[4]</sup>

$c(i)$ 和 $C(S)$ 分别表示部门 $i$ 联盟 $S$ 的最优等效益替代工程费用；用 $x(i)$ 表示部门 $i$ 分摊的费用。在解决投资分摊问题的成本对策中，特征函数应满足如下特性：

$C(N)$ 表示全体局中人形成大联盟的总收益。

如果联盟 $S$ 与联盟 $T$ 是互不相干的( $S \cap T = \emptyset$ )，次可加性： $C(S \cup T) \leq C(S) + C(T)$  (1)

即两个没有共同成员的联盟 $S$ 和联盟 $T$ 所组成的新联盟的费用应该小于联盟 $S$ 和联盟 $T$ 的费用之和，这是形成新联盟的前提，如果正确选择建设规模，该式应自动满足。

个体合理性

$$x(i) \leq c(i), \forall i \in N \quad (2)$$

即任一部门 $i$ 所分摊的费用必须不大于其不参加任何联盟时的费用。

总体合理性

$$\sum_{i \in N} x(i) = c(N). \quad (3)$$

建设所有部门受益分摊的费用之和应等于总费用 $C(N)$ 。

集体合理性

$$\sum_{i \in S} x(i) = c(S). \forall S \subseteq N \quad (4)$$

上述条件是各部门 $i$ 及联盟 $S$ 愿意合作，参加共建的必要条件。在成本对策中，满足(1)(2)的分配 $x=(x(1), x(2), \dots, x(n))$ 称为一个分配，所有分配 $x$ 的集合记作 $X$ ；满足式(4)的分配的集合称作核，记作 $X_c$ 。

**定义1** 独立性学校实验室要求分配给联盟 $S$ 中所有参与人的成本之和不得大于该联盟单独所能获得的成本。在成本分摊博弈中，就是对于：

$$\forall S \subseteq N, \sum_{i \in S} x(i) \leq c(S). \quad (5)$$

**定义2** 无交叉补贴原则要求每个联盟中的参与人至少得到剩余（成本）不得大于（小于）其为联盟带来的边际剩余（成本）。在成本博弈中，就是对于

$$\forall S \subseteq N, \sum_{i \in S} x(i) \geq c(N) - c(N \setminus S). \quad (6)$$

由此可见，在一个稳定的分配下，任何参与人组合都没有意欲脱离联盟，因为组成一个新联盟并不能组合获取更大的利益。由于核心中可能存在多个分配方案，这就需要在满足集体合理性和总体合理性条件的解集，按照某种“公平”法则在各参与人之间去协调从而选择一个令大家满足的分配方案。<sup>[2]</sup>

### 三、基于 Shapley 值的成本投资分摊

联盟的分配是联盟中的竞争,每个参与人到底获得多少收益取决于参与人讨价还价的能力,这是竞争性的。这是一个耗时耗力的博弈,讨价还价将消耗一部分联盟收益,对此 2012 年诺贝尔经济学奖获得者 L.S.Shapley 给出了求解联盟分配建议值即 Shapley 值。建议值是某个人在可行区间里给出一个他认为的最后分配值,以使某个讨价还价博弈结束。

同质品的成本分摊表示为  $(N, C, q)$ , 其中  $N$  是数目有限的参与人  $i=1, \dots, n$  集合;  $C$  是从  $R_+$  到  $R_+$  的单调非减成本函数, 满足  $C(0)=0$ ,  $q=(q(1), \dots, q(n))$  是一个需求向量, 其中参与人  $i$  的需求量是  $q_i \geq 0$ 。成本分摊问题的解  $(N, C, q)$  是向量  $x=(x(1), x(2), \dots, x(n)) \in \mathbb{R}_+^n$ , 它给每个参与人分配一定的成本, 使得:

$$\sum_{i \in X} x(i) = C\left(\sum_{i \in N} q(i)\right) \quad (7)$$

成本分摊法方法  $x$  是将成本分摊问题  $(N, C, q)$  与其  $x(N, C, q)$  联系在一起的一个映射。

核仁法的基本思想是,在分配属于核仁的条件下,最不理想的联盟也要优于其它分配的最理想的联盟。设  $I=(N, C)$  是  $n$  人合作成本对策, 特征函数满足条件:

$$\begin{aligned} C(\emptyset) &= 0 \\ C(N) &\leq \sum_{i \in N} c(i) \end{aligned} \quad (8)$$

当分配  $X$  为空集, 求解扩展的最小核的方法是解如下线性规划:

$$\min \varepsilon \quad (9)$$

受约束于:

$$x(S) - C(S) - \varepsilon \leq 0, \quad \forall S \subset N \quad (10)$$

$$\sum_{i \in N} x(i) = C(N) \quad (11)$$

$$x(i) \geq 0, \quad \forall i \in N \quad (12)$$

在这里  $\varepsilon$  可以看作是为了鼓励整体合作向每一个联盟征收的附加费用。由式 (9) - (12) 所解出的分配集是  $n$  人合作成本对策  $[N, C]$  的扩展最小核, 如果分配是唯一的, 则该分配是  $[N, C]$  的核仁。<sup>[5]</sup>

**定义 3** 博弈  $I=(N, c)$  的夏普利值将大联盟的得益  $v(N)$  按照下述公式进行分摊:

$$x(i) = \sum_{S \subseteq N} \frac{(s-1)!(n-s)!}{n!} (c(S) - c(S-i)) \quad (13)$$

其中,  $s$  表示联盟  $S$  中参与人的个数。

Shapley 值的思想可以从概率的角度来理解。假设参与人按照随机顺序形成联盟, 每种顺序发生的概率都相等, 均为  $1/n!$ 。参与人  $i$  与其前面的  $(S-1)$  人形成联盟  $S$ , 参与人  $i$  对该联盟的边际贡献为  $c(S) - c(S \setminus \{i\})$ 。由于  $S \setminus \{i\}$  与  $N \setminus S$  的参与人的排序共有  $(S-1)!(n-S)!$  种, 因此每种排序出现的概率就是

$$\frac{(|S|-1)!(n-|S|)!}{n!}$$

可见, 参与人在联盟  $S$  中的边际贡献的期望得益恰好就是 Shapley 值。<sup>[6]</sup>

本文将根据参与人每学年承担教学需要计算机设备的总人机时数的比例来承担总成本。题的求解, 平均成本定价法是将总成本根据每个人的需求量来按比例分摊。下面是一个实例分析。

共享实验室建设, 要完成该工程并获得一定效益, 需要  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三个学院共同承担此任务; 也可分别单独承担该工程的一部分, 或是部分学院组合, 完成相应任务, 但所需成本各不相同。

学院  $A$  完成项目任务所需成本为  $c(A)=250$ , 学院  $B$  完成项目任务所需成本为  $c(B)=170$ , 学院  $C$  完成项目任务所需成本为  $c(C)=260$ , 学院  $A$ 、 $B$  合作完成项目任务所需成本  $c(A, B)=380$ , 学院  $B$ 、 $C$  合作完成项目任务所需成本为  $c(B, C)=395$ , 学院  $A$ 、 $C$  合作完成项目任务所需成本为  $c(A, C)=460$ , 学院  $A$ 、 $B$ 、 $C$  合作完成项目任务所需成本为  $c(A, B, C)=590$ 。学院  $A$ 、 $B$  合作完成项目成本节约为  $v(A, B)=40$ ; 学院  $B$ 、 $C$  合作完成项目成本节约为  $v(B, C)=35$ ; 学院  $A$ 、 $C$  合作完成项目成本节约为  $v(A, C)=50$ ; 学院  $A$ 、 $B$ 、 $C$  合作完成项目成本节约为  $v(A, B, C)=90$ 。易知上述成本值满足联盟存在的条件, 所以学院  $A$ 、 $B$ 、 $C$  愿意合作, 构建价值链联盟共同完成该项目。根据 Shapley 值的计算公式, 得表 1。

学院  $A$  节约成本  $= 6.67 + 8.33 + 18.33 = 33.33$ 。同理, 学院  $B$  节约成本  $25.83$ ; 学院  $C$  节约成本  $30.83$ , 显然有  $33.33 + 25.83 > 40$ ,  $30.83 + 30.83 > 50$ ,  $25.83 + 30.83 > 35$  也就是说, 学院  $A$ 、 $B$ 、 $C$  愿意形成合作联盟共同完成该项目。此时学院  $A$

表1 学院A成本分摊计算过程

	{A}	{A,B}	{A,C}	{A,B,C}
$v(S)$	0	40	50	90
$v(S \setminus 1)$	0	0	0	35
$v(S) - v(S \setminus 1)$	0	40	50	55
$ S $	1	2	2	3
$W( S ) W( S )$	$1/3$	$1/6$	$1/6$	$1/3$
$\varphi_A(v)$	0	6.67	8.33	18.33

支出的成本  $\varphi_A(v)$  为 216.67; 学院 B 支出的成本  $\varphi_B(v)$  为 144.17; 学院 C 支出的成本  $\varphi_C(v)$  为 229.17。即  $c(S)=(216.67, 14.17, 229.17)$ 。上述成本值低于原先的成本, 所以学院 A、B、C 愿意合作, 联合共同完成该项目, 不仅节约成本, 实验人员也可相应较少。

#### 四、结束语

虽然目前许多高校为使科研实验设备共享, 提出仪器设备有偿使用的管理办法, 但通过本文的分析, 笔者认为在资源信息共享、提高共享意识的基础上, 合理的成本摊派和收益分配对资源共享也是重要的。对实验室建设成本进行合理的分摊, 能够有效地提高合作伙伴的稳定程度, 使得合作伙伴之间相互支持, 实现最大的合作效益。本文基于 *Shapley* 值法进行成本分摊测算,

为实验设备共享提供一定的理论参考。

目前, 高校的固定资产除了房产外最主要的就是实验设备, 如宁波大学每年购入的实验设备近 8000 万元。如何提高实验设备的使用率, 是体现高校设备管理部门管理水平的一项重要指标。而要提高设备的使用率和共享率, 必须依靠主管部门、设备管理人员和全体教师的共同努力。把博弈分析引入高校实验室管理, 将有利于探索高校仪器设备管理的客观规律, 进一步提升实验设备的管理水平。

#### 参考文献

- [1] 林婷, 范哲意. 高校科研实验设备资源共享问题研究[J]. 实验室研究与探索, 2009, 28(6): 162-164.
- [2] 陶燕丽. 基于合作博弈的实验室设备共享模型探讨[J]. 实验技术与管理, 2010, 27(10): 208-211.
- [3] 胡卓君. 科技基础条件平台资源共享的本质与机理研究[J]. 科学管理研究, 2006(5): 40-42.
- [4] 潘天群. 合作之道—博弈中的共赢之道方法论[M]. 北京: 北京大学出版社, 2010: 195.
- [5] 徐玖平, 陈建中. 群决策理论与方法及实现[M]. 北京: 清华大学出版社, 2009: 236.
- [6] 李勇军, 梁樑. 基于 DEA 与联盟博弈的固定成本分摊方法. 系统工程理论与实践[J]. 2008, 35(11): 80-84.

## A Study of Computer Facilities Share for the Teaching Purpose

TAO Yan-li

(Dept. of Assets and Laboratory Administration, Ningbo University, Ningbo 315211, China)

**Abstract:** The essay tries to examine the utilization efficiency of computer facilities for the purpose of instruction to maximize the utilization of independent lab computer equipment. It uses the cost-sharing method based on Shapley Value in game-playing theory to work out a cost-sharing and -apportioning mechanism for independent labs resources.

**Key words:** lab equipment; equipment sharing; cooperative game; Shapley value; cost sharing

(责任编辑 周密)