

1191

第三届“ScienceWord 杯”数学中国 数学建模网络挑战赛

高校图书馆流通服务优化模型

一. 问题重述

1.1 问题背景

图书是图书馆最基本的文献资料,大学生为了系统地学习,掌握某种学科的专业知识,他们需要利用图书馆借阅文献增长知识,需要借阅学习本专业的基础理论和相关知识,了解本专业的研究方向和发展动态,以形成本专业的知识结构,或者大量阅读课外书籍,增长自己见识,图书馆成了他们的常去之地。然而,在图书价格猛涨、学校招生规模扩大、图书经费紧张的前提下,图书馆不可能对每种书都大量购买复本,这就导致读者对于书的需求越来越迫切,借书难,借到好书更难,出现“借书—续借—还书—借书—续借……”的现象。有些读者把自己想要的书占为己有,一直借下去。使得图书的利用率和流通率得不到提高,最终影响图书馆的服务质量和服务水平。

1.2 问题简述

提高图书利用率和流通率,最大限度地满足高校师生对图书资源的需求,对于高校图书馆的全方位建设起着举足轻重的作用。试通过数学模型来研究以下的问题:

近几年来,在国内高校中图书馆预约系统被普遍采用,即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。

根据前面的三个问题的结论,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。

二. 模型假设

根据题目要求,并达到简化问题目的,我们有以下假设:

- 1、假设高校图书馆藏书按“中图法”分类,并且题中所给样本的信息基本真实有效;
- 2、假设题中所给样本的信息量足够大,能够有效的反映高校“图书借阅逾期”现象;
- 3、假设第一阶段所给数据是在没有图书预约系统的情况下的统计数据;
- 4、假设第一阶段无图书预约系统时的超期频率可以和有图书预约系统时的超期频率进行比较且得出的结论成立;

1191

三、符号说明和名词解释

3.1 符号说明

$A \sim K, N \sim V, X, Z$ 为中图法所得图书类号, 其中 T (工业技术)、O (数理科学和化学)、I (文学)、H (语言、文字)、F (经济)、C (社会科学总类);

P 为图书超期频率 (图书预约系统下);

n 为未预约到书的图书册数;

N 为被预约的图书总册数;

P_i 为某类书的图书超期频率 P_i ;

n_i 为该类书未预约到书的图书册数;

E 为所有图书所成的集合, 将其分为集合 A 和集合 B ;

t 为图书超期天数;

X 为所借图书类别;

$F(t)$ 为罚款数。

3.2 名词解释[1]

1、图书超期频率 P (图书预约系统下) = 未预约到书的图书册数 n / 被预约的图书总册数 N , 即 $P = n/N$;

2、某类书的图书超期频率 P_i = 该类书未预约到书的图书册数 n_i / 所有被预约的图书总册数 N , 即 $P_i = n_i/N$.

3、图书利用率: 是指在一定的时期 (学期、学年), 全部书刊资料被读者利用的数量占全部馆藏的百分比。计算公式为: (读者利用册数 ÷ 馆藏书总册数) $\times 100\%$

4、读者借阅率: 是指在一定的时期 (学期、学年), 平均每个读者所借的书刊资料数量。计算公式为: (借阅总册数 ÷ 借阅总人数) $\times 100\%$

5、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。计算公式为: (读者借阅总册数 ÷ 馆藏书总册数) $\times 100\%$

6、读者到馆率: 是指在一定时间 (月、学期、学年) 到馆借阅书刊的读者人数与本馆拥有读者人数之比。计算公式为: (年读者到馆总人数 ÷ 读者总数) $\times 100\%$

1191

四、问题分析

4.1 对问题（1）的分析

问题（1）要求我们通过题中某高校图书预约系统的运行统计数据，评价图书预约系统对提高图书流通率的作用。本文首先参考《中图法》对图书进行分类，并充分运用Excel模型对某高校图书馆借阅超期的数据进行了分析和处理，从数据的特点出发对数据进行筛选与汇总，建立概率统计模型，得到预约前超期频率较大的几类图书分别是：T（工业技术）、O（数理科学和化学）、I（文学）、H（语言、文字）、F（经济）、C（社会科学总类）。对附件中书籍预约数据的处理，由此得到了预约后的超期较多的图书种类以及预约到书情况。对于是否有预约系统前后的图书流通情况进行比较，评价图书预约系统对提高图书流通率的作用。预约系统有效提高读者到馆率和图书利用率，从而提高了图书流通率。

我们定义图书超期频率 P （图书预约系统下）=未预约到书的图书册数 n /被预约的图书总册数 N ，即 $P=n/N$ ；

所以我们知道：某类书的图书超期频率 P_i =该类书未预约到书的图书册数 n_i /所有被预约的图书总册数 N ，即 $P_i=n_i/N$ 。

4.2 对问题（2）的分析

解决问题（2）的关键是确定新的图书管理系统，明白图书馆为了降低图书超期现象并提高图书利用率，该如何处理预约图书、图书续借、超期图书罚款这三者之间的关系。我们先对图书预约系统的预约过程进行描述，并通过对第一阶段问题的分析及附录所给信息的筛选，了解了影响图书超期的主要原因读者无意错过归还书期限、读者故意拖延和图书使用时间长等；而影响图书利用率的主要原因是读者自身的素质、流通部门的管理和服务、馆藏结构及质量等。并针对这些主要原因建立新的图书管理体系，其包括了罚款规则、续借规则、预约规则等。并在其中针对以上主要原因一一提出解决方案，从而通过这个图书管理体系降低图书超期现象和提高图书利用率。

1191

五. 模型建立与求解

5.1 问题（1）的模型建立与求解

在对第一阶段的问题的研究过程中，通过对图书分类方法的了解，我们知道根据《中图法》将图书分为 22 小类：

- 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、社会科学总类
- 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、航空运输
- X、环境科学、安全科学
- Z、综合性图书

由所给的超期 30 天以上名单的数据，通过随机抽样并进行统计，利用 Excel 对数据进行初步整理，以便进行筛选达到模糊分类的目的，我们得到如下各类书籍在无图书预约系统时的超期频率统计表和超期频率直方图。其中，由于所给样本数据中缺少 N（自然科学总论）、S（农业科学）、V（航空运输）这三类图书，我们姑且认为，这三类图书的超期图书册数为 0。

1191

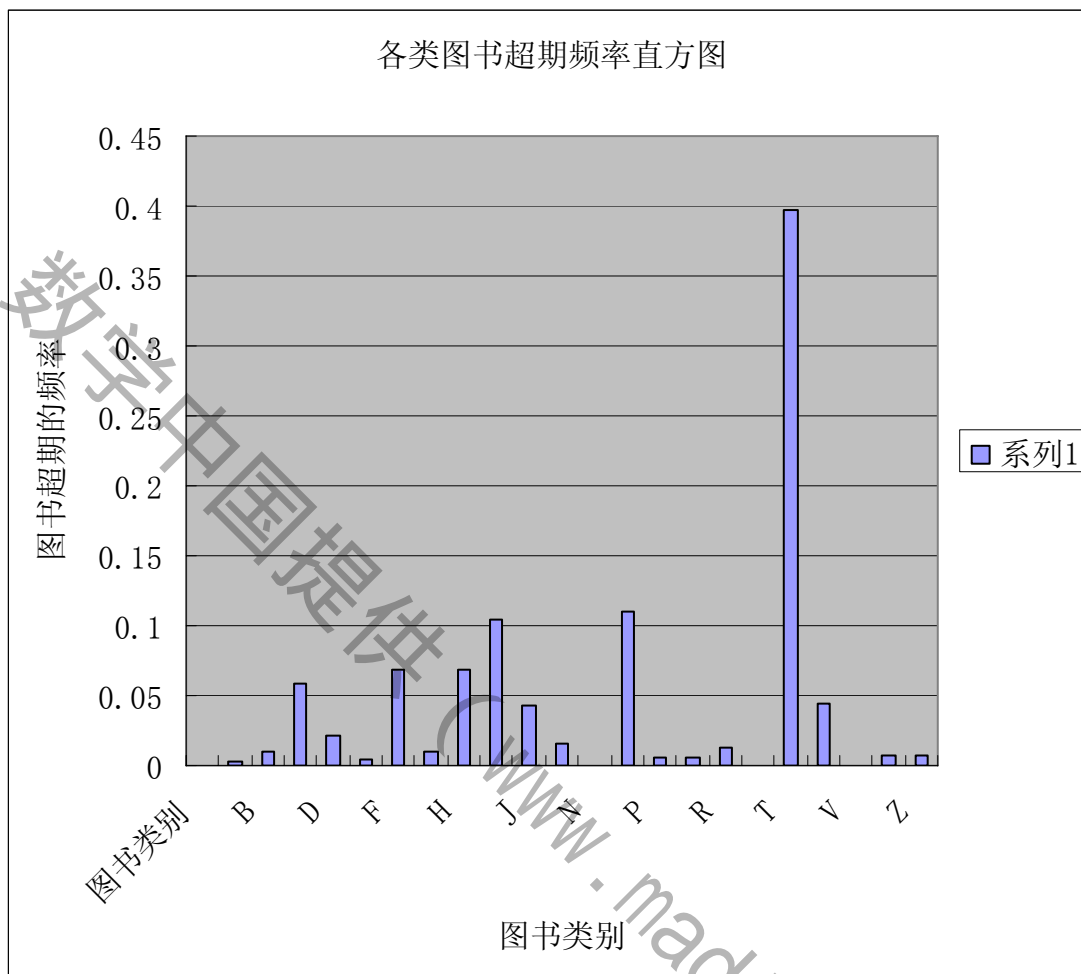
表一：各类图书超期频率统计表

序号	图书类别	频率	超期图书册数
1	A	0.00250798	11
2	B	0.01003192	44
3	C	0.059279526	260
4	D	0.021659827	95
5	E	0.004103967	18
6	F	0.068171455	299
7	G	0.01003192	44
8	H	0.068855449	302
9	I	0.104651163	459
10	J	0.042635659	187
11	K	0.016415869	72
12	N	0	0
13	O	0.110123119	483
14	P	0.005699954	25
15	Q	0.005471956	24
16	R	0.013223894	58
17	S	0	0
18	T	0.397856817	1745
19	U	0.044915641	197
20	V	0	0
21	X	0.006611947	29
22	Z	0.007751938	34
总数		1	4386

#1191

利用 Excel 对数据处理得到如下直方图：

图一：无图书预约系统时的超期频率较大的几类图书



根据矩阵估计的无偏性，由有限个样本的频率可以估计总体的概率，由图可见 C.F.H.T.I.O 这六类图书则可以认为是容易发生超期现象的，尤其是 T 类书，超期概率非常大，我们可以认为是比较热门的图书。对此，我们可以根据这六类图书的超期量来判断无图书预约系统时总的图书超期量。

所以，我们从所有图书中挑选出 C.F.H.T.I.O 这六类图书的图书超期量进行统计与绘制图表，与在图书预约系统的前提下的的图书超期量进行比较。

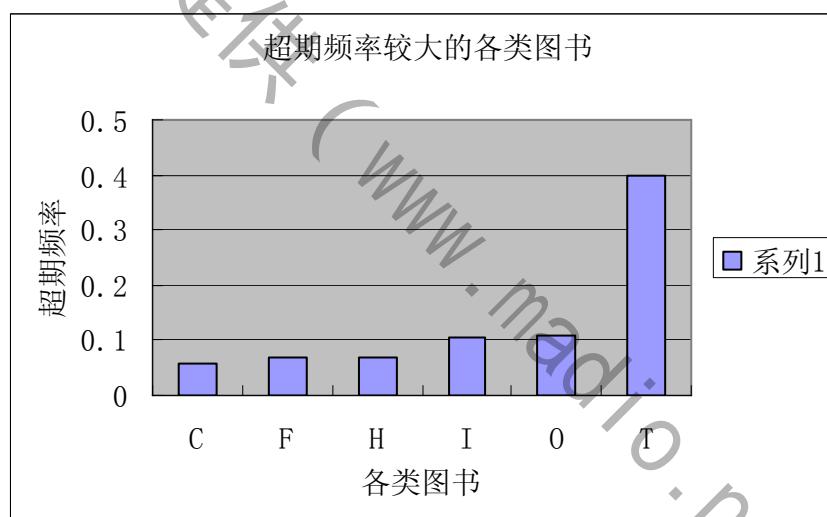
1191

表二：无图书预约系统时的超期频率较大的几类图书

图书类别	平均值	2008	2009	2010
C	0.010846293	0.015285599	0.01242236	0.00483092
F	0.037860125	0.047465809	0.032298137	0.03381643
H	0.022430669	0.023330652	0.017391304	0.02657005
I	0.033251902	0.017699115	0.04099379	0.0410628
O	0.031841398	0.016090105	0.03354037	0.04589372
T	0.068505183	0.03539823	0.08074534	0.08937198

利用 Excel 对数据处理得到如下直方图：

图二：无图书预约系统时的超期频率较大的几类图书



在书籍预约数据表格中，我们把被预约的所有书籍当成一个整体，而被预约却未归还书的则自然被视为超期图书，故我们可得出在图书预约系统下的图书超期频率的公式。即：

图书超期频率 P （图书预约系统下）= 未预约到书的图书册数 n / 被预约的图书总册数 N ，即 $P=n/N$ ；

所以我们知道：

某类书的图书超期频率 P_i = 该类书未预约到书的图书册数 n_i / 所有被预约的图书总册数 N ，即 $P_i=n_i/N$ 。

1191

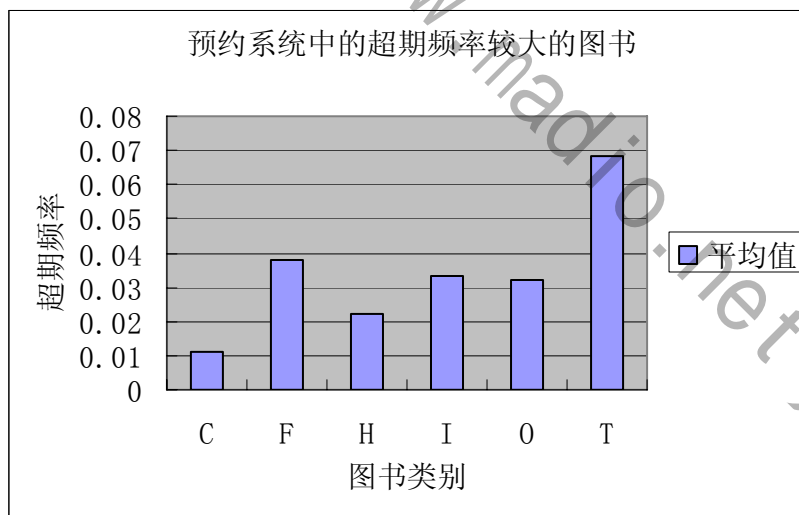
在书籍预约数据表格中，我们通过对数据的分析与统计，可以得到 C.F.H.T.I.O 这六类图书的超期频率。由于表格给出的是 2008~2010 年的数据，为了方便比较，且考虑到比较过程中的公平性，我们决定取 2008、2009、2010 三年图书超期频率的平均值，与没有图书预约系统时的这六类图书的超期频率进行对比。

表三：2008、2009、2010 三年图书超期频率的平均值

图书类别	2008	2009	2010	平均值
C	0.015285599	0.01242236	0.00483092	0.010846293
F	0.047465809	0.032298137	0.03381643	0.037860125
H	0.023330652	0.017391304	0.02657005	0.022430669
I	0.017699115	0.04099379	0.0410628	0.033251902
O	0.016090105	0.03354037	0.04589372	0.031841398
T	0.03539823	0.08074534	0.08937198	0.068505183

利用 Excel 对数据处理得到如下直方图：

图三：预约系统时的六类图书的超期频率直方图



通过表二与表三、图二与图三的比较，我们不难发现，在图书馆采用了图书预约系统之后，图书的超期频率远远减小了，均大概减小到了原来的 1/6 到 1/5，这个结果相当乐观的。

我们知道，图书的超期频率越大，则它的流通率就越小；相反的若图书的超期频率越小，则它的流通率就越大。故由上图表的对比，可说明在图书预约的条件下，图书的流通率有很明显的提高，从而也说明了图书预约系统对图书流通率的提高具有很明显的促进作用。之所以这样，我们可以用个简单的假设来解释，使问题简单化。

1191

假设某本图书有 10 本复本量, 假设该图书馆的借书时限是一个月, 可以续借一次, 续借时限是十五天, 现在我们假设该本图书比较热门, 即一直不断地有人预约, 且每个读者都持满借期, 有那么一年中每本书可以流通 8 次, 此类数流通量就是 80 次。但如果采用图书预约系统的话, 由于不断有读者预约, 故借书者便不能续借, 则一年之中此类书的流通量为 120 次。每本书可增加 4 次 的流通量, 此类书共增加了 40 次。

而当今各大高校中, 图书馆的藏书量一般都是几十万甚至几百万, 由此我们不难想象, 图书预约系统对图书流通率的提高是非常巨大的。这种动态的管理方式使每一册图书根据借阅频率得到充分的利用, 其经济效益和使用效率不是只靠增加复本量可比的。

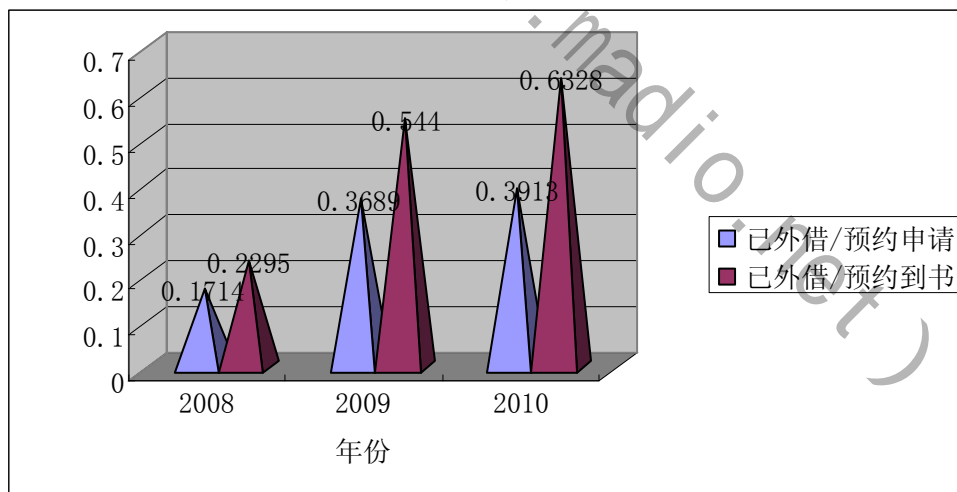
除此外, 在书籍预约数据表格中, 我们还对 2008 年~2010 年的图书预约成功率和实际预约率进行了对比。其中: 图书预约成功率就是以成功借出预约图书册数与申请预约图书册数的比值, 实际预约率就是以成功借出预约图书册数与实际预约到书册数的比值。

表四：2008 年~2010 年的图书预约成功率和实际预约率

	已外借/预约申请	已外借/预约到书
2008	0.1714	0.2295
2009	0.3689	0.544
2010	0.3913	0.6328

利用 Excel 对数据处理得到如下直方图:

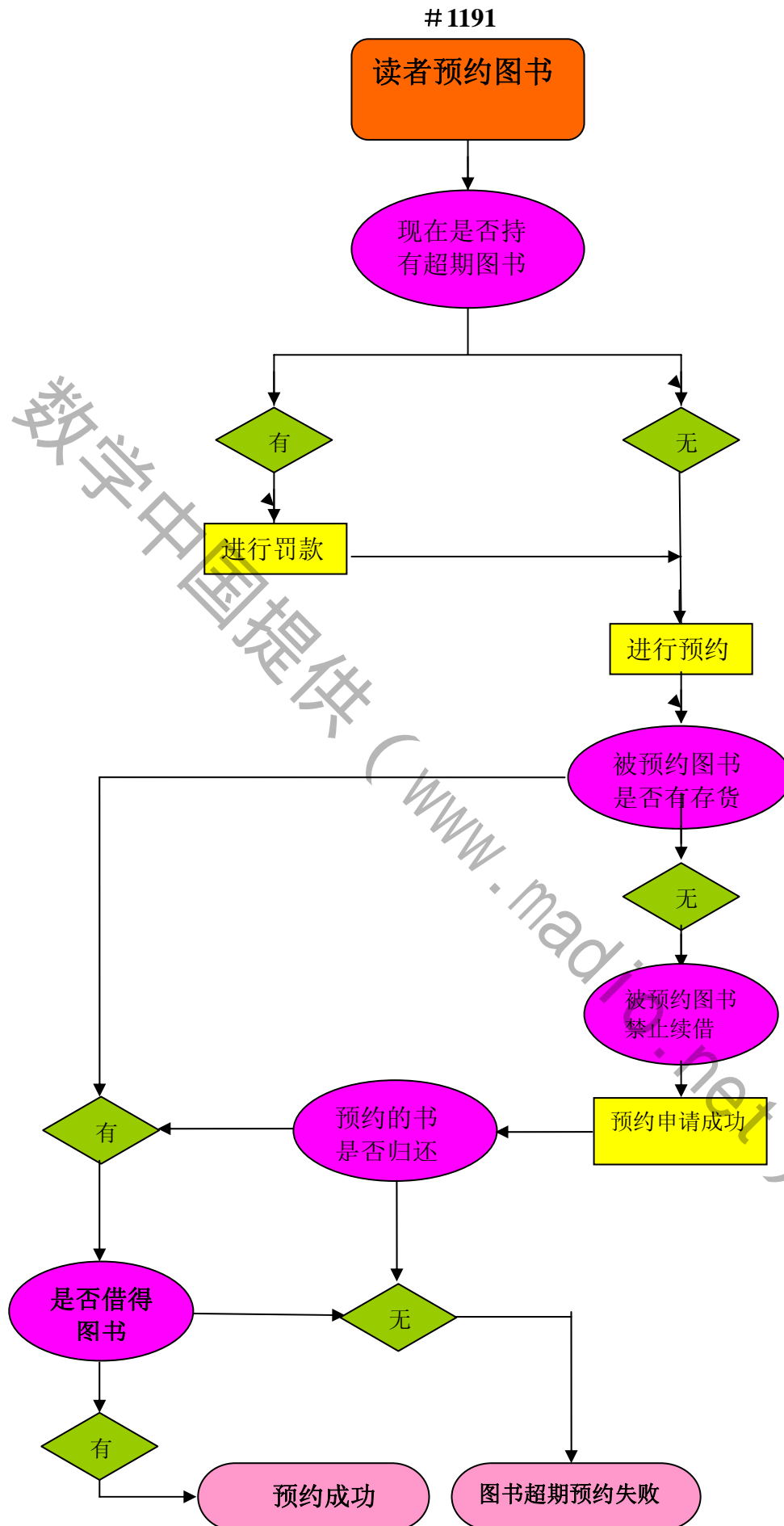
图四：2008 年~2010 年的图书预约成功率和实际预约率



由上面的图表, 我们通过观察, 可以知道从 2008 年到 2010 年, 图书的归还率与图书的预约成功率每年都在不断攀升。由此也可以说明, 在图书预约系统的采用下, 图书的流通率不断的提升, 而且一年比一年提高更快。

5.2 问题 (2) 的模型建立与求解

对于问题二中要建立新的图书管理方案, 首先让我们通过流程图, 对高校的图书预约系统的预约过程有一个大概的了解。



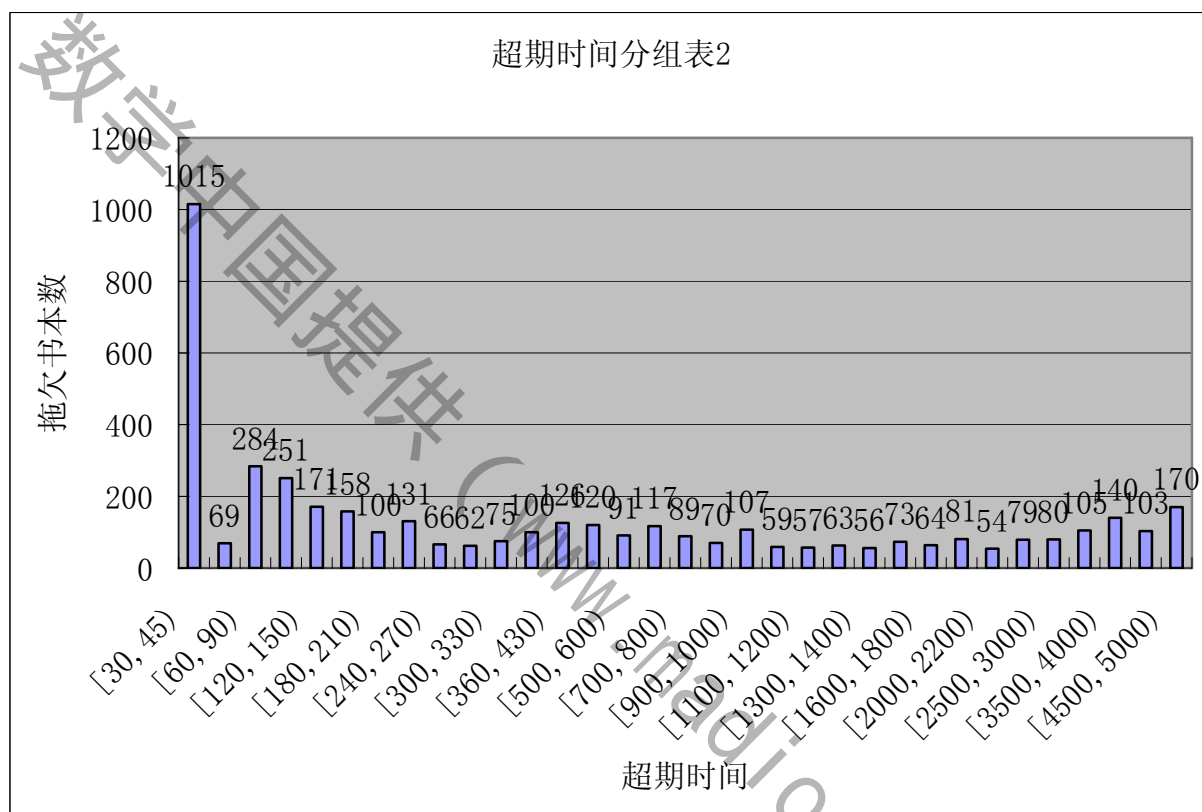
1191

通过这个图书预约系统的预约过程，可以知道：一个好的图书管理体系，可以降低图书超期现象的发生率，也可以提高图书的利用率；而一个完善的图书管理体系，它包含了罚款、续借、预约等方面的规则。

(一) 罚款规则

首先，我们通过对第一阶段的两个问题的深入探讨，我们发现高校图书的超期量在不同时间段所占比例不一样，其超期原因也不一致。

[2]



观察上图，我们发现：

- 1、[30, 45) 区间，超期图书比例较大，原因可能为无意错过归还书期限。
- 2、[45, 360) 区间，超期图书比例减少，原因可能为故意拖延，可能是由于罚款数目太少。
- 3、[360, 5000) 区间，超期图书比例少且平稳，部分原因可能由于教师或教授因教研使用，需长期借用。

接着，又通过对本阶段的第一个问题的研究。我们知道，在所有超期图书中，C（社科总类）、F（经济）、H（语言、文字）、I（文学）、O（数理科学和化学）、T（工业技术）这六类图书的超期图书量所占比例最大。对此，我们在《中图法》的基础上，可把所有图书看成集合 E，将其分为集合 A 和集合 B。其中：

$$A = \{C, F, H, I, O, T\}, B = \{X \text{ 属于 } E, \text{ 但 } X \text{ 不属于 } A\}$$

1191

为了降低图书超期现象的发生率，我们制订了如下罚款规则。其中， t 为图书超期天数， X 为所借图书类别。

若 X 属于 A，则罚款数 $F(t)$ 如下：

$$\begin{aligned} F_1(t) &= 0.2 \times t & 1 \leq t < 45 \\ F_2(t) &= 0.2 \times 45 + 0.5 \times (t - 45) & 45 \leq t < 360 \\ F_3(t) &= 0.2 \times 45 + 0.5 \times 315 + 0.3 \times (t - 360) & t > 360 \end{aligned}$$

若 X 属于 B，则罚款 $F(t)$ 如下：

$$\begin{aligned} F_1(t) &= 0.1 \times t & 1 \leq t < 45 \\ F_2(t) &= 0.1 \times 45 + 0.4 \times (t - 45) & 45 \leq t < 360 \\ F_3(t) &= 0.1 \times 45 + 0.4 \times 315 + 0.2 \times (t - 360) & t > 360 \end{aligned}$$

(二) 续借规则

当今，大部分高校图书馆对借书期限规定为一个月。但有些热门图书读者长期排队却无法得到借阅；相反有些图书却长期滞留书架上，既占用馆舍空间，又影响了图书流通率和图书的利用率。所以要想提高图书的利用率，就需要很好的解决这个问题。

同于罚款规则，我们通过对问题一的分析过程中，理解了超期图书中，C（社科总类）、F（经济）、H（语言、文字）、I（文学）、O（数理科学和化学）、T（工业技术）这六类图书的超期图书量所长比例最大，导致很多读者在长时间的等待后，仍无法满足自己的求欲望。

针对这个问题，我们定制了以下续借规则。

首先，同罚款规则中一样，我们在《中图法》的基础上，可把所有图书看成集合 E，将其分为集合 A 和集合 B。其中：

$$A = \{C、F、H、I、O、T\}, \quad B = \{X \text{ 属于 } E, \text{ 但 } X \text{ 不属于 } A\}$$

由于每本图书的借阅时间均为 20 天，在图书到期后，读者可结合实际看看是否能续借。

若 X 属于 A，则在 X 未被预约的前提下， X 能被续借，但仅能续借一次，为期为七天（一个星期）。

若 X 属于 B，则在 X 未被预约的前提下， X 能被续借，每一次续借时间为十五天。若 X 一直无人预约，则读者可以连续续借 3 次。

1191

(三) 预约规则

通过附录我们可以知道, 当今大学生为了系统地学习, 掌握某种学科的专业知识, 他们不满足于课堂学习, 具有改进现有的知识结构和层次的愿望, 他们需要利用图书馆借阅文献增长知识, 需要借阅学习本专业的基础理论和相关知识, 了解本专业的研究方向和发展动态, 以形成本专业的知识结构, 他们常常在专业学习中或与同学交互学习中萌发求知欲望产生预约图书的求愿望。它不受空间的限制, 能充分满足读者的个性化需求。读者不需要亲自前来图书馆办理, 只要在家中就可以上网操作, 同时它不受时间的限制, 可以随时随地随心所欲地进行, 这种操作方式能节省时间, 方便读者。

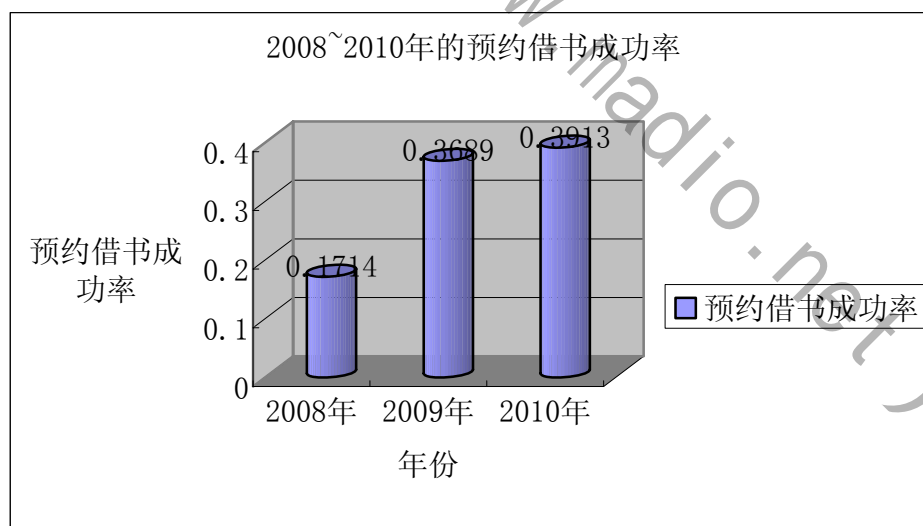
同时, 对于一些使用频率高的热门书, 在没有预约服务的情况下, 有些读者会反复续借, 这样一来, 就意味着把此热门书“据为己有”而影响更多的读者使用。尤其是在复习考试期间, 读者特别需要的一些参考书, 一旦过了这个时间段, 再借到就没有意义了。有了预约书服务以后, 对于热门书只要有人预约就不能再续借了。读者可以公平地通过预约, 排队等候使用这些热门书。

但是, 目前预约借书成功率并不理想。其中, 所谓的预约借书成功率, 就是以成功借出预约图书册数与申请预约图书册数的比值。

由所给的预约书籍数据中, 我们可以得出 2008~2010 年的预约借书成功率。

年份	2008 年	2009 年	2010 年
预约借书成功率	17.14%	36.89%	39.13%

由此绘制出下图:



由图表可以看出, 至今的预约借书成功率还不到 50%, 可见预约系统还不够完善。

1191

在附录中，我们可以了解到，图书预约失效原因可分为三类：

- 1、图书流通管理不到位；
- 2、信息沟通不及时；
- 3、系统设置不合理；
- 4、读者预约太随意。

针对这几个问题，我们制定以下预约规则[5]：

1、加强图书馆里，完善服务功能。

(1) 针对预约图书，制定预约政策。当某图书被预约时，我们可采用电子邮件或短信的方式通知读者，该书已被预约，要求在规定的时间内还书。

(2) 教育读者，降低随意预约的行为，并对有随意预约行为的读者进行记录并给与警告。在对图书馆预约服务的实施办法与目的进行大力宣传，让更多的读者知道图书预约服务是为他人和自己提供借阅便利的，不能随便预约。对一时预约、又不再需要借阅的预约图书应及时取消预约登记。一旦预约登记，就要时常关心预约图书到馆通知，按时办理图书借阅手续。建立读者信用等级信息，对累计多次未领取预约图书的读者采取降低等级、暂停乃至取消预约权限的措施，减少预约读者的随意性和干扰性预约行为，提高图书预约成功率、加快预约图书的流通。

(3) 加强图书管理员责任心，减少预约失败，保证读者能真确找到预约到馆的书。

2、开展新书预约，提高图书利用。

除了传统的图书预约服务，图书馆有必要开展新书预约服务。

(1) 未到馆新书预约：指图书馆采访部门订书后即按批打印订书清单，以“即将到馆新书通报”的形式提供给读者选择预约。其优点是新书还未到馆就为新书找到了读者，具有一定的超前性。新书预约服务的动态管理形式，体现了图书馆“为书找人”的服务思想。

(2) 状态图书预约：当读者预约在编状态图书时，流通部门可将此种图书的信息转交采编部门，采编部门要在正处理的图书中找出读者所借图书，并加快处理过程。可规定在几个工作日内验收、编目完毕，送交流通部门后由流通部门及时通知读者取书。由于图书加工、编目等需要一定的时间，这种借阅管理办法缩短了有阅读需求的图书到读者手中的时间，提高了图书利用的时效。

3、代办图书预约。

对上OPAC不方便，有困难预约图书的读者，或不懂OPAC汉语上网的留学生，可电话委托或直接委托馆员利用本馆流通系统代办图书预约

4、提供多种查阅预约信息渠道，及时传递信息。

(1) 读者可以通过图书馆提供的OPAC检索机或者校园网内的任何终端，登陆“我的图书馆”，查看本人借阅情况以及预约图书是否到馆。

(2) 图书馆通过电子显示屏动态公布预约到书信息，方便到馆读者随机查看。

(3) 在图书馆主页专门开设“预约信息”公告栏，发布预约图书到馆信息，以方便读者查询。

1191

(4) 开通手机短信服务,手机图书馆”系统的全面启用,实现了图书馆管理系统与移动无线网络的对接,图书馆可以以短信的方式通知预约读者,让读者在第一时间获取图书到馆信息,减少各种人为因素造成的预约失效。

(5) 通过电子邮件的方式发送催还和预约通知,不但能主动实时地通知读者,还能让读者获得个性化的服务,即保护了读者的预约信息的私密性,在实现上也不象短信发送那样需要图书馆增加额外的运行费。

六、模型评价

6.1 优点

- (1) 利用“中图法”对逾期图书有效分类,优化数据处理,
- (2) 利用 Excel 软件各种功能,简化逾期图书归类,
- (3) 采用模糊评判法使评价借阅规则更具有客观性,
- (4) 本文运用在数据分析中有很重要作用的聚类分析算法,对数据进行合理的分类处理,文章具有很强的逻辑性与合理性。

6.2 缺点

- (1) 模型中存在一些假设把实际问题简单化,没有考虑到现实生活中的各种因素,
- (2) 模型中只是对超期现象出现的主要原因进行了分析,并未对其中的某些特殊原因进行分析,
- (3) 对该校借阅规则评价之时,考虑的因素不全面,未从图书馆工作人员的工作方便角度比如:工作人员处理藏书周转的能力、流通部的人员数量及工作能力等方面来考虑,也并未考虑该图书馆的藏书量。

七、参考文献

- [1]百度文库,图书流通率,
<http://wenku.baidu.com/view/8054a74d2b160b4e767fcf0e.html>, 2010 年 5 月 21 日
- [2]第一阶段论文编号 1259, 2010 年 5 月
- [3]《数学模型(第三版)》姜启源 谢金星 叶俊 北京市西城区 德外大街 4 号 高等教育出版社。2003.8
- [4]SYS, 预约图书分类统计, 2010 年 5 月 20 日
- [5]陈静, 高校图书预约失效原因及对策分析,
<http://www.lwlm.com/gaodengjiaoyu/201002/349359.htm>, 2010 年 2 月 24 日