

报名号#1424

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：

参赛队员（签名）：

队员 1：

队员 2：

队员 3：

参赛队教练员（签名）：

参赛队伍组别：本科组

报名号#1424

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）：1424

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#1424

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

题 目 对高校图书馆智能服务的研究和改进

关 键 词 超期优劣度 借阅规则优劣度 MATLAB 软件 EXCEL 软件

摘 要:

现代图书馆是人们获取信息的重要途径，而馆藏图书则是主要的信息源。因此，图书的使用效率对于信息的获取将是至关重要的影响因素。图书的使用效率与借阅者是否按照图书馆的借阅规定，主要是是否按期归还图书有密切的联系。所以图书“超期现象”会对图书馆资源利用率和借阅者有较大影响，研究图书“超期现象”是非常有必要的。

本文针对这一现象，根据题目的相关信息，将其分为三个小问题做了深入研究。下面将研究结果作如下说明：

问题一：分析哪些类别的图书容易发生超期现象并分析超期的原因

针对问题一，我们首先按照国家图书分类标准将样本图书分为 22 类，将各类图书的超期天数视为离散型随机变量，求其样本均值与方差，然后定义超期优劣度 $p_i = |T_{1i} - T_{2i}|$ ($i = 1, 2, \dots, 22$)，建立了模型 I 超期图书判定模型对各类图书的超期严重程度做出判定。最终将图书的超期级别确定为三类。为了方便图书馆服务措施的改进，针对各类，我们又对其原因进行了综合分析。

问题二：利用问题一中的模型对题目所给的某高校的借书规则作出评价

针对问题二，根据题目要求，我们先将所给借阅规则的借阅时限与超期罚金与原始超期天数相联系，并使用模型 I 对其合理性作出判定。最终判定其图书借阅期限较短，对超期的惩罚金额确定较低，即为不合理借阅规则。

问题三：设计一种更为合理的借阅规则

针对问题三，在读者满意度和图书馆满意度基础上，构造出借阅规则优劣度 $d = 2 - x - \frac{0.07137}{x}$ ，并建立了模型 II 借阅规则评价模型。以问题二中所给借阅规则对性为不合理规则为基础，对模型 II 进行检验，确定其合理性。最后使用模型 II 给出了合理的借阅规则，即首次借阅时间一个月，续借一次，续借时间 1 个月，超期罚金 0.27 元/天。使用该规则图书的平均超期时间将由 1042 天降为 386 天。

参赛队号 1424

所选题目 C

参赛密码
(由组委会填写)

报名号#1424

英文

Abstract

Modern libraries provide important access to information for general public, whilst the books resources of which are major information source. Hence the utilization of books holds key influence on access to information. Books utilization efficiency and the compliance of borrowers with the library's lending rules mainly depend on whether books are returned on time. Books overdue would seriously affect the library resources utilization and borrowers such that it is necessary for us to study its effect.

This article focuses on the effect of books overdue and conducts research on the following three directions based on information related to the subject matter. We have categorized books according to their tendency to be overdue with the causes being analyzed. A model has also been developed to assess the book lending rules of high schools and we have proposed a set of new rules which are far more reasonable than the existing one.

§ 1 问题的提出

一、背景知识

1. 问题概况

图书馆源于保存记事的习惯，它是读者在馆内使用文献的专门场所。图书馆有保存人类文化遗产、开发信息资源、参与社会教育等职能。在经济飞速发展的今天，图书馆开发信息资源和参与社会教育的职能越来越突出，越来越重要，

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。

随着国民经济的增长，在我国人民物质文化需要普遍得到满足之际，我国人民对图书、报刊、杂志等精神文明方面的需求也在日益增长。中国经济景气中心发布的公告显示：约 90%的国民每天会拿出 40-80 分钟进行阅读，80%的人认为家中应该有一定的藏书，69%的人表示，国家应该加大对图书馆建设的财政支持力度，完善图书馆的服务设施。国家统计局对“居民消费意愿”的抽样分析中显示，约 32%的居民储蓄都用于教育读书，19%用于居民购房，21%用于医疗养老，20%用于娱乐消费，8%用于其他。如下图所示：

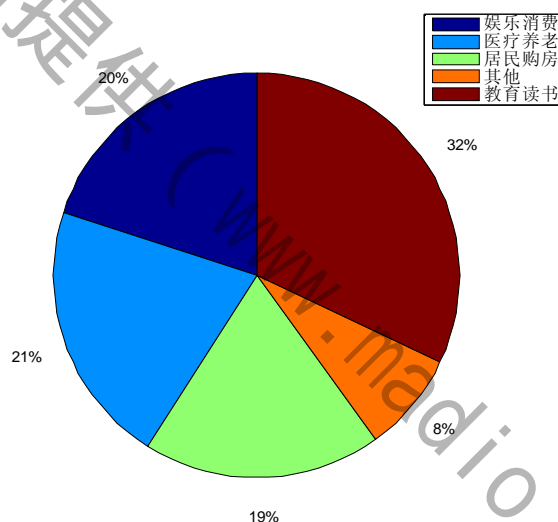


图 1 居民储蓄消费分配

可以说，人们对各类书籍迫切的阅读需要在很大程度上推动了我国图书馆建设的发展。但我们还必须看到，人们对图书的巨大需求与图书馆建设和图书馆的多项管理制度（如图书馆借阅图书的超期惩罚制度）之间尚存在着一定亟待解决的矛盾和问题。

2. 问题原因

许多高校图书馆都存在不良的借阅现象，比如对书籍的损坏、借阅超期等。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尤为普遍现象。图书超期罚款作为一种普遍的管理方式，其目的是尽可能地减少读者逾期不还的行为，但特殊情况需特别处理。若处理不当，必会影响图书馆与读者之间的关系，进而影响到图书馆的声誉，馆藏资源的利用率等，影响图书馆功能的正常发挥。

3. 现状与对策

以下我们对高校图书馆的图书超期问题进行研究。随着信息化的发展，图书的预约服务逐渐普及，而图书的预约与借阅超期的现象也有很大的内在联系，所以我们拟对该问题也进行研究。

二、相关试验数据

某高校借阅超期 30 天以上的图书名单（见原始数据）。

三、要解决的问题

1. 问题一：分析哪些类别的图书容易发生超期现象并分析超期的原因；
2. 问题二：利用问题一中的模型对题目所给的某高校的借书规则作出评价；
3. 问题三：设计一种更为合理的借阅规则。

§ 2 问题的分析

相关背景知识的介绍

中国图书分类方法（见下表）

表 1 中国图书分类法

代码	图书种类	代码	图书类别
A	马克思主义、列宁主义、毛泽东思想、邓小平理论	B	哲学、宗教
C	社会科学总论	D	政治、法律
E	军事	F	经济
G	文化、科学、教育、体育	H	语言、文字
I	文学	J	艺术
K	历史、地理	N	自然科学总论
O	数理科学和化学	P	天文学、地球科学
Q	生物科学	R	医药、卫生
S	农业科学	T	工业技术
U	交通运输	V	航空、航天
X	环境科学、安全科学	Z	综合性图书

§ 3 模型的假设

1. 题目中提供的数据真实、合理，具有使用分析价值；
2. 原始数据所在时间段，图书馆的借阅规则不变；
3. 题目两问中涉及的图书馆同一图书馆，即图书馆管理制度相同；
4. 以四年制本科院校的图书馆为研究对象；
5. 图书馆满意度、读者满意度只与图书借阅规则和超期天数有关。

§ 4 名词解释与符号说明

一、名词解释

1. 图书馆资源利用率：指在一定时间（一般指一年）内，馆藏中被读者借阅的图书册次总数占馆藏图书总册数的百分比。计算公式：

$$\text{图书馆利用率} = \frac{\text{一定时间内读者借阅书刊的册次总数}}{\text{馆藏书刊的总册数}};$$

2. 图书超期程度 p_i ：表示某类图书的超期程度， p_i 越大，超期越严重；

3. 借阅规则优劣度：通过对图书馆满意度和读者满意度的权衡得到的用于评价图书馆借阅管理制度的优劣度指标；

二、符号说明

序号	符号、号	符号说明
1	t	图书超期的天数；
2	M_i	第 i 类图书的样本均值；
3	S_i	第 i 类图书的样本方差；
4	T_{1i}	第 i 类图书的样本均值的排名次序；
5	T_{2i}	第 i 类图书的样本方差排名次序；
6	p_i	第 i 类图书的超期优劣度；
7	y_1	读者满意度
8	y_2	图书馆满意度
9	x	图书超期一天的罚款金额；
10	d	图书馆借阅规则优劣度

§ 5 模型的建立与求解

从所要解决的问题和对问题所做的假设出发，我们对问题一建立了模型 I，对问题三建立了模型 II。

一、对问题一的分析与求解

1. 对问题的分析

图书是图书馆的重要资源，也是我们获取信息的主要渠道，而“借阅超期”问题是影响图书馆资源使用效率的重要原因，因此，发现哪些图书较容易出现借阅超期是非常有必要的。为了找出这些图书，我们需要对所给书籍作合理的分类，然后按照分类对各类书籍的超期天数进行处理，进而找到各类图书的超期程度。

我们按照国家图书分类标准，将所有样本图书分为 22 类，即 22 个小样本，以超期的时间（单位：天）为分析变量。如此，每个小样本都由超期天数构成一系列随机数据，用 *excel* 求其均值、方差，以此找到较易超期的图书。

由概率论与数理统计中相似估计篇章的相关知识，我们用样本数据的平均值表示该类图书的平均超期天数，其数值越大表明该类图书的超期时间越长；方差，表示该类图书超期时间的波动性，其数值越小说明该类图书超期的时间越集中。因此，我们把此两者作为分析图书超期问题的两个指标，如果某类图书超期的平均时间越大，方差越小，说明该类图书超期越严重。

我们按国家图书分类标准，将所有列表中出现的图书分为 22 类，并将其看作 22 个超期图书小样本。用 *excel* 处理的各类图书相关数据，见附表 1 与附表 2（部分略）。

2. 模型 I 超期图书等级判定模型

算术平均数是全部数据的算术平均，又称均值，符号为 $M(\text{mean})$ 。算术平均数是集中趋势作主要的测度值，在统计学中具有重要地位，是进行统计分析和统计推断的基础。它主要适用于数值型数据，但不适用品质数据。根据表现形式的不同，算术平均数有不同的计算形势和计算公式。我们以简单算术平均数进行分析。

简单算术平均数主要用于未分组的原始数据。设样本数据为 x_1, x_2, \dots, x_n ，简单的算术平均数的计算公式为：

$$M = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

例如，某销售小组有 5 名销售员，元旦一天的销售额分别为 520 元、600 元、480 元、750 元和 500 元，求该日平均销售额。

$$\text{平均销售额 } M = \frac{520 + 600 + 480 + 750 + 500}{5} = 570(\text{元})$$

计算结果表明，元旦一天 5 名销售员的平均营业额为 570 元。

3. 模型的建立

我们以离散性数据处理所有样本数据。将其算术平均数近似看作该类图书的期望值，样本方差视为该类图书的超期天数的方差。

记 M_i 是第 i 类图书的样本均值, S_i 是第 i 类图书的方差, 我们将 M_i 从小到大排序, 得到排名序列 T_{1i} , 且排名 T_{1i} 越靠前说明超期时间越短; 将 S_i 从大到小排序, 得到排名序列 T_{2i} , 且排名 T_{2i} 越靠前说明超期的时间越集中。我们将两序列作差并取绝对值, 得图书借阅超期优劣度

$$p_i = |T_{1i} - T_{2i}| \quad i = 1, 2, \dots, L, 22$$

且该值越大说明该类图书越易超期。

4. 模型的求解

样本方差是样本关于给定点 x 在直线上散布的数字特征之一, 其中的点 M 称为方差中心。样本方差数值上等于构成样本的随机变量对离散中心 M 之方差的平方和。所以样本方差的计算公式:

$$S = [(x_1 - x)^2 + (x_2 - x)^2 + \dots + (x_n - x)^2] / n$$

但是为了保证样本方差的无偏性, 常使用样本方差的无偏估计值, 即使用如下公式:

$$S = [(x_1 - x)^2 + (x_2 - x)^2 + \dots + (x_n - x)^2] / (n - 1)$$

样本方差是样本关于定点 x 在直线上散布的数字特征之一, 其中的点 M 称为方差中心。样本方差数值上等于构成样本的随机变量对离散中心 M 之方差的平方和。所以样本方差的计算公式为

$$S_n = \frac{1}{n} [(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2]$$

但是为了保证样本方差的无偏性, 常使用样本方差的无偏估计值, 即使用如下修正公式:

$$S = \frac{1}{n-1} [(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2]$$

在 excel 软件中求其超期天数的期望值与方差, 见表 2 和均值柱状图 2:

表 2 均值方差表

分类	均值	方差
a	497.18	390590
b	625.45	1318000
c	676.8	1149700
d	1896.9	3174800
e	957.44	2888400
f	957.44	2888400
g	877.45	1265700
h	1061.1	2178500
i	733.28	1329000
j	520.95	667990
k	981.03	1223200
n	852.3	2189300
o	1047.3	1721600

p	2150.9	3371900
q	1125.3	1825500
r	1590.6	3009200
t	958.63	2011100
u	1428.9	2629000
x	1193	2431800
z	708.93	1212600

利用 *excel* 作出 22 类图书的超期均值柱状图如下所示：

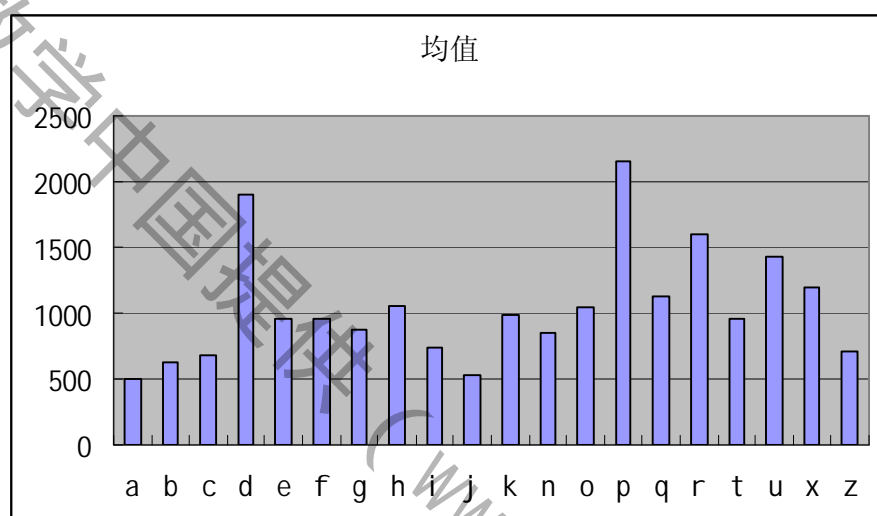


图 2 均值柱状图

由上图可以明显地看出：d 类与 p 类的超期时间比较大。

用 *excel* 软件对所有样本期望值与方差进行排序处理，结果如表 3 所示：

表 3 图书均值和方差排名表

图书分类	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	n	o	p	q	r	t	u	x	z
均值排名	1	3	4	19	9	10	8	14	6	2	12	7	13	20	15	18	11	17	16	5
方差排名	1	7	3	19	16	17	6	12	8	2	5	13	9	20	10	18	11	15	14	4

利用我们所建的模型对各类图书进行再处理，得到各类图书的超期优劣度，见表 4：

表 4 图书超期优劣度表

图书分类	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	n	o	p	q	r	t	u	x	z
优劣度	0	4	1	0	7	7	2	2	2	0	7	6	4	0	5	0	0	2	2	1

5、结果分析

本题对借阅图书超期现象的原因归为如下三类：

1. 无意错过还书期限；
2. 由于教学科研需要，长期使用；

3. 由于罚款数目较少，所以故意拖延。
因此，为了便于分析，我们将图书超期的程度也分为三级，分类结果见表 5：

表 5：图书超期优劣度的分类等级

图 书 超 期 优 劣 度 等 级 划 分	一 级	优劣度值	6~7
		对应书类	e ,f,k ,n
		书类名	军事类 经济类 历史、地理类 自然科学总论
	二 级	优劣度值	3~5
		对应书类	b, o ,q
		书类名	哲学 宗教类 数理科学和化学类 生物科学类
	三 级	优劣度值	0~2
		对应书类	a, c ,d, g, h, i,j ,p, r ,t, u,x,z
		书类名	马列主义、毛泽东思想、邓小平理论类 社会科学总论 政治、法律类 文化、科学、教育、体育类 语言、文字类 文学类 艺术类 天文学、地球科学类 医药、卫生类 工业技术类 交通运输类 环境科学、劳动保护科学类 综合类

通过分类与超期原因的比较分析，我们认为：

对于不同类型的院校，其图书馆图书借阅超期的具体情况是不同的。在我们对题目所给的图书进行分类的过程中，发现有工业技术及相关的图书数目较多，所以该图书馆应该属于理工类院校的图书馆，针对本题的情况我们分析如下：

一级超期图书，即最容易超期的图书类。其具体的类型为军事类、经济类、历史、地理类 和自然科学总论。理工类院校的学生虽然在课堂上很少会接触到这些类型的图书，但是由于它们在现实生活中的热点话题，所以比较容易引起青少年，特别是大学生的注意和兴趣，所以大家比较倾向借阅这些类型的图书。然而，由于这些类型的图书对理工科的学生而言专业性不强（多做消遣书籍阅读）、且使用频率较低，所以理工科的学生比较容易因未注意还书时间而错过还书日期，这类图书超期的原因是无意错过还书期限。

二级超期图书，即容易超期的图书类。其具体的类型有哲学、宗教类、数理科学和化学类和生物科学类。该类图书尽管包括种类不多，仅仅 4 种，但却跨越了社会科学与自然科学。而该图书馆是理工类院校的图书馆，所以二级超期图书的原因应该不只是以上三种原因中的某一种，而是某几种原因的综合。对于自然科学类的图书，其超期的主要原因应该是科研需要，长期使用，而社会科学类超期的主要原因则是因兴趣导致的无意错过或由于罚款数目较少而故意拖延。

三级超期图书，即不容易超期的图书类。其包括的图书类型较多、较杂。对于以马列主义、毛泽东思想、邓小平理论等党的科学理论体系为主要内容的社会科学类图书，是我党的各个领导集团的智慧结晶和理论成果，要求我们大学生必须全面学习、系统掌握的理论知识，同时学校要对学生的掌握程度进行检测，并且也是要求入党的同学的必读书籍，因此，它们的使用率并不受院校类型的影响，即在所有院校其使用率都较高，由于其一般不用于科研，所以它们超期并不严重。对于该类图书中的自然科学及工程类图书，其超期的原因应该是因科研的需要，而该类图书的超期程度也不严重，这可能是由于科研时间的限制决定了学生或老师要必须归还图书以借阅新的图书。

综上，我们对图书的超期程度分为三级，但各级图书超期的原因都不是孤立

的，其在主要原因之下的次要原因导致每类超期图书都有其自身的特点，我们不应该也不可以孤立地分析图书超期的原因。

综合的分析图书的超期原因是完全符合分析问题、处理问题的原则的，这也有助于我们提出合理的建议和措施解决问题。

二、对问题二的分析与求解

根据模型 I 可以看出这种借书规则存在一个缺点：罚款数额较低。逾期收费的目的是保证图书正常流通，而不是盈利。因为在调查的 16 家图书馆中，有 5 家设了上限，约占调查的 30%；其中深圳图书馆逾期收费最高为 20 元，福建省图书馆逾期收费最高为 30 元，香港公共图书馆逾期收费最高为 130 元，国外芝加哥公共图书馆和夏威夷公共图书馆逾期收费上限分别为 5 美元和 7.5 美元，都充分说明了逾期收费的目的。

表 6 国内外 16 家图书馆资源成本补偿收费调查

图书馆	逾期罚款
中国国家图书馆	0.30-0.50/日
首都图书馆	0.20/日
上海图书馆	0.20/日
重庆图书馆	0.20/日
广州图书馆	0.10/日
武汉图书馆	0.20/日
深圳图书馆	0.30/日
辽宁省图书馆	0.20/日
湖北省图书馆	0.20/日
浙江省图书馆	0.10/日
福建省图书馆	0.10/日,最高 30
澳门中央图书馆	1 澳元
香港公共图书馆	1.5 港元/日,最高 150;儿童 0.5 港元/日最高 25 元
洛杉矶公立图书馆	25 美分;10 美分(儿童)
芝加哥公共图书馆	10 美分/日最高 3-5 美元
夏威夷公共图书馆	0.25 美元/日最高 7.50 美元

资料来源：周迪，宋登汉，关于公共图书馆“制度性收费”的调查分析

如此比较说明了该高校罚款标准较低，图书超期罚款作为一种管理方式，追求的不是每月达到多大的罚款金额，而是尽可能减少读者逾期不还的行为，处罚多少应该主要看政策实施后的效果。通过比较，超期罚款标准并不是一成不变的，当目前的政策不足以有效减少读者逾期还书的行为时，图书馆可以提高罚金标准。

三、对问题三的分析与求解

1、对问题的分析

现行图书馆的借阅规则一般包括两部分：借阅的天数和超期后的罚款金额。借阅天数的长短对借阅者使用图书的效率和图书馆的资源利用率都具有较大的影响。如果时间太短，借阅者在借阅期限内无法充分使用图书，获得自己所需的

信息，影响本次借阅的使用效率，从而，读者满意度很低；如果借阅期限过长，借阅者容易产生还书惰性，进而容易导致超期现象的发生，影响他人对图书的需求和使用，最终影响图书馆整体资源利用率。

图书超期罚款作为一种普遍的管理方式，其目的是尽可能地减少读者逾期不还的行为，超期罚金的设定应该由前一种借阅规则的实施后的效果作适当的调整。超期罚款标准并不是一成不变的，当现行的规则制度不足以有效减少读者逾期还书的行为时，图书馆可以适当地提高罚金标准。

2、模型 II 借阅规则评价模型

1. 模型的分析

图书馆的声誉来源于广大师生对图书馆的评价，因此，我们可以认为图书馆的声誉等同于图书馆资源的使用者对图书馆的满意度。而读者的满意度在一定程度上取决于图书馆借阅超期制度中超期一天的罚款金额；图书馆作为服务性机构，其目的在于使其馆藏资源的利用率达到最大。因此，馆藏资源的利用率即可视为图书馆的满意度，而图书馆的满意度在一定程度上又是取决于读者借阅的超期天数。所以，我们需要定义两个满意度函数——读者的满意度函数和图书馆的满意度函数，两者分别与每逾期一天罚款金额的多少和超期的天数有密切关系。

2. 模型的准备

要建立的两个满意度函数，牵涉到两个变量： t 图书借阅超期的天数、 x 图书超期时每天的罚款数。这给分析带来一定的难度，所以在本模型建立之前，我们做的准备工作如下：

图书的借阅超期天数与图书借阅超期后每天的罚款金额之间是反向相关的。当超期的罚款金额越大，借阅者对所借图书的借期会越关注，发生超期现象的可能性就越小，超期的天数也就越少。我们定义两者关系如下：

$$t = \frac{c}{x} \quad (1)$$

其中， t 是图书借阅超期的天数， x 是图书超期时每天的罚款数， c 是待定参数。

3. 模型的建立

1. 虽然读者的满意度与图书质量、图书馆工作人员的服务等诸多因素相关，但对大多数学生来说，超期的罚款金额对其借阅图书的行为影响较大。所以超期的罚款金额对读者的满意程度具有决定性的影响，为简化处理，我们定义读者的满意度函数（即图书馆的声誉）

$$y_1 = 1 - \frac{x - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}} \quad (2)$$

其中 x_{\min} 为超期时的最低罚款数， x_{\max} 为超期时的最高罚款数。

2. 图书馆不论建筑面积多大，其可用于资源储藏的空间必定是有限的，图书馆为了使其资源利用率较高，会较多地关注借出图书的归还情况，必然会对借阅图书的超期现象比较重视。如此一来，超期天数便成为影响图书馆满意度的主要因素，为简化处理，我们定义图书馆的满意度函数（即馆藏资源的使用率）

$$y_2 = 1 - \frac{t - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}} \quad (3)$$

其中 t_{\min} 为最低超期天数, t_{\max} 为最高超期天数。

3. 图书馆借阅规则的优劣程度, 主要由读者的满意程度和图书馆的满意程度决定, 两者之和越大说明该种制度越优越。为了给出某种借阅制度的优劣程度的评价指标, 我们定义借阅规则优劣度:

$$d = y_1 + y_2 \quad (4)$$

其中, d 是图书馆借阅规则优劣度, y_1 是读者满意度, y_2 是图书馆满意度。

由于该指标是效益性指标, 所以其值越大, 借阅制度越优越。例如: 两所图书馆借阅规则优劣度指标分别为 d_1 、 d_2 。若 $d_1 = 0.9$, $d_2 = 0.5$, 因为 $0.9 > 0.5$, 所以第一个图书馆的借阅规则要优于第二个图书馆。

4. 模型的求解

考虑到图书馆的整体情况, 我们将超期天数取为平均超天数, 记为 t , 且 $t = 1042.044$, 当超期罚款金额取 0.1 元/天, 即 $x = 0.1$ 时, 将 x 代入(1)式, 得到 $c = 104.2044$, 得到:

$$t = \frac{104.2044}{x} \quad (5)$$

将(5)式代入(3)式得到:

$$y_2 = 1 - \frac{\frac{104.2044}{x} - t_{\min}}{t_{\max} - t_{\min}} \quad (6)$$

根据假设 4, 我们研究的对象为四年制本科的大学图书馆, 如果超期天数多于四年, 再来考虑图书馆的利用率便没有实用意义, 所以我们取 t_{\max} 为四年, 即

$t_{\max} = 1460$ 天, 取 t_{\min} 为 0 天, 即 $t_{\min} = 0$ 将 t_{\max} 和 t_{\min} 代入(6)式, 得到:

$$y_2 = 1 - \frac{0.07137}{x} \quad (7)$$

由于我国许多高校图书馆的超期罚金在 0—1 元/天之间, 所以我们取 $x_{\min} = 0$, $x_{\max} = 1$, 并代入(2)式得到:

$$y_1 = 1 - x \quad (8)$$

将(7)(8)式代入(4)式得到:

$$d = 2 - x - \frac{0.07137}{x} \quad (9)$$

利用以上各式可求出(9)式的最大值 $d_{\max} = 1.4522$, 与之相对应 $x = 0.27$, 即超期罚金数取为 0.27 元/天, 图书馆借阅规则的最大优劣度为 1.46, 使用者的满意度 $y_1 = 0.73$, 图书馆的满意度 $y_2 = 0.722$ 。

通过模型 II, 我们得到的借阅规则的罚款金额应该是 0.27 元/天, 高于题中所给的 0.1 元/天, 由问题二的分析, 此结论也从侧面验证我们模型的合理性。

由以上得出的借阅规则的超期罚款金额为 0.27 元/天, 将其代入 (5)式可以得到此借阅规则图书的平均超期天数为 386 天, 大大低于原始数据的平均超期天数 1042 天。

§ 6 模型的误差分析与灵敏度分析

一、误差分析

众所周知，误差会对结果产生一定影响。所以需要对容易产生误差的部分做出必要的分析与说明：

1. 在图书分类的过程中，难免出现分类错误，从而产生误差相对结果的正确求解产生一定的影响；

2. 对图书的超期天数进行统计分析时未对数据的异常性做出检验；

3. $t = \frac{c}{x}$ 对超期时间与罚款金额的函数关系仅做出了一次性反比例函数的假设，对于 x 在表达式中的具体形式未作深入探讨；

4. 四年制本科院校的假设具有一定的局限性，容易产生误差；

二、灵敏度分析

由于最高超期天数会影响最大满意度是的罚金数额，因此下面对最高超期天数 t_{\max} 关于罚金数额进行灵敏度分析，上文中 t_{\max} 值取的是 1460，现在 $t_{\max} \in (1000, 1800)$ 在的范围内进行粗分析画出散点图，如图 3 所示（程序见程序二）

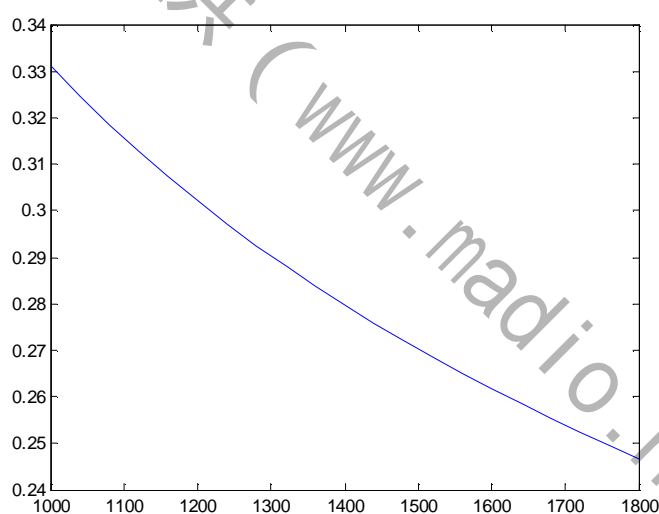


图 3 罚金数额与最高超期天数之间的曲线图

从上图可以看出，罚金数额随着低价票数量的增加而递减。并且最高超期天数变化较大，而罚金数额变化很小，说明模型具有一定的稳定性。

§ 7 模型的评价与推广

一、模型的优缺点

1、优点：

(1) 利用 MATLAB 软件对数据进行快速处理，准确、简便；

(2)本文建立的模型与实际紧密联系,充分考虑现实情况的各个方面,从而使模型更贴近实际,通用性强;

(3)对文中数据按照图书馆标准进行分类,从而可以准确地判别各类的超期情况;

(4)运用多种数学软件进行计算,取长补短,使计算结果更加准确。

2、缺点:

(1)对文中数据没有进行异常点剔除,可能会对结果产生一定的误差。

(2)对文中确定超期时间与罚款金额的函数关系式时,采用的是一次反比例函数,可能不能精确的体现实际情况。

二、模型的推广:

本文对数据进行分类,提出了合理的借阅规则,不仅能够判别出图书馆某些容易超期的书目类别,而且也为其他公共服务部门提供了解决方法。

在问题三的分析中,对罚款金额的标准的提高,不仅可以解决此图书馆的借阅超期现象的问题,而且为其他图书馆解决此类问题提供了参考。

参考文献

- [1]王正林,刘明,精通 *MATLAB7*, 北京: 电子工业出版社, 2006. 7 第一版;
- [2]吴礼斌,李柏年,数学实验与建模, 北京: 国防工业出版社, 2007. 9 第一版;
- [3]于洪彦,Excel 统计分析与决策[M], 北京: 高等教育出版社, 2006 年 4 月;
- [4]姜启源,数学模型[M], 北京: 高等教育出版社, 1987 年 4 月第一版;
- [5]于洪彦,Excel 统计分析与决策[M], 北京: 高等教育出版社, 2006 年 4 月;
- [6]周迪,宋登汉,关于公共图书馆“制度性收费”的调查分析,图书馆杂志, 2006 年第 3 期: P41-P43, 2006;
- [7]安圆圆,浅析高校读者借阅超期现象的原因及应对策略,中国科技信息, 2008 年第 23 期: P162-P163, 2008;
- [8]茆诗松,周纪芄,概率论与数理统计, 北京: 中国统计出版社, 2000. 7 第二版;
- [9]胡守信,李柏年,基于 *MATLAB* 的数学实验, 北京: 科学出版社, 2004. 6 第一版;
- [10]任建标译,数据、模型与决策, 北京: 中国财政经济出版社, 2004. 1 第二版.

附录

附录一、附表

a	马克思主义文学阐释观的哲学研究	84
a	历史维度中的马克思主义哲学	84
a	马克思主义原理	84
a	民间组织发展与建设和谐社会=Dev	97
a	中国特色社会主义	314
a	政治生活的系统分析=System Anal	343
a	政治学与政治体制改革	343
a	有中国特色社会主义理论探源	343
a	全球化背景下中国特色社会主义价	343
a	“马克思主义哲学原理”课教学案	1463
a	世界政治经济与国际关系	1971
b	马克思主义基本原理	31
b	游心于佛道	31
b	哲学美学	36
b	说道：“道德经”心得	36
b	苏曼殊说禅	36
b	作为意志和表象的世界	38
b	康德的诅咒=Critique of crimina	79
b	瞧，这个人：尼采自传	80
b	文明：乌托邦与悲剧=Civilisatio	80
b	门厅·玄关	117
b	玄境：道学与中国文化	121
b	禅与悟	121
b	佛陀的智慧	121
b	禅的智慧	123
b	风水理论研究=Research of frngs	134
b	哲学笔记	148
b	跟老子学做事	307
b	菩提与命运	315
b	信仰的疆国：漫谈世界宗教	329
b	阿德勒人格哲学	332
b	思维是一种能量	332
b	基督教与圣经=Christianity & th	335
b	心如莲花：感悟佛学中的人生智慧	354
b	居家客厅风水：客厅风水宜忌	361
b	居家室内风水：卧房·儿童房·书?/font>	361
b	语义学导论=Introduction to Sem	476
b	上帝选择了犹太人：一个游牧民族?/font>	1099
b	周易集解纂疏	1855
b	哲学史教程=特别关于哲学问题和?/font>	3241
b	洞悉人生痛苦的智者=:叔本华	3877

b 辩证唯物主义和历史唯物主义原理 4483

附录二、附表

X	环境行为学概论	30
X	可再生能源利用与建筑节能	34
X	污染生态学	34
X	环境绩效评估=Environmental per	34
X	城市总体与分区规划	37
X	城市色彩景观规划设计=Pl anni ng	37
X	城市规划资料集: 城市设计	37
X	城市规划资料集: 城市设计	37
X	水污染控制工程	38
X	环境影响评价学	41
X	环境数据统计分析基础	41
X	铁路环境噪声控制	62
X	工程噪声控制学=Noise control i	64
X	区域环境规划方法指南	83
X	第二届全国岩土与工程学术大会论	85
X	大城市边缘地区空间整合与社会发	103
X	环境问题抉择论: 生态文明时代的?/font>	127
X	室内空气质量标准解读	191
X	空气污染气象学=Air pollution m	216
X	中国煤炭资源形势分析及合理开发	235
X	景观规划的环境学途径	385
X	环境质量评价原理与方法	416
X	城市规划设计年鉴=Urban plannin	474
X	城市环境学	707
X	城中村的改造	853
X	当代城市规划导论	853
X	边坡岩体稳定性分析	1902
X	中国城市经济创新透视	1974
X	劳动价值论与社会主义: 关于当前?/font>	1974
X	资源资产化管理与可持续发展	1974
X	城市增长与土地增值	1974
X	环境质量评价	2967
X	居住区规划设计	3436
X	住宅工程质量通病防治手册=:	3458
X	环境生态学	4312
X	环境保护法概论	4312
X	能源与环境保护	4312
X	中国的环境保护	4333
X	环境学导论	4346

注：其他图书的分类表因篇幅，这里不再放于附录中；

附录三

程序一

```
clc
clear
y=[0.0006768    0.0018969    0.00095744  0.00095744  0.00087745  0.0010611
0.00073328  0.00052095  0.00098103  0.0008523  0.0010473  0.0021509  0.0011253
0.0015906  0.00095863  0.0014289  0.001193  0.00070893];
c=y*10^6*0.1
junzhi=mean(c)
bb=4;
for aa=300:10:360;
fajin=sqrt(junzhi/(bb*aa))
guke=1-fajin;
end
youleidu=abs(fajin^2-2);
guke=1-fajin
tushuguan=youleidu-guke
```

程序二

```
clc
clear
y=[0.0006768    0.0018969    0.00095744  0.00095744  0.00087745  0.0010611
0.00073328  0.00052095  0.00098103  0.0008523  0.0010473  0.0021509  0.0011253
0.0015906  0.00095863  0.0014289  0.001193  0.00070893];
c=y*10^6*0.1
junzhi=mean(c)

aa=1000:40:1800;
fajin=sqrt(junzhi./aa)
plot(aa,fajin)
```