

报名号#1658

第三届“ScienceWord 杯”数学中国

数学建模网络挑战赛

承 诺 书

我们仔细阅读了第三届“ScienceWord 杯”数学中国数学建模网络挑战赛的竞赛规则。

我们完全明白，在竞赛开始后参赛队员不能以任何方式（包括电话、电子邮件、网上咨询等）与队外的任何人（包括指导教师）研究、讨论与赛题有关的问题。

我们知道，抄袭别人的成果是违反竞赛规则的，如果引用别人的成果或其他公开的资料（包括网上查到的资料），必须按照规定的参考文献的表述方式在正文引用处和参考文献中明确列出。

我们郑重承诺，严格遵守竞赛规则，以保证竞赛的公正、公平性。如有违反竞赛规则的行为，我们将受到严肃处理。

我们允许数学中国网站(www.madio.net)公布论文，以供网友之间学习交流，数学中国网站以非商业目的的论文交流不需要提前取得我们的同意。

我们的参赛报名号为：1658

参赛队员（签名）：

队员 1： 张雷

队员 2： 刘梅

队员 3： 许金龙

参赛队教练员（签名）：

参赛队伍组别：

本科组

报名号#1658

第三届“ScienceWord 杯”数学中国
数学建模网络挑战赛
编 号 专 用 页

参赛队伍的参赛号码：（请各个参赛队提前填写好）：

竞赛统一编号（由竞赛组委会送至评委团前编号）：

竞赛评阅编号（由竞赛评委团评阅前进行编号）：

报名号#1658

2010 年第三届“ScienceWord 杯”数学中国 数学建模网络挑战赛

题 目 高校图书馆的智能服务关 键 词 TOPSIS 组合评价 熵权物元分析 博弈论 多元回归分析

摘 要

随着我国教育业的发展，图书馆的管理模式也日益成为摆在人们面前的一大难题，虽然人们提出了很多管理方案但迄今为止还没有一种能完全解决借阅难题，因此对于图书馆智能管理的设计就具有了很强的现实意义。

分析问题一时，本文首先对问题所给数据进行了分析，并提炼出了三个评价预约对于图书馆流通率影响的指标：1 外界与预约申请的比值；2 外界与预约到书的比值；3 预约剩书与预约到书的比值。由于这三个指标有正指标、负指标，因此我们首先对这三个指标进行了标准化及归一化处理。然后通过综合比较三年的预约情况来最终得出预约是否有利于图书的流通；在综合比较中，我们首先利用组合评价模型对三年情况进行了评价分析，并得出了预约有利于图书流通的结论。为了检验结论的正确性并得出一个较为准确的结果我们又建立了 TOPSIS 模型对预约情况做了进一步的验证。计算显示，两种方法得出的结论一致。由于在计算过程中，TOPSIS 模型存在可能产生误差的缺陷，因此在模型的改进中本文又提出了对于 TOPSIS 模型的改进措施。

对于问题二，我们仍然将借书者分为学生和老师两个群体来考虑，首先将超期种类划分为七个小类，采用模糊聚类分析法统计学生和教师群体的七个种类图书的超期天数，再分类统计三年的预约数量，预约到书数量，预约剩书与预约到书的比值，做出数据的走向图，然后根据数据及图形分析易超期书类及超期原因；第二步本文利用了高校图书馆罚款的纳什均衡理论分析及预约系统的博弈分析，评论其图书管理体制；接着根据数据分析建立关于图书种类、超期原因、超期天数及预约的多元线性回归模型，巩固并改进我们的罚款机制，最后综合考虑学生与老师群体数量、收入与消费、读者满意率、图书利用率等建立了一个新的包括续借、预约、罚款等规则的较为完善的图书管理方案。

参赛队号 1658参赛密码

(由组委会填写)

所选题目 C 题

报名号#1658

英文摘要（选填）

（此摘要非论文必须部分，选填可加分，加分不超过论文总分的 5%）

Abstract

The intelligence services university library

Along with the development of education in China, the management mode of library also becomes a problem in front of people, although it puts forward many management schemes, but so far no one can completely solve problems for library borrowing, so intelligent management of library borrowing system as it has a strong practical significance.

Analysis of the problem one, this paper firstly analysis the given data, and extracted three impact assessment appointments indicator which affect library book circulation: firstly, The ratio of the outside world to make an appointment to apply; secondly, the outside world to make an appointment to book rat; thirdly, appointments left to book to appointment book. Since these three indicators are indicators of negative or positive indicators, we firstly take these indicators were normalization processing. Then through comprehensive comparison of three years' borrowing appointments and then draw the final reservation booking situation is conducive to the circulation of books; in comprehensive comparison, we first use of combined evaluation model evaluation to analysis the three years and get an appointment book circulation is conducive to conclusions. In order to test the correctness of the conclusions and arrive at a more accurate result we have established the TOPSIS model, the situation made an appointment for further verification. Calculations show that, consistent with the conclusions of two ways. As in the calculation process, TOPSIS model may have errors in the defect, so the improvement in the model improvement has TOPSIS model for improvements.

For the second question, we still divided the borrowers into two groups of students and teachers to consider; firstly, all types will be divided into seven categories, statistical analysis use fuzzy clustering groups of students and teachers extended the seven types of books days, and then make an appointment for three years the number of statistical categories of the numbers of appointments to the books borrowing, appointment book and appointment left to book ratio, making the data trend, and then analyze the data and graphics easily extended categories and extended the reasons for the book; In this paper the second step, a fine university library Nash equilibrium theory and game theory analysis, making comments on its library management system; then based on the book type of data analysis, established about extended reasons, the extended days and reservations of multiple linear regression model, consolidate and improve our fine system, finally considering the number of student-teacher groups, income and consumption, reader satisfaction, utilization of the books, this paper establishes a new renewal, reservations, fines rules of perfect book management system.

报名号#1658

目 录

1 问题的背景.....	2
2 问题的重述.....	3
3 问题分析与思路流程图.....	3
3.1 问题分析.....	3
3.2 思路流程图.....	4
4 模型假设.....	5
5 符号说明.....	5
6 模型的建立与求解.....	6
6.1 问题一.....	6
6.1.1 评价指标的确定.....	6
6.1.2 模型一：组合评价模型[1].....	7
6.1.3 组合评价模型的建立.....	11
6.1.4 模型二：TOPSIS 模型[4][5].....	12
6.2 问题二.....	14
6.2.1 超期书籍统计及分析.....	14
6.2.2 模糊聚类分析法[7][8].....	14
6.2.3 续借数据统计及分析.....	16
6.2.4 借阅规则的博弈和纳什均衡理论分析.....	18
6.2.5 基于高校图书馆的多元线性回归模型[11].....	20
6.2.6 图书馆新的借阅规则.....	21
7 模型的评价.....	23
8 模型的改进.....	23
9 模型的推广.....	24
10参考文献.....	25

附录索引

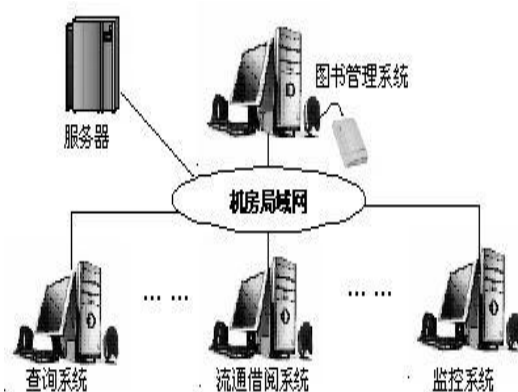
11.1 【附录一】	26
11.2 【附录二】	26

1 问题的背景

高校图书馆历来存在有的读者将新到馆的图书长期据为己有而出现的“借—还—再借”周而复始循环的不良现象，导致了大部分读者不容易借到新书、好书。尤其是近几年，图书价格飞涨，高校招生规模的大幅扩大，因而图书馆出现了读者对新书、好书需求越来越紧张的状况。伴随着计算机网络技术的发展，图书馆网络预约服务也就应运而生。

图书预约是指读者需要借阅的书籍被他人借走，图书馆暂时没有库存，读者可以利用图书馆提供的检索平台或进入校园网内打开图书馆网页，对图书馆馆藏通过“预约”方式提出借阅图书的要求。当预约图书归馆后，图书馆通知预约者前来办理借阅。这种借阅方式叫图书预约。读者预约图书是读者利用图书馆的一种新方式。图书预约方式不受时间、空间的限制，能充分表现读者的个性化需求特征提高图书利用率因此。在网络环境下的图书预约模式越来越被大学生读者接受和利用。

预约借书服务是手工借阅时代的一种传统服务方式。高校校园网络建设的快速发展与图书馆自动化集成管理系统的应用，使读者在网上进行预约借书方便、可行。计算机技术在高校图书馆流通管理系统中的引入和应用，图书预约的新模式极大地激活了馆藏中的静态文献资源，图书预约服务也应运而生，图书馆的读者服务发生了重大变化，流通服务不再是简单的借借还还。图书的预约与借阅超期的现象也有很大的内在联系。图书流通率是衡量图书馆工作效率和社会效益的主要指标。图书流通率高，说明读者到馆率高和文献利用率高，图书馆的社会效益好。因此提高图书流通率是图书馆管理的重要任务。如何利用现代化技术最大限度地满足读者对文献信息资源的需求，让图书“预约”成功，是值得图书管理人员探。



图书预约系统



图书借阅超期

2 问题的重述

图书馆源于保存记事的习惯。图书馆是为读者在馆内使用文献而提供的专门场所。而高校的图书馆为教学和科研服务，具有服务性和学术性强的特点。

现在的高校图书馆存在着许多不良的现象，比如对书籍的损坏、借阅超期等。在搜索引擎下输入“图书超期”等关键字，成千上万的网页被检索出，大多都是超期读者的信息列表。超期现象是读者借阅图书资料时超过规定借阅期限后不归还的一种普遍现象。处理超期罚款是流通服务中常遇到的事，特殊情况则需酌情处理。这一现象虽是小事，但处理不当会影响图书馆与读者之间的关系，从而影响图书馆的声誉，以及馆藏资源的利用率，最终影响图书馆功能的正常发挥。

随着信息化的发展，图书的预约服务也逐渐普及。图书的预约与借阅超期的现象也有很大的内在联系。试通过数学模型来研究以下的问题：

第二阶段问题：

(1) 近几年，在国内高校中图书预约系统被普遍采用，书籍一旦被预约，就不能再续借。附件中提供了某高校图书预约系统的运行统计数据。请建立数学模型评价图书预约系统对提高图书流通率的作用。

(2) 根据前面三个问题的结论，请设计一个新的图书管理方案，尽量降低图书超期现象的发生率并提高图书利用率。

3 问题分析与思路流程图

4 问题分析

问题一的分析：

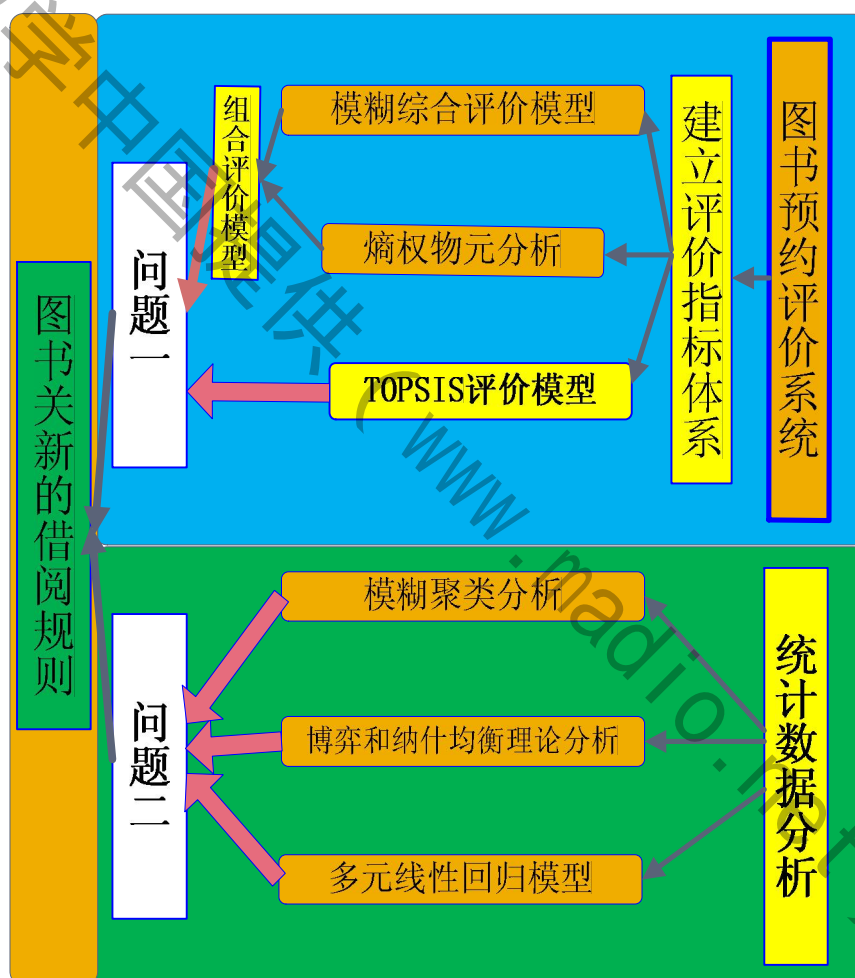
问题一的目的主要是根据已有数据建立合适的数学模型评价图书预约系统对图书流通率的作用。所谓图书流通率是指在一定的时期(学期、学年)用于公开借阅的书刊被读者借阅的数量所占的百分比，其计算公式为： $(\text{读者借阅总册数} \div \text{馆藏书总册数}) \times 100\%$ 。我们针对模糊综合评价模型与熵权物元分析模型评价结果的差异性，利用两种结果的有效信息，构建组合评价模型，再进行排序评价。模型附录数据表格中给出了 2008 年到 2010 年 5 月的每年的各种类图书预约申请量、预约到书量、被预约者借出量、已外界/预约申请、已外界/预约到书。所以第一问我们首先根据已有的数据提取了三个评价指标：1、预约剩余量，即预约到书却没有被预约者借走的书，剩余越多则表明越阻碍了图书的流通，为越小越优型指标。2、已外界/预约申请。比例越大则越能满足读者个性化要求，为越大越优型指标。3、已外界/预约到书，比例越大则图书流通率越大，为越大越优型指标。然后用各指标及各指标相应量值来描述图书流通量，运用熵值法算出各指标的权重，建立模糊物元模型，通过数据处理构建出从优隶属度矩阵，运用模糊综合评价的方法构建出从优模糊综合物元。再将各指标进行规格化处理，计算熵权，构造归一化矩阵，最后得到熵值，运用从优模糊综合物元和熵值构建复合模糊物元矩阵。通过比较评价值，我们可以综合得出预约图书对图书流通率的影响。为了进一步验证评价的正确性，我们又利用 TOPSIS 分析法再次评价预约系统对图书流通率的影响，其结果与组合评价模型一致，从而验证了我们评价的准确性。

问题二的分析：首先我们在第一阶段区分了学生和老师来研究问题，对于老师和学

生在超期原因及超期时间上是有所不同的，所以在问题二中我们仍然区分老师和学生，首先仍对数据进行分类处理，为了简化计算将超期书类分为七个大类，运用模糊聚类分析法把学生和老师的超期的七个书类的超期天数统计出来，再统计七个种类的三年的预约数量、到书数量、预约剩书与预约到书的比值，运用 excel 做出数据的走向图，根据数据及图形再次分析易超期书类及原因。

第二步建立高校图书馆罚款的纳什均衡理论分析及预约系统的博弈分析,评论现有的图书管理机制与预约系统。根据分析数据建立关于图书种类，超期原因，超期天数及预约的多元线性回归模型,巩固并改进我们的罚款机制，最后考虑到学生与老师群体数量、收入与消费、读者满意率、图书利用率等建立了一个该并的图书管理方案。该方案包括预约，续借，罚款等多方面因素

5 思路流程图



报名号#1658

6 模型假设

1. 假设 2010 年后半年的图书预约及借出情况在比例上与上半年相同。
2. 假设影响图书流通率的预约以外的因素对图书流通率的影响较小可以忽略不记。
3. 假定图书馆总书数目未发生太大变化，书的数目变化可以忽略不计的情况下
4. 假设所给数据具有较强的实际联系。
5. 假设所给数据能准确真实的反应出实际情况。

7 符号说明

符号	符号意义
x'_{ij}	第 i 个指标的标准化数值
E	信息熵
R_j	复合模糊物元
e_j	熵值
g_j	定义差异系数
w_j	权值
y_j^+	正理想解
s_i^+	正理想解欧氏距离
c_i	相对贴近度
x_k	解释变量
y	被解释变量

其余符号我们将会在论文中一一给出。

8 模型的建立与求解

9 问题一

根据我们对于题目的挖掘、分析，我们可以很显然 的发现，题目可以简化为对

2008、2009 及 2010 三年图书流通率变化情况的比较。也即是，在三个指标的共同影响下，评价三年的图书借阅情况。

由于，所给表的制备时间为 2010 年 5 月，所以我们可以得出只有 2008 和 2009 两年为全年预约图书流通情况，而 2010 年为 4 个月 20 天内的流通情况。因此我们首先假设 2010 年后半年的图书预约及借出情况在比例上与上半年相同，也即是全年情况下：2010 年的比例一（已外借/预约申请）为 39.13%，比例二（已外借/预约到书）为 63.28%。

9.1.1 评价指标的确定

通过对题给数据的分析，我们把预约图书分为以下四类：1.预约到书，即预约的书已经被归还。2.预约图书已外借，即已还的预约书籍中被预约者借出的部分。3.预约剩书，即已还的预约书籍中未被借出的部分。4.预约未到书，即预约的书籍中还没有被归还的那一部分，由于我们主要考虑的是图书流通率，而这一部分图书属于正在流通的图书因此我们在此就不做太多考虑了。

根据图书流通率定义：在一定的时期内，用于公开借阅的书刊被读者借阅的数量所占的百分比。然后通过对四类书的数量与图书流通率的定义对比分析我们可以得出：

1.预约到书的书籍中已外借的书越多图书馆借出去的书就越多，也就越有利于图书流通率的提高，因此在计算中，我们把比例二这一个比例关系定位评价图书馆图书流通率的指标二。

2.预约剩书所占预约到书的比例越少就越有利于图书馆的流通，因此我们把预约剩书与预约到书的比值作为指标三。

同时，又为了能最大限度的满足读者个性化需求，我们又利用比例一的大小来作为为了满足读者满意度的指标，并定为指标一。

显然，指标一和指标二都属于正向指标而指标三属于负向指标。

通过带入数据计算，我们可以得到下表各指标的值：

表 1 各指标的值

	2008 年	2009 年	2010 年
指标一	17.14%	36.89%	39.13%
指标二	22.95%	54.40%	63.28%
指标三	0.575180853	0.30936087	0.227057488

由于正向指标数值越高越好，负向指标数值越低越好。因此，为了便于计算，我们首先对于正向指标和负向指标用不同的算法进行了标准及归一化处理。

标准化及归一化方法[1]

1.对于正向指标 x_{ij} ，令

$$x'_{ij} = \left[\frac{x_{ij} - \min_{1 \leq k \leq n}(x_{kj})}{\max_{1 \leq k \leq n}(x_{kj}) - \min_{1 \leq k \leq n}(x_{kj})} \right] + 0.1 \quad \text{\textbackslash * MERGEFORMAT (0-1)}$$

2.对于负向指标 x_{ij} ，令

$$x'_{ij} = \left[\frac{\max_{1 \leq k \leq n}(x_{kj}) - x_{ij}}{\max_{1 \leq k \leq n}(x_{kj}) - \min_{1 \leq k \leq n}(x_{kj})} \right] + 0.1 \quad \text{\textbackslash * MERGEFORMAT (0-2)}$$

则计算得出的 x'_{ij} 就是第 i 个指标的标准化数值 ($i=1,2,\dots,n$ $j=1,2,\dots,m$)。

由于计算得出每一个指标的各个数值之和不为 1，因此我们又对 x'_{ij} 进行了归一化处理，并最终得出了各个指标的标准权重。

通过带入数据进行计算我们可以得到下表：

表 2 各个指标相对于年份的标准权重

	2008 年	2009 年	2010 年
指标一	0.045493100523 4086	0.454082794	0.500424106
指标二	0.048081164534 6273	0.423026026	0.52889281
指标三	0.048459477123 1617	0.418486275	0.533054248

9.1.2 模型一：综合评价模型[1]

通过以上分析，我们可以知道我们只需对三年图书预约情况进行对比分析就可以间接的得出预约对于图书流通率的影响。为了得出的预约措施引起的图书馆图书流通率的变化趋势，我们建立了综合评价模型对流通率的变化做了讨论分析。

在组合评判模型建立之前，我们首先建立了模糊综合评判模型来对三年由于预约而引起的图书流通量的变化进行了排序，然后，又建立了熵权物元分析模型再次对三年由于预约而引起的图书流通量的变化进行了排序。

由于模糊综合评判模型具有较强的主观因素，而熵权物元分析模型又具有很强的客观性。因此，为了较为准确的得出最终结论，我们在使用两个模型的前提下又建立了综合评价模型来对两种分析方法得出的结论做了一个较为综合分析。

9.1.2.1 模糊综合评判模型的建立[2]

模糊综合评价就是应用模糊数学方法对包含差异且界限不分明因素的事物进行单级或多级评定的方法。模糊综合评价评价模型为：

$$S = W * R = (W_1, W_2, \dots, W_n) * \begin{pmatrix} r_1 & \dots & r_m \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nn} \end{pmatrix}$$

\text{\textbackslash * MERGEFORMAT (0-3)}

式中， W 为权重向量， R 为模糊矩阵， S 为模糊综合评判值。

其具体内容及求解方式如下：

(1) U 代表因素集，即评价对象所包含的评价指标集合， $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$ ，此处因素集为三项评价指标。

(2) R 为模糊评判矩阵，即是 U 隶属于指标权重的隶属度矩阵。由于，我们在前边已经把指标数据做了标准及归一化处理，因此我们可以通过处理后的数据直接列出 R 。

(3) W 为指标的权重向量，它表示各个指标的不同重要程度，对于评价因素集 U ，权重向量 W 可以表示为 $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$ ，其中 $\sum_{i=1}^n W_i = 1$ 。

(4) 在得出以上数据之后，就可以直接通过 $S = W * R$ 得出最终的评判值，即最终的得分。

模糊综合评判模型的求解

1. 权重向量 W 的求得

由于权重向量 W 的求取将直接影响到最终结果的精确度，因此在权重向量 W 的求取方面，为了使求得的数据更加的客观精确，我们采用了熵值法确定权重的方法对三个指标进行了权重求解。

熵值法步骤：[3]

(1) 计算 j 项指标下第 i 个方案占该指标的比重 p_{ij} ：

$$p_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^n x_{ij}} \quad (i=1,2,3; j=1,2,3) \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-4)}$$

(2) 计算第 j 项指标的熵值 e_j ：

$$e_j = -k \sum_{i=1}^n p_{ij} \ln(p_{ij}) \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-5)}$$

式中， $k > 0, k = 1 / \ln n, e_j \geq 0$

(3) 计算第 j 项指标的差异系数。对于 j 第项指标，指标值的差异越大，对方案评价的作用就越大，熵值就越小。定义差异系数：

$$g_j = \frac{1 - e_j}{m - E_j} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-6)}$$

式中 $E_j = \sum_{i=1}^m e_i$ ， $0 \leq g_j \leq 1$ ， $\sum_{j=1}^m g_j = 1$ 。

(4) 求权值 w_j ：

$$w_j = \frac{g_j}{\sum_{j=1}^m g_j} \quad (1 \leq j \leq m) \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-7)}$$

报名号#1658

通过带入表 2 中的数据进行求解，我们就可以得出三个指标之间的权重关系，如下表 3 所示：

表 3 各个指标之间的关系权重

指标	指标一	指标二	指标三
各指标权重	0.334354188	0.332724443	0.332921369

2.模糊评判矩阵 R 的求得

在数据的处理部分我们已经得出了各个指标相对于年份的标准权重，因此根据模糊评判矩阵的定义并通过这些权重值我们可以直接列出模糊矩阵 R ：

$$R = \begin{bmatrix} 0.0454931005234086 & 0.454082794 & 0.500424106 \\ 0.0480811645346273 & 0.423026026 & 0.52889281 \\ 0.0484594771231617 & 0.418486275 & 0.533054248 \end{bmatrix}$$

在求出 W 和 R 以后，我们就可以利用模糊综合评价模型公式：

$$S = W * R = (W_1, W_2, \dots, W_n) * \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & r_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ r_{n1} & \dots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

直接求出各年份的最终得分，其结果如表 4 所示：

表 4 模糊综合评判分析的各年份的最终得分

年份	2008	2009	2010
最终得分	0.0473	0.4319	0.5208

9.1.2.2 熵权物元分析法[1]

(1) 信息熵基本原理

在信息论中，熵是对不确定性的一种度量。信息量越大，不确定性就越小，熵也就越小；信息量越小，不确定性越大，熵也越大。根据熵的特性，我们可以通过计算熵值来判断一个事件的随机性及无序程度，也可以用熵值来判断某个指标的离散程度，指标的离散程度越大，该指标对综合评价的影响越大。

根据熵的定义，当系统有 n 种可能的状态，每种状态出现的概率为：

$$p_i (i=1, 2, \dots, n)$$

并且满足 $0 \leq p_i \leq 1, \sum_{i=1}^n p_i = 1$ 时，系统的信息熵为

$$E = E(p_1, p_2, \dots, p_n) = -k \sum_{i=1}^n p_i \log p_i \quad (0-8)$$

(2) 模糊物元评价模型

模型的基本原理

物元模型于 1983 年提出，在给定事物的名称 N ，他关于特征 C 的量值为 V ，以有

序三元 $R = (N, V, C)$ 组作为描述事物的基本元，简称物元。同时，把事物的名称、特征和量值称为物元三要素。若事物 N 有多个特征，并以 n 个特征 C_1, C_2, \dots, C_n 和相应的量值 V_1, V_2, \dots, V_n 来描述，则可以表示为 $R = [R_1, R_2, \dots, R_n]^T$ 。

熵权物元评价步骤

各评价指标特征值对项目评价来说，有的是越大越优、有的是越小越优，因此对不同隶属度分别采用不同的计算公式。为更充分地反映项目评价各指标的相对性，采用如下形式。

越大越优型指标：

$$\mu_{ji} = \frac{X_{ji}}{\max X_{ji}} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-9)}$$

越小越优型指标：

$$\mu_{ji} = \frac{\min X_{ji}}{X_{ji}} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-10)}$$

式中， μ_{ji} 为第 j 个项目第 i 项指标相应的隶属度； $\max x_{ji}, \min x_{ji}$ 分别为各项目中每一评价指标中的最大值和最小值。

熵权的计算

将各指标进行规格化处理：

大则优指标：

$$b_{ji} = \frac{x_{ji} - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \alpha + \beta \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-11)}$$

小则优指标：

$$b_{ji} = \frac{x_{\min} - x_{ji}}{x_{\max} - x_{\min}} \alpha + \beta \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-12)}$$

式中， x_{\max} 、 x_{\min} 分别为同指标下不同项目中的最大值和最小值； α 、 β 为约束参数。

将 b_{ji} 值约束在一定范围内，为与前边相一致这里 α 取 1、 β 取 0.1，则评价指标的熵为：

$$H_j = - \sum_{i=1}^n b_{ji} \log b_{ji} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-13)}$$

计算熵权 ω_i ：

$$\omega_i = \frac{\sum_{j=1}^n H_{ji}}{m} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-14)}$$

其中, $\sum_{i=1}^n \omega_i = 1$ 。

熵权物元分析法的求解

在数据处理部分我们已经把各项指标值相对于各年份的权重做了归一化的处理, 因此我们直接把表二中数据带入以上各式进行了计算, 并得出了熵权物元分析方法下的各年份的最终得分。其结果具体如下表 5 所示:

表 5 熵权物元分析的各年份的最终得分

年份	2008	2009	2010
最终得分	0.019919598	0.124854624	0.164949052

9.1.3 组合评价模型的建立

计算和构建复合模糊物元 R_j , 然后根据 R_j 大小进行排序评价:

$$R_j = \begin{bmatrix} M_1 & M_2 & \cdots & M_m \\ R_j & \sum_{i=1}^n \mu_{1i} \omega_i & \sum_{i=1}^n \mu_{2i} \omega_i & \cdots & \sum_{i=1}^n \mu_{mi} \omega_i \end{bmatrix} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-15)}$$

根据 R_j 的大小我们就可以直接得出各因素的排序。

通过上边方法的原理与计算过程, 我们可以看出, 模糊综合评判具有较高的主观因素, 而熵权物元模型评价则较为客观。

因此, 我们在上述两种评价结果的基础上构建组合评价模型来提高评价的稳定性和精度。

组合评价模型为:

$$Z = \sum_{i=1}^n \lambda_i y_i + C \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-16)}$$

式中, y_i 为某一评价模型的评价结果; λ_i 为某一模型的组合系数; n 为评价模型个数; C 为调整组合评价模型整体偏差的系数; Z 为组合评价结果。

$$F = \min \sum_{j=1}^m (Z_j - \bar{Z}_j)^2 \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-17)}$$

$$\bar{Z}_j = \sum_{i=1}^n y_{ij} / n \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-18)}$$

式中, Z_j 为评价值; \bar{Z}_j 为多种方法评价结果的算术平均值; m 为评价项目的个数;

F 为精度评价函数。

组合评价模型的求解

通过模糊综合评判模型及熵权物元分析模型的求解，我们可以得出两种方法下的各指标的权重值，详见表 4 及表 5。在得出表 4 与表 5 数据之后就可以对两组数据进行综合分析处理，进而得出最终的评价得分。

通过利用组合评价法进行计算，我们得出了如表 6 的结果：

表 6 组合评价分析的最终得分

年份	2008	2009	2010
最终得分	0.033609799	0.278377312	0.342874526

为使结果更加的直观，我们对数据进行了图像化处理，其结果如下图所示：

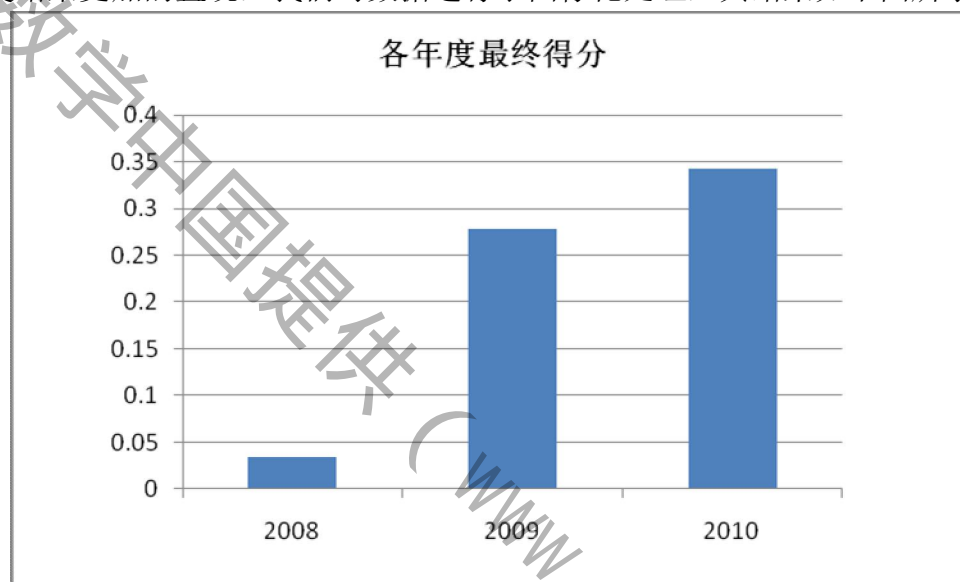


图 1 组合分析得出的各年度最终得分

结果分析

通过对于评价模型的求解，我们可以得出各个年份的预约书籍对于图书总流通率的总体影响情况。显然在只考虑预约书籍的情况下三年中书籍的预约借出比例是逐年上升的。

根据图形及假设我们可以看出，在只考虑预约书籍的情况下，总体预约成功率呈逐年上升趋势，也即是预约的实施促进了借书的数量的增加，在假定图书馆总书数目未发生太大变化，书的数目的变化可以忽略不计的情况下，预约导致的借书的情况直接正向促进了图书流通率。

据此，我们就可以直接得出图书预约系统不但很有利于满足读者个性化需求，对于图书流通率也具有正向的促进作用。

9.1.4 模型二：TOPSIS 模型[4][5]

TOPSIS 模型的建立

为了进一步验证在组合评价模型下得出的预约措施引起的图书馆图书流通率的变化趋势，我们又建立了 TOPSIS 模型对流通率的变化做进一步的讨论。

1. TOPSIS 方法的基本原理

TOPSIS 是逼近理想解的排序方法 (technique for order preference by similarity to ideal solution) 的英文缩略, 它借助多目标决策问题的理想解和负理想解给方案集中各方案排序。理想解是方案集中并不存在的虚拟的最佳方案, 它的每个属性值都是决策矩阵中该属性的最好的值; 而负理想解则是虚拟的最差方案, 它的每个属性值都是决策矩阵中该属性的最差的值。在 n 维空间中, 将方案集中的各备选方案与理想解和负理想解的距离进行比较, 既靠近理想解又远离负理想解的方案就是方案集中最优先被选择的方案; 并可以据此排定方案集中各方案被选择的优先次序。**TOPSIS** 法所用的是欧氏距离, 至于既用理想解又用负理想解是因为在仅仅使用理想解时有时会出现某两个备选方案与理想解的距离相同的情况, 为了区分这两个方案的优劣, 引入负理想解并计算这两个方案与负理想解的距离, 与理想解的距离相同的方案离负理想解远者为优。

2. TOPSIS 方法运算的基本步骤

(1) 用向量规范化的方法求得决策矩阵 $X = (x_{ij})_{m \times n}$ 的规范化矩阵 $Y = (y_{ij})_{m \times n}$

其中:

$$y_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^m (x_{ij})^2}} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-19)}$$

(2) 构造加权规范化矩阵

$$V = (v_{ij})_{m \times n} = (w_j y_{ij})_{m \times n} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-20)}$$

(3) 确定矩阵 V 的正、负理想解
正理想解为

$$y_j^+ = \max_{1 \leq i \leq m} y_{ij} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-21)}$$

负理想解为

$$y_j^- = \min_{1 \leq i \leq m} y_{ij} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-22)}$$

则矩阵 V 的正、负理想解为:

$$V^+ = \{v_1^+, v_2^+, \dots, v_n^+\} = \{w_1 \times y_1^+, w_2 \times y_2^+, \dots, w_n \times y_n^+\}$$

$$\backslash * \text{MERGEFORMAT (0-23)}$$

$$V^- = \{v_1^-, v_2^-, \dots, v_n^-\} = \{w_1 \times y_1^-, w_2 \times y_2^-, \dots, w_n \times y_n^-\}$$

$$\backslash * \text{MERGEFORMAT (0-24)}$$

(4) 计算各方案到正、负理想解欧氏距离

$$s_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^+)^2} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-25)}$$

$$s_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^n (v_{ij} - v_j^-)^2} \quad \backslash * \text{MERGEFORMAT (0-26)}$$

报名号#1658

(5) 计算每个方案接近理想解的相对贴近度

$$c_i = s_i^- / (s_i^- + s_i^+) \quad (0 \leq c_i \leq 1) \setminus * \text{MERGEFORMAT (0-27)}$$

若方案与正理想解重合，则相应的贴近度为 1；若方案与负理想解重合，则相应的贴近度为 0。显然对于本题当贴近度大时就优，贴近度小时就劣。

TOPSIS 模型的求解

通过带入表 2 的数据对模型进行求解，我们可以得到以下结果，见下表 7：

表 7 组合评价分析的最终得分

年份	2008	2009	2010
最终得分	0.568302825	0.898900049	0.947281638

为使结果更加的直观，我们对数据进行了图像化处理，其结果如下图所示：

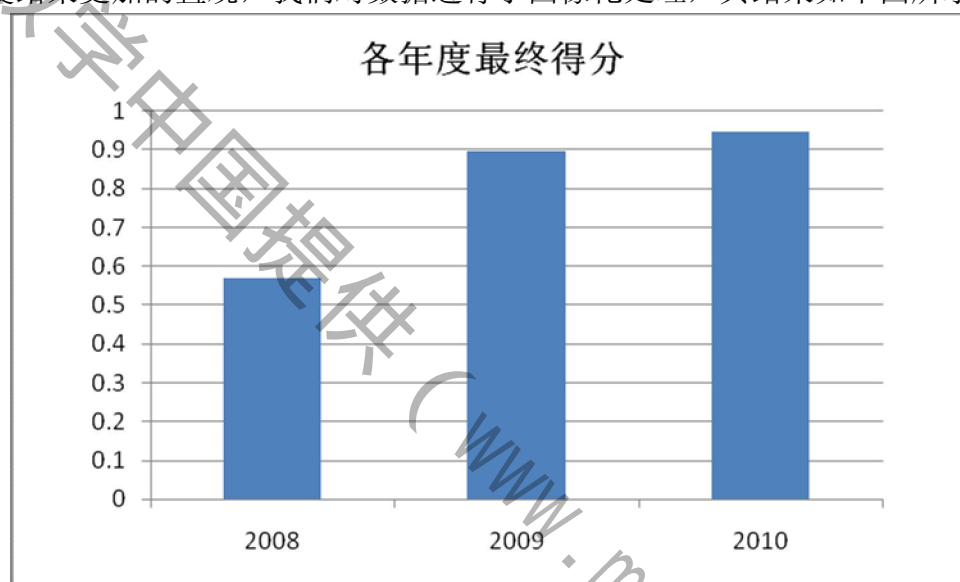


图 2 TOPSIS 得出的各年度最终得分

根据图表我们可以很清楚的看出，利用 TOPSIS 得出的结论与组合评价完全相同，这也进一步验证了预约对于图书流通率的正向促进作用。

10 问题二

10.1.1 超期书籍统计及分析

首先进行数据统计得到学生和老师的的人数分别为：

表 8 学生和老师的的人数

学生	老师	总数
2530	1856	4386

学生占总数比例：57.68% 老师占总数比例：42.32%

学生超期天数平均：230 天 老师超期天数平均：1831 天

由于数据量非常大，如果我们把每类书都分清楚，计算量将非常大，而且各种书的超期情况不一样，有的超期时间非常长，有的则比较短，所以这里我们通过聚类分析主要把这些超期书类分为马列哲学类(AB)。社会科学类(CDEN)经济类(F)文学类(GHIJK)理工类(OPT)生物科学类(QRS)，综合类(UVXZ)分别记号为：X1 马列

哲学类, X2 社会科学类, X3 经济类, X4 文学类, X5 理工类, X6 生物科学类, X7 综合类。

10.1.2 模糊聚类分析法[7][8]

模糊聚类分析法就是根据事物的某些模糊性质进行分类的一种数学方法, 下面给出模糊聚类分析方法的一般步骤:

1. 数据标准化

(1) 获取数据: 论域 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ 为所需分类研究的对象, 每个对象 x_i 又由 m 个指标表示其性态, 即 $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 于是, 可以得到原始数据矩阵为

$$B = (x_{ij})_{m \times n}。$$

(2) 数据的标准化处理: 在实际问题中的数据可能有不同的性质和不同的量纲, 为了使原始数据能够适合模糊聚类的要求, 需要将原始数据矩阵 A 做标准化的处理, 即通过适当的数据交换和压缩, 将其转化为模糊矩阵。常用的方法有以下两种:

(i) 平移标准差变换

如果原始数据之间有不同的量纲, 则可以采用这种变换后使每个变量的均值为 0, 标准差为 1, 即可以消除量纲的差异的影响。即令

$$x_{ij}^1 = \frac{x_{ij} - \bar{x}_j}{s_j} \quad (i=1, 2, \dots, n, j=1, 2, \dots, m) \quad \text{* MERGEFORMAT (0-28)}$$

$$\text{其中: } \bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad s_j = \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)^2 \right]^{1/2}, (j=1, 2, \dots, m)$$

(ii) 平移极差变换

如果经过平移-标准差变换后还有某些, 则还需对其进行平移-极差变换, 即令

$$x_{ij}^2 = \frac{x_{ij}^1 - \min_{1 \leq i \leq n} \{x_{ij}^1\}}{\max_{1 \leq i \leq n} \{x_{ij}^1\} - \min_{1 \leq i \leq n} \{x_{ij}^1\}} \quad (j=1, 2, \dots, m) \quad \text{* MERGEFORMAT (0-29)}$$

显然有 $x_{ij}^2 \in [0, 1]$ 。且也不存在量纲因素的影响, 从而可以得到模糊矩阵 $U = (x_{ij}^2)_{n \times m}$ 。

2. 建立模糊相似矩阵

设论域 $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, 其中 $x_i = \{x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}\}$ ($i = 1, 2, \dots, n$) 即数据矩阵为

$$B = (x_{ij})_{m \times n}。r_{ij} \text{ 称为相似系数, 确定相似系数有多种不同的方法。包括数量积法、夹角}$$

余弦法、相关系数法、指数相似系数法、最大最小值法、算术平均法、几何平均值法、绝对值倒数法、绝对值指数法、欧氏距离法等。

报名号#1658

其中相关系数法：令 $r_{ij} = \frac{|\sum_{k=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_i)(x_{jk} - \bar{x}_j)|}{\sqrt{\sum_{k=1}^m (x_{ik} - \bar{x}_i)^2 * \sum_{k=1}^m (x_{jk} - \bar{x}_j)^2}} (i, j = 1, 2, \dots, n)$

3. 聚类

所谓的聚类方法就是依据模糊矩阵将所研究的对象进行分类的方法，对于不同的置信水平，可得不同的分类结果，从而可以形成动态聚类图。常用的方法有传递闭包法、布尔矩阵法、直接聚类法等。

4. MATLAB 编程求解

根据以上原理及步骤，我们利用 MATLAB 编程（见附录二）分别对学生群体和老师群体进行求解，得到如下分类：

表 9 学生群体超期书类统计表

书籍种类	超期书籍数量
X1 马列哲学类	89
X2 社会科学类	316
X3 经济类	13
X4 文学类	506
X5 理工类	822
X6 生物科学类	632
X7 综合类	152

表 10 老师群体超期书类统计表

书籍种类	超期书籍数量
X1 马列哲学类	57
X2 社会科学类	204
X3 经济类	57
X4 文学类	416
X5 理工类	612
X6 生物科学类	464
X7 综合类	46

10.1.3 续借数据统计及分析

我们同样按照上面的分类对续借表格的数据进行分类统计

表 11 各年份预约申请量

书籍种类	2008 年	2009 年	2010 年
X1 马列哲学类	56	40	20
X2 社会科学类	244	96	50
X3 经济类	187	104	42
X4 文学类	357	210	124
X5 理工类	322	306	152

报名号#1658

X6 生物科学类	64	46	25
X7 综合类	13	3	1

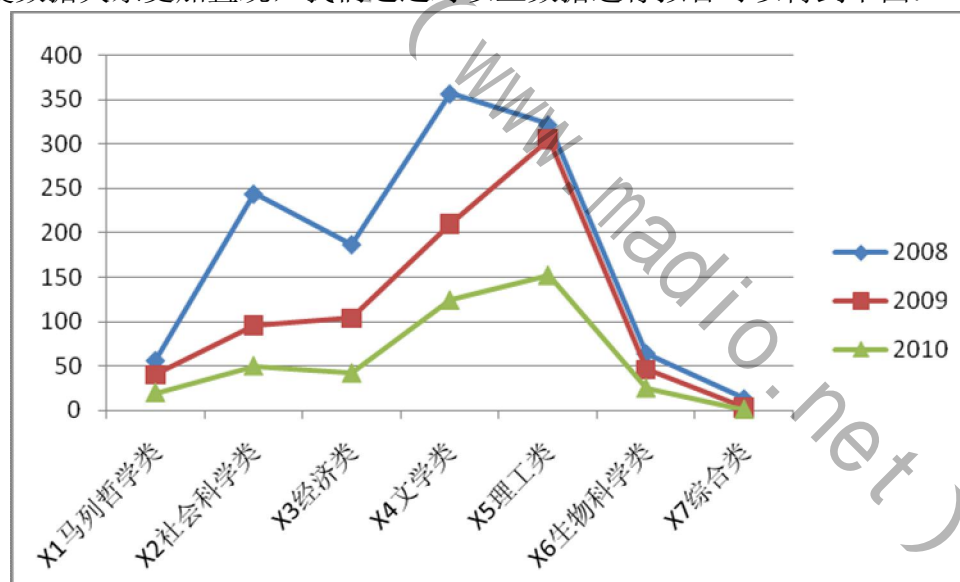
表 12 各年份预约到书量

书籍种类	2008 年	2009 年	2010 年
X1 马列哲学类	34	23	8
X2 社会科学类	167	62	21
X3 经济类	128	78	28
X4 文学类	275	139	85
X5 理工类	258	213	96
X6 生物科学类	55	28	17
X7 综合类	11	2	1

表 13 各指标数据

各项指标	2008 年	2009 年	2010 年
比例一(已外借/预约申请)	17.31%	29.14%	41.91%
比例二(已外借/预约到书)	19.50%	47.45%	67.08%
比例三(预约剩书\预约到书)	0.575181	0.309361	0.2270575

为使数据关系更加直观，我们通过对以上数据进行拟合可以得到下图：



报名号#1658

图 3 预约申请量折线图

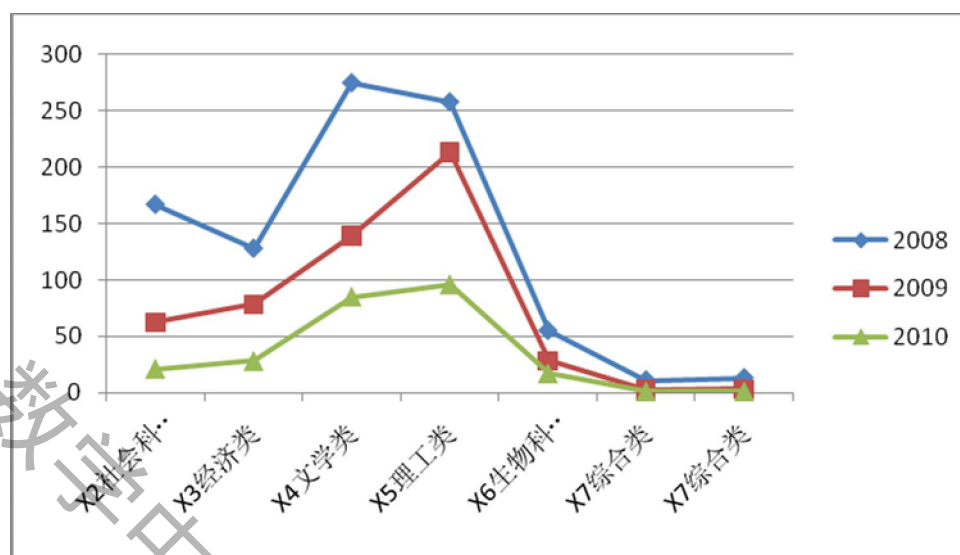


图 4 预约到书折线图

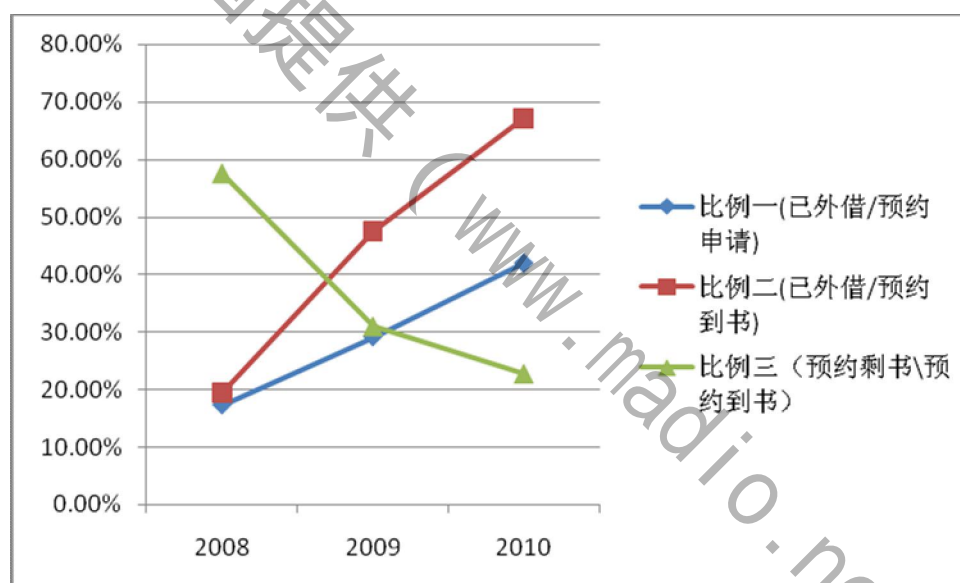


图 5 三个指标的变化曲线图

从我们统计的数据及折线图中可看出理工类及文学类图书的预约申请较多，所以我们可以推测读者对这两类图书的需求量较大。根据这些数据分析及我们第一阶段做的结果我们可初步得出读者容易在那些书籍方面超期，及超超期时间，读者更倾向于预约哪些书籍。分析读者超期原因，大致可归为三类：

- 1 无意错过还书期限。
- 2 由于罚款数目较少，故意拖延。
- 3 由于科研而需要长期使用。

在第一阶段我们以分析学生老师在不同时间段的不同超期原因。由第一问知图书预约有助于图书流通率

10.1.4 借阅规则的博弈和纳什均衡理论分析

博弈论方法与纳什均衡的概述

图书馆收费水平的确定受诸多因素的影响，是多种要素相互作用的结果。只看到其中一个方面很难得出令人信服的结论。在这里，我们尝试用一种新的视角来分析、确定高等院校图书馆罚款收费水平的问题。这就是高校图书馆罚款收费水平确定的博弈分析方法。

在现实生活中，人们的许多决策之间是相互依赖的。你的最优决策依赖于别人的决策，别人的最优决策依赖于你的决策；你的决策还依赖于别人认为你怎么决策，你怎么认为别人认为你怎么决策，如此等等。研究这种互动环境下的理性选择的理论叫博弈论(theory of rational choices under interactions)。在博弈理论中包含一个重要的概念 and 思想，这就是“纳什均衡”。纳什均衡(Nash equilibrium)是由美国数学家纳什首先提出并证明的。所谓纳什均衡，指的是所有参与人最优选择的一种组合。在这种组合下给定其他人的选择，没有任何人有积极性做出新的选择。纳什均衡也可以从另一个角度来理解：假设博弈中的所有参与人事先达成一项协议，等于说这个协议构成一个纳什均衡：在给定遵守协议的情况下，没有人有积极性偏离协议规定的自己的行为规则。这就是纳什均衡的理论思想。

高校图书馆罚款的纳什均衡理论分析 [9][10]

用纳什均衡理论来分析高校图书馆的智能服务问题，我们就会发现，在一定条件下，高校图书馆的智能服务是图书馆限制超期与借书者超期之间的一种纳什均衡。这时，图书馆不可能大幅度罚款的数额，而借书者也不能做到全都按时归还图书。图书馆与借阅人员自觉履行满足纳什均衡要求的“收费协议”。在这种情况下，无论对图书馆还是借书者个人都是有利的。反之，如果图书馆大幅度增加罚款的数额，可能不利于图书流通，而且在一定程度上会影响图书馆声誉，更重要的是超过部分借阅者的金钱支撑能力。这样，一方面借书的人会减少，不能满足社会对高素质人才的需求，阻碍社会经济的发展；另一方面也会使图书馆资源大量闲置浪费。如果图书馆大幅度增加罚款数额，可能会出现借书人数锐减的现象而且还会影响图书馆与读者之间的关系。这对图书馆而言是得不偿失的。从借书者角度来看，因为借阅书刊必定会带来很多个人收益，如果减少买书支出，丧失了借书机会是不划算的。同时，我们也应看到，这种均衡只是一种动态的平衡，随着人们收入水平的提高，图书馆规模的扩大，这种平衡必然会被打破，并在更高的水平上达到新的平衡。当然，在这个过程中，各方都会努力维护自己的利益，都希望自己的愿望能实现。因而，其间充满纷争和妥协。图书馆罚款的博弈过程具体体现为以下形式：

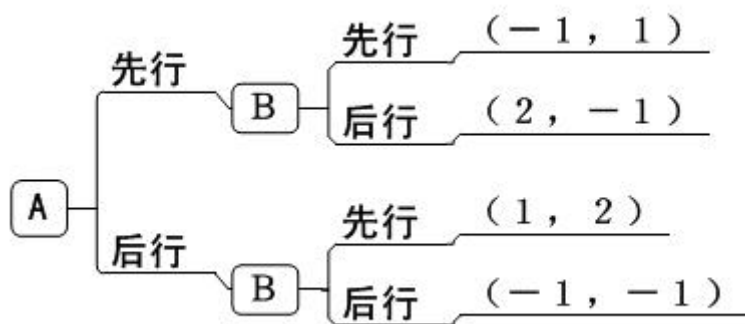


图 6 图书馆罚款的承诺博弈

图书馆处于有利地位，因而借书人员的按时还书可以看成是第一个承诺。而读者处于劣势的位置。因此，图书馆提高罚款金额、借书者增加超期是最有可能出现的情况。图书馆收费的出现及提高是一种不可避免的现象，读者的决策只能随着图书馆的决定而决定，见图 7。

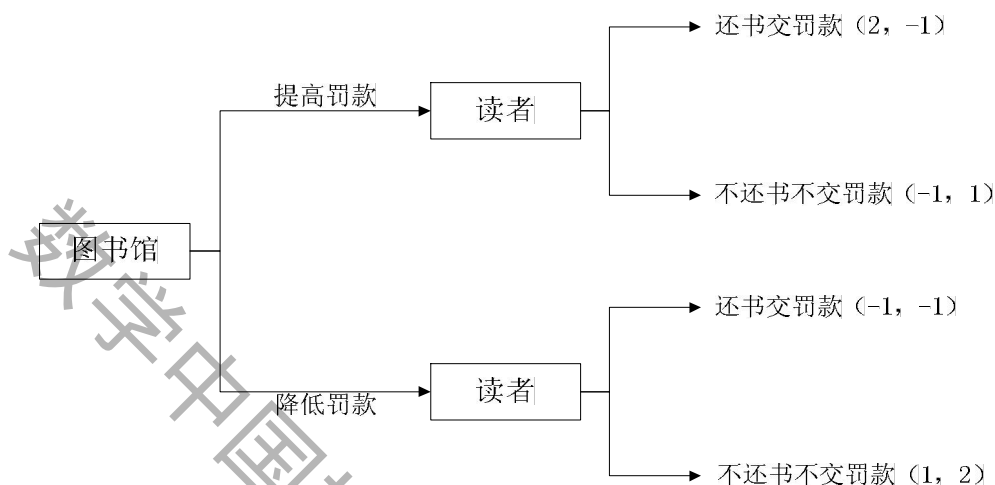


图 7

从上图可以看出，图书馆提高罚款标准，读者支付赔款，超期变短是最有可能出现的情况。因而，短的图书超期和较高的罚款是不可避免的。

高校图书馆预约系统的纳什均衡理论分析

当高校图书馆出校预约系统后，我们再用纳什均衡理论来分析高校图书馆的智能服务问题，我们就会发现，在一定条件下，高校图书馆的预约系统与借书者超期之间的仍是一种纳什均衡。这时，图书馆提供预约服务，而借书者在借阅图书时可以选择预约，也可不选择预约。图书馆与借阅人员自觉履行满足纳什均衡要求的“预约协议”。在这种情况下，无论对图书馆还是借书者个人都是有利的。既有利于图书流通，而且在一定程度上环节图书馆服务台紧张，减少人力，更重要的这种服务能够满足读者个性化需求。从借书者角度来看，因为可能在图书馆借不到需要的书了，则读者可以选择预约等待，该书被预约，则不可以再续借，等预约到书后接到通知则可以去图书馆领书，同时，我们也应看到，这种均衡只是一种动态的平衡，预约的书没有按期归还，或读者没按期去领书，则会预约失败，这种平衡必然会被打破，并在更高的水平上达到新的平衡。当然，在这个过程中，各方都会努力维护自己的利益，都希望自己的愿望能实现。

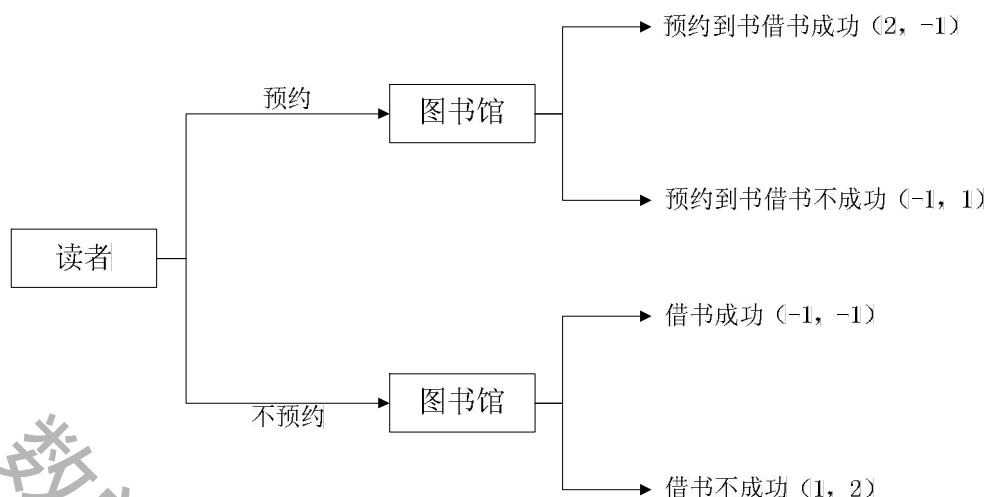


图 8

读者处于有利地位，因而读者的预约成为第一承诺，读者借书能否成功只能随图书馆是否有此书而定。

10.1.5 基于高校图书馆的多元线性回归模型[11]

多元线性回归原理

在客观世界中变量之间存在着相互关系，变量之间的关系可以分为两大类：一类是变量之间具有确定关系，即自变量取确定的值是因变量的值随之而确定；另一类是变量之间有非确定性关系，即变量之间的相关关系，这种关系表现为这些变量之间有一定的依赖关系，这种关系并不完全确定，他们之间的关系不能用函数精确的表示。

如果变量 x_1, x_2, \dots, x_k 与随机变量 y 之间存在相关关系，则有

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) + \varepsilon$$

其中 x_1, x_2, \dots, x_k 称为解释变量， y 称为被解释变量， $y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon$ 表示其他随机因素的影响，通常假设 ε 是不可观测的随机误差，它是一个随机变量。正是因为随机变量项 ε 的引入，才能将变量之间的关系描述为一个随机方程，使得我们可以借助数学方法研究 c_1, c_2, c_3, c_4 与 x_1, x_2, \dots, x_k 的关系，如果 y 与 x_1, x_2, \dots, x_k 之间呈线性关系，即：

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_k x_k + \varepsilon \quad \text{MERGEFORMAT (0-30)}$$

则称上式为多元线性回归模型。

如果给定 $(x_1, x_2, \dots, x_k, y)$ 的一组观测值 $(x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{ik}, y_i) (i = 1, 2, \dots, n)$ ，并由此求出

$\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_k$ 的估计值 $\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \dots, \hat{\beta}_k$ ，则 y 的估计值为

$$\hat{y} = \hat{\beta}_0 x_0 + \hat{\beta}_1 x_1 + \cdots + \hat{\beta}_k x_k \setminus * \text{MERGEFORMAT (0-31)}$$

称为多元线性回归方程。

多元线性回归模型的建立

针对本题，我们综合考虑图书种类、读者超期原因、超期天数、预约，与图书馆罚款处罚之间的关系，根据第一问所得到的不同种类图书超期天数不同而得到的超期难易权重，我们建立回归模型

$$f = c_1 x_1 + c_2 x_2 + c_3 x_3 + c_4 x_4 \setminus * \text{MERGEFORMAT (0-32)}$$

其中 x_1 为图书种类， x_2 为读者超期原因， x_3 为超期天数， x_4 为预约，我们根据前面的数据分析得出 x_1, x_2, x_3, x_4 ，再通过最小二乘估计、无偏估计、多元线性回归方程的显著性检验，预测得出参数 c_1, c_2, c_3, c_4 。该模型能很好的运用在图书借阅罚款体系中，但是量化 x_1, x_2, x_3, x_4 比较困难。

10.1.6 图书馆新的借阅规则

在综合考虑的情况下，学生和老师的收入不同，学生和老师的平均超期时间不同，老师超期平均比学生长，学生老师借书的用途不同，老师借书用于科研的较多，在第一阶段我们已建立模型在没有预约系统的条件下给出了新方案。在尽量满足学生，老师及图书流通率，图书利用率的前提下，我们得出了以下四个在制定新规则过程中需要重点考虑的问题：

1. 满足读者个性化需求，满足老师的科研需要。学校毕竟是教育机构，任何国家都把教育看的很重，科技兴国，所以老师的科研也非常重要。

2. 提高图书流通率，提高图书利用率。图书馆是学校的一个资源宝库，我们既要充分利用它，也不能浪费它，罚款太高，对于图书的流通业非常不利

3. 有效遏制故意拖欠行为。有些人则以罚款太低，长时间占用某些书籍，导致他人不能利用此书

4. 充分利用预约系统，避免预约失败。图书预约能在一定程度上促进图书流通。且能满足读者的个性化需要，但是很多情况下却会预约失败。

综合以上四个问题的解决方案，我们就可以提出一套比较好的、更加完善的借书规则了。

较为合理借书规则如下：

1. 学生借阅规则

(1) 期限及续借

1. 综合考虑该图书馆的馆藏数量，制定一套适合满足该图书馆的藏书利用率、读者借阅率、图书流通率、图书利用率，从而更改借阅期限。

2. 可以续借一次，续借时间为一个借阅时间，满足图书续借的前提为：您所借图书不能过期；续借的书只能在书到期的前一周内操作才能成功。

(2) 罚款

超期罚款额根据超期的不同阶段给予不同罚款制度，超期一天罚款 0.1 元对于现在

报名号#1658

的经济状况来说略低了，比如超期 90 天以内罚款 0.1 元每天，91-100 天中超期每增加一天收罚款 0.2 元，101-110 天中超期每增加一天收罚款 0.3 元，依此成等差数列加收罚款。其数学表达式如下：

$$f(x) = \begin{cases} nx & x \leq 90 \\ 90n + (n+d)(x-90) & 91 \leq x \leq 100 \\ 90n + 10(n+d) + (n+2d)(x-100) & 101 \leq x \leq 110 \\ \vdots & \vdots \end{cases}$$

* MERGEFORMAT (0-33)

其中， x 代表超期的天数， n 代表开始每一天罚的钱数， d 代表公差。罚款额根据不同学校处于不同的经济地区分析，根据该校大学生日均支出，按精神支出占一定比例而定。

按每年 365 天计算，超期一年者给予加重罚款、再次借书时给予数量上的一定限制，超期四年不还者应在离校前通知本人还书，若丢失，则除了交罚款外，还得赔偿一本同样的书或按三倍价格赔书。离校前未把图书馆的书还清，则扣发毕业证。

(3) 预约

1. 借书者所借图书均未超期，书刊状态处于“借出”状态的图书或没有馆藏（即未到的新书）时，才可提供预约服务。

2. 如果多人预约同一本书，预约的顺序按先后排列，第一预约人先借，依次类推。

3. 预约者输入预约申请截止日期。

4. 工作人员向您发出预约通知后，在五天内来馆办理借阅手续，若当年 5 次逾期不取，则系统自动停止您的预约权限。

5. 已预约的书不可续借。

6. 学生依次最多可预约三本不同种类的书。

2. 老师借阅规则

(1) 期限及续借

综合考虑该图书馆的馆藏数量，制定一套适合满足该图书馆的藏书利用率，读者借阅率，图书流通率，图书利用率。从而更改借阅期限。

可续借两次，续借时间为一个借阅时间，满足图书续借的前提为：您所借图书不能过期；续借的书只能在书到期的前一周内操作才能成功。若属于科研需要需要长期使用此书，旭持相关证明到服务太办理相关手续，方可持续使用，期限需根据该校图书馆馆藏总量而定。

(2) 罚款

1. 超期 0-90 天罚款标准同学生，超期 90 天以上 620 天以下按学校老师日平均收入而定，其公差定位教师日平均收入乘以精神支出比例，依此成等差数列加收罚款。数学表达式同式 0-33。超期 620 天以上时，选择 0-90 天时段 of 罚款方法，即每天罚 0.1 元，以便保证教师能有充足的使用时间去完成科研。

2. 若丢失或损坏赔偿同学生。

(3) 预约

1. 借书者所借图书均未超期，书刊状态处于“借出”状态的图书或没有馆藏（即未到的新书）时，才可提供预约服务。

报名号#1658

- 2.如果多人预约同一本书，预约的顺序按先后排列，第一预约人先借，依次类推。
- 3.预约者输入预约申请截止日期。
- 4.工作人员向预约者发出预约通知后，在五天内来馆办理借阅手续，若当年 5 次逾期不取，则系统自动停止预约者的预约权限。
- 5.已预约的书不可续借。
- 6.老师一次最多可预约四本书。

3.其他

- 1 根据学校经济状况设定罚款上限。
- 2 寒暑假应自动续借。
- 3 对于不同种类的书，尤其是一些流通量比较大，而馆藏量又比较少的书刻单独设置借阅期限。

11 模型的评价

优点：

1. 建立的模型与问题紧密相连，结合具体情况对问题进行分析求解。
2. 采用多种算法相互印证，提高了结果的可信度。
3. 对题目中的数据进行挖掘、分析，简化了计算过程。
4. 运算都采用专业软件进行计算，具有较高的可信度。
5. 模型的计算都不是很复杂，这样更符合实际应用需求。
6. 模型具有很强的适应性，能根据具体情况通过改变模型的数据很简单的处理好实际问题。
7. 计算过程主客观相联系，是结果更加可靠。

缺点：

1. 忽略了一些因素，可能造成结果的误差。
2. 问题二数据的量化程度偏低。

12 模型的改进

改进一：TOPSIS 的改进[6]

从 TOPSIS 法的排序原理可以知道，TOPSIS 具有求规范决策矩阵时比较复杂，不易求出正理想解和负理想解及权重具有很大的主观随意性等缺点，因此我们又利用区间数多指标决策的 TOPSIS 分析方法对模型进行了改进。

对于本题，一共有三个方案，每个方案又有三个指标。我们首先假设方案为 m ，指标为 n ，第 i 种方案的第 j 个指标值为 x_{ij} ，则可以构成一个 m 行 n 列的评价矩阵：

$$A = (x_{ij})_{m \times n}。$$

计算步骤：

1. 把矩阵进行规范化, 将其统一为效益型指标, 得到标准化矩阵 $R = (r_{ij})_{m \times n}$

对于效益型指标

$$r_{ij} = \begin{cases} (x_{ij} - x_{j\min}) / (x_{j\max} - x_{j\min}) & x_{j\max} \neq x_{j\min} \\ 1 & x_{j\max} = x_{j\min} \end{cases}$$

对于成本型指标

$$r_{ij} = \begin{cases} (x_{j\max} - x_{ij}) / (x_{j\max} - x_{j\min}) & x_{j\max} \neq x_{j\min} \\ 1 & x_{j\max} = x_{j\min} \end{cases}$$

2. 确定标准化矩阵的理想解:

$$r_j^* = \begin{cases} \max_{1 \leq i \leq m} r_{ij}, j \in J^+ \\ \min_{1 \leq i \leq m} r_{ij}, j \in J^- \end{cases} \quad j = 1, 2, \dots, n$$

其中 J^+ 为效益型指标集, J^- 为成本型指标集, r_j^* 表示第 j 个指标的理想值.

显然, 对于矩阵 R , 因为都统一为效益型指标了, 故正理想解 $R_j^+ = (1, 1, \dots, 1)$, 负理想解为 $R_j^- = (0, 0, \dots, 0)$.

这样再进行计算就可以很精确的得出每一种方案的具体得分。

13 模型的推广

本文在建模过程中所使用的模型具有很强的通用性与推广性, 我们用的模型不但能很好的解决本文所提出的图书馆智能问题, 诸如人员的选取、方案的排序、求权值等都可以用这些模型进行很好的解决。

14 参考文献

- [1] 张鑫 蔡焕杰, 组合评价模型在节水灌溉投资决策中的应用, 人民黄河, 第 31 卷第 1 期: 69-71 页, 2009.
- [2] 宋利敏, 基于 AHP 和熵值法的读者满意度模糊综合评价方法, 现代情报, 第 29 卷第 4 期: 58 页, 2009.
- [3] 苏洁 沈文成, 改进熵值法问题的初探, 宏观经济, 2007 年第 26 期: 187-188, 2007.

- [4]王伟良 王伟平 何艳秋, 基于 TOPSIS 法耕地质量综合评价耦合模型及应用, 黑龙江水利科技, 第 37 卷第 3 期: 12-13 页, 2009.
- [5]王爽 赵鹏, 基于 TOPSIS 的出行方案评价指标权重的确定方法, 交通运输系统工程与信息, 第 9 卷第 2 期: 122-128 页, 2009.
- [6]尤天慧 樊治平, 区间数多指标决策的一种 TOPSIS 方法, 东北大学学报, 第 23 卷第 9 期: 840-842 页, 2002.
- [7]李频, 基于模糊聚类分析的电力客户信用评价算法, 理论与实践, 第 30 卷第 1 期, 2010.
- [8]鲁斌, 何华灿, 自适应神经模糊推理系统建模研究, 计算机科学, 第十期, 2003.
- [9]方兰, 博弈论模型在商业银行同质竞争中的应用, 中国房地产金融, 第 5 期: 14-17 页, 2005.
- [10]范丽娟, 博弈论在图书馆管理中的应用, 黑河学刊, 总第 108 期第 6 期, 第六卷, 2003 .
- [11]周圣武, 概率论与数理统计, 煤炭工业出版社, 207-219 页, 2007.
- [12]曹德欣, 曹璎珞, 计算方法, 中国矿业大学出版社, 2001.
- [13]姜启源, 谢金星. 数学模型 (第三版) .北京: 高等教育出版社. 2003.

15 附录

16 【附录一】

MATLAB 计算模糊矩阵的程序:

```
W=[0.334354188,0.332724443,0.332921369];  
R=[0.045493100523408600,0.454082794,0.500424106;0.0480811645346  
273,0.423026026,0.52889281;0.0484594771231617,0.418486275,0.5330  
54248]  
S=W*R;
```

disp(S);

17 【附录二】

模糊聚类分析程序

```

X=input('please input X:');
[N,M]=size(X);
%
P=zeros(M,1);
for j=1:M
    for i=1:N
        P(j)=P(j)+X(i,j);
    end
    P(j)=P(j)/N;
end
P1=zeros(M,1);
for j=1:M
    for i=1:N
        P1(j)=P1(j)+(X(i,j)-P(j))*(X(i,j)-P(j));
    end
    P1(j)=P1(j)/N;
    P1(j)=sqrt(P1(j));
end
for i=1:N
    for j=1:M
        X1(i,j)=(X(i,j)-P(j))/P1(j);
    end
end
for j=1:M
    A(j)=min(X1(:,j));
    B(j)=max(X1(:,j));
end
for i=1:N
    for j=1:M
        X2(i,j)=(X1(i,j)-A(j))/(B(j)-A(j));
    end
end
X2
R1=zeros(N,N);
for i=1:N
    for k=1:N
        if i==k ;
            else

```

```
        for j=1:M
R1(i,k)= R1(i,k)+X2(i,j)*X2(k,j);
        end
    end
end
m=max(R1);
m=max(m);
R=zeros(N,N);
for i=1:N
    for j=1:N
        if i==j
            R(i,j)=1;
        else
            R(i,j)=R1(i,j)/m;
        end
    end
end
end
R
flag=0;
C=R;
T=zeros(N,N);
while flag==0
    for i=1:N
        for j=1:N
            for k=1:N
                T(i,j)=max(min(C(i,k),C(k,j)),T(i,j));
            end
        end
    end
    if T==C
        flag=1;
    else
        C=T;
    end
end
T
q=0.25;
for i=1:N
    for j=1:N
        if T(i,j)>=q
```


报名号#1658

```
T1(i,j)=1;
else
    T1(i,j)=0;
end

end
end
T1
F=zeros(N,N);
k=1;
for i=1:N
    e=1;
    F(k,e)=i;
    for j=1:N
        if i==j;
        else
            if isequal(T1(i,:),T1(j,:))
                e=e+1;
                F(k,e)=j;
            end
        end
    end
    k=k+1;
end
F
```