

# 目 录

一、	问题重述.....	2
1.1	背景资料： .....	2
1.2	需要解决的问题： .....	2
二、	问题分析.....	2
2.1	问题一的分析.....	2
2.2	问题二的分析.....	3
三、	模型假设.....	3
四、	符号说明.....	3
五、	模型的建立与求解.....	4
5.1	问题一的解决方案及模型.....	4
5.1.1	流通率 <sup>[1]</sup> 的定义.....	4
5.1.2	加入预约系统的排队借阅模型及模拟.....	5
5.1.3	取消预约系统的排队借阅模型及模拟.....	8
5.1.4	评价预约系统对流通率的影响.....	10
5.2	问题二的解决方案及模型.....	10
5.2.1	制定新图书管理方案.....	10
5.2.2	建立图书馆动态模糊综合评价模型.....	11
5.2.3	评价新图书管理方案.....	24
六、	模型的评价及推广.....	26
6.1	模型的优点.....	26
6.2	模型的缺点.....	27
6.3	模型的推广.....	28
七、	模型的改进.....	28
八、	参考文献.....	28
九、	附录.....	29

## 一、 问题重述

### 1.1 背景资料：

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：

### 1.2 需要解决的问题：

#### 第一阶段问题：

##### 1) 问题一

对于借阅图书超期，原因众多。考虑到高校的特点，大体上可以把超期原因分为三类：

- 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。

请通过给出的数据或自行查找相关数据，建立合理的评价模型，分析哪些书容易发生超期现象，以及当发生超期时，分析其可能的原因，以便图书馆采取相应的措施改进服务。

##### 2) 问题二

假设某高校的借书规则为：借书时限为 1 个月，可以续借一次，续借时限为 15 天，超期一天罚款 0.1 元。试根据问题一中的模型评价这种借书规则的优劣。请设计一种更加合理的借阅规则。

#### 第二阶段问题：

##### 1) 问题一

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) 问题二

根据前面三个问题的结论，请设计一个新图书管理方案 1，尽量降低图书超期现象的发生率并提高图书利用率。

## 二、 问题分析

### 2.1 问题一的分析

①首先，在上面提到的利用率的基础上，参考其他合资料，结合实际情况，给出了图书流通率的定义。即：流通率=总借阅次数/（读者人数\*人均借书证数\*可借册）。由于我们只考虑预约系统对其影响，通过分析预约系统主要影响的是总借阅次数，所以我们只考虑预约系统对总借阅次数的影响，不考虑读者人数，

人均借书证数和可借册这些因素。

②其次，利用排队论模拟预约系统下可能被预约的图书在一年内的借阅情况，根据数据，预约人数满足泊松流的条件，经过计算为  $\lambda=2.25$  的泊松分布；而由上文可知预约等待时间应服从负指数分布，通过分析计算得其期望为 **27.78**；通过 **MATLAB** 编程模拟排队过程，最后得出：一本书一年平均被借次数为 **14.27** 次。

③再次，利用排队论模拟没有预约系统下可能被预约的图书在一年内的借阅情况，在以上的基础上需要再加上一个图书被借间隔（在图书馆内未被借出的时间），通过分析，其应服从 **[1,100]** 均匀分布，再通过 **MATLAB** 编程模拟排队过程，最后得出：一本书一年平均被借次数为 **5.26** 次。

④通过比较上面的两个模拟结果，可以很明显地看出有预约系统的情况下，一本书一年平均被借次数将显著增加。从而将大大提高借阅次数，进而提高流通率，很好得说明了预约系统对图书流通率的积极影响。

## 2.2 问题二的分析

①. 设计新图书管理方案。根据前面三个问题的结论，通过查找文献资料，基于第一阶段设计的新借阅规则，加入图书预约系统，完善续借及罚款规则，设计出一个合理可行的新图书管理方案；

②. 建立图书馆动态模糊综合评价模型。首先建立评价指标体系，确定评价因素论域；然后应用层次分析法确定指标权重系数，建立权重集；接着确定各评价子目标模型（包括等待时长、借阅时长、罚款金额、图书利用率、图书流通率）并求出各指标的评价指数；最后确定评价论语体系，建立评语集；

③. 针对新图书管理方案，应用图书馆动态模糊综合评价模型。首先分层剖析新图书管理方案的各项指标的动态评价指数其象征意义，然后预测出此方案的运作趋势，最后分别从降低图书超期现象的发生率及提高图书利用率两方面验证该方案的合理可行性与综合全面性。

## 三、 模型假设

1. 假设图书预约系统只对借阅总次数有影响；
2. 假设图书借阅流通系统稳定，即读者人数、人均借书证数和可借册是固定不变；
3. 只考虑等待时长、借阅时长和罚款金额三个因素对服务质量的影响；
4. 图书馆动态模糊评价模型只考虑服务质量、馆藏质量和管理方法三个评价指标；
5. 馆藏质量只取决于图书利用率，管理方法只考虑图书流通率因素；

## 四、 符号说明

$L$	流通率
$T$	借阅总次数
$R$	读者人数
$Z$	人均借书证数
$C$	可借册
$\lambda$	预约人数泊松分布指数
$\mu$	等待时间负指数分布指数

$\Delta t$	等待时间期望（天）
$p_t$	每年借阅者等待这本书的时间和
$p_m$	一本书平均每年可以被借的次数
$K_{\text{借出数}}$	一个周期内读者借阅总册数
$K_{\text{藏书量}}$	馆藏图书总册数
$K_{\text{还书量}}$	已还图书总册数
$\eta_{\text{利}}$	绝对图书利用率
$\eta_{\text{超1}}$	借出图书超期率
$\eta_{\text{超2}}$	所有图书超期率
$\eta_{\text{还}}$	借出图书归还率
$K_{\text{借出未超期量}}$	借出图书中未超期量
$K_{\text{借出已超期量}}$	借出图书中已超期量
$\omega$	图书馆周期催还量，即超期图书归还量
$n$	常规归还量，即未超期图书归还量
$U_{\text{总}}$	图书馆动态模糊综合评价指数
$A$	服务质量指数（%）
$B$	馆藏质量指数（%）
$C$	管理方法指数（%）
$A_2$	借阅时长指数（%）
$A_3$	罚款金额指数（%）
$B_1$	图书利用率指数（%）
$C_1$	图书流通率指数（%）
$U_A$	服务质量在综合评价层所占权重
$U_B$	馆藏质量在综合评价层所占权重
$U_C$	管理方法在综合评价层所占权重
$U_{A1}$	等待时间在服务质量指数层所占权重
$U_{A2}$	借阅时长在服务质量指数层所占权重
$U_{A3}$	罚款金额在服务质量指数层所占权重
$S_i (i=1,2,3)$	满意度（%）

## 五、模型的建立与求解

### 5.1 问题一的解决方案及模型

#### 5.1.1 流通率<sup>[1]</sup>的定义

在前面的问题中定义的图书利用率可以体现出馆藏质量，这问中我们先定义流通率，用于体现图书馆的管理方法，以利用科学的管理方式优化调控流通率。图书流通率应可以揭示出现有政策的不足，促进我们不断改革管理办法，改进各项工作，其实质还是反映了一定时期内图书的利用情况。既然流通率是知识传递速度的指标，它与藏书量、读者人数、借阅办法及手续等有关，我们就选用有代表性的物理量，把量的表现和质的内容结合起来研究。前面藏书量、藏书质量已经

在图书利用率的公式中充分地体现出来了，此图书流通率就需要考虑其它主要因素。我们将流通率定义为：

$$\text{流通率} = \frac{\text{借阅总次数}}{\text{读者人数} \times \text{人均借书证数} \times \text{可借册}} \times 100\%$$

即：

$$L = \frac{T}{R \times Z \times C} \times 100\% \quad (\text{以上均为统计时间内数字})$$

从上式不难看出，在统计时间内，一般读者人数是不变的，由于本问题只考虑预约系统对利用率的影响，所以将人均借阅证数和可借册都假设为不变。则问题就转换为预约系统对借阅总次数的影响。

### 5.1.2 加入预约系统的排队借阅模型及模拟

为了简化模拟过程，本文只对一本书，用排队论<sup>[2]</sup>分析预约系统对借阅次数的影响。模拟过程的状态转移关系图如图1所示：

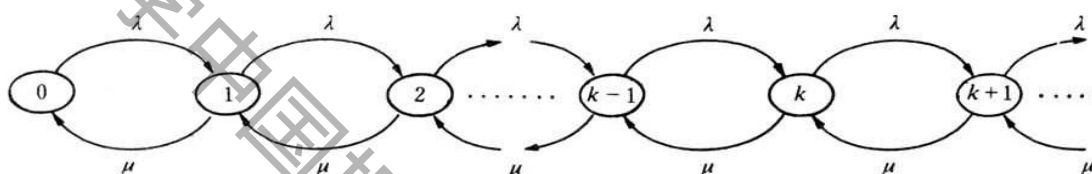


图1: 模拟过程的状态转移关系图

#### 1. 预约人数的分布

因为到图书馆预约人满足：

- (1) 在不相交的时间区间内预约者数量是相互独立的。
- (2) 对于充分小的时间段内，一个预约者到达的概率只与时间段长度有关，与其起始时刻无关，即符合平稳性。
- (3) 对于充分小的时间间隔内，2个或2个以上同时预约的概率极小，可忽略不计，即满足普通型。

由以上原因可知，预约者的到达形成泊松流<sup>[3]</sup>，他们的到达应该服从参数为  $\lambda$  的泊松分布。

根据数据可知，平均每年预约人数为 821 人，则每天可近似认为 2.25。即  $\lambda = 2.25$ 。因此预约人数的分布函数为：

$$P(X = k) = \frac{2.25^k e^{-2.25}}{k!}, k = 0, 1, 2, \dots$$

#### 2. 预约等待时间的分布

由于绝大多数读者都会按时还书，且随着时间的延迟，预约等待时间越长其概率越小，所以预约等待时间应服从负指数分布，可记为：

$$f(t) = \mu e^{-\mu t}, t \geq 0$$

根据附件所给的数据中预约申请和预约的书被归还，可以计算每年的图书拖欠率，如下表所示：

表 1: 2008~2009 年度如数拖欠率及年预约比例

年份	2008	2009	2010
拖欠率 (r)	25.34%	45.60%	36.72%
年预约比例 (1)	50.48%	32.70%	16.82%

由上表可计算  $\mu$ ：

$$\begin{aligned}
 \mu &= \sum_{i=2008}^{2010} r_i \times l_i \\
 &= 25.24\% \times 50.38\% + 45.60\% \times 32.70\% + 36.72\% \times 16.82 \\
 &= 34\%
 \end{aligned}$$

因此，图书平稳拖欠率为 34%。

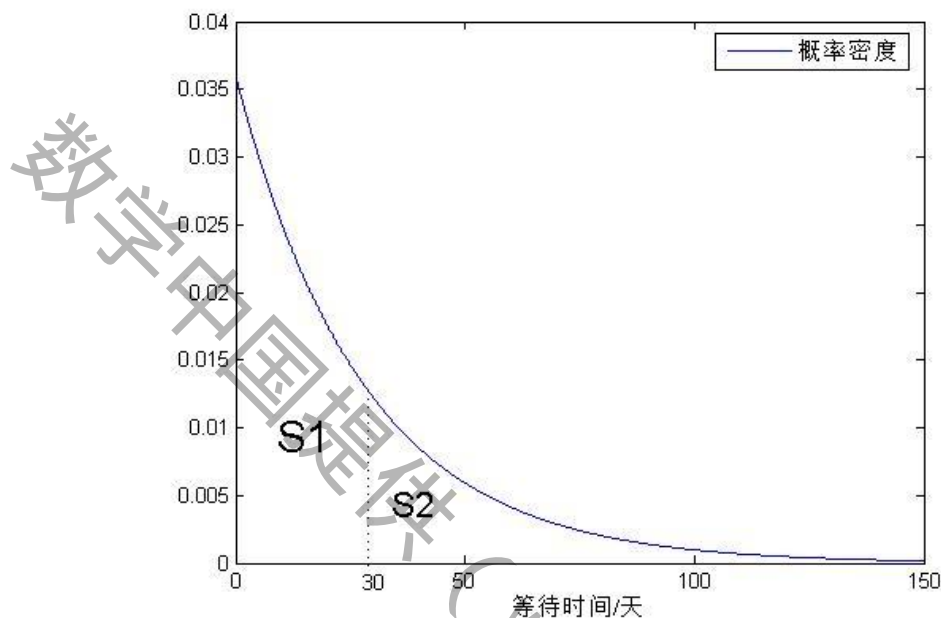


图 2：等待时间的概率密度函数

因为题目所给的数据应该还是按原来的借阅规则执行的，所以取 30 天为借阅期限，拖欠率 34%，如图 2 所示：

$$\frac{S1}{S1+S2} = 66\%$$

可以根据定积分定理有：

$$\frac{\int_0^{30} \mu e^{-\mu t} dt}{\int_0^{+\infty} \mu e^{-\mu t} dt} = 0.66$$

由以上等式可以计算出： $\mu = 0.036$ ，平均等待时间表达式为：

$$f(t) = 0.036 e^{-0.036t}, t \geq 0$$

平均等待时间的期望为：

$$\Delta t = \frac{1}{\mu} = 27.78(\text{天})$$

### 3. 计算机模拟流程与结果

根据上文分析的预约人数和预约等待时间的分布状况，使用 MATLAB 进行模拟。为了结果更加精确，我们模拟 100 年的平均每年每册数借出的次数和平均每年顾客的等待时间。设：

w: 总等待时间；

$c_i$ :第  $i$  个预约者到达时间;  
 $b_i$ :第  $i$  个预约者成功预约时间;  
 $e_i$ :第  $i$  个预约者归还书的时间。  
 对于这个问题,模拟过程见图 3:

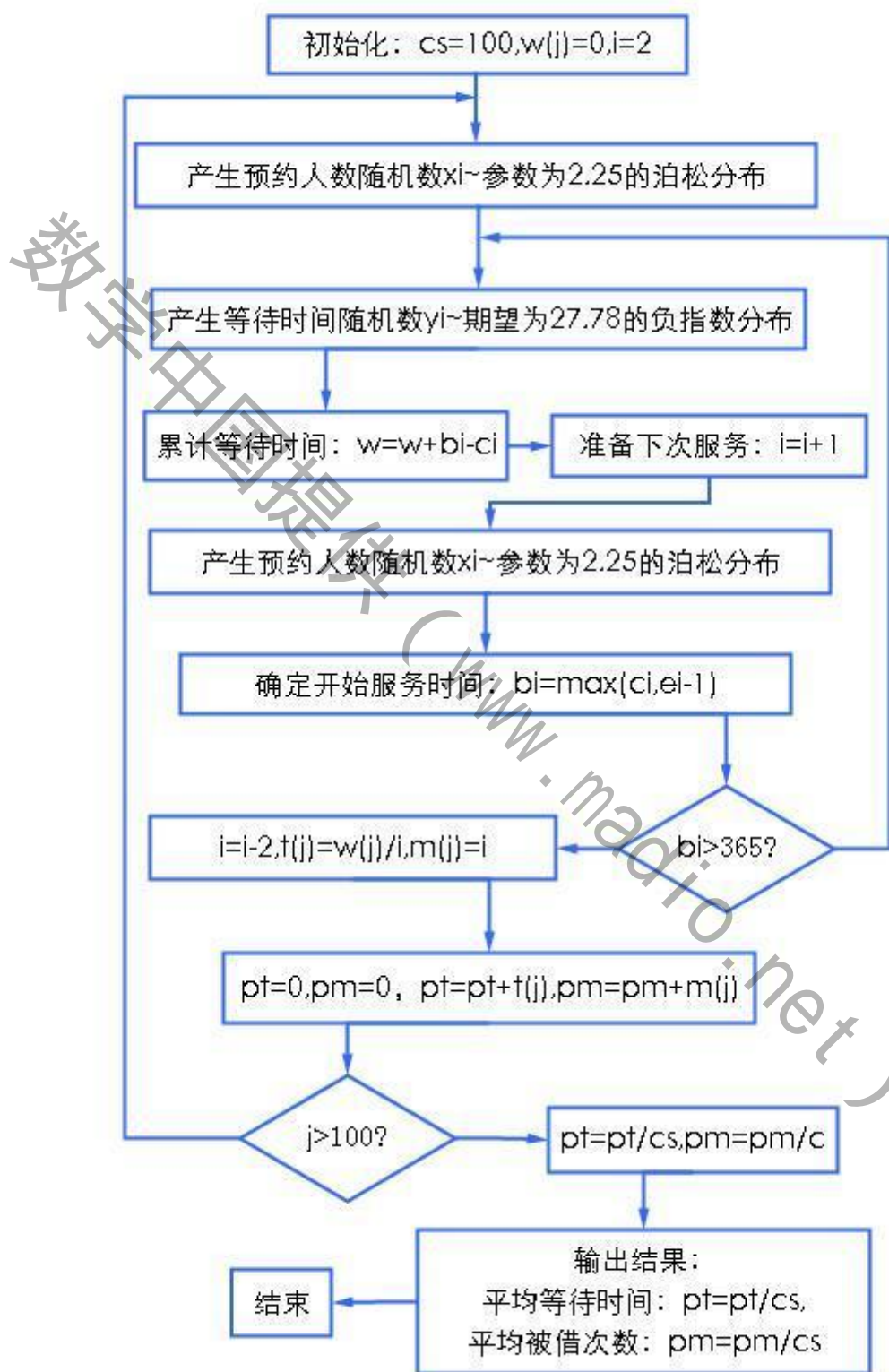
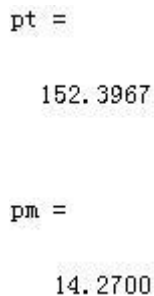


图 3: 加入了预约系统的图书借阅排队模型的程序模拟流程图  
 通过计算机模拟可得:



```
pt =  
152.3967  
  
pm =  
14.2700
```

图 4：加入了预约系统的图书借阅排队模型的程序模拟截图

pt 表示每年借阅者等待这本书的时间和，pm 表示的是一本书平均每年可以被借的次数，由模拟结果可知，一本书平均每年可以被借的次数为 14.27 次，每年借阅者等待这本书的时间和约为 152.3967 天。

### 5.1.3 取消预约系统的排队借阅模型及模拟

#### 1 书的被借等待间隔分布

如果没有预约系统的话，则有些书不能及时得借出去，所以得存放在图书馆，而当它被存放在图书馆时每天被借出的概率是一样的，规定一本书在 100 天内一定有人借出，则其等待间隔可以用均匀分布来表示，即  $[0, 100]$ 。因此，模拟过程只需要多添加个图书的等待间隔。

#### 2 计算机模拟流程与结果

根据上文的模拟，在多添加个等待间隔的均匀分布，即可模拟出没有预约系统的图书流通情况，模拟过程见图 5：



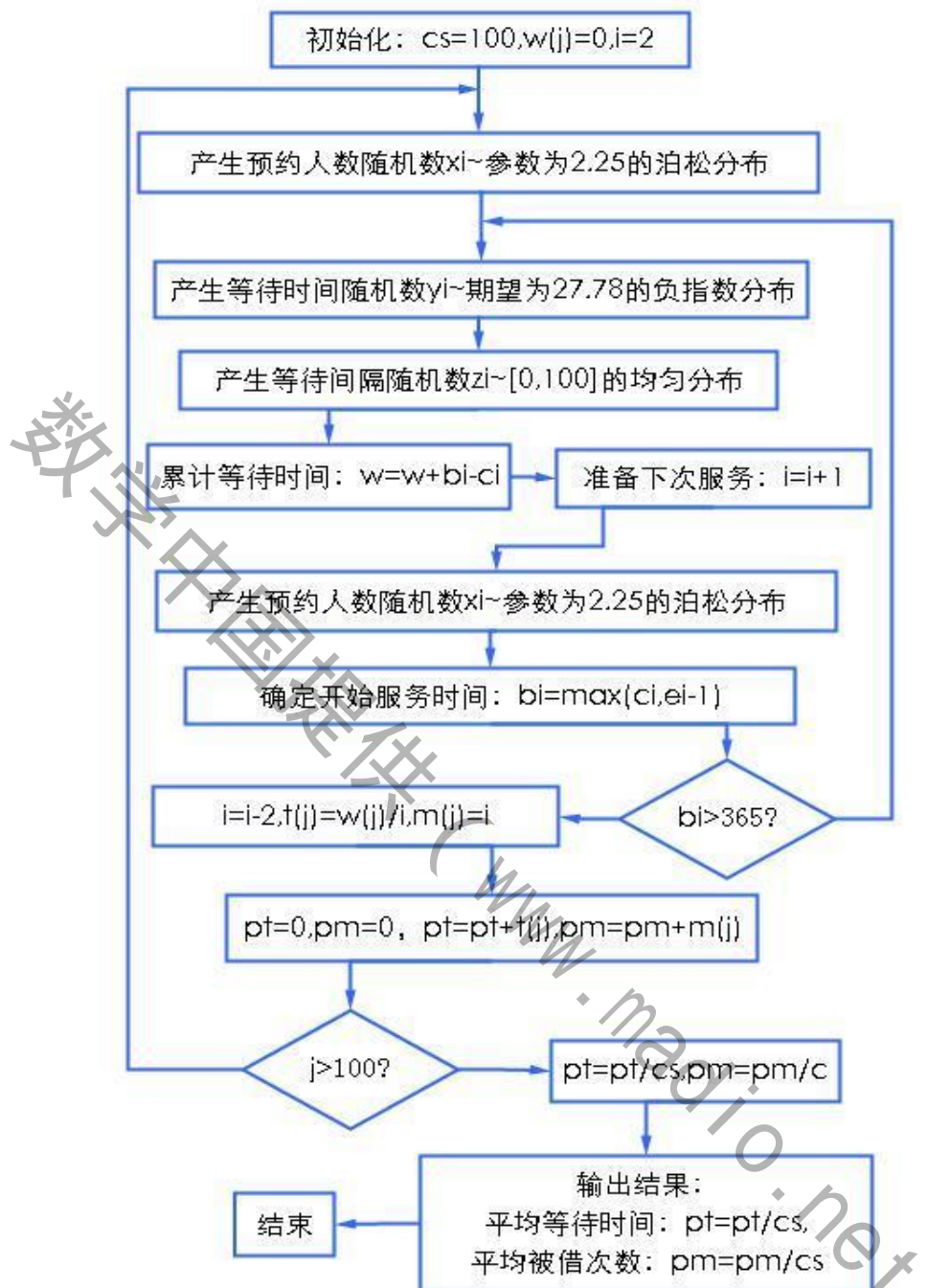


图 5：取消预约系统的图书借阅排队模型的程序模拟流程图  
通过计算机模拟可得：

pt =  
152.4906

pm =  
5.2600

图 6：取消了预约系统的图书借阅排队模型的程序模拟截图

由模拟结果可知，一本书平均每年可以被借的次数为 5.2600 次，每年借阅者等待这本书的时间和约为 152.4906 天。

#### 5.1.4 评价预约系统对流通率的影响

根据图 4 与图 6 的模拟结果，可算得：

加入预约系统的排队借阅模型中：

年平均借阅次数=14.27

平均每次借阅等待时间=10.67(天)

取消预约系统的排队借阅模型中：

年平均借阅次数=5.26

平均每次借阅等待时间=28.99(天)

总上可知，加入预约系统前后，年平均借阅次数与平均每次借阅等待时间对比图如下图所示：

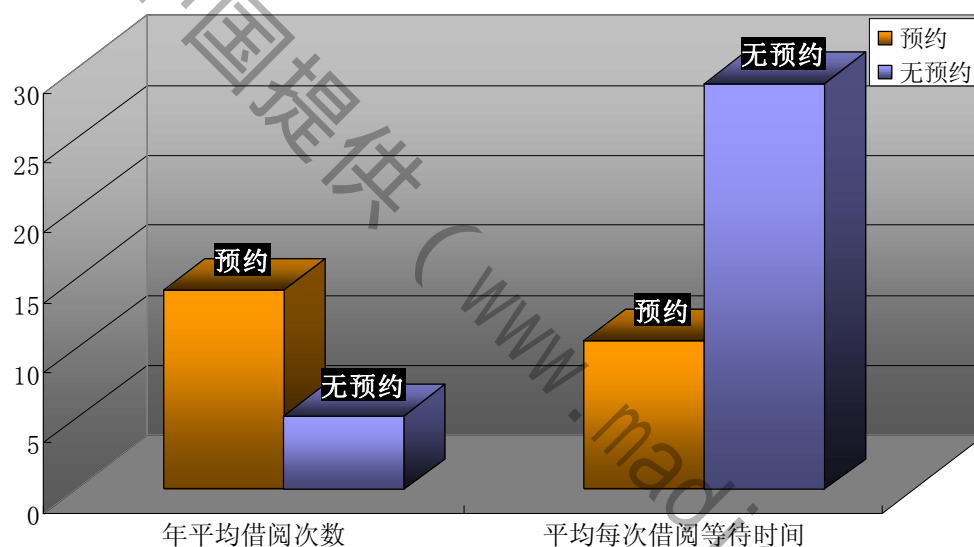


图 7：加入预约系统前后，年平均借阅次数与平均每次借阅等待时间对比图

通过分析有预约系统和无预约系统的模拟结果，可以明显得出预约系统不仅使图书的年平均借阅次数增加了 2.7 倍左右，从而显著提高图书流通率，由此评判管理方法的合理性；而且还大大降低了读者的平均等待时间，从而提高读者对图书馆的满意度，即提升服务质量，可以说预约系统的设立是一举两得的做法，应该得到更多的推广。

## 5.2 问题二的解决方案及模型

### 5.2.1 制定新图书管理方案

在第一阶段的赛题中，我们将普通书籍分为 A 哲学类、B 社会科学类、C 自然科学类和 D 综合类四类，由于其中 B、C 类书籍最容易发生超期现象，基于对图书利用率与用户满意度的双目标规划模型的求解，我们结合中国各大高校借阅

规则<sup>[4]</sup>，制定了借阅期限、续借期、罚金三大规则。

基于第一阶段制定出的新借阅规则（如下表所示），通过查阅大量调查报告及文献资料<sup>[5][6]</sup>，我们增加了图书预约系统，完善了续借及罚款规则，从而制定出更为合理有效的新图书管理方案：

表 2：新图书管理方案详细规则表

新图书管理方案					
借阅基本规则	图书类别				重要文献
	A 类	B 类	C 类	D 类	
	哲学类	社会科学类	自然科学类	综合类	
借阅期限（天）	25				15
续借期（天）	25	15	15	25	-
罚金（元/本·天）	0.6	0.5	0.4	0.4	1
预约系统规则				续借规则	罚款规则
一本书可预约次数	一个人可预约册数	预约有效时长（天）	预约书到未取罚款数目（元）	一本书可续借次数	罚金上限（元/本）
3	1	5	1	1	原价的 3 倍或 10 倍

新图书管理方案说明：

1. 借阅期限规则：A、B、C、D 类图书的续借期分别为 25、15、15、25 天，重要文献资料的借阅期限为 15 天，不可续借，罚金为 1 元/本·天；

2. 罚款规则：A、B、C、D 类图书的超期罚金分别为 0.5、0.5、0.4、0.4 元/本·天，其中出版日期在 2000 年前的旧书刊罚款上限为图书原价的 10 倍，出版日期在 2000 年以后的新书刊罚款上限为图书原价的 3 倍；重要文献资料的超期罚金为 1 元/本·天，每份资料的罚款上限为原价的 10 倍；

3. 续借规则：每本普通书籍可被续借 1 次，重要文献不可续借；

4. 图书预约系统：同一时刻每本书可被预约次数的上限为 3 次；每个人可预约 1 本书，预约有效时长为 5 天，逾期则自动取消预约；预约书被归还而用户未在预约有效时间内取书导致的人为预约失败，我们定罚金 1 元/本·次；被预约的书，不能续借；读者可预约未到馆新书、在编图书；预约者无不良违规记录；预约书归还到馆后及时通知预约者；

5. 其他：预约信息及超期信息通过电子邮件、短信或公布于图书馆网站等方式及时通知读者，可以在图书即将超期的前 5, 3, 1 天，每天下发一封电子邮件催还通知，这样就大大降低了由于“无意错过还书时间”这个原因的引起的超期现象。

## 5.2.2 建立图书馆动态模糊综合评价模型

## 一、建立多层次评价指标体系, 确定评价因素论域

为客观且科学地评价图书管理方案, 我们遵循订立评价模型的科学性原则、完备性原则、可行性原则及可测性原则<sup>[7]</sup>, 通过对评价目标层层分解, 即将评价的属性逐步具体化后, 制定出以下评价指标体系:

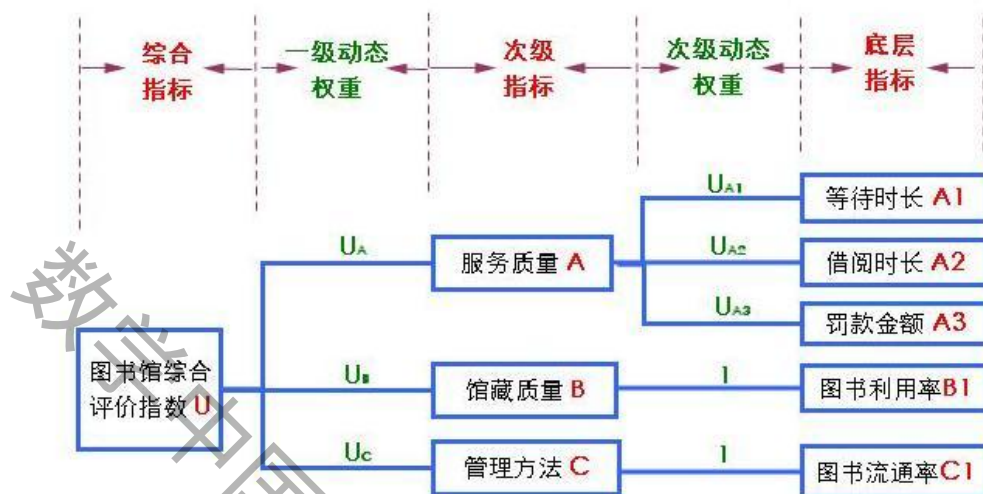


图 8: 图书馆综合评价指标体系

根据图 8, 此次评价的指标集为:

$$\begin{aligned}
 U_{\text{总}} &= \{U_A, U_B, U_C\} \\
 U_A &= \{U_{A1}, U_{A2}, U_{A3}\} \\
 U_B &= \{U_{B1}\} \\
 U_C &= \{U_{C1}\}
 \end{aligned}$$

对于图 8 中的底层评价指标解释如下表:

表 3: 图书管理方案评价指标体系的底层指标解释

服务质量 A	等待时间 A1	用户借书, 从预约时刻到上一个用户归还图书的等待时长。
	借阅时长 A2	允许用户持有书籍的借阅周期, 此期间若未还即作超期处理, 借阅期间允许续借等操作。
	罚款金额 A3	针对用户借书超期现象指定的罚款金额。
馆藏质量 B	利用率 B1	在一定的时期(学期、学年)内, 全部书刊资料被读者借阅的数量占全部馆藏的百分比。
管理方法 C	流通率 C1	在一定的时期(学期、学年)内, 读者借阅量与最佳借阅量的比率。

## 二、确定指标权重系数, 建立权重集

确定指标集后, 还要定出每个指标的重要程度, 即权重, 组成权重向量, 他们反映各指标和被评对象的隶属关系, 同一层的个权重总和应该为 1。

权重就是根据组成事物的要素在整体中的地位和作用不同, 而赋予的一定数值, 在评价指标体系中, 各指标的重要程度也不同, 这种区别就是通过指标权重来反映的。

本评价体系采用层次分析法<sup>[8]</sup>, 建立多层递阶结构模型。

层次分析目标层见下表:

表 4：各评价指标对应权重分布表

服务质量 A			综合指标 U		
等待时间 A1	借阅时长 A2	罚款金额 A3	服务质量 A	馆藏质量 B	管理方法 C
$U_{A1}$	$U_{A2}$	$U_{A3}$	$U_A$	$U_B$	$U_C$

其中  $U_{Ai}$  ( $i=1,2,3$ ) 与  $U_A, U_B, U_C$  分别是各评价指标对应的权重。

### Step1. 比例尺度确定

表 5 的这一体系标准是 Saaty 等用实验方法比较了不同尺度下人们判断结果的准确性后得出的最佳尺度。

表 5：比例标度值体系（重要性分数  $x_{jk}$ ）

取值含义	1——9 标度
$j$ 比 $k$ 同等重要	1
$j$ 比 $k$ 稍微重要	3
$j$ 比 $k$ 明显重要	5
$j$ 比 $k$ 强烈重要	7
$j$ 比 $k$ 极端重要	9
介于上述相邻两级之间 重要程度的比较	2、4、6、8
$k$ 与 $j$ 的比较	上述各数的倒数

### Step2. 确定比较指标的重要程度

通过专家咨询，查找文献<sup>[7]</sup>等方法，对各指标的重要程度，进行两两对比，统计得出以下两个判断矩阵：

- 对于以服务质量 A 为总目标的  $A \sim A_1, A_2, A_3$  阵：

表 6：  $A \sim A_1, A_2, A_3$  的判断矩阵

	等待时间 A1	借阅时长 A2	罚款金额 A3
等待时间 A1	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$
借阅时长 A2	$\frac{1}{2}$	1	$\frac{1}{4}$
罚款金额 A3	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	1

- 对于以综合指标 U 为总目标的  $U \sim A, B, C$  阵：

表 7：  $U \sim A, B, C$  的判断矩阵

	服务质量 A	馆藏质量 B	管理方法 C
服务质量 A	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{2}$
馆藏质量 B	$\frac{1}{5}$	1	$\frac{1}{3}$
管理方法 C	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	1

**Step3. 对矩阵每列进行归一化，得归一矩阵**

将两判断矩阵中的元素按列归一，得：

- 对于以服务质量 A 为总目标的  $A \sim A_1, A_2, A_3$  阵：

$$A_A = \begin{bmatrix} 1 & \overline{1/2} & \overline{2} \\ \overline{2} & 1 & \overline{4} \\ \overline{1/2} & \overline{1/4} & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{按列归一化}} A'_A = \begin{bmatrix} \overline{0.2857} & \overline{0.2857} & \overline{0.2857} \\ \overline{0.5714} & \overline{0.5714} & \overline{0.5714} \\ \overline{0.1429} & \overline{0.1429} & \overline{0.1429} \end{bmatrix}$$

$$\xrightarrow{\text{按行相加}} P_A = \begin{bmatrix} \overline{ } \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{按列归一化}} \text{判断矩阵: } W_A = \begin{bmatrix} \overline{0.2857} \\ \overline{0.5714} \\ \overline{0.1429} \end{bmatrix}$$

- 对于以综合指标 U 为总目标的  $U \sim A, B, C$  阵：

$$A_U = \begin{bmatrix} 1 & \overline{5} & \overline{2} \\ \overline{1/5} & 1 & \overline{1/3} \\ \overline{1/2} & \overline{3} & 1 \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{按列归一化}} A'_U = \begin{bmatrix} \overline{0.5882} & \overline{0.5566} & \overline{0.6000} \\ \overline{0.1176} & \overline{0.1111} & \overline{0.1000} \\ \overline{0.2941} & \overline{0.3333} & \overline{0.3000} \end{bmatrix}$$

$$\xrightarrow{\text{按行相加}} P_U = \begin{bmatrix} \overline{1.7438} \\ \overline{0.1000} \\ \overline{0.3000} \end{bmatrix} \xrightarrow{\text{按列归一化}} \text{判断矩阵: } W_U = \begin{bmatrix} \overline{0.5813} \\ \overline{0.1096} \\ \overline{0.3092} \end{bmatrix}$$

**Step 4. 求判断矩阵的最大特征值  $\lambda_{\max}$** 

根据公式  $\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(AW)_i}{W_i}$  进行计算，其中  $(AW)_i$  表示向量  $AW$  的第  $i$  个分量。

- 对于以服务质量 A 为总目标的  $A \sim A_1, A_2, A_3$  阵：

$$AW_A = \begin{bmatrix} 1 & \overline{1/2} & \overline{2} \\ \overline{2} & 1 & \overline{4} \\ \overline{1/2} & \overline{1/4} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{0.2857} \\ \overline{0.5714} \\ \overline{0.1429} \end{bmatrix}$$

计算得出  $\lambda_{\max A} = 3.000$

在进行  $\lambda_{\max}$  的计算式，数据的“ $\rightarrow$ ”和“ $\leftarrow$ ”动态方向对结果的影响不大，

可以忽略不计。

- 对于以综合指标  $U$  为总目标的  $U \sim A, B, C$  阵：

$$AW_U = \begin{bmatrix} 1 & \bar{5} & \bar{2} \\ \bar{1/5} & 1 & \bar{1/3} \\ \bar{1/2} & \bar{3} & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \overline{0.5813} \\ \overline{0.1096} \\ \overline{0.3092} \end{bmatrix}$$

同理，计算得出  $\lambda_{\max U} = 3.004$

### Step 5. 进行一致性检验

在此引入 Saaty 提出的一致性检验定理

定理 1. 设  $A$  为  $n$  阶正互反矩阵， $\lambda_{\max}$  为  $A$  的最大特征值，称

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}$$

为矩阵  $A$  的一致性指标， $CI = 0$ ， $A$  为一致矩阵， $CI$  越小矩阵  $A$  一致性程度越高。但为了确定  $A$  不一致程度的容许范围，需找出衡量  $A$  的一致性指标  $CI$  的标准。Saaty 等又引入随机一致性指标  $RI$  的概念

$$RI = \frac{\lambda'_{\max} - n}{n - 1}, (\lambda'_{\max} \text{ 为正互反矩阵 } A' \text{ 最大特征值的平均值})$$

Saaty 等通过实验得出了随机一致性指标

表 8：随机一致性指标  $RI$  的值

$n$	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
$RI$	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.59	1.51

定理 2. 设

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

称  $CR$  为矩阵  $A$  的随机一致性比率。

当  $CR < 0.1$  时，认为成对比较矩阵  $A$  具有满意的一致性，说明该权重的分配方案具有较好的合理性。

据此，将  $CI$  解出得出  $R$  矩阵为一致矩阵，由此可知应用层次分析法求解的权重是合理的。

- 对于以服务质量  $A$  为总目标的  $A \sim A_1, A_2, A_3$  阵：

求得一致性指标：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3.0000 - 3}{2} = 0$$

查表得平均随机一致性指标： $RI = 0.58$

计算随机一致性指标：

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0}{0.58} = 0 < 0.1$$

表明矩阵  $A \sim A_1, A_2, A_3$  具有很好的一致性。

所以归一矩阵  $W$  中的  $W_i$  可以作为相应的权重集和，则权重集和  $W' = W^T$

$$W'_A = \{\overrightarrow{0.2857}, \overrightarrow{0.5714}, \overrightarrow{0.1429}\}$$

● 对于以综合指标  $U$  为总目标的  $U \sim A, B, C$  阵：

同理，求得一致性指标：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} = \frac{3.004 - 3}{2} = 0.002$$

查表得平均随机一致性指标： $RI = 0.58$

随机一致性指标：

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.002}{0.580} = 0.003 < 0.1$$

表明矩阵  $U \sim A, B, C$  具有很好的一致性。

所以本矩阵的相应的权重集和为：

$$W'_U = \{\overrightarrow{0.5813}, \overrightarrow{0.1096}, \overrightarrow{0.3092}\}$$

综上所述可得层次分析法的目标层：

表 9：目标层——层次分析法定各项指标权重

服务质量 A			综合指标 U		
等待时间 A1	借阅时长 A2	罚款金额 A3	服务质量 A	馆藏质量 B	管理方法 C
$\overrightarrow{0.2857}$	$\overrightarrow{0.5714}$	$\overrightarrow{0.1429}$	$\overrightarrow{0.5813}$	$\overrightarrow{0.1096}$	$\overrightarrow{0.3092}$

其中  $\overrightarrow{0.2857}$  表示“0.2857”正在向“1”这个方向发展， $\overrightarrow{0.1429}$  表示“0.1429”正在向“0”这个方向发展  
即此次评价的指标集为：

$$U_{\text{总}} = \{U_A, U_B, U_C\} = \{\overrightarrow{0.5813}, \overrightarrow{0.1096}, \overrightarrow{0.3092}\}$$

$$U_A = \{U_{A1}, U_{A2}, U_{A3}\} = \{\overrightarrow{0.2857}, \overrightarrow{0.5714}, \overrightarrow{0.1429}\}$$

$$U_B = \{U_{B1}\} = \{1\}$$

$$U_C = \{U_{C1}\} = \{1\}$$

图形化表示评价指标集：



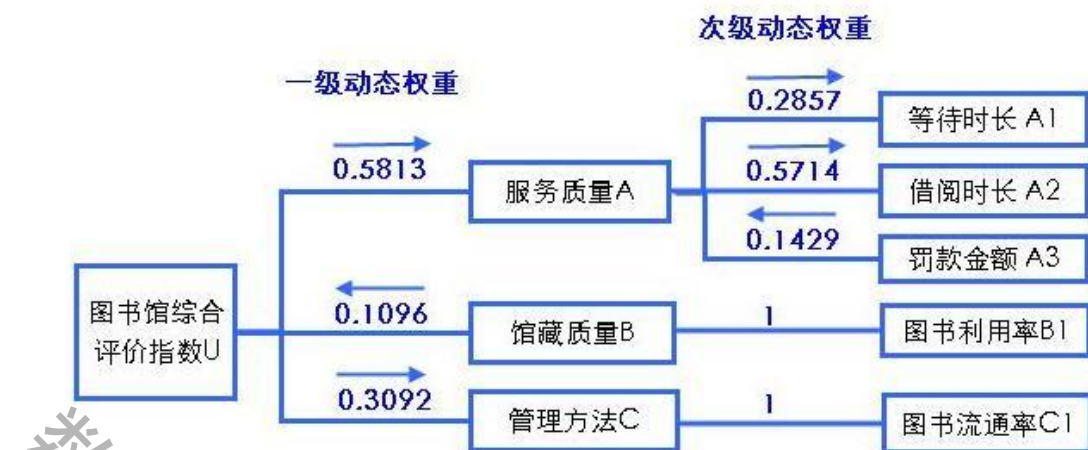


图 9：图书馆综合评价指数权重分布示意图

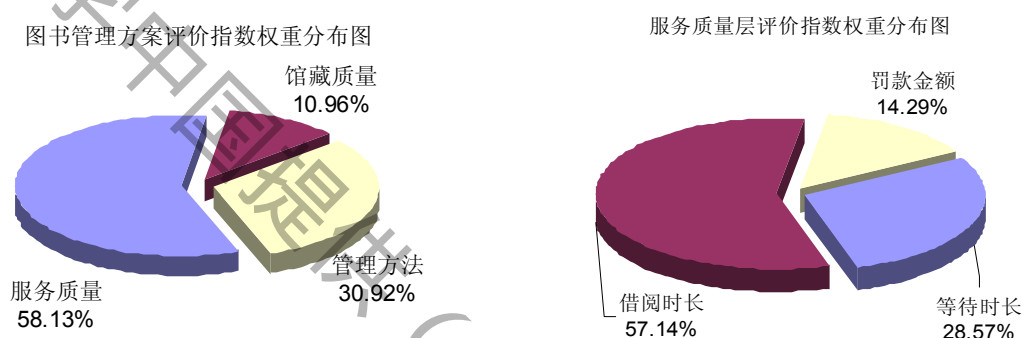


图 10：综合评价指数层（左）、服务质量层（右）的权重分布

由上可知，图书馆综合评价指数  $U_{\text{总}}$  为：

$$\begin{aligned}
 U_{\text{总}} &= U_A A + U_B B + U_C C \\
 &= U_A (A_1 U_{A1} + A_2 U_{A2} + A_3 U_{A3}) + U_B B_1 + U_C C_1 \\
 &= 0.5813 (0.2857 A_1 + 0.5714 A_2 + 0.1429 A_3) + 0.1096 B_1 + 0.3092 C_1
 \end{aligned}$$

### 三、确定各评价指标模型及评价指数

#### 1. 服务质量指数 A——等待时间 A1、借阅时长 A2、罚款金额 A3

在图书馆的立场上的服务质量，可以等价于用户立场上的满意度。我们以服务质量 A 为目标层，分别只考虑它的三个子目标 A1、A2、A3 与满意度  $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$  之间的关系，然后根据三个子目标的权重将其加权得出综合满意度 S，即服务质量指数 A。

$$A = S = \sum_{i=1}^3 a_{s_i} S_i = a_{s_1} S_1 + a_{s_2} S_2 + a_{s_3} S_3 = 0.2857 S_1 + 0.5714 S_2 + 0.1429 S_3$$

其中  $a_{s_i}$  是  $S_i$  占综合满意度 S 的权重。

##### ①等待时间 A1 与满意度的关系模型

只考虑等待时间对用户满意度的影响，由于等待时间为零天时，用户满意度

为100%，等待时间无穷大时，用户满意度趋近于0%，通过调查文献资料<sup>[9]</sup>拟合得出用户满意度与等待时间的关系函数：

$$S_1 = 0.7941 - 0.5055 \arctan(0.01438(A_1 - 30))$$

其中  $A_1$  是等待时长；

等待时长  $A_1$  与用户满意度  $S_1$  的关系曲线图

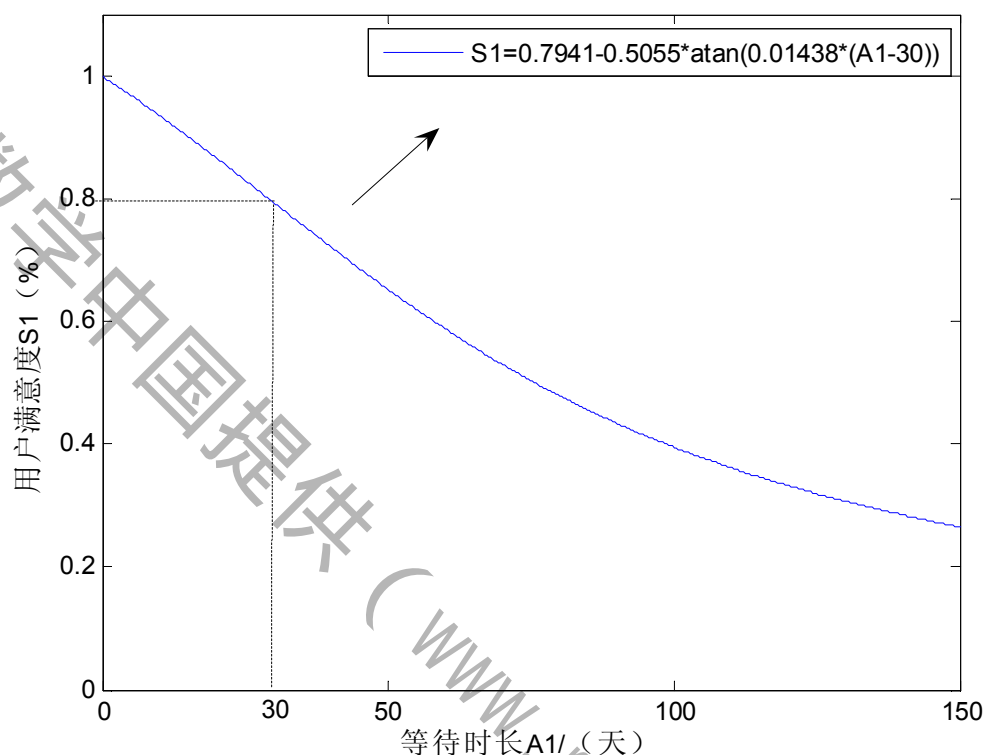


图 11：等待时长与用户满意度的关系函数图

根据排队模型的模拟结果，可知新图书管理方案下的用户平均等待时间  $t_{A1} = 27.78$  天，取整为 28 天，根据评价模型中等待时间与满意度的关系函数得出：

$$S_1 = 80.86\%$$

## ② 借阅时长 $A_2$ 与满意度的关系模型

只考虑借阅时长对用户满意度的影响，且这里的借阅时长只考虑借阅期限不考虑续借期。用户满意度随借阅时长的增加而递增，通过调查文献资料<sup>[10]</sup>知，当借阅时长为15天时，用户满意度为  $S = 51.72\%$ ；高校图书馆普遍借阅时长为30天，满意度约为80%；个别高校图书馆的借阅期限定位90天，此时满意度高达95%以上，当借阅时长趋近于正无穷时，满意度无限趋近于100%；根据以上数据，我们定义用户满意度  $S_2$  与借阅时长  $A_2$  的关系函数为：

$$S_2 = 0.5172 + 0.3074 \arctan(0.0875(A_2 - 15))$$

关系函数画图如下：

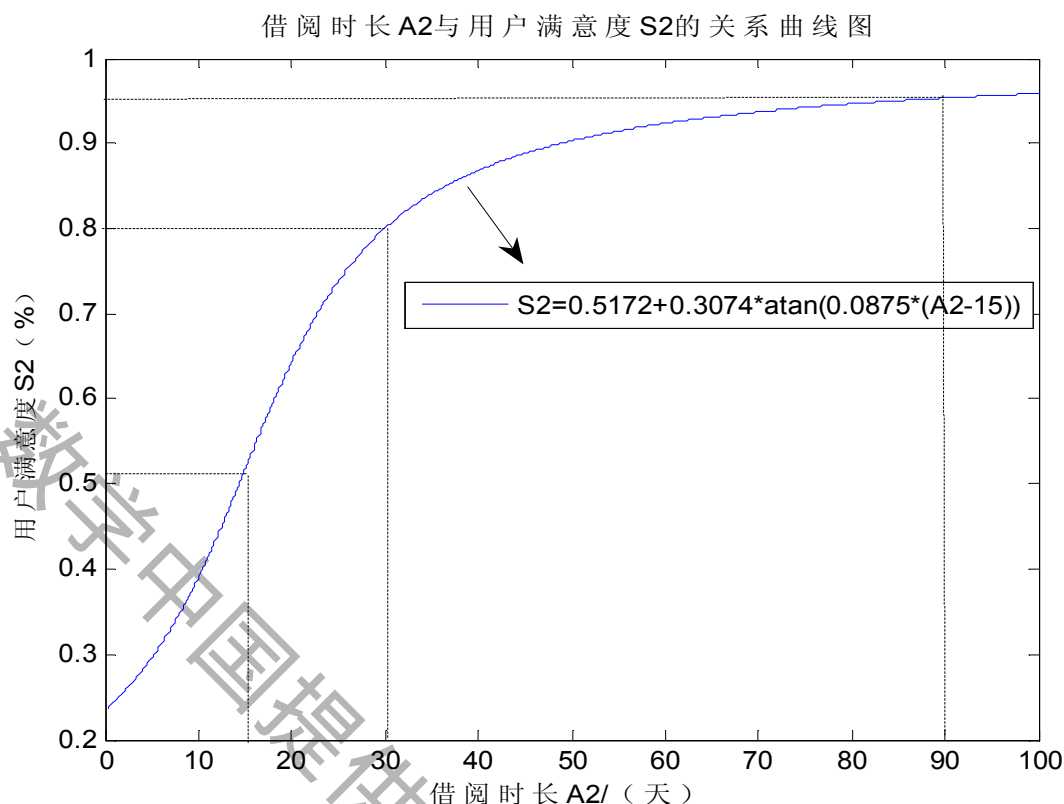


图 12：借阅时长与用户满意度的关系曲线图

上图能较好的反映出借阅时长与用户满意度间的关系，其中唯一的缺陷的是当借阅时长为 0 天时，用户满意度为 23.45%，按照经验推断，满意度应为 0，由于我们不研究借阅时长为 10 天以下的特殊情况，而本曲线在 10 天之后的拟合优度较符合实际，故此函数在  $A_2 \in [10, \infty)$  区间有较好的一般性。

根据新图书管理方案，借阅时长为 25 天，根据评价模型中等待时间与满意度的关系函数得出：

$$S_2 = 73.82\%$$

### ③ 罚款金额 $A_3$ 与满意度的关系模型

通过查阅相关资料，根据中国人的消费水平和中国各大图书馆的罚款制度<sup>[4]</sup>，只考虑罚款金额对用户满意度的影响，我们定义用户满意度为：

$$S_3 = 0.5628 - 0.3183 \arctan(5A_3 - 5)$$

如图13所示：

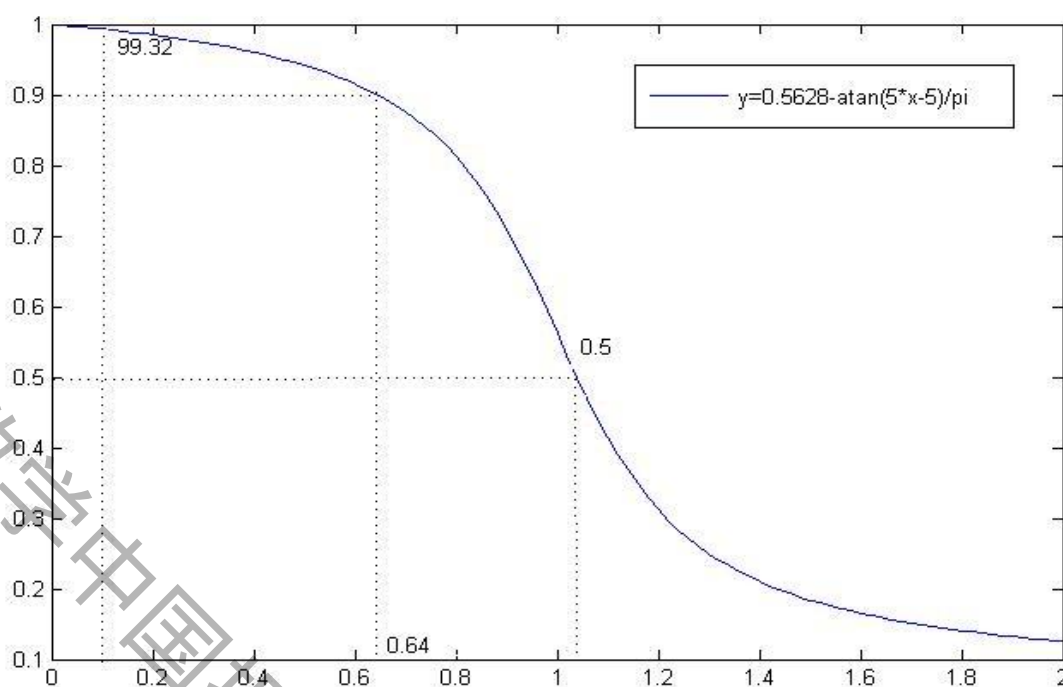


图 13: 罚款金额与用户满意度的关系函数图

根据第一阶段统计出的四类书超期概率及罚金-满意度函数，得出：

表 10: 不同类别书籍的罚金-满意度评测

—	图书类别			
	A类	B类	C类	D类
	哲学类	社会科学类	自然科学类	综合类
超期概率	0.0057	0.4232	0.5613	0.0098
罚金J (元/天)	0.6	0.5	0.4	0.4
满意度S	91.52%	94.17%	96.04%	96.04%

所以，满意度综合指数为：

$$\begin{aligned}
 S_3 &= \sum_{k=1}^4 p_k S_{3k} \\
 &= 0.0057 \times 91.52\% + 0.4232 \times 94.17\% + 0.5613 \times 96.04\% + 0.0098 \times 96.04\% \\
 &= 95.22\%
 \end{aligned}$$

综上可得，服务质量的综合指数 A 为：

$$\begin{aligned}
 A = \bar{S} &= 0.2857 \times S_1 + 0.5714 \times S_2 + 0.1429 \times S_3 \\
 &= 0.2857 \times 80.86\% + 0.5714 \times 73.82\% + 0.1429 \times 95.22\% \\
 &= 78.91\%
 \end{aligned}$$

## 2. 馆藏质量指数 B——利用率 B1

图书利用率应为统计时间内读者借阅总册数与馆藏图书总册数的比率。

该项指标需反映出图书馆的馆藏质量，

具体构造过程如下：

$$\text{绝对图书利用率 } \eta_{\text{利}} = \frac{\text{读者借阅总册数}}{\text{馆藏图书总册数}} \times 100\% = \frac{K_{\text{借出数}}}{K_{\text{藏书量}}} \times 100\%$$

$$\text{借出图书超期率 } \eta_{\text{超1}} = \frac{\text{超期图书总册数}}{\text{读者借阅总册数}} \times 100\%$$

$$\text{借出图书归还率 } \eta_{\text{还}} = \frac{\text{已还图书总册数}}{\text{读者借阅总册数}} \times 100\% = \frac{K_{\text{还书量}}}{K_{\text{借出数}}} \times 100\% = 1 - \eta_{\text{超1}}$$

$$\text{所有图书超期率 } \eta_{\text{超2}} = \eta_{\text{利}} \times \eta_{\text{超1}} = \frac{\text{超期图书册数}}{\text{馆藏图书总册数}} \times 100\%$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{利}} = \frac{\eta_{\text{超2}}}{\eta_{\text{超1}}} = \frac{\eta_{\text{超2}}}{1 - \eta_{\text{还}}}$$

由表 1 得出所有预约图书的超期率，以此来表征所有图书超期率，即  $\eta_{\text{超2}} = 34\%$ ，接下来计算借出图书归还率  $\eta_{\text{还}}$ ：

设一个借阅周期为  $T$ （天），即超出借阅周期  $T$  即作超期处理，  
借出图书归还率的计算公式为：

$$\eta_{\text{还}} = \frac{n + w}{m} = \frac{n + w}{K_{\text{借出未超期量}} + K_{\text{借出已超期量}}}$$

其中  $\eta_{\text{还}}$  为借出图书归还率； $m$  为图书馆在一个周期  $T$  内平均借出图书量，包括借出中未超期量  $K_{\text{借出未超期量}}$  与借出中超期量  $K_{\text{借出已超期量}}$ ； $n$  为常规归还量，即未超期图书归还量； $w$  为图书馆周期催还量，即超期图书归还量。

由于图书馆订立的借阅期限仅是时间轴的一个刻度标志，假设在此坐标刻度处其借出量与还书量是连续的，我们可以用超期图书归还量与借出书中已超期量之比来表征总的借出图书归还率  $\eta_{\text{还}}$ ，即

$$\eta_{\text{还}} = \frac{w}{K_{\text{借出已超期量}}}$$

设图书馆一个借阅周期内平均借出量  $m$  和接触中已超期量  $K_{\text{借出已超期量}}$  恒定不变，即图书流通系统是稳定的，我们可以利用  $w$  的变化来表征图书馆的利用率。

$w$  越大，则  $\eta_{\text{还}}$  越大， $w$  越小，则  $\eta_{\text{还}}$  越小，即  $\eta_{\text{还}} \xrightarrow{\text{正相关}} w$ 。

若  $T=30$  天，则当月  $w$ =超期 30 至 60 天的量-超期 60 到 90 天的量，如图 14 所示。

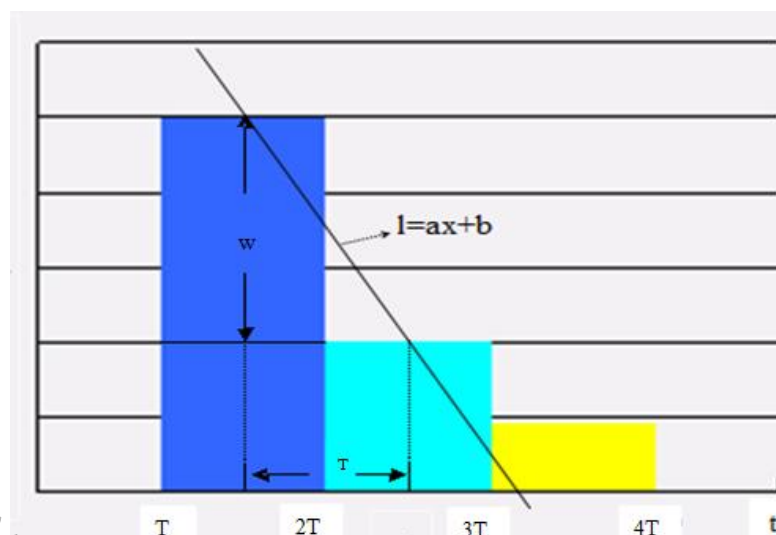


图 14：借出图书归还率的分析示意图

由图可知， $w$  等价于图中直线  $l$  的负斜率，所以问题就转换为求直线导数的大小，即：

$$\frac{w}{T} = -\frac{\partial l}{\partial t}$$

也就是：

$$\eta_{\text{还}} = \frac{-T \frac{\partial l}{\partial t}}{K_{\text{借出已超期量}}}$$

由于借阅周期  $T$  恒定，则有：

$$\eta_{\text{还}} \xleftarrow{\text{负相关}} \frac{\partial l}{\partial t}$$

根据第一阶段论文中，超期书籍量  $y$  与时间段  $x$  为指数递减关系，如下图：

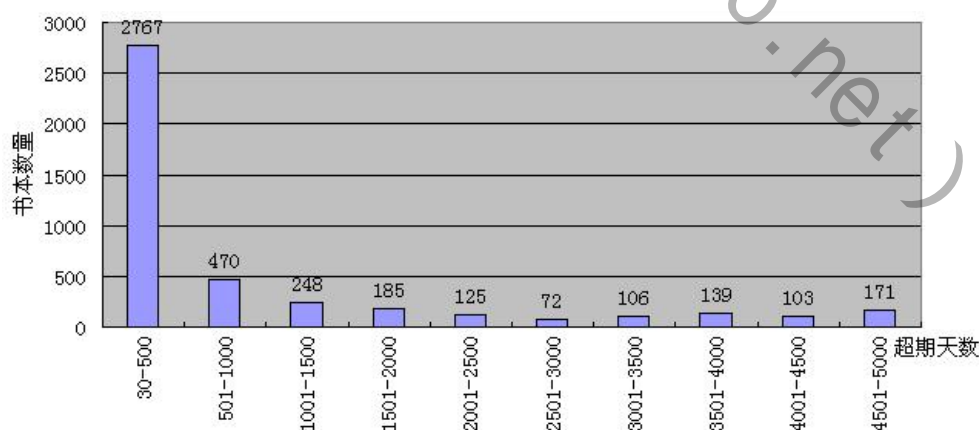


图 15：均匀量化时间段的超期图书量分布

由递减指数函数的性质可知，在等区间的情况下，变化率的绝对值  $\left| \frac{\partial l}{\partial t} \right|$  随着

时间的递增而不断地减少，所以我们将变化率最大的第一个借阅周期中的 $\eta_{\text{还max}}$ 作参照数，用来归一化图书归还率，即：

$$\overline{\eta_{\text{还}}} = \frac{\eta_{\text{还}}}{\eta_{\text{还max}}} \times 100\%$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{利}} = \frac{\eta_{\text{超2}}}{\eta_{\text{超1}}} = \frac{\eta_{\text{超2}}}{1 - \eta_{\text{还}}} = \frac{\eta_{\text{超2}}}{1 - \frac{\eta_{\text{还}}}{\eta_{\text{还max}}}} \times 100\%$$

新借阅规则中第一个借阅周期 1~25 天的借出图书归还率为：

$$\eta_{\text{还}} = \frac{-T \frac{\partial l}{\partial t}}{K_{\text{借出已超期量}}} = \frac{-25 \times (-29.32)}{K_{\text{借出已超期量}}} = \frac{733}{K_{\text{借出已超期量}}}$$

以借阅时限30天的参照借出图书归还率为：

$$\eta_{\text{还max}} = \frac{-T \frac{\partial l}{\partial t}}{K_{\text{借出已超期量}}} = \frac{-30 \times (-48.8)}{K_{\text{借出已超期量}}} = \frac{1464}{K_{\text{借出已超期量}}}$$

拟合预测出的超期 1~30 天的书数为 2394，由公式得：

$$\frac{\partial l}{\partial t} = -\frac{2394 - 930}{30} = -48.8$$

图书利用率为：

$$\eta_{\text{利}} = \frac{\eta_{\text{超2}}}{\eta_{\text{超1}}} = \frac{\eta_{\text{超2}}}{1 - \eta_{\text{还}}} = \frac{\eta_{\text{超2}}}{1 - \frac{\eta_{\text{还}}}{\eta_{\text{还max}}}} \times 100\% = \frac{34\%}{1 - \frac{733}{1464}} \times 100\% = 67.90\%$$

### 3. 管理方法合理性指数 C——流通率 C1

由模型一中流通率的定义，得出：

$$\text{流通率} L = \frac{\text{借阅总次数}}{\text{读者人数} \times \text{人均借书证数} \times \text{可借册}} \times 100\% = \frac{T}{R \times Z \times C} \times 100\%$$

根据问题一中模拟排队借阅模型，可得出未添加预约系统的借阅总次数，即平均流通量为：

$$T_1 = pm_1 = 5.26(\text{次/年})$$

其中 pm 表示的是一本书平均每年可以被借的次数；  
加入预约系统后的的借阅总次数，即平均流通量为：

$$T_2 = pm_2 = 14.27(\text{次/年})$$

在一年内，假设图书流通系统是稳定的，则读者人数、人均借书证书及可借册都是固定不变的，通过查找文献<sup>[10]</sup>，以河北理工大学图书馆作为未使用图书预

约系统的高校图书馆的代表，以其 2005,2006,2007 年中文图书平均流通率作为未加入预约系统前的流通率： $L_1 = 34.03\%$

加入预约系统后，流通率提高了  $\rho_{\text{流通率}} = \frac{T_2}{T_1} = 2.7129$  倍：

$$L_2 = 2.7129L_1 = 92.33\%$$

#### 四、确定评价论语体系，建立评语集

评价体系由评语集和对应的权重向量组成。此次评价的评价论语等级共分成五个等级：

很好，好，一般，差，很差

评语的动态变化趋势分两个方向：

向好的方向发展为“ $\rightarrow$ ”，向差的方向发展为“ $\leftarrow$ ”

即评语集  $V = \{(\vec{v}_1, \vec{v}_1), (\vec{v}_2, \vec{v}_2), (\vec{v}_3, \vec{v}_3), (\vec{v}_4, \vec{v}_4), (\vec{v}_5, \vec{v}_5)\}$

其中：

$v_1$  = 很好， $v_2$  = 好， $v_3$  = 一般， $v_4$  = 差， $v_5$  = 很差；

$\vec{v}_1 = \overrightarrow{\text{很好}}$ ， $\vec{v}_1 = \overrightarrow{\text{很好}}$

.....

其他值依此类推。

评语权重是对应不同的评语等级的隶属程度而赋予的数值，通常以百分分制的数值形式表示。

此次评价先将各指标无量纲归一化，然后针对百分数形式确定 0.95, 0.85, 0.70, 0.55, 0.45 对应于很好，好，一般，差，很差这五个评语等级。

即：评语权重集  $C = \{0.95, 0.85, 0.70, 0.55, 0.45\}$

##### 5.2.3 评价新图书管理方案

综上分析，可得新图书管理方案的综合评价指数  $U_{\text{总}}$  为：

$$\begin{aligned} U_{\text{总}} &= U_A A + U_B B + U_C C \\ &= \overrightarrow{0.5813} \times \overrightarrow{78.91\%} + \overrightarrow{0.1096} \times \overrightarrow{67.9\%} + \overrightarrow{0.3092} \times \overrightarrow{92.33\%} \\ &= \overrightarrow{81.86\%} \end{aligned}$$

各指标权重及评价指数分布如下图所示：



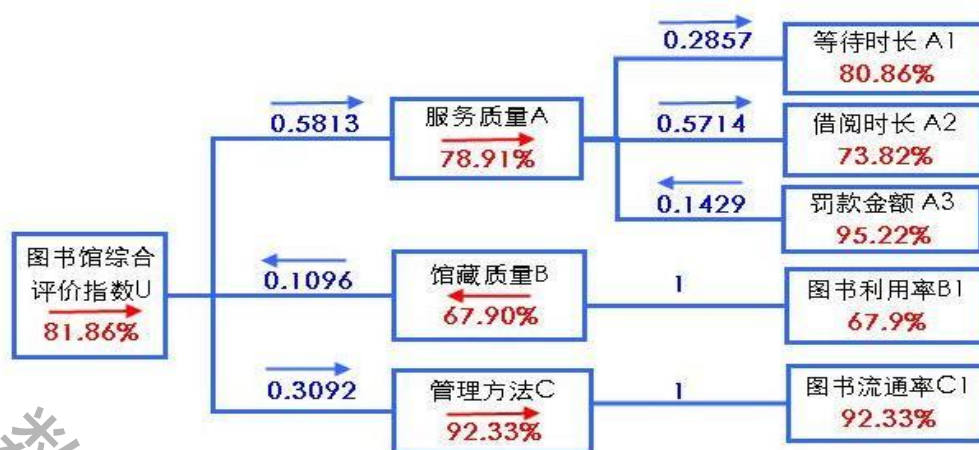


图 16: 各指标权重及评价指数分布图

其中红色的百分制数字表示该因素的动态评价指数，例如服务质量 A 的动态评价指数为 78.91%， “→” 表示有增长的趋势;蓝色小数表示该因素在上一级目标层所占权重，如服务质量 A 在总目标层中所占权重为 0.5813，呈增长趋势。为了更加直观的显示各项指标评价指数间的对比，作出结果柱状图如下：

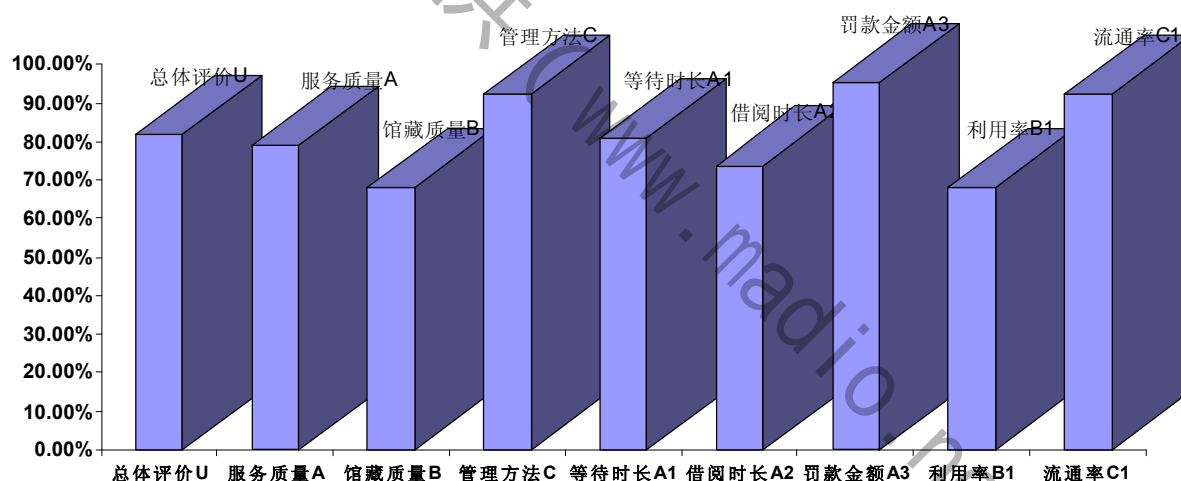


图 17: 结果柱状图对比显示

为客观评定各指标的评价指数，基于模糊数学综合评定法，根据各指标评价指数及评语体系，得出各指标评价指数下表：

表 11: 各指标评价指数、评价等级及发展趋势表

评价指标	评价指数	评价等级	发展趋势	评价指标	评价指数	评价等级	发展趋势
总体评价 U	81.86%	好	→	服务质量 A	78.91%	好	→
服务质量 A	78.91%	好	→	等待时长 A1	80.86%	好	→
馆藏质量 B (图书利用率 B1)	67.90%	一般	←	借阅时长 A2	73.82%	一般	←

管理方法 C (图书流通率 C1)	$\overline{92.33\%}$	很好	→	罚款金额 A3	95.22%	很好	→
----------------------	----------------------	----	---	---------	--------	----	---

根据以上统计图表，结合实际操作情况，对模型的各层评价指标进行深度剖析，用以验证新图书管理方案的合理、可行、综合、全面性，并且挖掘出此方案的运作趋势。

### 1. 分层剖析新图书管理方案

(1) 新图书管理方案的综合评价指数为  $\overline{81.86\%}$ ，说明新方案的总体分值为 81.86 分，且认为该方案总体上将向更好方向发展；

(2) 次级单项指标评价中，“管理方法”的评价分值最高，达到  $\overline{92.33\%}$ ，呈增长趋势，说明新型管理方案明显着重于改善图书流通率；而对“馆藏质量”的评价分值最低，仅  $\overline{67.90\%}$ ，说明新管理方案更多地注重提升图书流通周转率，而可能相对忽视了图书利用率的提高；占总目标层权重最大的“服务质量”评分为  $\overline{78.91\%}$ ，说明由于新图书管理方案的实行，服务质量正在逐步上升；

(3) 底层单项指标评价中，针对目标层为“服务质量”的底层指标的评分分值进行分析。权重最大为  $\overline{0.5714}$  的“借阅时长”的评价指数为 73.82%，说明“借阅时长”是影响“服务质量”的最主要因素，且比重仍在逐渐加大，也就是读者对图书的借阅时长有更大的需求；“罚款金额”的评价指数最高，达 95.22%，说明用户对新订立的罚款规则满意度很高，同时“罚款金额”所占权重最低，仅  $\overline{0.1429}$ ，说明随着人们的生活水平提高，罚款金额对服务质量的影响相对较小且正逐渐降低；“等待时长”所占权重相对折中，为  $\overline{0.2857}$ ，其评价指数为 80.86%，表明加入了预约系统后，等待时长的大大降低使得服务质量呈稳步上升趋势；

综上可知，新图书管理方案的运作趋势侧重于提高图书流通率、借阅时长，同时减少等待时长，目的是减少图书超期现象发生率及提高图书周转率。

### 2. 分析新方案对图书超期现象发生率及图书利用率的影响

① 新图书管理方案加入了图书预约系统，由于书籍一旦被预约就不能续借，减少了读者平均等待时长，即增加了图书流通率。例如在问题一的模拟中，得出由于加入图书预约系统，每年每本图书平均借阅次数增加了 2.7 倍左右，显著提高了图书周转率，从而减少图书超期现象发生率；

② 基于第一阶段题设旧借阅规则（借阅期限 30 天，续借 15 天）及双目标（利用率与满意度）规划模型，提出新借阅规则：借阅期限为 25 天，针对易发生超期现象的 B、C 类图书，将续借期定为 15 天；对于较不容易发生超期现象的 A、D 类图书，将续借期定为 25 天。通过模型评价可知，图书利用率从旧规则的 44.12% 提升至新规则的 60.08%，表明新借阅规则十分显著地提高了图书利用率。

综上所述，新图书管理方案符合实际，在减少图书超期现象发生率的同时，还显著提高了图书利用率。

## 六、模型的评价及推广

### 6.1 模型的优点

#### 问题一的排队借阅模型：

1. 文中定义的流通率与传统定义的不一样，可结合实际情况，且更能体现出流通率的作用；

2. 通过计算机模拟 100 年内排队预约借阅模型的运作情况, 能精确直接地反映出预约系统的优势以及其的可推广性;

### 问题二的图书馆动态模糊综合评价模型:

1. 评价结果表现出很强的综合性和全面性。

不仅综合考虑了多因素对评价对象的综合影响, 而且考虑例外不同因素对评价对象影响的重要性程度, 从而动态模糊综合模型避免了单项评价种的片面性, 可以更客观、科学、综合、全面地评价具有动态模糊性的对象;

2. 评价结果体现动态模糊性。

动态模糊综合评价不仅考虑了评价过程中的模糊性, 将评价过程中出现的“亦彼亦此”的中阶过渡状态采用概念内涵清晰, 但外延不明确的模糊思想予以了描述, 同时也考虑了评价过程中的动态性, 将评价过程中出现的动态模糊现象采用动态模糊思想予以了描述。所以, 动态模糊综合评价的评价结果不仅能反映评价对象相对于不同等级的模糊程度, 而且可以对评价对象的动态变化情况进行评估或给出预测。

3. 使定性评价转化为定量评价。

在动态模糊综合评价综合, 很多评语只是对评价对象的定性的描述, 这些都是评价者对评价问题作出的定性描述语言, 无法进行对比和评定。动态模糊综合评价法将评价中的这些定性的动态模糊描述语言与动态模糊结合在一起, 将定性的评价结论转化为可疑进行运算的定量的动态模糊布尔量, 从而可以进行定量评价, 得出定量的综合评价结果, 使评价结果具有可比性和实际操作应用性。

## 6.2 模型的缺点

### 问题一的排队借阅模型:

1. 简化模拟过程, 只模拟了一本书的流通情况, 存在一定偏差, 但是预约系统的优势十分明显, 为减少偏差, 模拟 100 年再取平均流通率, 精确与快速;

2. 将实际图书流通系统简化成封闭稳定的系统, 且流通率只通过总借次表征, 即没有考虑到影响流通率的其他指标的随机性, 如读者人数可能由于学校扩招而增加, 所以排队预约借阅模型与实际借阅系统可能存在一定偏差;

### 问题二的图书馆动态模糊综合评价模型:

虽然动态模糊综合评价法解决了评价中的动态模糊性问题, 但是, 动态模糊综合评价法和一般的综合评价法一样依然存在一定的局限性:

1. 评价结果不具有惟一性。

在动态模糊综合评价中, 如果选择不同的评价模型, 就会得出不同的评价结果, 有时甚至会出现相反的评价结论。另外, 在同一次评价中, 即使选择同一种评价模型, 由于评语等级的拟定不一、各评价等级所赋予分值的高低有异、指标权重系数的确定有所改变、评价指标的确定方法选择不同、各个指标评价结果的合成等环节上的不同也都会出现相异的综合评价结果, 从而导致评价结果的不惟一性;

2. 评价结果具有相对性。

动态模糊综合评价尽管采用了一定的数学模式对评价对象进行了定量处理, 其评价结果也用定量化的数值表示, 但这个定量数值只有相对的意义, 它只适用于在性质相同对象间进行比较和排序, 在性质不同的评价对象之间不具有可比性。即使是性质相同的评价对象, 如果在具体评价中, 各自的指标体系、评语等级、等级所赋予分值、权重系数等设置不同, 其评价结果也是相对的, 相互之间

也不具有可比性；

### 3. 评价结果带有主观性。

在动态模糊综合评价中，通过建立权重向量对各层评价指标进行综合，而权重大部分是依据评判人员主观确定的，对于同一个评价对象的同一个评价指标，不同的人往往有不同的理解，从而给予不同的权重系数，带有明显得主观性。另外，评价中的很多评价论语只是评价者的主观描述，缺少客观的评判标准，这在图书馆评价中尤为明显，每个人判断服务态度好坏的标准肯定不一样的，对阅览环境的要求也不一样，给出的评语等级肯定有所差别。因此，动态模糊综合评价的结果，往往也背离客观，带有主观的烙印。

## 6.3 模型的推广

### 问题一的排队借阅模型：

本模型可以应用于其他类似的问题，比如窗口排队，银行预约或餐厅预约等等，具有很强的-般性和推广性；

### 问题二的图书馆动态模糊综合评价模型：

本模型可以应用于评价具有动态模糊性的其他行业类似的评价应用中，具有很强的通用性和推广性。比如用于学校教师的教学效果评价，服务行业的服务质量评价，企业的产品质量评价，游乐场动态效益评价，体育健身方案的收效评价，甚至是人体摄取水分的动态影响评定等。

## 七、 模型的改进

### 问题一的排队借阅模型：

1. 可以对不同的书，利用多窗口排队模型来模拟，可能会更加精确，由于文中所给的数据不够精确和全面，所以无法模拟；

2. 可以根据所定义的因素，考虑更多的对流通率影响的因素，并发现其之间相互的关系，可以更精确地评估；

3. 可以考虑预约系统的成本与图书馆流通率之间的平衡，使模型更接近实际。

### 问题二的图书馆动态模糊综合评价模型：

1. 可以建立相应的动态模糊关系评价模型，得出不同指标间的动态模糊依赖关系，可以发现重要指标及次要指标等，从而确定实际工作中的重要环节及次要环节，在具体决策时能做到有的放矢；动态模糊关系评价模型同时也能发现具体评价对象在各个环节之间存在的差距和不足，最终达到促进工作的优化，找到对具体工作实践改进的指导依据的目的；

2. 定各指标权重的方法可以更为科学，在实际操作中买可以综合、灵活地运用其中多种方法，使得结果更可靠。例如，对于一些难于评测、把握不大的指标权重可以直接借鉴；对针对性强的评测指标可以用问卷法，通过抽样调查特定读者群得出结果；若拥有资深的测评专家，则可采用专家会议法、Delphi 方法等方法；

3. 可以通过编程实现动态模糊评价应用系统，能够处理动态模糊数据，提供决策参考建议，并且能够客观全面的给出评价结果。

## 八、 参考文献

[1] 高庆云. 关于图书流通率与利用率的计算问题. 图书与情报工作, 1993, (1);

- [2] 陈东彦、李冬梅、王树忠, 数学建模, 北京, 科学出版社, 2007;
- [3] 赵静、但琦, 数学建模与数学实验, 北京, 高等教育出版社, 2003. 6;
- [4] 韩宇、朱伟丽, 中美著名大学图书馆“超期罚款”政策比较及思考, 图书情报工作, 52.2:129-131, 2008.2;
- [5] 刁秀琼, 浅谈高校图书馆图书预约服务, 内蒙古科技与经济, 第 18 期 (总第 196 期): 135 页, 2009 年 9 月
- [6] 陈静, 提高网络环境下图书预约成功率的动态管理方式探讨, 内蒙古科技与经济, 第 16 期 (总第 194 期): 134 页, 2009 年 8 月
- [7] 曹志梅, 图书馆动态模糊评价与实证分析, 北京: 北京图书馆出版社, 2007 年 3 月;
- [8] 第三节 权重的确定与评价结果的综合,  
[http://xmujpkc.xmu.edu.cn/tongjixue/online/5/C11\\_3.htm](http://xmujpkc.xmu.edu.cn/tongjixue/online/5/C11_3.htm), 2010. 4. 25;
- [9] 匿名, 高校图书馆满意度调查报告,  
<http://wenku.baidu.com/view/1981122de2bd960590c67768.html>, 2010 年 5 月;
- [9] 匿名, 广西师范学院明秀校区图书馆满意度的调查报告,  
<http://www.docin.com/p-52035313>, 2010 年 5 月;
- [10] 赵鸿雁, 图书馆服务工作的核心问题之一——馆藏图书利用率分析, 农业图书情报学刊, 第 21 卷, 第 04 期: 163 页, 2009 年 04 月;
- [11] 田振华, 排队模型在评价图书管理问题的应用, 管理纵横;

## 九、附录

1. 排队借阅模型 • 等待时间的概率密度函数 • 图:

i=0:0.05:150;

j=0.036\*exp(-0.036\*i);

plot(i, j)

2. 加入预约系统的排队借阅模型 • 模拟程序 1:

clear

cs=100;

for j=1:cs

j;

w(j)=0;

i=2;

x(i)=poissrnd(2.25);

c(i)=x(i);

b(i)=x(i);

while b(i)<=365

y(i)=exprnd(27.78);

e(i)=b(i)+y(i);

w=w+b(i)-c(i);

i=i+1;

```
x(i)=poissrnd(2.25);  
c(i)=c(i-1)+x(i);  
b(i)=max(c(i),e(i-1));  
end
```

```
i=i-2;  
t(j)=w(j)/i;  
m(j)=i;  
end
```

```
pt=0;  
pm=0;  
for j=1:cs  
    pt=pt+t(j);  
    pm=pm+m(j);  
end
```

```
pt=pt/cs  
pm=pm/cs
```

### 3. 未加入预约系统的排队借阅模型 • 模拟程序 2:

```
clear  
cs=100;  
for j=1:cs  
    j;  
    w(j)=0;  
  
    i=2;  
    x(i)=poissrnd(2.25);  
    c(i)=x(i);  
    b(i)=x(i);  
  
    while b(i)<=365  
        y(i)=exprnd(27.78);  
        z(i)=unifrnd(0,100);  
        e(i)=b(i)+y(i)+z(i);  
        w=w+b(i)-c(i);  
        i=i+1;  
        x(i)=poissrnd(2.25);  
        c(i)=c(i-1)+x(i);  
        b(i)=max(c(i),e(i-1));  
    end  
  
    i=i-2;
```

```
    t(j)=w(j)/i;  
    m(j)=i;  
end
```

```
pt=0;  
pm=0;  
for j=1:cs  
    pt=pt+t(j);  
    pm=pm+m(j);  
end
```

```
pt=pt/cs  
pm=pm/cs
```