

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：1217

参赛队员（签名）：

队员 1：王涛

队员 2：吴旭花

队员 3：张倩茜

参赛队教练员（签名）：

参赛队伍组别：1217

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）：

1217

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）：

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 图书周转周期 大数定律 动态借阅规则
多方式催还制度 多指标决策 C 语言编程模拟

摘 要

本文对图书馆管理方案进行研究,首先,利用流通率与图书周转周期负相关的原理,建立了一个基于图书周转周期的图书预约系统评价模型,评价了图书预约系统对提高图书流通率的积极作用;然后,运用多指标决策的方法制定了一个有效合理的图书管理方案,有效地降低了图书超期现象的发生率,提高图书利用率。

对于问题一,由于图书的流通率与图书的周转周期成负相关,故通过图书的周转周期,来反映图书的流通率。首先,根据大数定律的思想,运用 C 语言编程模拟,生成采用预约系统前后各类图书在借阅过程中的随机信息(所借图书类型、是否续借、是否预约),并挖掘此信息中的统计特性,发现各类图书的平均周转周期具有统计规律,计算出各类图书的平均周转周期。其次,在此基础上推导出图书的年流通次数,通过比较采用预约系统前后图书的平均周转周期与年流通次数的数据,得出实行预约机制后图书的平均周转周期比无预约系统时缩短了 45.06%,年流通次数比无预约系统时增加了 2.2 倍。由此可得出采用预约系统能有效提高图书流通率。

在问题二中,我们采用多指标决策的方法制定图书管理方案,从借阅期限规则指标、催还制度指标、罚款规则指标这三个指标分别建立相关方案。首先,对超期图书分类,规定了不同超期类别图书的借阅时间,对读者诚信度进行打分并分级,制定不同诚信等级的借阅时间,结合两种借阅时间及图书预约情况,得出借阅期限规则指标的最优方案;其次,对读者对催还方式的偏好进行了调查,得出有效且易于读者接受的催还方式,并建立了包括短信通知、短信催还、E-mail 催还、限制续借权限、实施逾期罚款的多方式催还制度,即催还制度指标得最优化方案;最后,对读者对现阶段高校图书管理制度的看法进行调查,得出“同版图书赔偿”等合理的罚款制度,并考虑到读者的超期原因、经济负担等因素,建立了罚款规则指标的最优化方案。此外,我们对该图书管理进行了评价,得出此方案不仅有效地降低了图书超期率,提高了图书利用率,而且也有利于维持读者与图书馆之间良好的借阅关系。

参赛队号 1217

参赛密码 _____
(由组委会填写)

所选题目 C 题

数学中国提供 (www.madio.net)

英文摘要

Abstract: Researched the management program on the books, we set up a book booking system evaluation model based on the books cycle time, and evaluate the book booking system's positive improvement to the

数学中国提供 (www.madio.net)

目 录

一、问题重述.....	1
1.1 背景资料：	1
1.2 需要解决的问题：	1
二、问题分析.....	1
2.1 问题一的分析：	1
2.2 问题二的分析：	1
三、模型假设.....	1
四、符号说明.....	3
五、模型的建立与求解.....	3
5.1 问题一模型的建立与求解：	3
5.1.1 不采用预约系统的图书周转周期：	4
5.1.2 预约系统的数据分析：	6
5.1.3 采用预约系统的图书周转周期：	7
5.1.4 图书预约系统的评价结果：	10
5.2 问题二模型的建立与求解：	12
5.2.1 借阅期限动态规则的建立.....	12
5.2.2 多方式催还制度的建立.....	14
5.2.3 人性化罚款规则的确立.....	16
5.2.4 图书管理方案的评价.....	18
六、模型的评价及推广.....	20
6.1 模型的优点.....	20
6.2 模型的缺点.....	20
七、模型的改进.....	20
八、参考文献.....	21
九、附录.....	22

一、 问题重述

1.1 背景资料:

学校图书馆是学校的文献信息中心,为学校教育教学和教育研究提供服务,所以图书馆是一个服务性机构,它为广大读者提供图书阅览,图书借阅等服务。近几年,在国内高校中图书预约系统被普遍采用,图书一旦预约就不能再续借。

图书预约的优势在于:

① 满足读者个性化需求。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。

② 提高了图书利用率。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,而影响更多的读者使用。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。

但预约系统并不能完全发挥其预约作用,在实际操作中,存在着各种主客观因素导致预约失效。图书馆预约失效的原因为: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。

1.2 需要解决的问题:

问题一:根据附件中高校图书预约系统的运行统计数据,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。

问题二:设计一个性的图书管理方案(包括预约、续借、罚款等规则),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:

对于图书流通率高低的判断问题,可以转化为图书的周转周期(图书从图书馆被借出到图书被归还之间经历的时间)的计算问题。因为二者负相关,即图书的周转周期越小,则该图书的流通率就越高。

首先我们分别定义在有预约和无预约系统时的图书周转周期计算公式,再运用C语言编程模拟读者借阅过程,求解出无预约情况下各类图书的平均周转周期。然后,在有预约情况下额外考虑了预约成功率这一因素对图书周转周期的影响。我们将某类图书的预约成功率定义为该类图书的预约到书占该类图书预约申请总数的百分比,根据所给数据计算出各类图书的预约成功率。并将该因素放入程序中,求出预约条件下各类图书的平均周转周期。最后由每类图书的平均周转周期,由周转周期可计算出一段时间内(以一年为例)图书的流通频数。再分析比较两种条件下图书的周转周期、流通频数等指标,评价实行图书预约后对提高图书流通率的作用。

2.2 问题二的分析:

图书利用率是图书馆各项工作中的一个重要方面,是衡量图书馆工作效率和社会效益的主要指标。图书利用率高,说明读者到馆率高和文献利用率高,图书馆的社会效益好。因此提高图书利用率是图书馆管理的重要任务。所以图书馆应该根据馆藏资源和读者借

阅需求合理地制定图书管理方案，提高图书利用率，充分发挥图书馆传播知识的作用。

在图书馆实行借阅期限制度，是图书馆为提高图书教育资源利用，扩大图书流通率，提高利用率的有效举措^[1]。实行图书借阅期限制度必须做到合理、有效。借阅制度的合理性、有效性表现在：合理的借阅期限、完善的催还制度和合理的罚款规则。

合理的借阅期限制度需要综合考虑读者的借阅需求、图书的超期程度、读者的借阅诚信度及续借情况四类指标分别对借阅期限的不同影响。根据读者特点，将图书按超期严重程度分为 5 类，对每类图书分别制定借阅期限；将读者诚信度分类，也对每个等级的度规定一个借阅期限，结合两种借阅时间及图书预约情况，建立动态借阅规则。

催还制度是降低图书超期率的重要保证，一个完善的催还制度必须具有高效率、人性化的特点。该制度必须既对读者有督促还书的作用，又让读者易于接受，符合读者意愿。因此应该对读者进行调查，统计读者对各类催还方式的看法，再对催还方式的有效性及愿意接受程度两方面因素综合考虑，制定一个完善、合理的催还制度。

罚款制度是针对图书超期、损坏现象的一种惩罚制度，也对图书按时归还有一定的强制作用。一个罚款制度不易过于严厉，否则很容易引发读者与图书馆的冲突，所以我们应该充分考虑读者情况，制定一个既有惩罚作用又比较人性化的罚款制度。

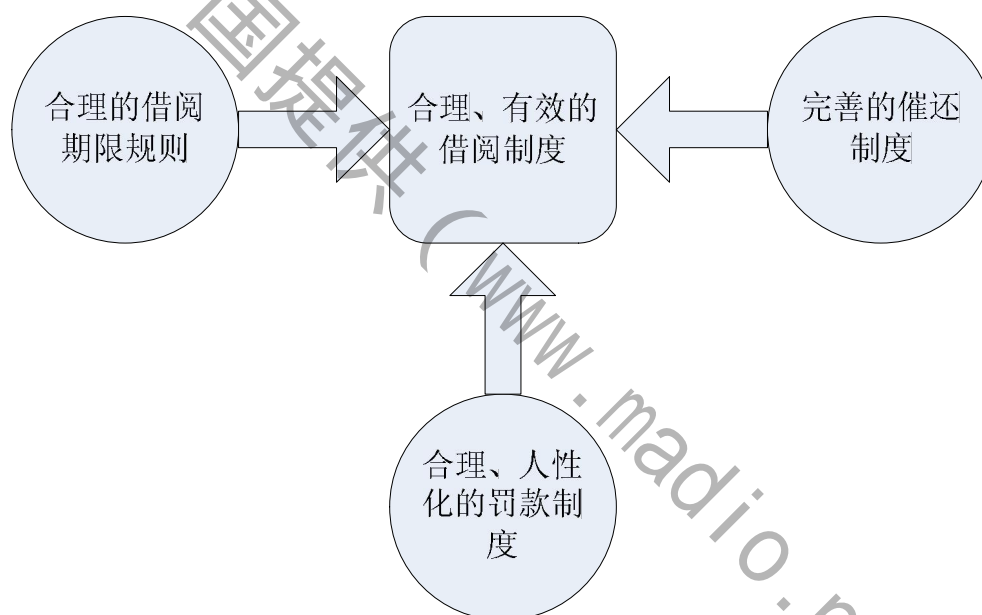


图 2.2.1 合理、有效的借阅制度的组成部分

三、 模型假设

1. 假设预约图书被归还后全部由预约此书的读者借阅，且不存在预约失效；
2. 假设读者借阅图书到期后准时归还，不考虑提前归还和延期还书；
3. 假设图书利用率与馆内工作人员的管理疏忽，馆内工作弊端等因素无关；
4. 假设图书馆全年开放，且寒暑假对图书借阅及图书周转周期没有影响。
5. 假设图书一年内的流通次数是在 365 天内的流通次数，不考虑闰年的影响。
6. 假设图书馆只对教师和学生开放。

四、 符号说明

i	第 i 个读者借阅图书
$g(i)$	第 i 个读者借阅图书借阅的图书类别, 取值范围 $(A, B, C \dots U, V, X, Z)$
$\phi[g(i)]$	第 i 个读者借阅图书借阅的该类图书的借阅期限
$\phi[g(i)]$	第 i 个读者所借该类图书的预约成功率
$\omega(i)$	第 i 个读者是否预约图书, 取值 (0: 表示不预约; 1 表示预约)
$\psi(i)$	第 i 个读者是否续借图书, 取值 (0: 表示不续借; 1 表示续借)
θ	n 个读者中进行预约图书的读者人数
T^∇	无预约情况下某一类图书的周转周期
T^Δ	有预约情况下某一类图书的周转周期
$\alpha[g(i)]$	第 i 个读者所借的某类图书的预约申请数量
$\beta[g(i)]$	第 i 个读者所借的某类图书的预约到书数量
n	借阅图书的读者总人数

五、 模型的建立与求解

5.1 问题一模型的建立与求解:

根据第一阶段问题一模型的结果, 将 22 类图书按照其超期的严重程度划分了 5 个大类, 并定义为超期图书类 1, 超期图书类 2, ..., 超期图书类 5。根据各类图书的超期权重系数, 制定出各类图书合理的借阅时间与续借时间。其结果如下:

表 5.1.1 各类图书的借阅时间及续借时间表

类型	图书类型	借阅时间	续借时间
超期图书类 1	A, B, D, G, J, K, N, V, X, Z	30	15
超期图书类 2	C, H	28	14
超期图书类 3	I	26	13
超期图书类 4	O	25	12
超期图书类 5	T	13	6

(注: 表中的字母代表中图法中的各类图书的类型序号编码)

对于图书流通率, 可以从图书的周转周期 (相邻两次借阅该图书的时间间隔) 角度来考虑。因为这两者负相关, 即图书的周转周期越小, 则该图书的流通率就越高。所以我们将图书流通率的评价问题转化为图书周转周期的计算问题。再由图书的周转周期计算出图书在一定时间段内 (以一年为例) 的流通次数, 即年流通次数。最后比较无预约情况和有预约情况下各类图书的年流通次数, 判断图书的流通情况。

5.1.1 不采用预约系统的图书周转周期:

题中图书的周转周期定义为一本书从开始借阅到借阅结束这段时间。因为当读

者开始借阅此书后，则该书不能再周转借给其他读者，即此时该书无法流通。而当该书借阅时间到期后，读者必须将此书归还于图书馆，于是该书就能再借他人，实现该书的再一次流通周转。因此一本图书的每次平均借阅时间即为其周转周期。

图书可根据其所属的图书类型，确定相应的借阅时间，各类图书借阅时间见表 5.1.1。一本图书还有可能存在续借情况，各类图书的续借时间也见表 5.1.1。

读者所借图书的类型以及是否续借该书，这些都是随机现象，故借助随机函数来模拟现实中不同读者借阅不同类型图书，以及是否续借的情况。根据大数定律（随机事件在大量重复出现的条件下，往往呈现几乎必然的统计特性），我们取定样本容量为 100（即 100 个读者借阅图书），统计其所借图书的借阅时间，计算出均值，即平均周转周期。图书的平均周转周期的计算表达式如下：

$$T^{\nabla} = \frac{\sum_{i=1}^n \{ \phi[g(i)] + \phi[g(i)] \times \psi(i) \times \frac{1}{2} \}}{n}$$

（注：式中 n 表示借阅者的个数，此题中我们定义 $n=100$ 。）

为保证以上随机事件在同一实验条件下发生，故运用 C 语言在 VC++ 环境下模拟实现。该程序的结构图如下：

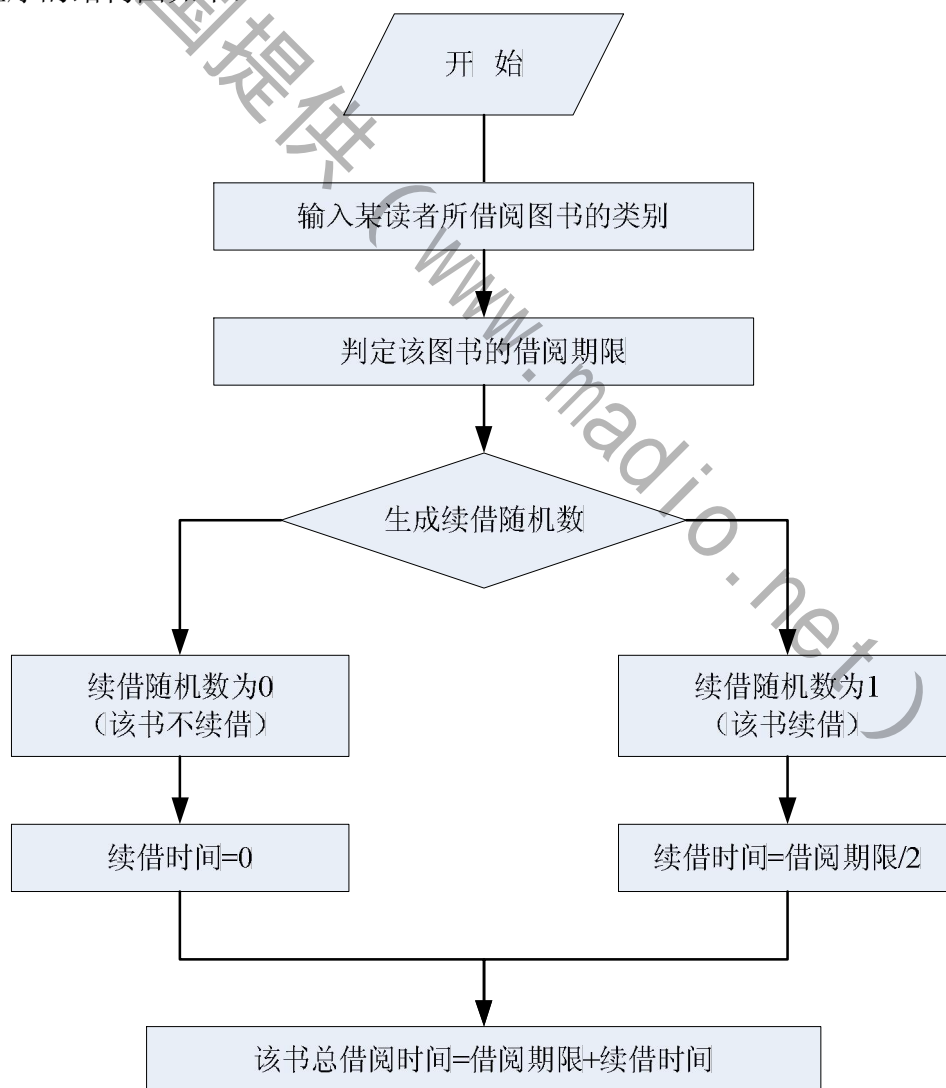


图 5.1.1 不采用预约系统情况下图书程序模拟流程图

（注：实际程序得到的是在此流程基础上循环 n 次的结果。）

根据周转周期程序分别计算出各类图书在不采用预约系统情况下的图书周转周期，我们只研究了读者数量为 100 的情况下的图书周转周期，若想增加或减少读者数量，只需对程序的循环次数进行修改。

程序运行结果可得到在某一图书类型下 100 个读者是否续借及总的借阅时间，计算总借阅时间的平均值，即得到该类图书的平均周转周期。下图 5.1.2-5.1.6 分别为五个超期图书大类（超期图书类 1，超期图书类 2.....超期图书类 5）中的某一小类图书的程序截图。

（注：截图中图书类型为中图分类法中对应的类别号；续借参数中 1 表示该图书续借，0 表示该图书不续借）

----- 无预约下的图书周转周期 -----				
读者序号	图书类型	借阅时间	是否续借	续借后的借阅时间
1	A	30	0	30
2	A	30	0	30
3	A	30	1	45
4	A	30	1	45
5	A	30	0	30
95	A	30	1	45
96	A	30	0	30
97	A	30	1	45
98	A	30	0	30
99	A	30	1	45
100	A	30	0	30
A类图书的平均周转周期为		37		

图 5.1.2 不采用预约系统情况下 A 类图书的平均周转周期

95	C	28	1	42
96	C	28	1	42
97	C	28	0	28
98	C	28	0	28
99	C	28	1	42
100	C	28	0	28
C类图书的平均周转周期为		34		

图 5.1.3 不采用预约系统情况下 C 类图书的平均周转周期

95	I	26	0	26
96	I	26	0	26
97	I	26	1	39
98	I	26	0	26
99	I	26	0	26
100	I	26	1	39
I类图书的平均周转周期为		33		

图 5.1.4 不采用预约系统情况下 I 类图书的平均周转周期

95	0	25	0	25
96	0	25	0	25
97	0	25	0	25
98	0	25	0	25
99	0	25	0	25
100	0	25	0	25
O类图书的平均周转周期为		30		

图 5.1.5 不采用预约系统情况下 O 类图书的平均周转周期

95	T	13	0	13
96	T	13	1	19
97	T	13	0	13
98	T	13	1	19
99	T	13	0	13
100	T	13	1	19
T类图书的平均周转周期为		16		

图 5.1.6 不采用预约系统情况下 T 类图书的平均周转周期

5.1.2 预约系统的数据分析：

根据本题所给的书籍预约数据表，着重分析“预约申请”与“预约到书(预约的书被归还)”这两项数据，发现“预约到书”该项的数据总是小于或等于“预约申请”项的数据，由此可知并不是每个读者进行预约后就能顺利借到自己想借阅的图书。故引入预约成功率来表明某类图书预约后的最终实现程度。

因此某类图书的预约成功率可以定义为该类图书的预约到书数量除以此类图书的预约申请数量。其计算表达式如下：

$$\phi[g(i)] = \frac{\beta[g(i)]}{\alpha[g(i)]}$$

对书籍预约数据表，我们选取 2008 年的预约数据为研究对象，计算书各类图书的预约成功率，如下表：

表 5.1.2 图书预约数据表

类名	类号	超期图书类别	预约申请	预约到书	预约成功率
马列类	A	1	6	5	83.33%
哲学类	B	1	50	29	58.00%
社科总论	C	2	59	40	67.80%
政治法律	D	1	182	126	69.23%
军事类	E	1	3	1	33.33%
经济	F	1	187	128	68.45%
文化、科学、教育、体育	G	1	45	32	71.11%
语言、文字	H	2	104	75	72.12%
文学	I	3	139	117	84.17%
艺术	J	1	12	6	50.00%
历史、地理	K	1	57	45	78.95%
数理科学和化学	O	4	98	78	79.59%
天文学、地球科学	P	1	1	1	100.00%
生物科学	Q	1	63	54	85.71%
农业科学	S	1	1	1	100.00%
工业技术	T	5	223	179	80.27%
环境科学、安全科学	X	1	8	8	100.00%
综合性图书	Z	1	5	3	60.00%
分类合计	A~K, N~V, X, Z		1243	928	74.66%

(注：类号为该类型图书对应中图法的分类号；超期图书类别为表 5.1.1 中的超期图书 1-5 类，这里用数字 1-5 简要表示；表中预约到书代表预约的图书被归还的数量；)

5.1.3 采用预约系统的图书周转周期：

由于在预约申请的读者中并不能保证每个读者进行顺利借到自己之前预约的图书，存在有读者进行预约后最终不能借到自己预约的图书。设 $\phi[g(i)]$ 为该类书的预约成功率（其值可见表 5.1.2），故在预约某一类图书的 n 个预约读者中最终只有 $[n \times \phi[g(i)]]$ 个读者能预约到此类书。

预约成功的读者人数计算表达式如下：

$$\theta = [n \times \phi[g(i)]] \quad ([] \text{ 为取整运算})$$

如果有图书被预约则该书不准续借，在程序中定义此种情况该书的续借时间为 0。在有预约系统的情况下计算某类图书的平均周转周期需要考虑两种情况：I 该书没有被预约，则计算方式与无预约情况下图书的周转周期相同；II 该书被预约，则结合预约成功率计算出最终能预约到书的读者数量。其计算表达式如下：

$$T^{\Delta} = \frac{\theta \times \phi[g(i)] \times \phi[g(i)] + (n - \theta) \sum_{i=1}^{n-\theta} \{ \phi[g(i)] + \phi[g(i)] \times \psi(i) \times \frac{1}{2} \}}{n}$$

以上情况包含多个随机事件（图书类型，图书是否预约，图书是否续借），故利用 C 语言中的随机函数在 VC++ 环境下模拟实现有预约系统的借阅情况。程序的结构图如下：

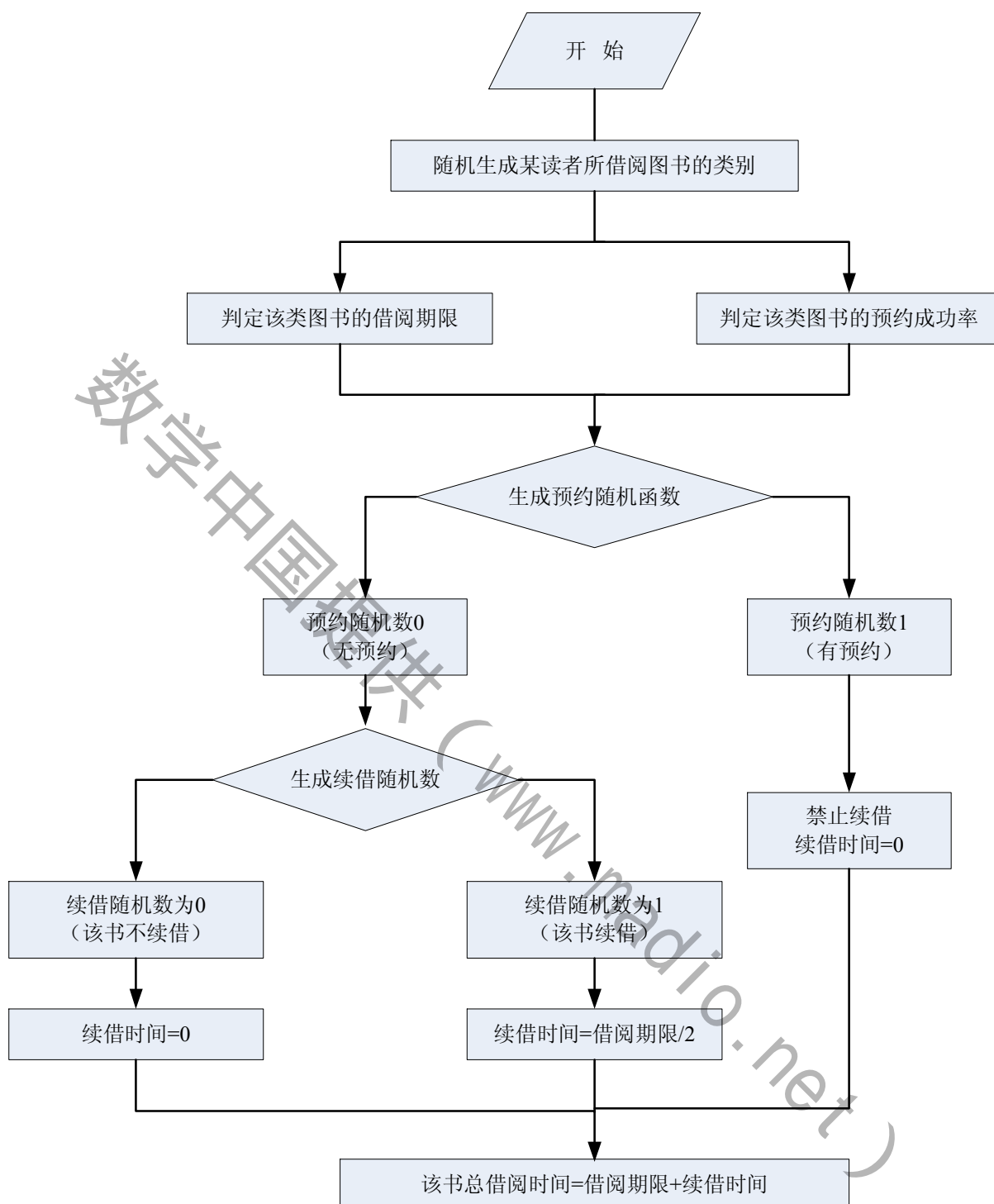


图 5.1.7 采用预约系统情况下图书程序模拟流程图

(注：实际程序得到的是在此流程基础上循环 n 次的结果。)

根据周转周期程序分别计算出各类图书在不采用预约系统情况下的图书周转周期，我们只研究了读者数量为 100 的情况下的图书周转周期，若想增加或减少读者数量，只需对程序的循环次数进行修改。

程序运行结果可得到在某一图书类型下 100 个读者是否预约、续借及续借后的总借阅时间，计算总借阅时间的平均值，其结果即为该类图书的平均周转周期。下图 5.1.8-5.1.12 分别选取五个超期图书大类（超期图书类 1，超期图书类 2……超期图书类

5) 中的一小类图书 (A、C、I、O、T) 作为代表的运行截图。结果如下所示:

(注: 截图中图书类型为中图分类法中对应的类别号; 续借参数中 1 表示该图书续借, 0 表示该图书不续借; 预约参数中 1 表示该图书有读者有预约, 0 表示该图书没有读者预约。)

----- 有预约下的图书周转周期 -----					
读者序号	图书类型	借阅时间	是否有预约	可否续借	总借阅时间
1	A	30	1	0	30
2	A	30	1	0	30
3	A	30	1	0	30
4	A	30	0	0	30
5	A	30	0	0	30
95	A	30	0	1	45
96	A	30	1	0	30
97	A	30	1	0	30
98	A	30	0	0	30
99	A	30	1	0	30
100	A	30	1	0	30
A类图书的平均周转周期		19			

图 5.1.8 有预约情况下 A 类图书的周转周期

95	C	28	0	0	28
96	C	28	0	0	28
97	C	28	0	1	42
98	C	28	1	0	28
99	C	28	0	0	28
100	C	28	0	1	42
C类图书的平均周转周期		18			

图 5.1.9 有预约情况下 F 类图书的周转周期

95	I	26	1	0	26
96	I	26	1	0	26
97	I	26	1	0	26
98	I	26	0	1	39
99	I	26	1	0	26
100	I	26	0	0	26
I类图书的平均周转周期		11			

图 5.1.10 有预约情况下 I 类图书的周转周期

95	O	25	0	1	37
96	O	25	0	1	37
97	O	25	1	0	25
98	O	25	1	0	25
99	O	25	0	1	37
100	O	25	0	0	25
O类图书的平均周转周期		14			

图 5.1.11 有预约情况下 O 类图书的周转周期

95	T	13	1	0	13
96	T	13	0	1	19
97	T	13	0	1	19
98	T	13	0	0	13
99	T	13	0	0	13
100	T	13	1	0	13
T类图书的平均周转周期		10			

图 5.1.12 有预约情况下 T 类图书的周转周期

5.1.4 图书预约系统的评价结果：

根据周转周期计算程序对各类图书周转周期的计算，可得到各类图书分别在采用预约系统和不采用预约系统情况下的平均周转周期，并得到各类图书分别在采用预约系统和不采用预约系统情况下每年的流通次数。

表 5.1.3 无预约情况下和有预约情况下各类图书的年流通次数

图书类号	超期图书类号	借阅期限	平均周转周期(天)		流通次数(次/年)	
			无预约系统	有预约系统	无预约系统	有预约系统
A	1	30	37	19	10	37
B	1	30	38	18	10	38
C	2	28	34	18	11	34
D	1	30	36	17	10	36
E	1	30	37	19	10	37
F	1	30	38	18	10	38
G	1	30	36	21	10	36
H	2	28	35	14	10	35
I	3	26	33	11	11	33
J	1	30	37	21	10	37
K	1	30	36	15	10	36
O	4	25	30	14	12	30
P	1	30	38	33	10	38
Q	1	30	36	16	10	36
S	1	30	37	34	10	37
T	5	13	16	7	23	16
X	1	30	37	32	10	37
Z	1	30	37	18	10	37



图 5.1.13 预约系统使用前各类图书的平均周转周期折线图

通过上图可以清晰地看出采用预约系统后各类图书的平均周转周期明显缩短了。其中 P、S、X 类图书的周转周期缩短天数较少，分别为 5 天、3 天、5 天，均没有超过 5 天；其余各类图书的平均周转周期均有大幅缩短，缩短天数均在 20 天左右。就图书总体而言，使用预约系统后图书的平均周转周期缩短为原来的图书周转周期的 45.06%。

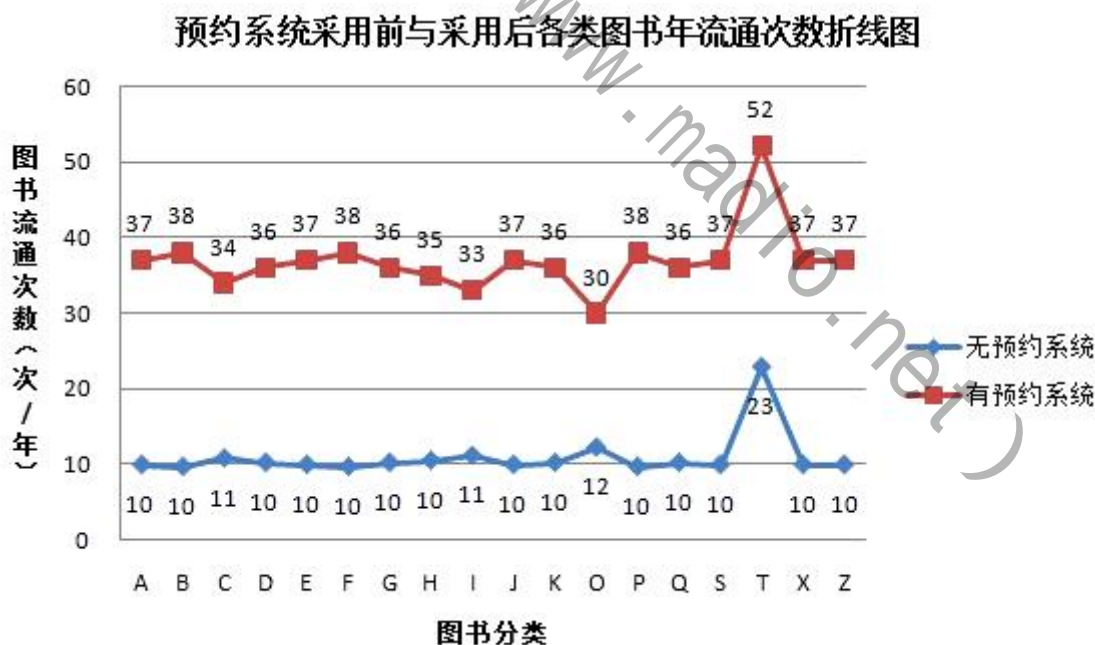


图 5.1.14 预约系统采用前与采用后各类图书年流通次数折线图

从此图可以看出采用预约系统后，明显加快了各类图书的流通。各类图书每年的流通次数均达到以前的两倍以上。其中 B 类图书的流通次数接近达到以前流通次数的 4 倍。就图书总体而言，使用预约系统后图书的年流通次数增加为原来的 2.2 倍。

综上所述，我们得出预约系统评价结论：采用预约系统可以大幅缩短图书周转周期，加快图书流通速度，明显提高图书的流通率。

5.2 问题二模型的建立与求解：

将图书管理的方案的制定取决于借阅期限规则指标、催还制度指标、罚款规则指标这三个指标的满足程度，因为每个指标之间没有之间联系，所以可以对每个指标进行但目标决策，求出最佳的借阅期限规则、催还制度、罚款规则。

5.2.1 借阅期限动态规则的建立

合理的借阅期限需要根据读者的借阅需求、图书的超期程度、读者的借阅诚信度来确定。一个好的借阅期限规则既要体现借阅期限的合理性，也要注意对不同读者的公平性。具体设计步骤如下：

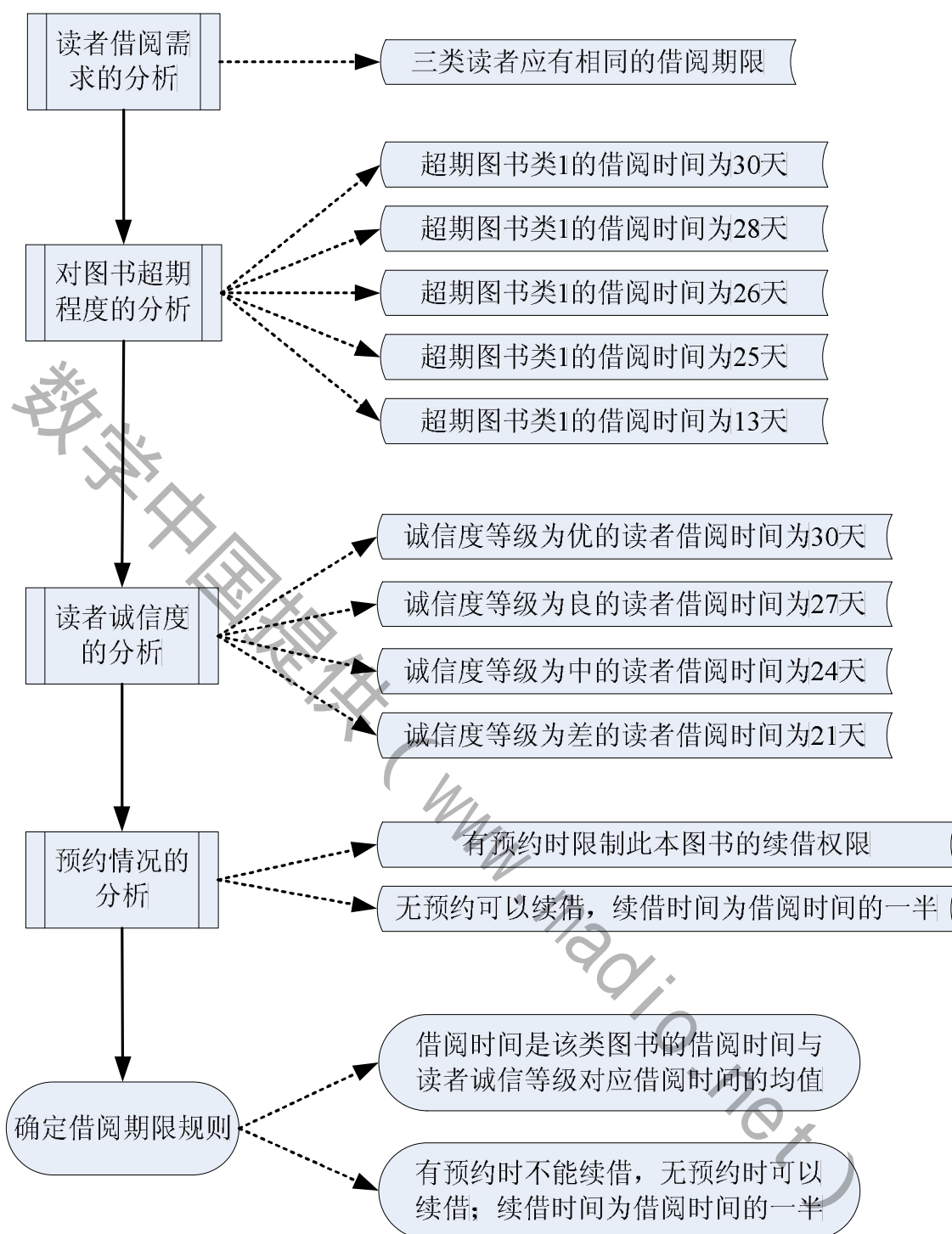


图 5.2.1 借阅期限设计流程图

步骤一：对三类读者借阅需求的分析

在大学内，根据读者的年龄、职位和知识水平的不同，根据相关学者对图书馆现状的调查，可得知大部分高校将读者群体分为三类：本科生、研究生和教师。而三个不同读者群的借阅权限存在较大差异。

在参考文献^[2]中，可以得知：

表 5.2.1 三类读者的平均借阅期限与借阅册数

读者分类	平均借阅册数(本/人)	平均借阅期限(天/人)
本科生	9	39
研究生	14	55
教师	17	59

考虑到原有的借阅规则的缺陷以及现阶段各高校的情况，我们提出两种不同的借阅规则：一是不同的读者的借阅权限是不同的；二是不管什么类型的读者，其借阅权限是相同的。两种借阅规则的前提都是应适当地缩短每个读者的借阅时间，加快图书的周转率，一方面可以保障绝大部分读者的利益，另一方面也可以制止一些热门书籍长期滞留在少部分读者手里的不良现象，从而提高图书利用率。

目前，各高校采取的借阅规则：在借阅数量与借阅期限上，老师>研究生>本科生，但这种规则是不符合实际情况的。首先，三类读者群对图书的需求量不同，本科生>研究生>老师；其次，三类读者对图书的需求种类是完全不同的，本科生、研究生与老师借阅的书籍的在知识的层次上是不同的。所以为了体现借阅的公平性原则，图书馆应该制定三类读者群相同借阅权限。

步骤二：根据图书的超期程度设计的借阅规则

不同的借阅规则对图书馆资源的流通的影响是不同的。合理的借阅期限，需要最大程度地提高图书的利用率，同时降低图书的超期现象与图书的拒借率（拒借率即用户在图书馆未借到的文献数量占用户所要借的文献数量的百分比）。所以要适当缩短超期图书的借阅期限，以此来降低图书超期现象的发生率和图书的超期时间。

根据第一阶段问题知不同类书籍超期概率是不同的。当一种书籍容易发生超期现象时，表明这种书籍收到的关注度高。为了提高图书的利用率，使更多的人能够享受到这种资源，必须采取相应的措施（如缩短借阅时间），使同一种书籍在一定时间流经的人次增加。将 22 类图书按照其超期的严重程度划分了 5 个大类（超期图书类 1，超期图书类 2……，超期图书类 5）。各超期图书类的借阅时间、续借时间由超期权重系数确定。表 5.1.1 即为各类图书从其超期严重程度的角度出发确定的借阅时间和续借时间。

步骤三：根据读者诚信度惩罚性地变更借阅期限

读者的诚信度在一定程度上决定了读者的借阅期限。当读者的诚信记录较差时，可以限制其正常借阅时间期限，这不仅可以“惩罚”读者，更可以提高读者今后的正常还书意识，最终使读者能够及时还书，进而提高图书的利用率。

我们将对读者诚信度进行打分，在以基础分数为 100 分的前提下，当发生超期现象时，读者的诚信分数会降低 1 分，按时归还，图书诚信分数会提高 1 分，最高不超过 100 分。将读者按照诚信分数分为优良中差四个诚信等级，四个等级的划分如下：

表 5.1.1 诚信分数等级参照表

诚信度等级	诚信分数
优	[95, 100]
良	[90, 95)
中	[80, 90)
差	[0, 80)

然后制定读者诚信度借阅期限参照表，对不同诚信等级的读者规定了不同的借阅期

限。

表 5.1.2 诚信度借阅期限参照表

诚信度等级	借阅期限(天)
优	30
良	27
中	24
差	21

步骤四：根据预约情况动态确定借权限

当某类书预约的人数多时，表明这类书属于“热门书籍”，此时就应该限制这种书籍的续借权限，从而使更多的读者可以借阅此书，使图书的利用率最大化。因此，我们规定当图书有预约时，读者不能进行续借，图书没有预约时可以续借一次，续借时间为借阅时间的一半。

步骤五：根据借书种类、读者诚信度、预约情况确定借阅期限

首先，通过前几个步骤的分析，我们得到了不同种类图书的借阅期限及不同诚信等级的借阅期限。当读者借书时，分别对其所借图书种类和读者诚信等级进行判断，得到基于这两种指标的两个借阅期限，最终的借阅时间即为二者的平均值。其次，对预约情况的判断，确定其是否具有续借权限。最终的借阅期限即为借阅时间与续借时间之和。

5.2.2 多方式催还制度的建立

步骤一：用户对催还方式偏好的分析

根据参考文献^[3]中的“最愿意接受的催还方式”问卷调查中，对 236 名受访者进行了调查，调查结果如下：

表 5.2.3 用户对催还模式偏好的调查数据^[3]

调查问题	E-mail	手机短信	催还信函	论坛消息	公开通告	罚款	其他	备注： 此表为 多选题
以上催还方式愿意接受或者最希望哪种	26.2%	60.7%	5.6%	5.6%	0.0%	0.0%	1.8%	
对您来说以上哪种催还方式最有效	9.4%	45.3%	4.7%	13.2%	8.4%	16.9%	1.9%	

(注：① 该问卷调查的总数为 236 人；② 该问卷调查有 145 人 (61.3%) 受访者认为图书馆是有理由要求他们缴付罚款的。)

根据表中数据制成最愿意接受与最有效催还方式折线图，如下所示：

催还方式偏好调查结果折线图

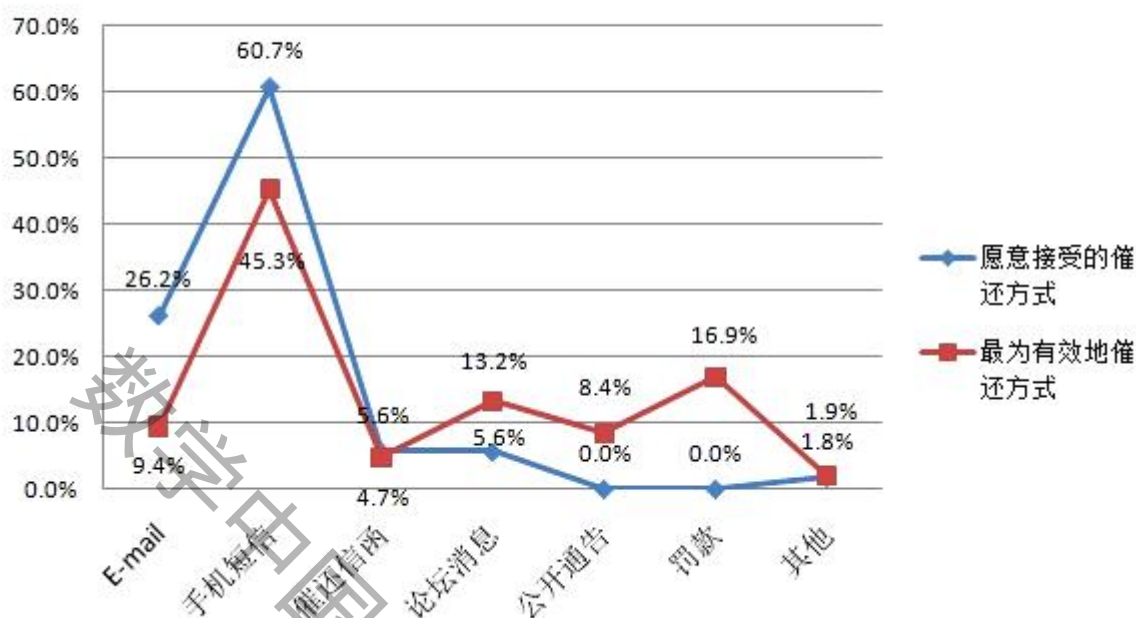


图 5.2.2 催还方式偏好调查结果折线图

根据上图可以看出手机短信催还方式是读者最愿意接受也是读者认为最有效的催还方式，60.7%的受访者（143 人）最愿意接收短信催还方式，45.3%（107 人）的受访者表示短信催还方式是最有效的；E-mail 催还方式也是读者愿意接受的，但是该催还方式的有效性相对较低，26.2%（62 人）的受访者愿意接受 E-mail 催还方式，只有 9.4% 的受访者认为该催还方式有效；罚款制度是读者不愿意接受却又比较有效地催还方式，没有读者愿意接受该催还方式，但有 16.9%（40 人）的读者认为该催还方式最有效；催还信函、论坛消息、公开通告等其他罚款方式催还效率与读者接受率均不高。

步骤二：催还制度的实施方案

图书馆的催还服务，无论用何种方式，本质上都是迫使用户按时归还图书馆资料，作为一种提醒，也作为对违规读者的威慑^[3]。我们根据上述调查结果的综合分析，提出一个多方式催还制度：

- 借阅图书时，将图书到期时间以短信的形式发送到读者手机；
- 图书到期前三天，催还通知将以 E-mail 的形式发送到读者邮箱；
- 图书到期前一天，催还通知将以手机短信的形式发送到读者手机；
- 图书超期时，不能办理续借；
- 图书超期时，采用罚款制度强制性归还图书。

（注：因为该问卷调查有 145 人（61.3%）受访者认为图书馆是有理由要求他们缴付罚款，且有 16.9%（40 人）的读者认为该催还方式最有效，所以尽管罚款制度是大家不喜爱的，但我们也采用了此制度。）

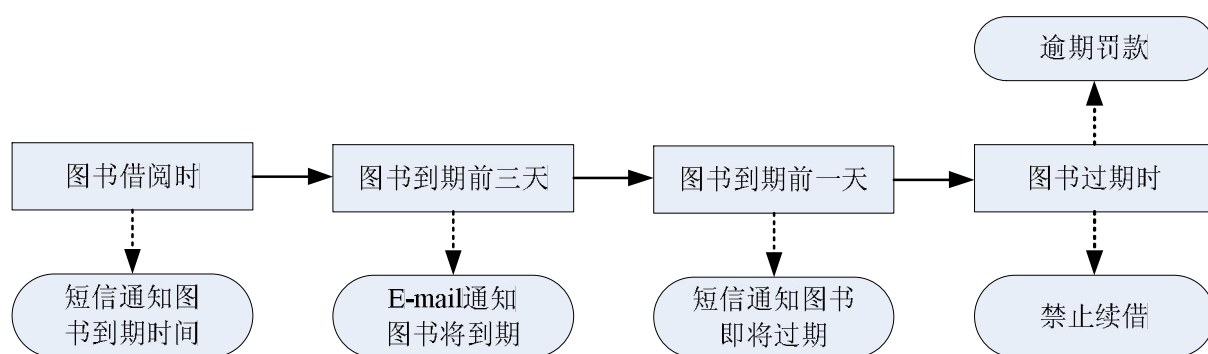


图 5.2.3 图书催还制度

5.2.3 罚款规则的确立

现阶段我国图书馆的罚款分为图书损坏（包括图书遗失）罚款和图书逾期罚款。图书损坏罚款是图书馆为了保证馆藏图书不受损害而采取的措施，该措施可提高读者对书籍的保护意识，减低图书的损坏率、丢失率；“逾期罚款”是图书馆针对图书超期现象采取的措施，该措施是减少图书超期现象的一种有效措施，使很多读者都按时归还图书。

但是罚款规则的确立是一个值得仔细思考的问题。罚款金额太少，对读者的惩罚效用就不大，不能起到督促读者的目的；罚款金额太高，容易引起读者的不满，并给读者造成一定的经济负担。

步骤一：现阶段各图书馆罚款制度的分析

根据西南大学和长江师范大学的问卷调查^[4]，得到下列统计数据：

表 5.2.4 读者对罚款制度的态度的统计情况

变量	读者图书逾期罚款		图书逾期罚款规定			读者遗失图书		图书遗失赔偿办法				
	缴纳过	没有缴纳过	合理	不合理	不知道	没有遗失过	遗失过	同版图书赔偿办法		原价几倍赔偿		不知道
选项								合理	不合理	合理	不合理	
人数	106	94	161	19	20	169	18	84	5	17	92	96
百分比	53	42	80.5	9.5	10	84.5	9	42	2.5	8.5	46	48

（注：该问卷调查总数为 200 人。）

西南大学和长江师范大学的罚款规则如下表所示：

表 5.2.4 西南大学和长江师范大学的罚款规则^[4]

学校名称	逾期罚款规则	图书遗失赔偿规则	
		同版图书赔偿	原价几倍赔偿
长江师范大学	0.1元/天	工本费：2元/册	1985年以前出版：图书原价 $\times 10$ 倍
			1985年-1995年出版：图书原价 $\times 5$ 倍
			1995年以后出版：图书原价 $\times 3$ 倍
西南大学	0.2元/天	工本费：5元/册	2000年以后出版：图书原价 $\times 3$ 倍
			1990年（含）以后出版：图书原价 $\times 5$ 倍

根据表 5.2.4 中数据，绘读者对图书逾期罚款规定合理性的看法的柱形图，其图形如下所示：



图 5.2.4 读者对图书逾期罚款规定合理性的看法

根据表 5.2.4 中数据，绘制读者对同版图书赔偿办法和原价几倍赔偿办法合理性看法柱形图，其图如下所示：

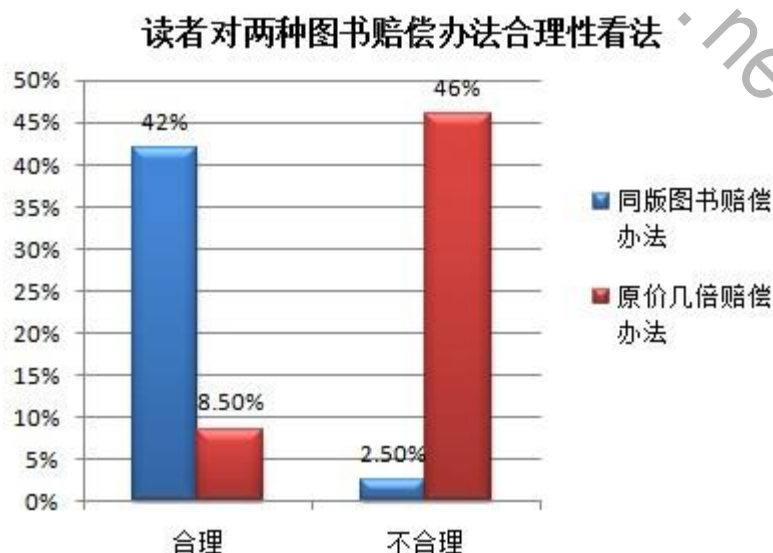


图 5.2.5 读者对同版图书赔偿办法和原价几倍赔偿办法合理性的看法

根据上图可以明显的看出大部分读者都认为图书逾期罚款是合理的，53%的受访者认为逾期罚款规则合理；对图书遗失规则中的两种赔偿办法合理性看法中，大多数受访者都认为同版图书赔偿办法更合理，42%的受访者认为同版图书赔偿办法是合理的，2.5%的受访者认为同版图书赔偿办法是不合理的，而 8.5%的受访者认为同版图书赔偿办法是合理的，46%的受访者认为同版图书赔偿办法是不合理的。因此，读者更倾向于图书超期时有逾期罚款、图书遗失时同版图书赔偿的罚款规则。

步骤二：罚款规则的确定

考虑到读者由于各种主客观因素不能将图书归还，我们定义一个图书归还的缓冲期，缓冲期设为三天，即到期三天以内的图书没有逾期罚款，逾期罚款从图书超期的第四天开始计算。为了降低图书超期现象的发生率，我们将对图书超期时间分段实施不同标准的超期罚款。对超期时间较长的情况处以严厉的惩罚，这样既保证了在迫不得已情况下需要短期超期的读者的利益，又能有效遏制长期占用图书的现象。但为了不给读者造成较重的经济负担，我们又提出最高逾期罚款金额不超过该书的遗失赔偿金额的规则，这也体现了罚款规则的人性化的特点。再结合对上述问卷调查结果的综合分析，建立了如下罚款规则：

- 普通图书遗失时，读者需向赔偿与图书原价相等的金额的罚金，再加一定的手续费；
- 对于脱销图书、具有收藏价值等无法买到同版的图书，需根据书的价值按照图书定价的三至五倍进行赔偿；
- 图书损坏按照每页 0.5 元的金额进行赔偿，赔偿的最高金额不超过遗失该书的赔偿金额，对于严重损坏的图书按照其遗失价格赔偿；
- 超期三天以内的图书归还时没有逾期罚款；
- 超期 4-8 天的图书按照每天 0.05 元的金额进行赔偿，超期 8 天以上的图书超出部分按照每天 0.5 元进行赔偿，其逾期罚款函数为

$$\begin{cases} 0 & t \leq 3 \\ 0.05 \cdot (t-3) & 3 < t \leq 8 \\ 0.25 + 0.5 \cdot (t-8) & 8 < t \leq (p-0.25)/0.5 + 8 \end{cases} \quad (\text{注： } p \text{ 该书的遗失赔偿金额， } t \text{ 为超期时间})；$$

- 图书逾期罚款的最高金额不超过该书的遗失赔偿金额。

根据此借阅规则，可得到某图书的三类罚款金额，如下图所示：

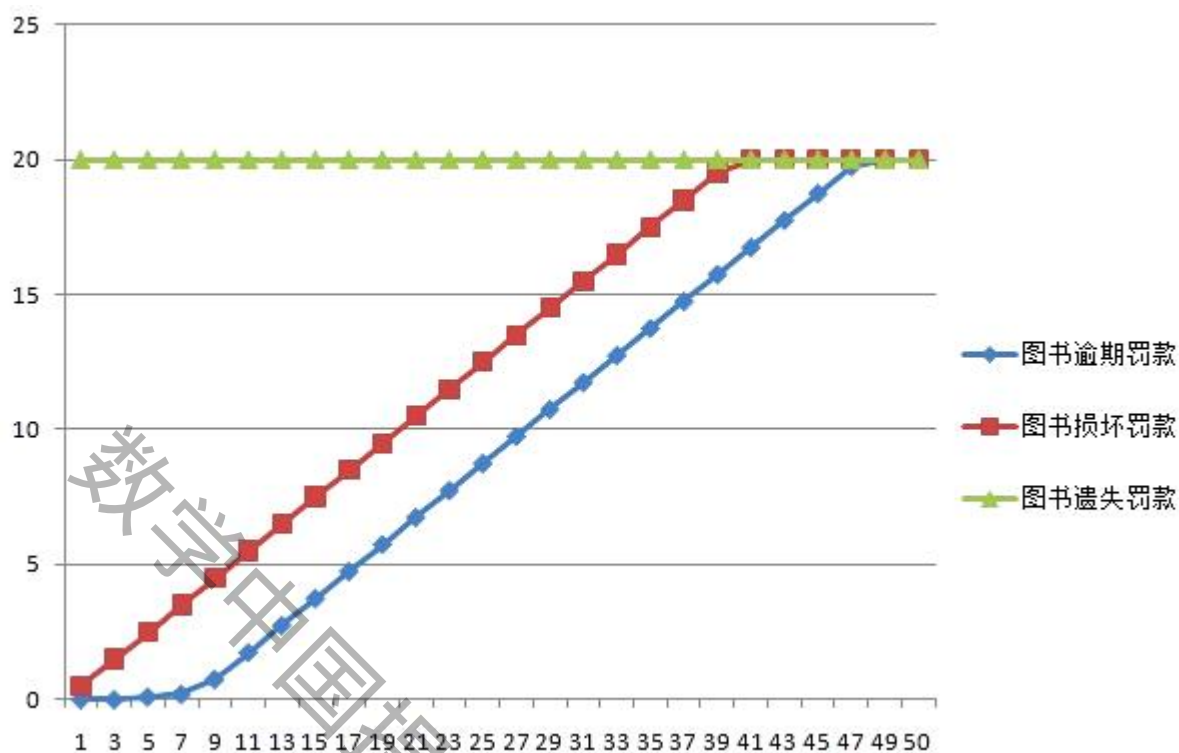


图 5.2.6 某图书各项罚款金额折线图

（注：① 对于图书逾期罚款折线，横轴表示图书超期时间；② 对于图书损坏罚款折线，横轴表示图书损坏页数；③ 对于图书遗失罚款折线，该罚款金额为固定值，与横坐标无关；④该图中假设图书遗失赔偿金额为20元。）

5.2.4 图书管理方案的评价

根据前面步骤的求解，我们确定了一个完整的图书管理方案，其具体流程如下：

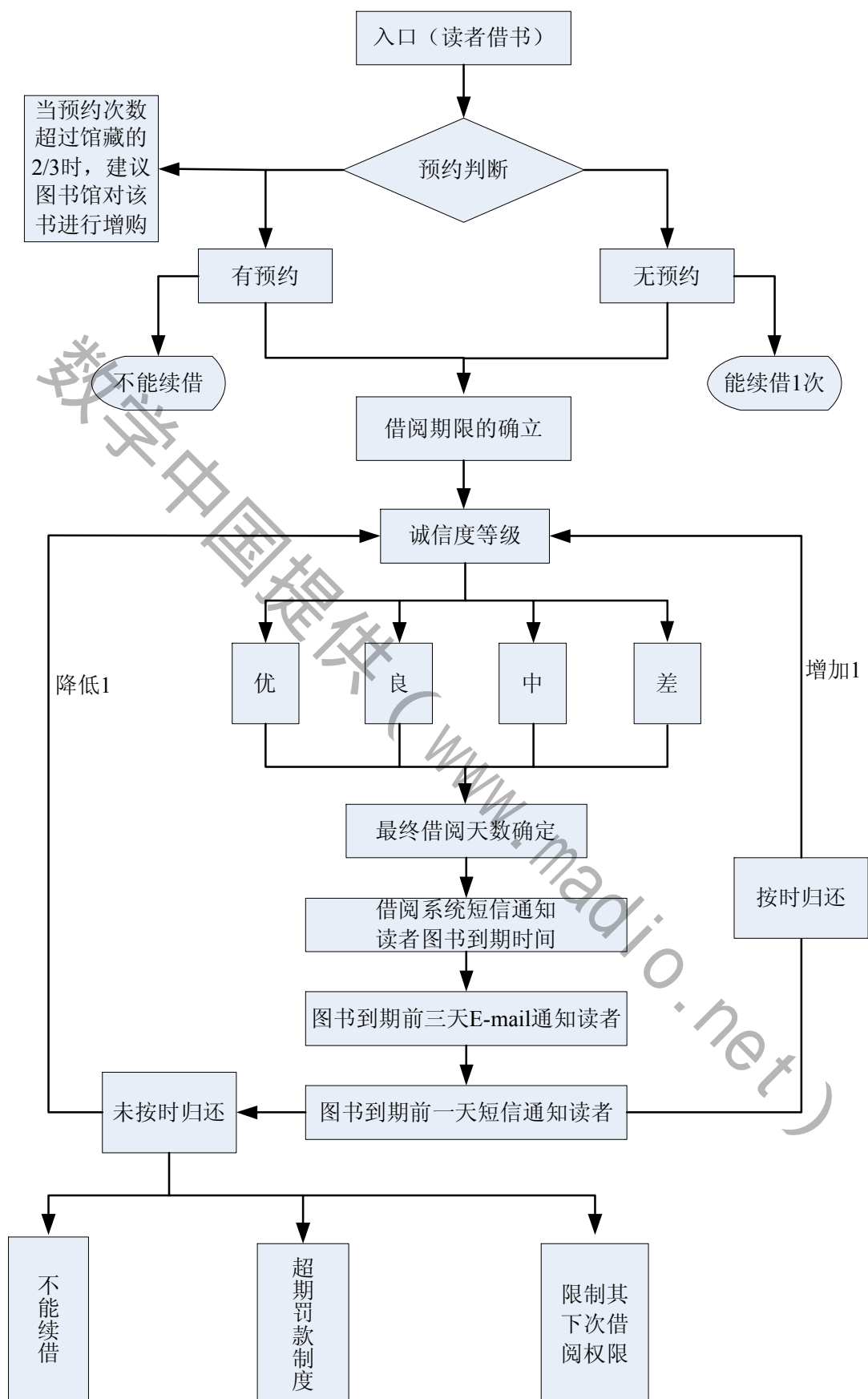


图 5.2.7 图书借阅规则流程图

(注：当某本书的预约人数大于此书馆藏数量时，系统将会提示读者此书的预约人数，以减少读者盲目排队状态；当被预约的图书归还后，系统通过手机短信和 E-mail 的方式通知读者预约图书已经可以借阅；当预约图书归还后，预约者在 5 天之内没有借阅此书，系统自动将此书借给下一个预约者或其他有需要的读者。)

关于借阅期限规则指标：此图书管理方案的动态借阅规则是以提高图书利用率、降低图书超期率为目的设计的，其中的对超期图书进行分类规定借阅期限的规则使改善图书超期程度得到改善，缩短了超期图书的超期时间，提高了图书的利用率；对于有预约的图书限制其续借权利的规则，缩短了被预约图书的图书周转周期，让热门图书可以被更多的读者借阅，既提高了读者满意度，也提高了图书利用率；对于读者诚信度影响借阅权限的规则，诚信度低的读者限制其借阅权限，此规则对读者还书具有一定的强制作用，读者会尽量按时还书以提高自己的借阅期限。

关于催还制度指标：此图书管理方案提出了一个多方式催还制度，首先，在读者借阅图书时就以手机短信的方式通知读者图书到期时间，让读者清晰地了解所借图书的到期时间。然后在图书到期前三天和图书到期前一天分别通过 E-mail 和手机短信的方式提醒读者图书将过期，这样的多次提醒可以引起读者的注意，降低读者因忙于工作、学习等原因而忘记归还图书的发生率。最后，当图书超期未归还时，限制读者的续借权限并实施罚款制度，这也在一定程度上督促读者还书的一种合理方式。

关于罚款规则指标：此图书管理方案提出的罚款规则中，充分体现了罚款制度的人性化和有效性的特点。给予读者一个归还图书的缓冲期，即图书到期时间为三天以内的图书不罚款，并对逾期罚款金额设定了一个上限，即最大逾期罚款金额不超过该图书的遗失赔偿金额，一次减轻对读者造成的经济负担，充分体现了此罚款规则人性化的特点。

六、 模型的评价及推广

6.1 模型的优点

问题一模型利用程序来实现随机过程，剔除了实验结果的主观性因素，使之更加客观，减小误差。当读者人数，各类图书的借阅期限，图书的预约成功率这其中有任何变化只需在程序中修改其对应变量的值，不必作大幅修改。程序的适应程度高。

问题二模型将图书管理方案分为三个部分：借阅期限制定规则、催还制度、罚款规则，三个部分相辅相成。根据三部分各自的特点分别制定相关规则，既体现了图书管理方案的科学性、有效性，也很人性化，有利于维系读者与图书管的良好借阅关系。

6.2 模型的缺点

问题一模型假设预约图书被归还后全部由预约者借阅，不存在预约失效，没有考虑预约失效对预约成功率的影响，使预约成功率比实际值稍高，略微夸大了图书预约系统对提高图书流通率的作用。

问题二模型预约情况的分析只分为有预约和没有预约的两种情况。对于预约人数多少并没有讨论，虽然在节约过程中会提示读者预约人数过多，但没有制定一个切实可行的办法来解决此问题，所以此模型仍存在一定的局限性。

七、 参考文献

- [1]. 刘竹梅.合理制定“借阅期限”提高图书流通率[J].山东图书馆季刊, 2002. 4; 41,42.
- [2]. 王作成,高玉兰. 满意度调查中样本数量的确定[OL]. 市场研究,2005.4.
- [3]. 楼晶.国内图书馆弹性借期制下的催还模式研究[J].图书馆学刊, 2008.4; 90-92,98.
- [4]. 张旭.高校图书馆规章制度中有关罚款规定的合理性分析[J].大众科技, 2009.10; 157-158.

数学中国提供 (www.madio.net)

八、 附录

1. 没有预约情况下图书的周转周期

```
#include<time.h>
#include<stdlib.h>
#define READER_NUMBER 100    /*读者人数*/
#define BORR_TIME 30         /*图书的借阅期限*/
struct reader                 /*定义读者结构体中的各个属性*/
{
    char book_class;          /*读者所借图书的类号*/
    int borrow_time;           /*读者所借的该类图书的借阅期限*/
    int borrow_again;          /*读者是否续借图书变量。0 为不续借,1 为续借*/
    int borrow_agtime;         /*读者所借的该类图书的续借时间*/
};

int generate_boragain(void)    /*产生续借随机变量(0,1) 0 为不续借,1 为续借*/
{
    int p=0;
    int yn=0;
    yn=(rand()>>3)%2;
    return(yn);
}

void wt(int num)
{
    int i=0,zongtime=0;
    int total_time[READER_NUMBER]={0,0};
    struct reader readnum[READER_NUMBER];
    printf("\n----- 无预约下的图书周转周期 -----\n\n");
    printf("读者序号    图书类型    借阅时间    是否续借    续借后的借阅时间\n");
    for(i=0; i<num; i++)
    {
        readnum[i].book_class='A';
        readnum[i].borrow_time=BORR_TIME;
        readnum[i].borrow_again=generate_boragain();
        if(readnum[i].borrow_again)
            readnum[i].borrow_agtime=(readnum[i].borrow_time)/2;
    }
}
```

```

        else
            readnum[i].borrow_agtime=0;
            total_time[i]=readnum[i].borrow_time+readnum[i].borrow_agtime;
        }
    for(i=0; i<num; i++)
    {
        zongtime=zongtime+total_time[i];
        printf("%4d %11c %12d %9d %13d\n",
i+1,readnum[i].book_class,readnum[i].borrow_time,readnum[i].borrow_again,total_time[i]);
    }
    printf("\n A 类图书的平均周转周期为 %5d\n",zongtime/READER_NUMBER);
}

void main()
{
    int a=0;
    a=READER_NUMBER;
    srand((unsigned)time(0));
    wt(a);
}

```

2. 有预约情况下的图书周转周期 以 T 类图书为例

有预约情况下的 T 类图书的平均周转周期

```

#include<stdio.h>
#include<time.h>
#include<stdlib.h>
#define READER_NUMBER 100      /*读者人数*/
#define BORR_TIME 13          /*图书的借阅期限*/
#define SUCC_RESE 80           /*图书的预约成功率*/
struct reader                  /*定义读者结构体中的各个属性*/
{
    char book_class;           /*读者所借图书的类号*/
    int reservation;           /*读者是否预约图书变量。0 为不预约,1 为预约*/
    int borrow_time;           /*读者所借的该类图书的借阅期限*/
    int borrow_again;          /*读者是否续借图书变量。0 为不续借,1 为续借*/
    int borrow_agtime;         /*读者所借的该类图书的续借时间*/
};

```

```

int generate_reserve(void)    /*产生预约随机变量(0,1) 0 为不续借,1 为续借*/
{
    int yn=0;
    yn=(rand()>>3)%2;
    return(yn);
}

int generate_boragain(void)    /*产生续借随机变量(0,1) 0 为不续借,1 为续借*/
{
    int xujie=0;
    xujie=(rand()>>3)%2;
    return(xujie);
}

void wt(int num)
{
    int total_time[READER_NUMBER]={0,0};
    int i=0,p=0,zongtime=0,nresum_time=0,resum_time,sum_time;
    struct reader readnum[READER_NUMBER];
    printf("\n----- 有预约下的图书周转周期 -----\n\n");
    printf("读者序号    图书类型    借阅时间    是否有预约    可否续借    总借阅时\n");
    for(i=0; i<num; i++)
    {
        readnum[i].book_class='T';
        readnum[i].borrow_time=BORR_TIME;
        readnum[i].reservation=generate_reserve();
        if(readnum[i].reservation)
        {
            readnum[i].borrow_again=0;
            readnum[i].borrow_agtime=0;
            p++;
        }
        else
        {
            readnum[i].borrow_again=generate_boragain();
            if(readnum[i].borrow_again)
                readnum[i].borrow_agtime=BORR_TIME/2;
            else
                readnum[i].borrow_agtime=0;
        }
        total_time[i]=readnum[i].borrow_time+readnum[i].borrow_agtime;
    }
}

```



```
        for(i=0; i<num; i++)
        {
            zongtime=zongtime+total_time[i];
            printf("%4d %11c %12d %9d %10d %13d\n",

i+1,readnum[i].book_class,readnum[i].borrow_time,readnum[i].reservation,readnum[i].borro
w_again,total_time[i]);
        }
        for(i=0; i<num; i++)
        {
            if(readnum[i].reservation==0)
                nresum_time=nresum_time+total_time[i];
            resum_time=p*(SUCC_RESE/100)*BORR_TIME;
            sum_time=nresum_time+resum_time;
        }
        printf("\n T 类图书的平均周转周期  %5d\n",sum_time/READER_NUMBER);
    }
}
```