

●靖培栋 王 卫

## 从“席位分配”模型到图书馆书刊采购模型

**摘 要** 通过对席位分配模型的研究,从书刊购买的影响因素入手,使用定量的方法,给出了图书馆书刊采购的精确模型。该模型有助于公平地分配经费,购买不同学科书刊。表1。参考文献4。

**关键词** 图书馆 书刊采购 数学模型 席位分配模型

**分类号** G253.1

**ABSTRACT** Beginning with a study of the model of seats assignment and an analysis of impact factors of library acquisitions, the authors use quantitative methods to propose an accurate model for library acquisitions, which is helpful for the fair distribution of library budgets for materials in different subjects. 1 tab. 4 refs.

**KEY WORDS** Library. Library acquisitions. Mathematical model. Seats assignment model.

**CLASS NUMBER** G253.1

外文书刊数量多,价格昂贵,而图书馆又经费不足,因此,研究怎样合理使用有限的经费,使外文书刊的购买尽量满足不同方面的需求,是一个很有现实意义的问题。面对这一问题,我们深入研究了数学中的席位分配模型。它是关于在多方参与的情况下,如何公平分配名额的一个数学模型。我们的问题与席位分配问题类似,但远比它复杂。本文从书刊购买的影响因素入手,使用定量的方法,给出了图书馆书刊采购的精确模型。

这一模型不仅适用于外文书刊的购买。由于中文书刊相对便宜,需要的书刊基本都能购买,也许没

有必要使用模型进行采购决策。如果图书馆经费严重不足,这一模型同样适用于中文书刊的采购。

### 1 比例分配的不公平性

让我们看一个有趣的现象。

某学校有3个系共200名学生,其中甲系103名,乙系63名,丙系34名。若学生代表会议设20个席位,公平而又简单的席位分配办法是按学生人数的比例分配,仍按比例(表1中第3列)分配席位时出现了小数(表1中第4列),在将取得整数的19席分配完毕后三系同意剩下的1席参照所谓惯例分给比

4 谢汝. 中美两国图书馆学信息学课程设置比较研究. 中国图书馆学报,1998(2)

5,10 詹德优. 论图书情报学课程体系的构建. 中国图书馆学报,2001(2)

6 吴慰慈,董焱. 新技术革命对图书馆学情报学教育体系变革的影响. 中国图书馆学报,2000(2)

7 马费成. 数字环境下图书馆与情报学教育的发展趋势. 图书馆学术动态,2002(2)

8 Bruce, Harry. A new perspective on information education from Australia. Education for Information, 1999, 17(3)

9 乔好勤. 图书馆学情报学教育改革的回顾与思考. 图书与情报,1997(4)

11 Dearstyne, Bruce W. Information Education In the 21st Century. Information Management Journal, 2002, 36(1)

12 Sherron, Gene T. A new approach to information educa-

tion. Education for Information, 1997, 15(2)

13 Chelton, Mary K. Introduction to Special Theme Issue on Communication and Library and Information Education and Practice. Journal of Education for Library & Information Science, 2001, 42(1)

14 Mihly Pivlgyi. Library and information education and research in Hungary. www.bibliothek-saur.de/2000\_1/53-62.pdf

15 余胜泉,杨晓娟,何克抗. 基于建构主义的教学设计模式. 电化教育研究,2000(12)

孙建军 教授,博士生导师。通讯地址:南京大学信息管理系。邮编210093。

成 颖 讲师,硕士。通讯地址同上。

(来稿时间:2003-06-03)

例中小数最大的丙系,于是三系分别占有 10、6、4 席(表 1 中第 5 列)。

因为 20 个席位的代表会议在表决提案时可能出现 10:10 的局面,会议决定下一届增加 1 席。按照

上述方法重新分配席位,计算结果见表 1 中第 6、7 列。这个结果对丙系显然太不公平,因为总席位增加 1 席,而丙系却由 4 席减为 3 席。

表 1 比例分配不公平性示例

| 系别 | 学生人数 | 学生人数的比例(%) | 20 个席位的分配 |         | 21 个席位的分配 |         |
|----|------|------------|-----------|---------|-----------|---------|
|    |      |            | 比例分配的席位   | 参照惯例的结果 | 比例分配的席位   | 参照惯例的结果 |
| 甲  | 103  | 51.5       | 10.3      | 10      | 10.815    | 11      |
| 乙  | 63   | 31.5       | 6.3       | 6       | 6.615     | 7       |
| 丙  | 34   | 17         | 3.4       | 4       | 3.570     | 3       |
| 总和 | 200  | 100        | 20        | 20      | 21        | 21      |

要解决这个问题必须舍弃所谓惯例,找到衡量公平分配席位的指标,并由此建立新的分配方法。在图书馆书刊采购中,通常也是用比例的方法,同样存在类似问题。在数学理论中建立了“公正的席位分配模型”<sup>[1]</sup>,由于这一模型与我们要建立的模型的密切关系以及它本身的重要性,下面简单加以介绍。

若  $p_1/n_1 > p_2/(n_2+1)$ , 即当 B 方增加 1 席时将 A 不公平,对 A 的相对不公平值为:

$$r_A(n_1, n_2+1) = \frac{p_1(n_2+1)}{p_2 n_1} - 1. \quad (4)$$

公平分配席位的原则是使得相对不公平值尽可能地小,所以如果

$$r_B(n_1+1, n_2) < r_A(n_1, n_2+1) \quad (5)$$

则这一席位应分配给 A 方;反之则分配给 B 方。根据(3)、(4)两式,(5)式等价于

$$\frac{p_2^2}{n_2(n_2+1)} < \frac{p_1^2}{n_1(n_2+1)}. \quad (6)$$

若  $p_1/(n_1+1) > p_2/n_2$ , 说明即使 A 方增加 1 席,仍然对 A 不公平,所以这一席显然应分配给 A 方。不难证明此时(6)仍然成立,也就是说这种情况仍然可以用(6)式处理。于是我们得出结论,当(6)式成立时增加的 1 席应分配给 A 方,反之则分配给 B 方。若记  $Q_i = p_i^2/n_i(n_i+1)$ ,  $i=1,2$ , 则增加的 1 席应分给 Q 值较大的一方。

上述方法可以推广到有 m 方分配席位的情况。设第 i 方人数为  $p_i$ , 已占有  $n_i$  个席位,  $i=1,2,\dots,m$ 。当总席位增加 1 席时,计算

$$Q_i = \frac{p_i^2}{n_i(n_i+1)}, \quad i=1,2,\dots,m \quad (7)$$

应将这一席分配给 Q 值最大的一方。

利用这一方法,21 个席位的分配结果是甲、乙、丙三系分别占有 11、6、4 席。

图书馆购买书刊的问题与上述例子类似。因为书刊分不同的学科,在经费不足的情况下,就有怎样在各学科间公平分配经费,合理购买书刊的问题。这一问题远比席位分配复杂,因为影响席位分配的因素只有一个,即各系学生总数,而影响书刊采购的

## 2 公平的席位分配模型

### 2.1 建立数量指标

先讨论 A、B 两方公平分配席位的情况。设两方人数分别为  $p_1$  和  $p_2$ , 占有的席位分别是  $n_1$  和  $n_2$ , 则两方每个席位代表的人数分别为  $p_1/n_1$  和  $p_2/n_2$ , 显然仅当  $p_1/n_1 = p_2/n_2$  时席位的分配才是公平的。否则,  $p_i/n_i$  ( $i=1,2$ ) 数值较大的一方吃亏,或者说对这一方不公平。

我们引进相对不公平值,若  $p_1/n_1 > p_2/n_2$ , 则定义

$$r_A(n_1, n_2) = \frac{p_1/n_1 - p_2/n_2}{p_2/n_2} = \frac{p_1 n_2}{p_2 n_1} - 1 \quad (1)$$

为对 A 的相对不公平值。若  $p_1/n_1 < p_2/n_2$ , 则定义

$$r_B(n_1, n_2) = \frac{p_2/n_2 - p_1/n_1}{p_1/n_1} = \frac{p_2 n_1}{p_1 n_2} - 1 \quad (2)$$

为对 B 的相对不公平值。

### 2.2 确定分配方案

假设 A、B 两方已分别占有  $n_1$  和  $n_2$  席, 利用相对不公平值  $r_A$  和  $r_B$  确定, 当总席位增加 1 席时, 应该分配给 A 还是 B。若  $p_1/(n_1+1) < p_2/n_2$ , 即当 A 方增加 1 席时将 B 不公平, 对 B 的相对不公平值为:

$$r_B(n_1+1, n_2) = \frac{p_2(n_1+1)}{p_1 n_2} - 1. \quad (3)$$

因素是多方面的,这本身就是一个值得研究并没有定论的问题。关于书刊采购的影响因素我们在下面讨论,主要参考了相关方法<sup>[2-3]</sup>。

### 3 综合因素计算的模型

关于购买书刊的影响因素,我们基本根据相关文献的结论<sup>[4]</sup>。设:

(1)参加购买外文书刊的学科集合为:  $S = \{s_1, s_2, s_3, \dots, s_n\}$ ,  $n$  为学科数。

(2)影响各学科书刊采购的因素集合为:  $F = \{f_1, f_2, \dots, f_m\}$ 。其中:高校馆  $m=4$ ,  $f_1, f_2, f_3, f_4$  分别为重要学科点数、读者层次及人数、核心期刊数、平均价格;公共馆  $m=3$ ,  $f_1, f_2, f_3$  分别为经济发展和读者需要、核心期刊数、平均价格。

(3)各影响因素的权重为:  $W = \{w_1, w_2, \dots, w_m\}$ 。其中:高校馆  $m=4$ ,  $0 < w_i < 1$ ,  $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ ,  $w_1 = 0.4, w_2 = 0.3, w_3 = 0.2, w_4 = 0.1$ ;公共馆  $m=3$ ,  $0 < w_i < 1$ ,  $\sum_{i=1}^m w_i = 1$ ,  $w_1 = 0.6, w_2 = 0.3, w_3 = 0.1$ 。

(4)当图书馆类型是高校馆时,各影响因素有子因素,其集合为:  $f_1 = \{f_{11}, f_{12}, \dots, f_{1g}\}$  ( $g=3$ ,  $f_{11}$  为重点学科数,  $f_{12}$  为博士点数,  $f_{13}$  为硕士点数, 其中各子因素权重比  $f_{11}:f_{12}:f_{13}=5:3:2$ )。  $f_2 = \{f_{21}, f_{22}, \dots, f_{2h}\}$  ( $h=5$ ,  $f_{21}$  为副教授以上人数,  $f_{22}$  为讲师和助教人数,  $f_{23}$  为博士生人数,  $f_{24}$  为硕士生人数,  $f_{25}$  为本科生人数, 其中各子因素权重比  $f_{21}:f_{22}:f_{23}:f_{24}:f_{25}=6:5:5:3:1$ )。

亦即:  $f_1 = 5f_{11} + 3f_{12} + 2f_{13}$ ,  $f_2 = 6f_{21} + 5f_{22} + 5f_{23} + 3f_{24} + f_{25}$ 。

那么,对于各学科的综合购书刊因素的计算,可以概括为以下几个步骤。

第1步,判断图书馆类型,如果是高校馆,则对具有可比关系的第二层各子因素进行加权求和,计算出相应第一层各因素的值(对于公共馆则直接从数据库中读出第一层因素值),从而构造出各因素的实测值矩阵  $R = (r_{ij})_{m \times n}$ ,  $r_{ij}$  表示影响第  $j$  个学科的第  $i$  个因素加权求和后的实测值大小,  $m$  为影响购买的因素数,  $n$  为参加购买的学科数。

第2步,计算出第  $i$  个因素(第  $i$  行)的和  $b_i = \sum_{j=1}^n r_{ij}$ 。

第3步,用第  $j$  个学科的第  $i$  个因素实测值  $r_{ij}$  除以  $b_i$ ,计算出第  $j$  个学科的第  $i$  个因素的相对大小,从而将实测矩阵  $R = (r_{ij})_{m \times n}$  变换成为评价矩阵  $C = (c_{ij})_{m \times n}$ ,

$$c_{ij} = r_{ij} / b_i$$

第4步,将评价矩阵中每个学科所对应的所有影响因素进行加权求和,计算出影响第  $j$  学科购书刊

的综合因素值  $d_j = \sum_{i=1}^m w_i c_{ij}$ ,得到综合评价结果向量  $D = W \times C = (d_1 \cdots d_n)$ 。

第5步,向量  $D = (d_1, d_2, \dots, d_n)$  的每个元素值均为小数,为了便于下面的计算,我们对  $d_1, d_2, \dots, d_m$  进行归整,即:如果它们都保留  $n$  位小数,则将它们同时扩大  $10^n$  倍。得到向量  $E = (e_1, e_2, \dots, e_m)$ 。向量  $E$  的每个元素值即为影响每个学科书刊购买的所有因素的综合评价价值,它们实际决定了每个学科的书刊采购量。

### 4 选择决策模型

我们的目的是在经费短缺的情况下,怎样合理地选购书刊,使各个不同的学科都能最大程度地得到满足。受“席位分配”模型的启发,我们提出了如下的采购经费分配与选择决策模型。

为了便于说明模型的思想,我们先假设只有两个学科 A、B 参加书刊的购买,然后再推广到  $n$  个学科。

设:  $M_T$  表示书(刊)的采购经费,  $M'_T$  表示每选购一本书(刊)后剩余的经费;

$e_1, e_2$  分别表示影响学科 A、B 书(刊)采购的所有因素的综合评价价值,可以利用第二部分的方法求得;

$m_1, m_2$  分别表示已分配给学科 A、B 的购买经费;

$p_{1i}, p_{2i}$  分别表示学科 A、B 的目录清单上,排在还未选购部分的第一位置的书(刊)的价格。

那么,影响学科 A、B 购买的每个综合因素所对应的购买经费分别是  $m_1/e_1, m_2/e_2$ 。显然,只有当这两个数值相等时,经费的分配才是公平的。但是,通常它们不会相等,这时经费分配得不公平。不公平的程度可以用数值  $|m_1/e_1 - m_2/e_2|$  来表示,它衡量的是“绝对不公平”,但是从实际情况看,“绝对不公平”不是一个很好的衡量标准。

为了改进绝对标准,我们自然想到用相对标准。因为  $m_i/e_i$  的值越大,意味着影响学科  $i$  采购的每个因素对应的购买经费越多,所以,如果  $m_1/e_1 > m_2/e_2$ ,则学科 B 是吃亏的,或者说,对学科 B 是不公平的。由此,我们这样定义“相对不公平”:

若  $m_1/e_1 > m_2/e_2$ ,则称

$$\frac{m_1/e_1 - m_2/e_2}{m_2/e_2} = \frac{m_1}{m_2} \frac{e_2}{e_1} - 1 \quad (1)$$

为对学科 B 的相对不公平值,记做  $r_B(m_1, m_2)$ 。

若  $m_1/e_1 < m_2/e_2$ ,则称

$$\frac{m_2/e_2 - m_1/e_1}{m_1/e_1} = \frac{m_2}{m_1} \frac{e_1}{e_2} - 1 \quad (2)$$

为对学科 A 的相对不公平值,记做  $r_A(m_1, m_2)$ 。

假设学科 A、B 已分配到的经费分别为  $m_1, m_2$ ,下面我们利用相对不公平值来讨论,当经费还未分配完,决定购买下一本书(刊)时,应该选择哪一学科的书(刊)。

若  $(m_1 + p_{1i})/e_1 > m_2/e_2$ ,说明如果将下一本分配给学科 A,将对学科 B 不公平,此时应参照①式计算对学科 B 的不公平值:

$$r_B(m_1 + p_{1i}, m_2) = \frac{m_1 + p_{1i}}{m_2} \frac{e_2}{e_1} - 1 \quad (3)$$

若  $m_1/e_1 < (m_2 + p_{2i})/e_2$ ,说明如果将下一本分配给学科 B,将对学科 A 不公平,此时应参照②式计算对学科 A 的不公平值:

$$r_A(m_1, m_2 + p_{2i}) = \frac{m_2 + p_{2i}}{m_1} \frac{e_1}{e_2} - 1 \quad (4)$$

因为公平的经费分配方法应该使得相对不公平的数值尽量小,所以如果

$$r_B(m_1 + p_{1i}, m_2) < r_A(m_1, m_2 + p_{2i}) \quad (5)$$

则应将下一本分配给学科 A;反之,则应将下一本分配给学科 B。根据③、④两式,⑤式等价于

$$\frac{m_1(m_1 + p_{1i})}{e_1^2} < \frac{m_2(m_2 + p_{2i})}{e_2^2} \quad (6)$$

若  $(m_1 + p_{1i})/e_1 < m_2/e_2$ ,这说明即使下一本选学科 A,仍然对学科 A 不公平,所以这一本当然分配给学科 A。并且不难证明此时⑥式仍然成立,也就是说这种情况仍然可以用⑥式处理。于是我们得出的结论是:当⑥式成立时,要选购的下一本书(刊)应该分配给学科 A;反之,应该分配给学科 B。若记  $Q_k = \frac{m_k(m_k + p_{ki})}{e_k^2}$  ( $k=1,2$ ),则要选购的下一本书(刊)应该分配给  $Q$  值较小的学科。

将上述方法推广到有  $n$  个学科参加经费分配的情况:

设影响学科  $S_i$  购买的所有因素的综合评价值为  $e_i$ ,已分配给该学科的经费为  $m_i$  ( $i=1,2,\dots,n$ )。当欲选购下一本时,计算:

$$Q_k = \frac{m_k(m_k + p_{ki})}{e_k^2} \quad (k=1,2,\dots,n) \quad (7)$$

则这一本应该分配给  $Q$  值最小的那个学科。计算从  $m_i = p_{i1}$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) 开始,即在选购之初,应该保证每个学科至少购买一本书(刊)。

最后,该经费分配与选择决策模型可以归结为以下几个步骤:

(1) 给每个学科选购一本书(刊),并将排在每个学科购买目录清单第二位的书(刊)变为各个学科的当前书(刊)。此时,剩余经费  $M'_T = M_T - \sum_{i=1}^n p_{i1}$ ,每个学科分到的经费为  $p_{i1}$ ,即排在每个学科目录清单中第一本的价格,并令  $M_T = M'_T$ 。

(2) 判断剩余的经费  $M'_T$  是否小于等于 0,若是,则转步骤 d,否则,转步骤 c。

(3) 计算每个学科的  $Q$  值:  $Q_k = \frac{m_k(m_k + p_{ki})}{e_k^2}$  ( $k=1,2,\dots,n$ ),将下一本分配给  $Q$  值最小的学科,此时,剩余的经费  $M'_T = M_T - p_{ij}$  ( $p_{ij}$  为刚选购的书刊的价格)。同时将该学科购买目录清单的下一本变为该学科的当前书(刊)。并令  $M_T = M'_T$ ,转步骤 b。

(4) 采购经费分配及选择过程结束,得到图书馆本年度书(刊)实际采购目录。

#### 参考文献

- 姜启源. 数学模型. 北京:高等教育出版社,1990
- 靖培栋,刘忠厚. 图书馆外文核心期刊购买模型探讨. 中国图书馆学报,1999(4)
- 黎蓉华,李燕茹. 高校图书馆外文期刊经费分配探讨. 见:江乃武. 市场经济与期刊文献开发——全国高等学校图书馆第五次期刊工作学术研讨会论文集. 武汉:武汉大学出版社,1995

靖培栋 北京师范大学管理学院信息技术与管理系教授、博士。通讯地址:北京。邮编 100875。

王卫 北京师范大学管理学院信息技术与管理系副教授。通讯地址同上。

(来稿时间:2003-07-28)