

●王 卫 靖培栋

图书馆图书采购模型的探讨与应用

摘 要 通过定量分析方法,建立了资金在各图书类别中的分配模型,以及同类别下不同图书复本量的确定模型。模型有助于合理分配资金,达到图书采购预期效用。表1。图2。公式1。参考文献6。

关键词 图书馆 图书采购 数学模型 定量分析

分类号 G253

ABSTRACT In this paper, the authors establish a mathematical model for the quantitative analysis of budget allocation in different classes. The model can help library managers to determine the numbers of duplicates of titles in different classes and to allocate budgets more reasonably. 1 tab. 2 figs. 1 formula. 6 refs.

KEY WORDS Library. Book acquisition. Mathematical model. Quantitative analysis

CLASS NUMBER G253

图书价格不断上升,读者需求不断变化,图书馆如何合理利用有限资金,科学进行图书采购,达到预期目标,这些问题的研究具有重要的理论和实践意义。本文将运用经济学思想和运筹学方法,多角度综合考虑图书采购的各个影响因素,以期为图书采购方案的确定提供科学的数学模型。本文模型可用于解决高校图书馆图书采购资金在各图书类别间的分配问题,以及同类别图书的不同图书采购数量(复本量)的确定问题。

图书馆馆藏图书是图书采购工作的直接成果。为了更科学地评价和指导图书采购,本文引进图书价值效用这一概念。图书价值效用,即图书满足读者需求、符合馆藏要求的能力。图书的价值效用主要从两个方面来度量:一是图书对于读者需求的满足,二是图书对馆藏要求的满足(分为对馆藏数量的贡献和馆藏结构的贡献两部分)。影响图书价值效用的因素是多方面的。引用图书价值效用这一概念,主要是为了将对图书的定性评价从效用角度转化成定量评价,是下一步图书最优化采购方案提出的基础。

1 不同图书类别间的资金分配模型

为了解决各图书类别(可按中图法分为A-Z类)间的资金分配问题,以求给定资金投入下的产出总效益最大化,我们运用现代经济理论的择优分配原理^[1],建立采购资金分配的数学模型,并且得到最优资金分配方案应满足的约束条件。该模型的建立步骤如下:确定图书类别优先因子;确定采购资金的投

入-产出函数,即效益函数;建立资金分配模型。

1.1 图书类别优先因子的确定

对每个图书馆而言,图书采购工作的重点是不一样的。如大学图书馆,重点学科、常用书籍(如教材、教学参考书)、重要的公共课、技能课图书(如英语、计算机类),应当在藏书建设中首先保证。这样,就应当赋予它们较高的优先因子^[2]。当资金在各图书类别间分配时,不同图书类别之间的差异是必须考虑的。图书类别优先因子这一概念是反映不同图书类别的相对重要程度。图书类别优先因子是确定资金投入的效益函数以及建立资金分配模型时需要考虑的重要参数,对类别优先因子的测度,是经费最优化模型中一个基本的问题。下面将用层次分析法测度各个图书类别的优先因子。

层次分析法 AHP (Analytic Hierarchy Process) 是针对多因素、多层次系统的一种优化决策方法,这种方法的优点在于可以把定性关系转化为定量计算,从而提高决策的科学性^[3]。下面以高校图书馆为例,阐明如何运用 AHP 方法计算图书类别优先因子。

1.1.1 建立图书类别优先因子的 AHP 层次结构

建立图书类别优先因子的 AHP 层次结构如图1所示。

高校图书馆的藏书结构应该紧跟学科建设,并应为学科建设提供服务。故将教学因素分为一般学科、重点建设一般学科和重点学科,科研因素分为一般方向、重点发展一般方向和重点方向。以保证图书馆藏书能够适应并促进学科的建设与发展。

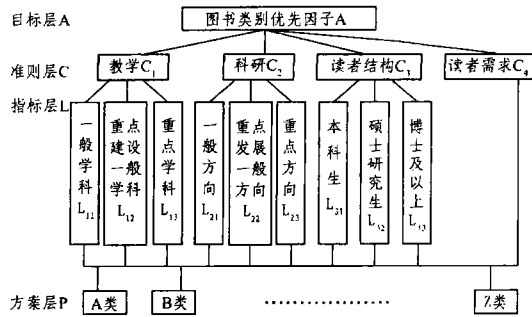


图1 建立图书类别优先因子的AHP层次结构

1.1.2 建立判断矩阵并计算优先权重

对于图书类别优先因子A,可以利用层次分析法计算准则层各因素的优先权重。

(1)通过专家对教学 C_1 、科研 C_2 、读者结构 C_3 、读者需求 C_4 两两进行重要性比较,确定比值 a_{ij} ($i=1,2,3,4, j=1,2,3,4$; a_{ij} 为 C_i 相对于 C_j 的重要性),形成判断矩阵 M_{A-C} (见表1)。比值 a_{ij} 可由专家主观作出判断,或者用Delphi法来确定,理论上应满足一致性要求(即 $a_{ii}=1, a_{ij}=1/a_{ji}, a_{ij}=a_{ik}/a_{jk}$)。

表1 准则层因素的判断矩阵

M_{A-C}	C_1	C_2	C_3	C_4
C_1	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}
C_2	a_{21}	a_{22}	a_{23}	a_{24}
C_3	a_{31}	a_{32}	a_{33}	a_{34}
C_4	a_{41}	a_{42}	a_{43}	a_{44}

(2)采用方根法计算矩阵 M_{A-C} 的最大特征值及其特征向量。

计算判断矩阵每行所有元素的几何平均值 $\bar{\omega}_i = (\sum_{j=1}^4 a_{ij})^{1/4}$ ($i=1,2,3,4$),得到 $\bar{\omega} = (\bar{\omega}_1, \bar{\omega}_2, \bar{\omega}_3, \bar{\omega}_4)^T$;将 $\bar{\omega}_i$ 归一化,即计算 $\omega_i = \bar{\omega}_i / \sum_{j=1}^4 \bar{\omega}_j$,得到 $\omega = (\omega_1, \omega_2, \omega_3, \omega_4)^T$,即为特征向量近似值,也是准则层因素 C_1, C_2, C_3, C_4 对图书类别优先因子A的相对权重。

(3)对矩阵 $M_{A-C} = (a_{ij})$ 进行一致性检验。

人们对复杂事物的各因素,采用两两比较时,不可能做出完全一致的判断,故需要验证其判断的一致性。判断矩阵一致性指标 $C.I. = (\lambda_{\max} - n) / (n-1)$,其中 $\lambda_{\max}$ 是判断矩阵 M_{A-C} 的最大特征值。当 $C.I. \leq 0.1$ 时,认为判断矩阵的一致性可以接受,否则返回(1),重新进行两两比较判断,并形成判断矩阵。

同理,利用层次分析法,可以分别计算出对于准

则层各因素教学 C_1 、科研 C_2 、读者结构 C_3 ,指标层相关因素的相对权重。记针对准则层 C_i ($i=1,2,3$),指标层相关因素 L_{ij} 的相对权重为 ω_{ij} ($i,j=1,2,3$)。

1.1.3 确定不同图书类别对准则层各因素的权重

我们用 W_{ik} 表示第 k 个图书类别对准则层 C_i 的权重。

(1)第 k 个图书类别对教学 C_1 的权重 W_{1k} :

若第 k 个类别属于一般学科,则赋予其权重为一般学科 L_{11} 对 C_1 的权重,即 $W_{1k} = \omega_{11}$;若第 k 类别属于重点建设一般学科,则 $W_{1k} = \omega_{12}$;若第 k 类别属于重点学科,则 $W_{1k} = \omega_{13}$ 。

(2)第 k 个图书类别对科研 C_2 的权重 W_{2k} :

若第 k 类别属于一般方向,则 $W_{2k} = \omega_{21}$;若第 k 类别属于重点建设一般方向,则 $W_{2k} = \omega_{22}$;若第 k 类别属于重点方向,则 $W_{2k} = \omega_{23}$ 。

(3)第 k 个图书类别对读者结构 C_3 的权重 W_{3k} :

首先统计学校本科生人数 Q_1 ,硕士生人数 Q_2 ,博士及教师人数 Q_3 及第 k 个图书类别所属方向或学科的本科生 Q_{1k} ,硕士生 Q_{2k} ,博士及教师的数量 Q_{3k} ,然后确定第 k 个图书类别对读者结构 C_3 的权重 $W_{3k} = \frac{\sum_{j=1}^3 \omega_{3j} Q_{jk}}{Q_j}$ 。

(4)第 k 个图书类别对读者需求 C_4 的权重 W_{4k} ,分以下几个步骤来计算。

第一步,预测读者需求。为能够满足读者的未来需求,需要根据过去一段时间的历史借阅量来预测当前和未来的需求以指导图书采购工作。采用时间序列分析法对未来需求进行预测,有趋势推测法和指数平滑法两种方法可供选择^[4]。

趋势推测法(Trend Projection)是最常用的预测方法之一。这种方法认为在时间序列数据中存在着一种可识别的变化趋势,通过线性回归进行预测。已知读者对某一类别图书的需求时间序列为 $(t_1, y_1), (t_2, y_2), \dots, (t_n, y_n)$,其中 t_i 为时间, y_i 为 t_i 时期内的借阅量,则通过回归分析,可以得到读者需求的估计函数 $Y = a + bT$ 。

指数平滑法(Exponential smoothing),也是一种时间序列预测技术。先选择平滑常数 a ,这里 $0 < a < 1.0$ 。接着计算预测值,如果时间序列中共有 n 期观察,第 t 期的预测值 F_t 就等于前一期(第 $t-1$ 期)的观察值 X_{t-1} 和预测值 F_{t-1} 的加权平均数,计算公式为: $F_t = X_t, F_t = aX_{t-1} + (1-a)F_{t-1}$ ($t=2,3,\dots,n+1$)。

指数平滑法允许近期的数据有较大的权值。数

据中没有明显的时间趋势时,用简单指数平滑法进行预测较为准确,但当数据呈现明显的趋势,用趋势推测试法较为准确。可以根据实际情况,选择以上两种预测方法中的一种,利用读者需求的历史数据,预测出对第 k 个图书类别的未来需求量 Y_k 。

第二步,计算相对需求量。为了更准确反映读者需求,应从已有馆藏图书满足读者需求的能力角度来考虑,计算相对需求量。相对需求量,即读者需求量与已有馆藏图书的比值,真实反映了馆藏图书对读者需求的满足能力。第 k 类图书的相对需求为 Y_k/S_k ,其中 S_k 为已有的第 k 类别图书数量。第 k 类别图书的相对需求越大,已有馆藏图书满足读者需求的能力越差,第 k 类别图书对读者需求 C_k 的权重 W_{ik} 也应越大。

第三步,第 k 个图书类别对读者需求 C_k 的权重 W_{ik} 的确定。对不同类别图书相对需求量作归一化处理,即得到 $W_{ik} = \frac{Y_k/S_k}{\sum_{j=1}^n Y_j/S_j}$ (其中 n 表示共有 n 种类别的图书)。

1.1.4 计算图书类别优先因子

根据前面的讨论,我们得到了准则层各因素 C_i 对图书类别优先因子的权重 ω_i 以及各个图书类别对准则层因素的权重 W_{ik} 。第 k 个图书类别的优先因子可由以下公式确定:

$$A_k = \sum_{i=1}^4 \omega_i W_{ik}$$

1.2 确定资金投入的产出效益函数

将某类别的图书采购资金 x_k 作为投入,定义 $g_k(x_k)$ 为第 k 类别的产出函数。 $g_k(x_k)$ 的形式受到读者机构、专业结构、读者需求等因素的影响。本文用图书类别优先因子来作为其参数,根据西方经济学的边际产出/效益递减规律^[5],等量资金的投入并非带来等量的产出效益,随着资金投入量的增加,边际产出/效益递减,即

$$g_k(x_k) \geq 0, g_k'(x_k) > 0, g_k''(x_k) < 0$$

我们将产出效益函数设置为对数函数形式 $g_k(x_k) = \ln(A_k x_k + B_k)$,其中 x_k 为对第 k 个图书类别的资金投入, A_k 为第 k 个图书类别的优先因子, B_k 为由第 k 类别已投入资金决定的常数, B_k 与已投入资金量负相关,且 $B_k \geq 1$ 。

此效益函数满足边际效益递减规律:图书效益总大于零,边际效益大于零且随资金投入量的增加递减。并且效益和边际效益都与图书类别优先因子 A_k 正相关。

1.3 建立资金分配模型

根据产出/效益最大化均衡条件,当拟投入的资金总量 I 一定时,为获得最大总效益,资金分配应满足 $\frac{dg_1(x_1)}{dx_1} = \frac{dg_2(x_2)}{dx_2} = \dots = \frac{dg_n(x_n)}{dx_n}$,即必须满足 n 个边际效益彼此相等。

当采取 $g_k(x_k) = \ln(A_k x_k + B_k)$ 形式时,通过计算可以得到投入资金 x_k 应满足:

$$x_1 + x_2 + \dots + x_n = I \quad (1)$$

$$\frac{A_1}{A_1 x_1 + C_1} = \frac{A_2}{A_2 x_2 + C_2} = \dots = \frac{A_n}{A_n x_n + C_n} \quad (2)$$

由此可以得到当资金总量 I 一定时,它在图书类别之间的分配应满足的约束条件。

2 同类图书采购方案模型

该模型用以在某类图书的资金投入量已经确定的情况下,确定采购哪本图书以及确定特定图书的复本数目,求得使该类别图书总效用最大的采购方案。该模型的建立步骤如下:评价每本图书效用;确定由复本量决定的效益函数;对边际效益与价格的比值进行排序;确定采购方案。

2.1 对每本图书的价值效用进行评价

要确定同一类别下图书的采购方案,需要评价同一类别中每种图书的价值效用。

英国公共图书馆学家麦考文的图书选择评分理论,综合考虑某一图书的知识价值和社会需求,把两者结合起来进行评价^[6]。通过专家评分法确定图书的知识价值,从定性分析转化为定量分析;再通过社会调查以确定图书的社会需求。假设一书 A 的知识价值为 10,另一书 B 的知识价值为 1,而这两种书的社会需求性均为 6,则 A 、 B 两书的选择评分之比为 60:6。如此,根据每种图书的知识价值和社会需求,可以计算出同一类图书中所有图书的选择评分值,选择适当的比例进行缩放,即得到图书价值系数 V 。

图书选择评分法强调影响图书价值的两个主要因素,却忽略了其他影响图书价值效用的因素,如时效性等。需要提出改进的评价方法,对每种图书的价值效用作出评价。

首先建立图书价值效用的 AHP 层次结构(如图 2 所示)。

图书的使用价值和收藏价值决定图书的价值效用。使用价值又由读者需求和时效性决定,读者需求指读者对图书的需求程度,时效性指这种需求持续的

时间长短。而藏书价值由图书的知识价值以及出版年代、版次、著者等其他因素决定。

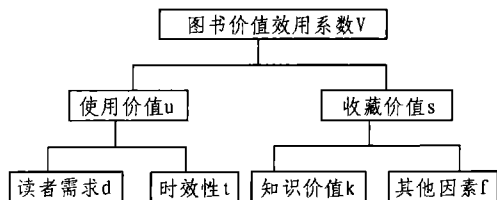


图2 图书价值效用的 AHP 层次结构

运用 AHP 层次分析法可以计算出使用价值、收藏价值相对于目标层的权重 w_u 、 w_s ，需求性、时效性相对于使用价值因素的权重 w_d 、 w_t ，知识价值、其他因素相对于收藏价值因素的权重 w_k 、 w_f 。然后由专家打分对每种图书的读者需求、时效性、知识价值、其他因素进行评价，得到评价值 d_v 、 t_v 、 k_v 、 f_v 。从而有：

图书的价值效用系数 $V = w_u \times (w_d \times d_v + w_t \times t_v) + w_s \times (w_k \times k_v + w_f \times f_v)$

2.2 确定由复本量决定的效益函数

第 i 种图书的效益函数 $h_i(X_i)$ 同样应满足边际产出/效益递减规律。我们将第 i 种图书的效益函数定义为 $h_i(X_i) = \ln(V_i X_i + 1)$ ，其中 x_i 是第 i 种图书复本量， V_i 是第 i 种图书的效用价值系数。边际效益 $M_i(X_i) = dh_i(X_i)/dX_i$ ，其经济含义是第 i 种图书的第 X_i 本带来的总效益的增加量，也即第 X_i 个复本带来的效益。上述效益函数满足边际效益递减规律，图书总效用总大于零，边际效益大于零且随复本量的增加递减。并且图书效用和边际效用都与图书价值效用系数 V_i 正相关。

2.3 对边际效益与价格的比值排序，确定采购方案

为了使采购方案满足一定量资金投入的产出效益总和最大，应该优先单位采购资金能带来的边际效用大的图书。因此需要计算第 i 种图书 ($i = 1, 2, \dots, n$, n 为某一类别可采购的图书的种数) 不同复本的边际效益对其价格 P_i 的比值 $M_i(X_i)/P_i$ ，其中 $X_i = 1, 2, \dots, N_i$ (N_i 为第 i 种图书的最大采购量)，然后对所有这些比值 $M_1(1)/P_1$ 、 $M_1(2)/P_1$ 、 $\dots$ 、 $M_1(N_1)/P_1$ ； $M_2(1)/P_2$ 、 $M_2(2)/P_2$ 、 $\dots$ 、 $M_2(N_2)/P_2$ ； $\dots$ 、 $M_n(1)/P_n$ 、 $M_n(2)/P_n$ 、 $\dots$ 、 $M_n(N_n)/P_n$ 进行排序，最后按照排序结果求出不同种类图书的复本数量，即得到同类别图书的最优采购方案。

2.4 举例

这里用一个简单例子，说明采购方案的形成过

程。假设某一类别下，可供选择的图书有 3 种 ($n = 3$)。假设图书价值系数分别为 $V_1 = 9$ ， $V_2 = 25$ ， $V_3 = 40$ 。图书价格分别为 $P_1 = 50$ ， $P_2 = 10$ ， $P_3 = 20$ 。

(1) 计算每种图书的边际效益：

利用效益函数 $h_i(X_i) = \ln(V_i X_i + 1)$ ，分别计算出 3 种图书的边际效益。图书 1 边际效益为 $\frac{9}{9X_1 + 1}$ ，

图书 2 为 $\frac{25}{25X_2 + 1}$ ，图书 3 为 $\frac{40}{40X_3 + 1}$ 。

(2) 计算边际效益与价格的比值：

图书 1 不同复本的比值为 $M_1(1)/P_1 \approx 0.0180$ ， $M_1(2)/P_1 \approx 0.0095$ ， $M_1(3)/P_1 \approx 0.0064$ ……

图书 2 不同复本的比值为 $M_2(1)/P_2 \approx 0.0962$ ， $M_2(2)/P_2 \approx 0.0490$ ， $M_2(3)/P_2 \approx 0.0329$ ， $M_2(4)/P_2 \approx 0.0248$ ， $M_2(5)/P_2 \approx 0.0198$ ， $M_2(6)/P_2 \approx 0.0166$ ……

图书 3 不同复本的比值为 $M_3(1)/P_3 \approx 0.0488$ ， $M_3(2)/P_3 \approx 0.0247$ ， $M_3(3)/P_3 \approx 0.0165$ ……

(3) 对所有比值进行排序：

根据计算结果，比值由大到小排序结果为 $M_2(1)/P_2$ ， $M_2(2)/P_2$ ， $M_3(1)/P_3$ ， $M_2(3)/P_2$ ， $M_2(4)/P_2$ ， $M_3(2)/P_3$ ， $M_2(5)/P_2$ ， $M_1(1)/P_1$ ， $M_2(6)/P_2$ ， $M_3(3)/P_3$ ，……

(4) 确定最优采购方案：

根据排序结果，图书采购的优先次序应为：图书 2 第 1 本，图书 2 第 2 本，图书 3 第 1 本，图书 2 第 3 本，图书 2 第 4 本，图书 3 第 2 本，图书 2 第 5 本，图书 1 第 1 本，图书 2 第 6 本，图书 3 第 3 本……

参考文献

- 林玉蕊. 图书采购流程中资金分配模型研究. 运筹与管理, 2002(12)
- 赵军. 采访模型的建立和应用. 农业图书情报学刊, 2004(1)
- 运筹学编写组. 运筹学. 北京: 清华大学出版社, 1990
- H·克雷格·彼得森, W·克里斯·刘易斯. 管理经济学. 北京: 中国人民大学出版社, 1998
- 高鸿业. 西方经济学(微观部分). 北京: 中国人民大学出版社, 1996
- 黄宗忠. 文献采访学. 北京: 北京图书馆出版社, 2001

王 卫 北京师范大学管理学院副教授, 博士。通信地址: 北京。邮编 100875。

靖培东 北京师范大学管理学院教授, 博士。通信地址同上。
(来稿时间: 2005-11-28)