

2008 高教社杯全国大学生数学建模竞赛

承 诺 书

我们仔细阅读了中国大学生数学建模竞赛的竞赛规则。

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。

我们参赛选择的题号是（从A/B/C/D中选择一项填写）： B

我们的参赛报名号为（如果赛区设置报名号的话）： 1920

所属学校（请填写完整的全名）： 华南农业大学

参赛队员（打印并签名）： 1. 吴 沛

2. 林 华 秋

3. 黄 伟 光

指导教师或指导教师组负责人（打印并签名）： 房少梅

日期： 2008 年 9 月 22 日

赛区评阅编号（由赛区组委会评阅前进行编号）：



2008 高教社杯全国大学生数学建模竞赛

编 号 专 用 页

赛区评阅编号（由赛区组委会评阅前进行编号）：

赛区评阅记录（可供赛区评阅时使用）：

| | | | | | | | | | | |
|-------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| 评 阅 人 | | | | | | | | | | |
| 评 分 | | | | | | | | | | |
| 备 注 | | | | | | | | | | |

全国统一编号（由赛区组委会送交全国前编号）：

全国评阅编号（由全国组委会评阅前进行编号）：



高等教育学费标准的探讨

摘要：本文根据我国高等教育发展的实际需要，探讨高等教育学费标准的制定问题。在对相关数据进行收集并用数据挖掘的知识对数据进行分析的基础上，首先通过建立学费规律模型找到当前学费制定的标准，然后建立学费评价模型对原有学费标准进行评价，接着提出学费寻优模型找出最佳学费价格，并结合此模型建立学费控制模型对最佳学费价格进行调控，最后再给有关部门提出有关学费标准的建议。

模型 I 学费规律模型。本文通过分析学费与生均事业性经费支出等量的关系，运用多元回归分析的方法，建立了反映当前学费制定规律的多元线性回归方程。对不同类别学校的情况进行回归分析，并引入能够反映专业差异的学费专业差异常数项，更好的表达学费在不同类别学校间和不同专业间的差别。

模型 II 学费评价模型。本文通过定义由学费的近期满意度和远期满意度所组成的综合满意度，来对学费标准进行评价。其中，近期满意度由学生近期满意度、学校近期满意度和政府近期满意度组成，并通过动态加权的方法综合，让模型更好的顾及三者的利益。通过对高等教育“性价比”的研究，建立了高校教育质量与经费关系的 logistic 模型。在远期满意度的定义中，引入个人收益率和社会收益率的概念，并用经济学的理论建立个人收益率模型和社会收益率模型来对这两个量进行求解。通过建立本评价系统，实现对模型 I 学费标准的评价，经过对收集的相关数据进行分析，得到的结论是近几年的学费标准并不令人满意，学费价格偏高。

模型 III 学费寻优模型。本文建立多目标规划模型来对学费进行寻优。在规划目标的制定上，综合考虑学生、学校、政府的利益，以及近期利益和远期收益，然后采用模拟退火算法来寻求学费的最优值，将得到的最优学费带入模型 II 中进行评价，通过比较，发现模型 III 的学费标准相对模型 I，满意度有明显的提高，从而进一步验证了模型的有效性。最后对模型 III 进行灵敏度分析，得到模型稳定的结果。

模型 IV 学费控制模型。结合模型 III 灵敏度分析，建立学费控制模型。

本文的亮点在于：学费评价系统对学费近期满意度和远期满意度的考虑，以及对学生、学校、政府三者利益的平衡；对三者满意度进行动态加权；高校教学质量模型、个人收益率模型、社会收益率模型的建立；学费寻优模型对多个目标的考虑；模型 III 求解算法的设计；学费控制模型的提出。

关键词：数据挖掘；多元回归分析；满意度；多目标规划；模拟退火；学费控制

1. 问题的重述

高等教育事关高素质人才培养、国家创新能力增强、和谐社会建设的大局，因此受到党和政府及社会各方面的高度重视和广泛关注。培养质量是高等教育的一个核心指标，不同的学科、专业在设定不同的培养目标后，其质量需要有相应的经费保障。高等教育属于非义务教育，其经费在世界各国都由政府财政拨款、学校自筹、社会捐赠和学费收入等几部分组成。对适合接受高等教育的经济困难的学生，一般可通过贷款和学费减、免、补等方式获得资助，品学兼优者还能享受政府、学校、企业等给予的奖学金。

学费问题涉及到每一个大学生及其家庭，是一个敏感而又复杂的问题：过高的学费会使很多学生无力支付，过低的学费又使学校财力不足而无法保证质量。学费问题近来在各种媒体上引起了热烈的讨论。

根据中国国情，收集诸如国家生均拨款、培养费用、家庭收入等相关数据，并据此通过数学建模的方法，就几类学校或专业的学费标准进行定量分析，得出明确、有说服力的结论。数据的收集和分析是建模分析的基础和重要组成部分。论文必须观点鲜明、分析有据、结论明确。

最后，根据建模分析的结果，给有关部门写一份报告，提出具体建议。

2. 问题的分析

2.1 影响学费价格因素的分析

高校的教学成本。学费的多少最根本还是决定与高校教学成本的多少，高校教育经费的多少，直接影响学费的多少。

居民社会承受能力。居民用于包括学费在内的教育支出是其总支出的一部分，支付学费的能力取决于居民支出的结构和水平，最终取决于其收入水平。当前我国公立高校的学费水平而言，无论是从国际比较与是从我国居民的实际承受能力来说，都已达到了一个非常高的水平。在欧美发达国家，家庭收入普遍较高，公立高校学生平均成本的20%需要受教育者补偿时，这种负担的绝对数虽然很高，但也仅占一般家庭收入的10%-15%左右。在中等收入国家，如果学生平均成本中的20%需要受教育者补偿时，这种负担一般占人均可支配收入的25%-30%左右。而在低收入国家，这种负担可达到50%以上。因此，在进行同等教育成本补偿时，对个人或家庭所产生的经济压力在发达国家和发展中国家差别较大。

国家高等教育的财政政策。高等教育成本主要有两类补偿主体：政府与学生（或学生家庭）。政府补偿的比例取决于政府的高等教育财政政策。

高等教育的个人收益。根据谁受益谁付费的原则，高等教育的受益方应当成为教育成本的分担者，因此在制定高等教育学费标准时，个人收益率的变化就成为一个很重要的影响因素。

高等教育的社会收益。高等教育事关高素质人才培养、国家创新能力增强、和谐社会建设的大局，因此受到党和政府及社会各方面的高度重视和广泛关注。

社会收益的多少直接关系到政府对高等教育投资的多少，也间接对学费的多少造成影响。

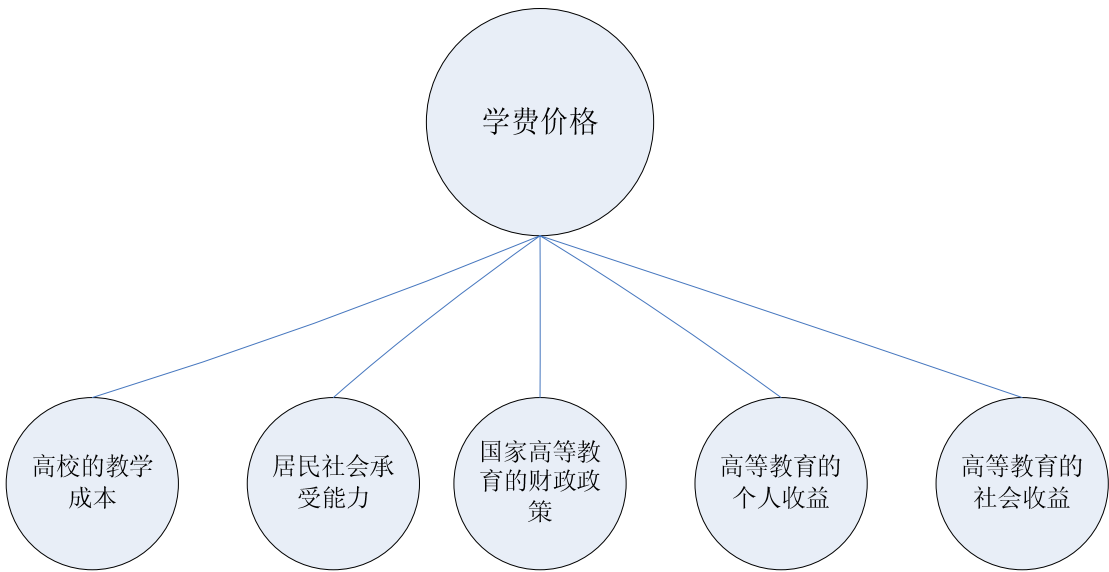


图 1 影响学费价格因素

2.2 各类学校学费及各专业学费差异分析

我们将学校分成一本，二本，大专三类，把专业分成理工类、文科类、艺术类三类。分析这些不同类学校，不同类专业的历年学费值，有：

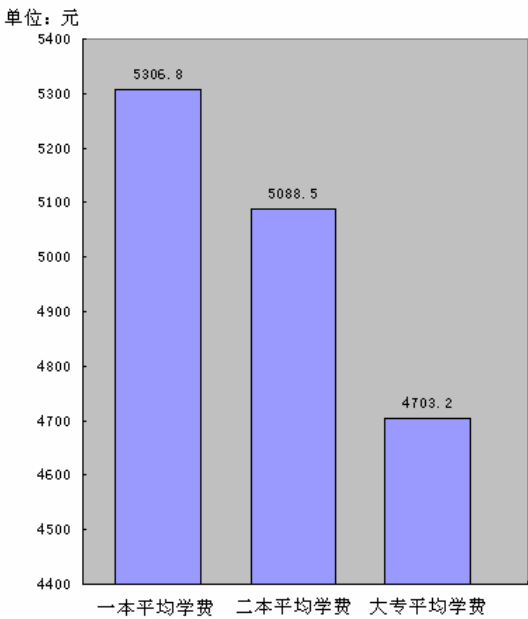


图 2 不同类学校的平均学费

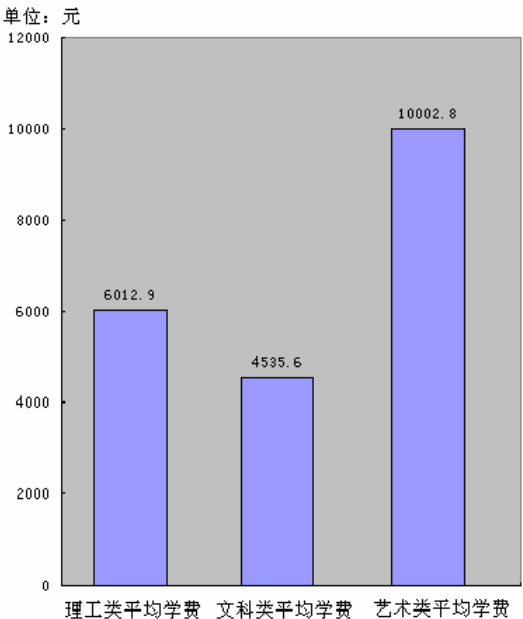


图 3 不同专业的平均学费

2.3 对问题所需数据的收集和分析

由于题目没有给出具体数据，所以需要寻找和处理数据，为模型的分析与求解服务。这里利用到数据挖掘的知识，包括数据审查、数据清理、数据转换和数据验证四大步骤。根据模型需要用到的因素，我们找到 2002-2006 年的中国统计年鉴、中国教育经费统计年鉴等统计量，进而分析数据。根据处理对象的特点及

每一步骤的不同目标,对数据进行预处理,统计数据预处理可采用的方法包括描述及探索性分析、缺失值处理、异常值处理、数据变换技术、信度与效度检验、宏观数据诊断等六大类。我们选用恰当的方法开展统计数据预处理,以保证数据分析结论真实、有效。

其中由于 2005 年的教育经费数据缺失严重,在力不能及的情况下,我们选择跳过 05 年的数据,在模型和分析上做了相关的处理。最后我们整理得到的资料:在年份上包括 2002、2003、2004、2006 年次;在教育经费上包括分地区普通高等学校的各种收入、支出与生均支出数据,分地区一本与二本的普通高等学校的各种收入、支出与生均支出数据,在教育情况上包括各级各类学校情况、各级各类学生情况等;在民生上包括人民生活基本情况、居民年均收入、支出与消费的统计情况,还有城镇居民与农村居民的差异情况等。我们相信处理后的数据是真实、有效的。

3. 模型的假设

- (1)假设我国高等院校招生人数不受市场经济规律的调控;
- (2)假设我国高等院校都不是以盈利为目的,筹集资金只是为了自身的建设;
- (3)假设一本高校都是中央属学校,二本高校都是地方属学校;
- (4)假设高校只分成一本,二本和大专三类,专业的分类只分成理工类、文科类、艺术类;
- (5)假设所使用的数据都真实准确;
- (6)假设大学生毕业工作后银行储存利率不变;
- (7)假设教育劳动生产率的增长率不变。

4. 符号约定

T_1 : 一本普通高等学校生均实际学费;

T_2 : 二本普通高等学校生均实际学费;

E : 综合满意度;

S : 近期满意度指标;

L : 远期满意度指标;

D_1 : 学生近期满意度;

D_2 : 学校近期满意度;

D_3 : 政府近期满意度;
 R_1 : 高等教育的个人收益率;
 R_2 : 高等教育的社会收益率;
 Q : 高校教学质量模型;
 f : 生均学费;
 A : 国家生均补助;
 N : 每年校均招生人数;
 V : 学生大学四年总支出;
 C : 教育总成本;
 F : 每年校均经费;
 W : 每个家庭平均年纯收入。

注：关于钱的量如不特别说明，都以元为单位。

5. 模型的建立与求解

我们建模的总思路是：首先根据近几年的高校学费及相关数据用多元回归分析的方法建立了能够反映当前学费制定规律的学费规律模型，然后再建立能够对学费价格进行评价的学费评价模型，并对近几年的高校学费进行评价，接着提出能够寻找最佳学费价格的学费寻优模型，并结合此模型建立了能够方便相关部门控制最佳学费价格的学费控制模型。

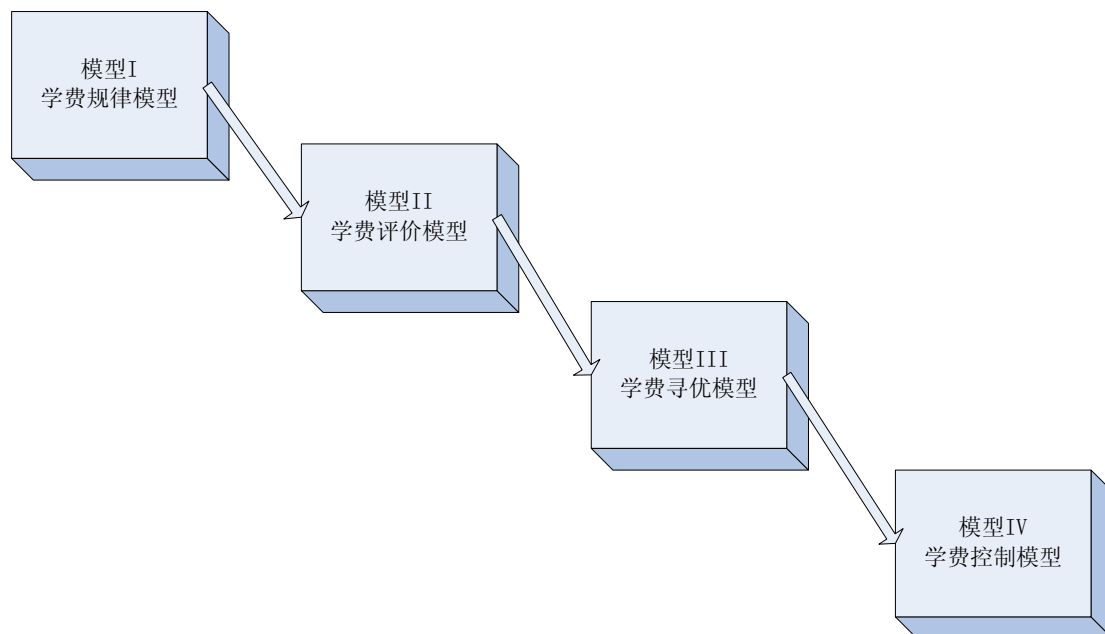


图 4 建模总思路

5.1 模型 I——学费规律模型的建立与求解

我们为了找到当前学费价格的制定规律,运用多元线性回归的方法建立了学费规律模型。

注意:由于大专类高校的数据较难找,所以我们这里只对一本,二本类学校进行回归分析。

5.1.1 我国普通高等学校学费情况及特点

(1)普通高校学费的总体情况

近几年,随着我国普通高等学校招生人数的迅速增长,普通高校的生均实际学费不断提高(见表1),2006年达到5218.87元,2002~2006年期间生均实际学费逐年递增。由此导致我国普通高校生均实际学费与生均事业性经费支出之比从2002年的35.24%提高到2006年的39.72%,提高了近5个百分点。2006年我国普通高校的学费已占学校事业性经费支出的近四成,这个比例远高于国外的水平。

表1 2002~2006年我国普通高校生均实际学费与教育经费支出情况表

| 年份 | 教育经费支出(万元) | 生均教育经费支出 | 实际收取的学费(万元) | 生均实际学费(元) | 生均事业性经费支出(元) | 生均实际学费与事业性经费支出之比(%) |
|------|------------|----------|-------------|-----------|--------------|---------------------|
| 2002 | 13981627.2 | 15119.56 | 4038636.6 | 4367.33 | 12394.32 | 35.24 |
| 2003 | 17122424.8 | 14962.77 | 5330225.7 | 4657.92 | 12147.76 | 38.34 |
| 2004 | 20208857.8 | 14928.92 | 6653772.1 | 4915.35 | 12122.22 | 40.54 |
| 2006 | 25907432.7 | 15332.80 | 8818205.3 | 5218.87 | 13136.34 | 39.72 |

注:①表中数据是根据各年的《中国教育经费统计年鉴》计算而得;②实际学费指学校按照规定的标准向学生实际收取的学费,生均实际学费的计算方法:先按照经费支出和生均经费支出求出年平均学生数,再用实际学费除以年平均学生数;③生均教育经费支出包括生均事业性经费支出和生均基建支出两部分。

(2)普通高校学费在不同类别高校间存在差异

从不同属性的高校来看,2006年一本普通高等学校生均实际学费(5218.87元)与二本普通高等学校生均实际学费(4830.28元)相差无几,甚至要高,但一本普通高校的生均教育经费支出和生均事业性经费支出(分别为24740.35元和21701.16元),却是二本普通高校生均教育经费支出和生均事业性经费支出(分别为13231.01元和11080.44元)的近两倍。2006年一本普通高校的生均实际学费与生均事业性经费支出之比为24.04%,而二本普通高校的这一比例却高达43.59%。

(3)普通高校学费在不同地区间存在显著差异

从不同地区的高校来看,生均实际学费(见附录1的表1)、生均经费支出以及学费与事业性经费支出之比(限于篇幅,详表略)的地区差异都很大。2006年

一本普通高校生均实际学费最高的广东(8730.66 元)是最低的福建(3467.76 元)高出 2.52 倍,各地区一本普通高校生均实际学费的标准差系数为 0.2024;二本普通高校生均实际学费最高的浙江(7649.53 元)是最低的内蒙古(3431.821602 元)高出 2.23 倍,各地区二本普通高校生均实际学费的标准差系数为 0.239。

5.1.2 普通高等学校学费的影响因素分析

事业性经费支出、预算内事业性经费拨款占教育经费收入比重,以及事业收入中非学费收入所占比重等因素对高校学费的影响。

从理论上分析,首先,如前所述,学费作为普通高等学校收入的一部分,与学校的经费支出,尤其是事业性经费支出有关。其次,学费与教育经费收入中除学费外的其他主要收入所占比重有关。由于普通高等学校教育经费收入中,预算内事业性经费拨款与事业收入之和占了绝大部分(2006 年的比重为 79.36%),因此,学费应与预算内事业性经费拨款占教育经费收入比重,以及事业收入中非学费收入所占比重有关。根据对实际数据的观察,我们也得出了同样的结论。

各地经济发展水平与普通高等学校学费的关系。

根据附录 1 的表 1 中的数据,我们分别计算一本和二本普通高等学校生均实际学费与地区人均 GDP 的相关系数,结果分别为 0.18 和 0.74,说明一本普通高等学校生均实际学费与地区人均 GDP 基本无关,二本普通高等学校生均实际学费与地区人均 GDP 中度相关。直接观察数据可以看出,二本普通高等学校学费最高的 10 个地区中有 7 个是东部地区,学费最低的 11 个地区中有 9 个是西部地区;一本普通高等学校学费最高的 5 个地区中有 3 个是东部地区,2 个是西部地区。学费最低的 5 个地区中有 4 个是东部地区,1 个是中部地区。可见,二本普通高等学校的学费,东部地区普遍较高,西部地区普遍较低;一本普通高等学校学费的东中西部差距不明显。这说明二本普通高等学校的学费与地区的经济发展水平有关,而一本普通高等学校的学费与地区经济发展水平的相关性较低。综合上述分析可以得出,普通高校学费的主要影响因素有事业性经费支出、预算内事业性经费拨款占教育经费收入比重、事业收入中非学费收入所占比重和人均 GDP(仅限于二本普通高校)。

5.1.3 普通高等学校学费模型的建立

(1)一本普通高等学校生均实际学费模型

根据上述分析,我们建立一本普通高等学校生均实际学费模型形式如下:

$$T1 = C(1) + C(2) \times E1 + C(3) \times B1 + C(4) \times N1 \quad (1.1)$$

其中, $T1$ 、 $E1$ 、 $B1$ 、 $N1$ 分别表示一本普通高等学校生均实际学费、生均事业性经费支出、预算内事业性经费拨款占教育经费收入百分比、事业收入中非学费收入所占百分比。 $C(1)$ 、 $C(2)$ 、 $C(3)$ 、 $C(4)$ 表示待估计的参数。

采用 SAS 编程得到:

| The SAS System | | | | | | |
|-----------------------|----|--------------------|----------------|---------|---------|-----------------------|
| The REG Procedure | | | | | | |
| Model: MODEL1 | | | | | | |
| Dependent Variable: Y | | | | | | |
| Analysis of Variance | | | | | | |
| Source | DF | Sum of Squares | Mean Square | F Value | Pr > F | |
| Model | 3 | 30827785 | 10275928 | 18.61 | <.0001 | |
| Error | 16 | 8836030 | 552252 | | | |
| Corrected Total | 19 | 39663815 | | | | |
| Root MSE | | 743.13652 | R-Square | 0.7772 | | |
| Dependent Mean | | 5193.63443 | Adj R-Sq | 0.7355 | | |
| Coeff Var | | 14.30860 | | | | |
| Parameter Estimates | | | | | | |
| Variable | DF | Parameter Estimate | Standard Error | t Value | Pr > t | Standardized Estimate |
| Intercept | 1 | 7454.06540 | 1015.58192 | 7.34 | <.0001 | 0 |
| X1 | 1 | 0.22461 | 0.03328 | 6.75 | <.0001 | 1.00294 |
| X2 | 1 | -73.65132 | 15.95009 | -4.62 | 0.0003 | -0.61187 |
| X3 | 1 | -77.49088 | 12.38263 | -6.26 | <.0001 | -0.97184 |

图 5 sas 程序运行结果截图

根据以上的结果。 F 值小于 0.0001，模型是有效的，可以写出模型的估计式如下：

$$T1 = 7454.06540 + 0.22461 \times E1 - 73.65132 \times B1 - 77.49088 \times N1$$

由上式可知：在其它自变量不变的情况下。一本普通高等学校生均事业性经费支出每增加 1000 元，生均实际学费平均提高 224.61 元；预算内事业性经费拨款占教育经费收入的比重每提高 1 个百分点，生均实际学费平均降低 73.65132 元；事业收入中非学费收入所占比重每提高 1 个百分点，生均实际学费平均降低 77.49088 元。

(2)二本普通高等学校生均实际学费模型

由于二本普通高等学校生均实际学费与地区的经济水平发展有关，因此我们希望在建立二本普通高等学校生均实际学费模型时加人人均 GDP 这一指标。考虑到人均 GDP 与生均事业性经费支出高度线性相关(相关系数为 0.81)，直接引入模型会使自变量之间产生多重共线性。我们改为引人生均事业性经费指数这一指标。它是生均事业性经费支出与人均 GDP 之比，在生均事业性经费支出一定的情况下，它与人均 GDP 成反比。经过以上分析，我们建立二本普通高等学校生均实际学费模型形式如下：

$$T2 = C'(1) + C'(2) \times E(2) + C'(3) \times B(2) + C'(4) \times N2 + C'(5) \times I2 \quad (1.2)$$

其中， $T2$ 、 $E2$ 、 $B1$ 、 $N2$ 、 $I2$ 分别表示二本普通高等学校生均实际学费、生均事业性经费支出、预算内事业性经费拨款占教育经费收入百分比、事业收入中非学费收入所占百分比、生均事业性经费指数。 $C'(1)$ 、 $C'(2)$ 、 $C'(3)$ 、 $C'(4)$ 、 $C'(5)$ 表示待估计的参数。根据 31 个地区二本普通高等学校 2006 年的经费数据，估计方法和过程与 1 中类似(限于篇幅，估计过程和结果表略)。

利用 SAS 编程得到数据并写出模型的估计式如下：

$$T2 = 5491.65464 + 0.16069 \times E2 - 31.73283 \times B2 - 6.32925 \times N2 - 13.50043 \times I2$$

由上式可知：在其它自变量不变的情况下。二本普通高等学校生均事业性经费支出每增加 1000 元，生均实际学费平均提高 160.69 元；预算内事业性经费拨款占教育经费收入的比重每提高 1 个百分点，生均实际学费平均降低 31.73283 元的业收入中非学费收入所占比重每提高 1 个百分点，生均实际学费平均降低 6.32925 元；生均事业性经费指数每提高 1 百分点(在生均事业性经费支出不变化的情况下，相当于地区人均 GDP 减少)。生均实际学费平均降低 13.50043 元。

(3)模型的进一步讨论：

由于以上的模型的数据的求解是在生均数据基础之上的，并没有考虑到各专业之间的差异，现在本文对以上模型进行进一步的讨论。

根据北京市中央部属高校本专科生学费标准：重点院校一般专业不超过 5000 元，理工科专业不超过 5500 元，外语医科专业不超过 6000 元，艺术专业不超过 1 万元。可以知道各专业的学费之间只是相差一个常数，因此，为了区分不同专业的学费的不同，我们采取一种简单的处理办法：

$\Delta T1$ = 属国家普通高等学校生均学费 - 各专业属国家高等学校的生均学费再令：

$$T'1 = T1 + \Delta T1$$

属地方普通高等学校生均学费也可以按照该方法进行相应的处理。

$\Delta T2$ = 属地方普通高等学校生均学费 - 各专业属地方高等学校的生均学费

$$T'2 = T2 + \Delta T2$$

例如，按照该方法求得北京重点院校各专业的学费：

北京重点院校理工专业的学费：

$$(T1)_1 = 7107.36540 + 0.22461 \times E1 - 73.65132 \times B1 - 77.49088 \times N1$$

北京重点院校外语医科专业学费为：

$$(T1)_2 = 7607.36540 + 0.22461 \times E1 - 73.65132 \times B1 - 77.49088 \times N1$$

北京重点院校艺术专业学费：

$$(T1)_3 = 11607.36540 + 0.22461 \times E1 - 73.65132 \times B1 - 77.49088 \times N1$$

5.2 模型 II——学费评价模型的建立与求解

对所制定的学费标准是否满意，我们从评价时间和评价者两个角度来建立评价系统。

从评价时间考虑，我们设置了近期满意度指标和远期满意度指标，这主要是考虑到评价者对学费标准进行评价时既会从眼前的得益考虑，也会从长远的得益考虑。

从评价者角度，我们考虑到学费的制定应该能够顾及到学生、学校和政府的利益，所以要考虑这三者的满意程度，于是在设置近期满意度指标的时候从学生、学校和政府三者的近期满意度来进行设计。而在设计远期满意度的时候则是从个人收益率和社会收益率的角度来设计。



图 6 学费评价系统满意度关系图

5.2.1 近期满意度指标

对于近期满意度指标，我们从学生、学校和政府三者的近期满意度来设计。定义近期满意度 S 与学生近期满意度 D_1 、学校近期满意度 D_2 、政府近期满意度 D_3 的关系：

$$S = \sum_{i=1}^3 \omega_i D_i \quad (2.1)$$

说明：这里 $\omega_i, D_i \in [0,1]$ 且 $\sum_{i=1}^3 \omega_i = 1$ ，从平衡三者满意度的目标出发，不妨取

$$\omega_1 = \frac{1}{3}, \omega_2 = \frac{1}{3}, \omega_3 = \frac{1}{3}。$$

(1) 定义学生近期满意度 D_1

学生在对学费进行评价的时候会考虑两个问题：一是自己能否支付；二是接受高等教育的“性价比”。

对于学生考虑的第一个问题，我们用学费占家庭年纯收入的比例 p_1 来量度，显然，这个比例越小，学生越满意，设每个家庭年纯收入平均为 W ，生均学费为 f ，则：

$$p_1 = \frac{f}{W} \quad (2.2)$$

对于学生考虑的第二个问题，所谓的“性价比”，指的就是高校教学质量与学费的比值，显然这个比值越大，即“性价比”越高，学生越满意，设这个“性价比”为 p_2 ，高校教学质量指标值为 Q ，则：

$$p_2 = \frac{Q}{f} \quad (2.3)$$

由于式子中高校教学质量指标值 Q 没有现成的数据，也没有现成的量化标准，那么我们建立了模型来对其进行量化。

建立高校教学质量模型

分析高校的教育质量，教育部关于高等学校的教学条件判别指标在于：包括具有高级职务教师占专任教师的比例、生均占地面积、生均宿舍面积、百名学生配教学用计算机台数、百名学生配多媒体教室和语音实验室座位数、新增教学科研仪器设备所占比例、生均年进书量。但是经过各类学校数据的分析，发现以上各条件在一个学校的教育质量提高过程中，所表现的特征是一致的：在学校发展初期，资金投入不多时，各指标会缓慢提高；到了学校发展中期，经过积累资金比较充裕，学校的办学指标快速提升；到了学校的稳定期，各类指标的提升趋于平稳，即使资金投入再多，也只是渐渐接近一个常量。

我们把这种变化以 logistic 模型来模拟：定义 Q 为一个反应教学质量高低的量，设一间学校一年的经费 F 的教育质量为 $Q(F)$ ，教育质量能到达的最高值为 Q_m ，面积增长率为 $r(1-Q(F)/Q_m)$ ，则可建立教育质量随经费增长的 logistic 模型：

$$\begin{cases} \frac{dQ}{dF} = r \left(1 - \frac{Q}{Q_m} \right) Q \\ Q(F_0) = Q_0 \end{cases}$$

解该微分方程可得：

$$Q(F) = \frac{Q_m}{1 + \left(\frac{Q_m}{Q_0} - 1 \right) e^{-r(F-F_0)}} \quad (2.4)$$

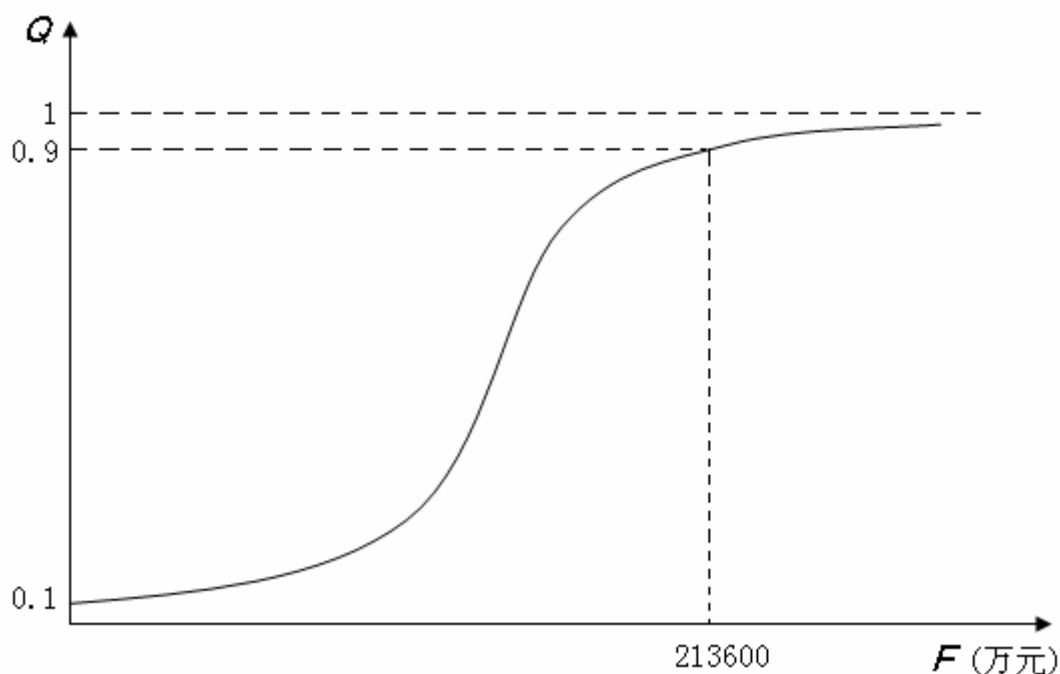


图 7 logistic 模型的 S 型号曲线

对于模型参数的求解：

我们设计 Q 的取值范围为 $[0,1]$ ，所以令 $Q_m = 1$ 且当 $F_0 = 0$ 时， $Q_0 = 0.1$ ；对于 r

的求解，我们假设美国的高等教育的教学质量 Q 值为 0.9，则通过网上查找数据得知美国的高等教育每年校均教育经费为 213000 万元，则可求得 $r = 2.127 \times 10^{-5}$ 。

再看式(2.3)会发现 Q 与 f 的量纲不一致，所以要采用极值差方法将 f 化成取值范围为 $[0,1]$ 的量 f' ，则式子(2.3)变成：

$$p_2 = \frac{Q}{f'} \quad (2.5)$$

我们通过 $p_1' = 1 - p_1$ 将 p_1 变成极大型指标，并通过极值差方法将 p_2 化成取值范围为 $[0,1]$ 的量 p_2' ，统一量纲，再用线性加权的方法得到学生近期满意度 D_1 ：

$$D_1 = \frac{1}{2} p_1' + \frac{1}{2} p_2' \quad (2.6)$$

(2)定义学校近期满意度 D_2

我们这里认为学校在对学费进行评价时，会认为学费越多越好，因为这样就能保证学校有充足的资金进行运作和发展，于是我们直接用学校总共收取的学费作为其量度，学校总共收取的学费 $f_{\text{总}}$ 等于生均学费 f 与高校一年校均招收的学生数 N 的乘积，即：

$$f_{\text{总}} = f \cdot N \quad (2.7)$$

用极值差方法将 $f_{\text{总}}$ 化成取值范围为 $[0,1]$ 的量 $f_{\text{总}}'$ ，则可以将其作为学校近期满意度 D_2 ：

$$D_2 = f_{\text{总}}' \quad (2.8)$$

(3)定义政府近期满意度 D_3

政府每年都要向高校拨款支持教育事业的发展，从政府的角度考虑，一方面希望提高高校教学质量，另一方面又希望不需要承担过多的教育经费，也就是希望学生承担多一些教育经费，这样就可以把更多的钱投入到再生产等其他方面的发展。

对于政府第一个考虑的方面，我们可以用之前的高校教学质量指标值 Q 来衡量。

对于政府第二个考虑的方面，我们可以用政府对一间学校一年总拨款额 $A_{\text{总}}$ 占该学校一年教育经费 F 的比例 p_3 来衡量，其中 $A_{\text{总}} = A \cdot N$ ， A 为国家生均拨款，则有：

$$p_3 = \frac{A_{\text{总}}}{F} = \frac{A \cdot N}{F} \quad (2.9)$$

通过 $p_3' = 1 - p_3$ 将 p_3 化成极大型指标，再用线性加权的方法得到政府近期满意度 D_3 ：

$$D_3 = \frac{1}{2} Q + \frac{1}{2} p_3' \quad (2.10)$$

(4)对三个近期满意度指标进行动态加权

制定的学费应该是让学生、学校和政府三者都尽可能满意，如果三者都非常满意，那是最理想的状态，但显然难以让三者都非常满意，那么我们思考能否建

立模型让三者中不出现任何一方是不满意的呢?也就是说虽然难以让三者都非常满意,但却可以让三者都不会出现不满意的情况。于是我们考虑通过动态加权的方法,将指标间的“质差”表现出来,令当其中一方出现不满意的时候整个满意度得分会被较大的拉低,来使得该制定的学费标准不会被采纳。

根据以上分析,我们先对三者的满意度进行模糊分类:

表 2 三个近期满意度指标的分类规则表

| | 不满意 | 一般满意或非常满意 |
|----|-----------|-----------|
| 学生 | $[0,0.3]$ | $(0.3,1]$ |
| 学校 | $[0,0.3]$ | $(0.3,1]$ |
| 政府 | $[0,0.3]$ | $(0.3,1]$ |

假设第 i ($i=1,2,3$) 个评价指标对于综合评价效果的影响大约是随着类别 p_k ($k=1,2$) 的增加而按正幂次增加,同时在某一类中随着指标值的增加按照相应的一个幂函数增加,故可对第 i 个评价指标设定分段幂函数为变权函数,即:

$$\omega_i(D_i) = D_i^{\frac{1}{k}} \quad k=1,2$$

则有该分段变幂函数的图象为:

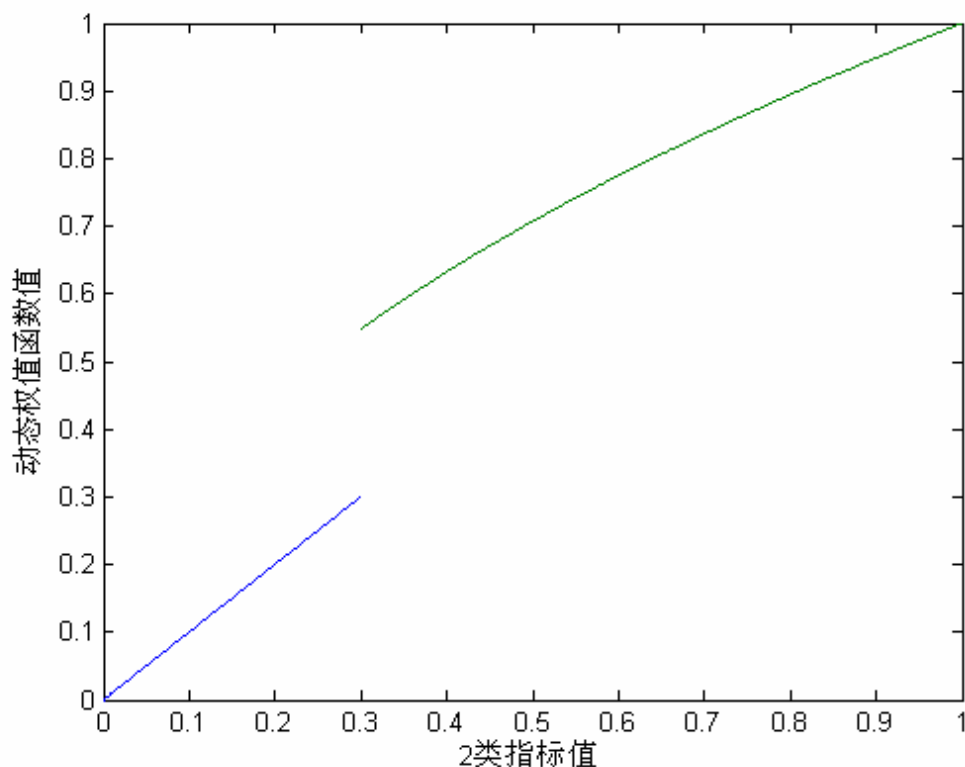


图 8 分段变幂函数

由此可以构造动态加权后的近期满意度指标 S 如下:

$$S = \sum_{i=1}^3 \omega_i(D_i)D_i = \sum_{i=1}^3 D_i^{k+1/k} \quad k=1,2 \quad (2.11)$$

5.2.2 远期满意度指标

对于远期满意度指标，我们从个人和社会两个角度考虑。对于个人来说，交学费上学的长远目的是希望将来能够有较高的个人收益率，而对于社会来说，投资教育长远来说也是希望能够得到较高的社会收益率。于是我们用个人收益率 R_1 和社会收益率 R_2 来设计这个远期满意度 L ，有：

$$L = \frac{1}{2}R_1 + \frac{1}{2}R_2 \quad (2.12)$$

(1) 建立个人收益率模型

这里的收益主要是指高等教育的个人收益。高等教育个人收益率计算的基本方法是通过统计大学毕业参加工作的人年均收入与非大学毕业的人参加工作的年均收入之差额，进而推算出高等教育的个人收益率。

我们首先假设将劳动者划分为两个群体：一个群体接受了 m 年(此为平均值，下同)的高等教育，另一个群体并未接受高等教育，而是参加工作，且不存在失业。又假定一个接受过高等教育的学生在其接受 m 年的高等教育之后的工作年限为 n 年(此亦为平均值，下同)，于是该生在 n 年中的实际纯收入为 $Y_{4,1}, Y_{4,2}, \dots, Y_{4,n}$ ，并且其在接受高等教育的 m 年中没有任何收入，只是支出。假定其每年的支付分别为 C_1, C_2, \dots, C_m ，设利率水平为 r ，考虑到货币的时间价值，则

该学生在 m 年的总支出为：

$$V = \sum_{t=1}^m \frac{C_t}{(1+r_1)^t} \quad (2.13)$$

该学生在这 $m+n$ 年中实际纯收入的现金流量现值为：

$$V_4 = \sum_{t=1}^n \frac{Y_{4,t}}{(1+r_1)^t} - \sum_{t=1}^m \frac{C_t}{(1+r_1)^t} = \sum_{t=1}^n \frac{Y_{4,t}}{(1+r_1)^t} - V \quad (2.14)$$

而若该学生不接受高等教育，则由上述假设，他比接受高等教育的情况多工作 m 年(因为退休的年龄基本上与接受高等教育者是一样的)，又他在这 $m+n$ 年中的实际纯收入分别为 $Y_{3,1}, Y_{3,2}, \dots, Y_{3,m}, Y_{3,m+1}, \dots, Y_{3,m+n}$ ，则该学生在这 $m+n$ 年中的实际纯收入的现金流量现值为：

$$V_3 = \sum_{t=1}^{m+n} \frac{Y_{3,t}}{(1+r_1)^t}$$

所以，高等教育的个人收益率为：

$$R_1 = \frac{V_4 - V_3}{V} \quad (2.15)$$

由上面的分析可以知道，

$$V_4 - V_3 = \sum_{t=1}^n \frac{Y_{4,t}}{(1+r_1)^t} - V - \sum_{t=1}^{m+n} \frac{Y_{3,t}}{(1+r_1)^t} = \left(\sum_{t=1}^n \frac{Y_{4,t}}{(1+r_1)^t} - \sum_{t=1}^{m+n} \frac{Y_{3,t}}{(1+r_1)^t} \right) - V$$

其中, $\sum_{t=1}^n \frac{Y_{4,t}}{(1+r_1)^t} - \sum_{t=1}^{m+n} \frac{Y_{3,t}}{(1+r_1)^t} = Y_4'$, $V = c''$, 所以

(2.15)式可转化成

$$R_1 = \frac{Y_4' - c''}{c''} = \frac{235547.36 - c''}{c''} \quad (2.16)$$

(2)建立社会收益率模型

教育（或高等教育）投资的社会收益率，指一定时期内一个国家和地区由于教育（或高等教育）投资而获得的收益与教育（或高等教育）成本的比率，也可以表示为人均收益额与人均教育成本的比率。

所以本文从以下两方面入手：教育（或高等教育）投资而获得的收益和教育（或高等教育）的成本。

由于投资发生在现在而收益发生在未来, 这种终生收益只能采取推算的办法。其具体步骤如下：

①确定各级教育的劳动简化系数

劳动简化系数,在教育投资收益率的测算总是指某一教育程度的劳动力与小学教育程度的劳动力（视为基数1）。

所以，现在要确定各级教育的劳动简化系数 K_i 。本文认为学生的受教育程度越高, 其劳动生产率也相应越高。若以第一级(如小学教育程度)劳动者的工资为基数, 作为一个简单劳动单位, 则可以按不同教育程度劳动者的工资比例逐级折算, 得到简化系数。

据联合国教科文组织提供的研究成果, 劳动生产率与劳动者文化程度呈高度的正相关关系。与文盲相比, 小学毕业可提高劳动生产率43%, 初中毕业可提高108%, 大学毕业可提高300%。

由此推算, 并以小学毕业为基数1, 则各级教育程度的比例系数为: 文盲 $K_0 = 0.6993$, 小学 $K_1 = 1$, 初中 $K_2 = 1.4545$, 高中 $K_3 = 1.9029$ (按 $1.08 + (3 - 1.08) \times 3/7$ 推算), $K_4 = 2.7972$ 。

②计算平均教育程度的劳动生产率

本文构建了公式 $\frac{Y}{L} - \frac{Y}{KL}$, 用以反映因教育而使每个劳动者多创造的GDP (因教育而提高的劳动生产率)。该公式中, $\frac{Y}{L}$ 是按实有劳动量计算的劳动生产率, 其中既包含教育的影响, 也包含教育之外的其他因素的影响; $\frac{Y}{KL}$ 是按简化劳动量计算的劳动生产率, 应理解为只包含教育之外的其他因素的影响。二者的差额即应理解为是由于教育而使劳动生产率提高的部分, 也即平均教育程度的劳动生产率。

③计算第*i*级教育程度劳动者比低一级教育劳动者年人均多创造的GDP

根据以上的定义可以知道:

$$y_i' = (K_i - K_{i-1}) \times \left(\frac{Y}{L} - \frac{Y}{KL} \right) \quad (2.17)$$

所以，大学教育程度劳动者比高中教育程度劳动者年人均多创造 GDP：

$$y_4' = (2.7972 - 1.9029) \times \left(\frac{Y}{L} - \frac{Y}{KL} \right) = 0.8943 \times \left(\frac{Y}{L} - \frac{Y}{KL} \right) \quad (2.18)$$

④测算各级教育程度劳动者人均终生多创造 GDP

我们以各级教育劳动者由于受教育而多创造的劳动生产率表示教育收益，这其中涉及到教育所提高的劳动生产率 $\left(\frac{Y}{L} - \frac{Y}{KL} \right)$ 随时间而增长的问题。因此，在测算各级教育程度劳动者人均终生多创造的 GDP 时，应当考虑到教育劳动生产率的增长率。若以 a 代表教育劳动生产率增长率，根据相关文献知道 $a \leq 5\%$ ，不妨设定 $a = 4\%$ ，以 Y_i 表示劳动者由于受教育人均终生多创造的 GDP。所以，接受大学程度教育的劳动者的比接受高中程度教育的劳动者终生多创造的 GDP：

$$Y_4 = \sum_{t=1}^{34} y_{4,t}' = \sum_{t=1}^{34} y_{4,0}' (1+a)^t = y_{4,0}' \times \sum_{t=1}^{34} (1+a)^t = y_4' \times \sum_{t=1}^{34} (1+a)^t$$

同时收益却产生在劳动者一生的工作时间内，这就必然产生资本的时间价值问题，因此，应采用“贴现”的方法将收益的未来值转变为现值。即根据：

$$\text{复利终值(目前货币的未来值)} = \text{现值} \times (1 + \text{利率})^t$$

从而：

$$\text{未来货币的现值} = \frac{\text{货币未来值}}{(1 + \text{利率})^t}$$

若以 r 代表利率，则上述公式应为：

$$Y_4' = \sum_{t=1}^{34} \frac{y_{4,t}'}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^{34} \frac{y_{4,0}' (1+a)^t}{(1+r)^t} = y_4' \times \sum_{t=1}^{34} \left(\frac{1+a}{1+r} \right)^t$$

教育成本计算：

教育成本的定义：教育总成本(以 C 表示)包括国家(社会)支付的教育经费(以 c' 表示)、受教育期间个人或家庭支付的学杂费和生活费额外支出 (c'' 表示)，以及由于就学所放弃的收入(通常称为机会成本，以 c''' 表示)。

$$\text{其中 } c' = \sum_{t=1}^t \frac{c_t'}{(1+r)^{5-t}}, \quad c'' = \sum_{t=1}^t \frac{c_t''}{(1+r)^{5-t}}, \quad c''' = \sum_{t=1}^t \frac{c_t'''}{(1+r)^{5-t}}$$

所以有每个学生教育总成本：

$$C = c' + c'' + c'''$$

即大学教育社会收益率：

$$R_2 = \frac{Y_4' - C}{C} \quad (2.19)$$

⑤模型参数估计

国家（社会）支付的生均高等教育经费测算

根据《中国统计年鉴》计算得到，2002、2003、2004 和 2006 年期间，扣除学杂费后大学生均教育经费支出分别为 15119.56 元、14962.77 元、14928.92 元和 15332.8 元。

从而得到 2002~2006 年期间生均教育经费支出合计为：

$$c' = \frac{15119.56}{(1+0.0198)^4} + \frac{14962.77}{(1+0.0198)^3} + \frac{14928.92}{(1+0.0225)^2} + \frac{15332.8}{1.0252} = 57233.43$$

受高等教育期间个人或家庭支付的学杂费和生活费额外支出测算

由于大学生在大学就读期间只是支出，设其 t 年的支付分别为 c_t'' ，其中 c_t'' 包括学生的学杂费和生活费额外支出，设利率水平为 r ，考虑到货币的时间价值， f_t 表示 t 年所交的学费，同时我们选取了如下一些数据：2002~2006 年期间大学生在大学期间的追加的生活费，分别为：6029.88 元、6510.94 元、7182.1 元和 8606.55 元，则该学生在就读大学的 4 年中的总支出为：

$$c'' = \frac{f_1 + 6029.88}{(1+0.0198)^4} + \frac{f_2 + 6510.94}{(1+0.0198)^3} + \frac{f_3 + 7182.1}{(1+0.0225)^2} + \frac{f_4 + 8606.55}{1+0.0252}$$

由于就学而少为社会所作的贡献（机会成本）测算

为了和教育收益相对应，本文所指大学教育的机会成本，以由于接受大学教育失去工作机会人均少为社会创造的价值来加以反映，相当于受高中教育的劳动者 4 年所创造的人均 GDP 之和。由于接受高中教育的劳动者的年均收创造的 GDP 为 14209 元，按照以上的计算方法求得：

$$c''' = \frac{14209}{(1+0.0198)^4} + \frac{14209}{(1+0.0198)^3} + \frac{14209}{(1+0.0225)^2} + \frac{14209}{1+0.0252} = 53985.68$$

假设利率不变，并设定 $r = 2.52\%$ ，

求得 $Y_4' = 235547.36$

$$\text{所以, } R_2 = \frac{124328.25 - c''}{111219.11 + c''}$$

5.2.3 学费标准的综合满意度

因为近期满意度和远期满意度已达到统一的标准，即类型和量纲都一致，又因为两者间相互独立，故可直接通过线性加权综合：

$$E = \frac{1}{2}S + \frac{1}{2}L \quad (2.20)$$

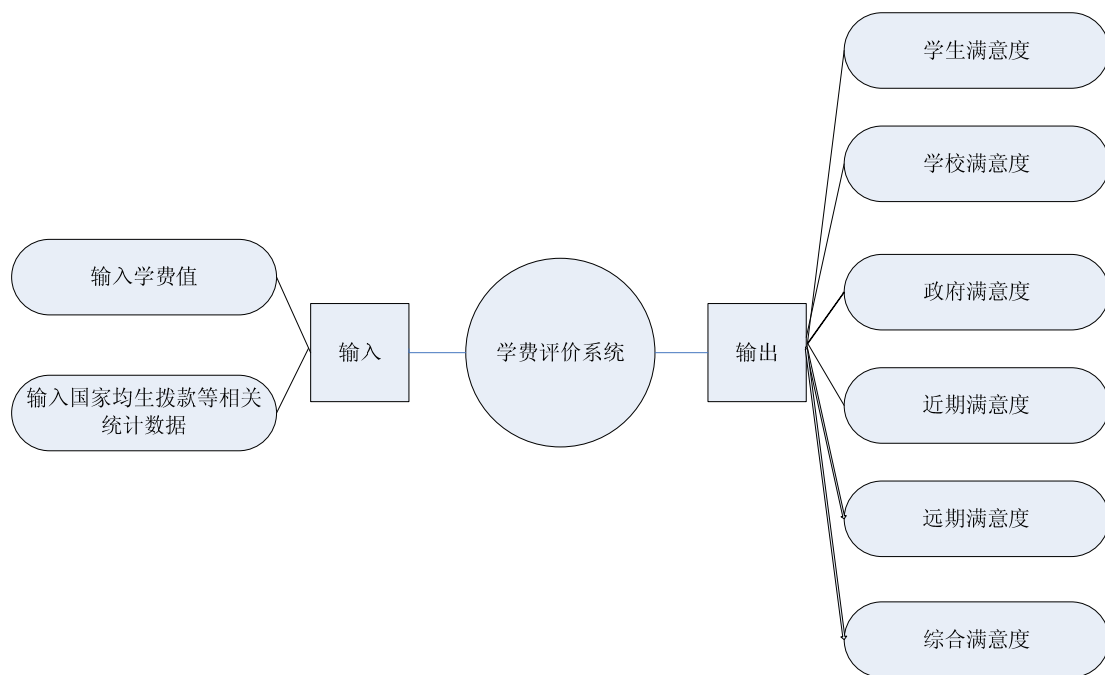


图9 学费评价系统

5.2.4 用模型 II 对模型 I 进行评价

通过用 java 编程（程序见附录 2），用评价模型对由模型 I 得到近几年的一本学校理工类专业，文科类专业，艺术类专业的学费进行评价有：

表 3 学费评价得分表

| | 理工类专业 | 文科类专业 | 艺术类专业 |
|-------------|-------|-------|-------|
| 综合满意度（年平均值） | 0.58 | 0.52 | 0.64 |

由上表可以知道，模型 I 的学费标准普遍满意度不高，说明该学费标准不够合理。

5.3 模型 III——学费寻优模型的建立与求解

为了实现对最佳学费标准的求解，我们建立了多目标规划模型。

一个最佳的学费标准应该是既能顾及学生、学校、政府的利益，又能考虑到近期的利益和远期的利益。于是我们主要考虑以下几个因素：

- 目标一：学生近期利益最大
- 目标二：学校近期利益最大
- 目标三：政府近期利益最大
- 目标四：个人远期收益率最大
- 目标五：社会远期收益率最大

5.3.1 目标分析

(1)目标一：学生近期利益最大

在学生交学费上大学这件事情上，可以把学生作为消费者，那么消费者在对商品的价格进行考虑时，往往并不是只考虑价格的大小，而会综合考虑商品的质

量和价格，即所谓的“性价比”，于是我们认为“性价比”这一指标能够衡量学生近期的利益大小，由前面的 5.2.1 中(1)的研究有“性价比”的量化式为：

$$p_2 = \frac{Q}{f'} \quad (3.1)$$

(2)目标二：学校近期利益最大

学校在考虑学费的制定这个问题的时候，因为我国高校招生人数基本上政策决定而不是依据市场经济规律调节，所以作为校方从近期利益考虑总会希望学费定得越高，那么进行学校运作和发展的资金就越足，所以用学校所能得到的总学费作为学校近期利益的体现，由前面的 5.2.1 中(2)的关于总学费的研究有：

$$f_{\text{总}} = f \cdot N \quad (3.2)$$

(3)目标三：社会近期利益最大

政府每年都要向高校拨款支持教育事业的发展，从政府的近期利益考虑，政府并不希望需要承担过多的教育经费，也就是希望学生承担多一些教育经费，这样就可以把更多的钱投入到再生产等其他方面的发展，我们可以用政府对一间学校总拨款额 $A_{\text{总}}$ 占该学校一年教育经费 F 的比例 p_3 来衡量，通过 $p_3' = 1 - p_3$ 将 p_3 化成极大型指标，由前面的 5.2.1 中(3)的研究有：

$$p_3' = 1 - \frac{A \cdot N}{F} \quad (3.3)$$

(4)目标四：个人远期收益率最大

学生交学费上学，可以看作是一种投资行为，投资行为讲求收益率，而且这种收益不会在近期体现，而是会在远期体现。而事实上不同类别的学生，不同专业的学生出到社会后的工资待遇等都会存在差异，而且明显。于是不同类别，不同专业间的学生就有着不同的收益率，学生当然希望自身的收益率能够达到最大化，由前面的 5.2.2 中(1)的关于个人收益率的研究有：

$$R_1 = \frac{V_4 - V_3}{V} \quad (3.4)$$

(5)目标五：社会远期收益率最大

高等教育事关高素质人才培养、国家创新能力增强、和谐社会建设的大局，所以国家也会参与高等教育事业的投资，作为政府一方，是希望这种社会远期收益率最大化的，由前面的 5.2.2 中(2)的关于社会收益率的研究有：

$$R_2 = \frac{Y_4' - C}{C} \quad (3.5)$$

5.3.2 约束分析

(1)学生支付能力约束

所谓学生支付能力，就是指学生交学费的能力，我们认为该能力与该学生的家庭纯收入，国家生均拨款，还有学生获得的奖学金有关，于是得到如下约束：

$$f \leq W + A + J$$

说明： W 为学生的家庭年纯收入， A 为国家生均拨款， J 为奖学金。

(2)学校教育经费需求约束

学校教育经费的来源主要有政府财政拨款，学校自筹，社会捐赠，事业收入

(包括学费收入部分和非学费收入部分)。

政府财政拨款可以认为是 5.2.1 的(3)中定义的 $A_{\text{总}} = A \cdot N$ ，定义学校自筹费用为 Z_1 ，社会捐赠费用为 Z_2 ，事业收入的非学费收入部分为 Z_3 ，学费收入为 $f_{\text{总}} = f \cdot N$ ，则有如下约束：

$$A \cdot N + Z_1 + Z_2 + Z_3 + f \cdot N \geq F$$

说明： F 为高校一年的教育经费。

5.3.3 模型 III 建立

$$\begin{aligned} & \max \quad \frac{Q}{f'} \\ & \max \quad f \cdot N \\ & \max \quad 1 - \frac{A \cdot N}{F} \\ & \max \quad \frac{V_4 - V_3}{V} \\ & \max \quad \frac{Y_4' - C}{C} \\ & s.t. \begin{cases} f \leq W + A + J \\ A \cdot N + Z_1 + Z_2 + Z_3 + f \cdot N \geq F \\ f \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (3.6)$$

5.3.4 模型 III 的求解

在对综合目标的求解上，我们首先将该多目标规划转换成单目标规划，将五个目标统一标准化后进行线性加权，权值的确定参考前面评价模型的确定方法，则转化后的模型为：

$$\begin{aligned} & \max \quad \frac{1}{6} p_2' + \frac{1}{6} f_{\text{总}}' + \frac{1}{6} p_3' + \frac{1}{4} R_1 + \frac{1}{4} R_2 \\ & s.t. \begin{cases} f \leq W + A + J \\ A \cdot N + Z_1 + Z_2 + Z_3 + f \cdot N \geq F \\ f \geq 0 \end{cases} \end{aligned} \quad (3.7)$$

为了求解该规划模型，我们采用了模拟退火算法对最优解进行搜索。

模拟退火算法思想：模拟退火算法来源于固体退火原理，将固体加温至充分高，再让其徐徐冷却，加温时，固体内部粒子随温升变为无序状，内能增大，而徐徐冷却时粒子渐趋有序，在每个温度都达到平衡态，最后在常温时达到基态，内能减为最小。用固体退火模拟优化问题，将内能模拟为目标函数值，温度演化成控制参数，即得到解优化问题的模拟退火算法：由初始解和控制参数初值开始，对当前解重复“产生新解→计算目标函数差→接受或舍弃”的迭代，并逐步衰减温度值，算法终止时的当前解即为所得近似最优解，这是基于蒙特卡罗迭代求解法的一种启发式随机搜索过程。退火过程由冷却进度表(Cooling Schedule)控制，包括控制参数的初值 T_0 、当前的控制参数 Tem 及其衰减因子 ΔT 、每个 Tem 值

时的最大迭代次数 ML 和停止条件 $Stop$ 。

模拟退火算法可以分解为解空间、目标函数和初始解三部分。

(1) 初始化：初始温度 T_0 （充分大），初始解状态 S' （是算法迭代的起点），每个 Tem 值的最大迭代次数 ML ；

(2) 对 $k = 1, \dots, L$ 做第 (3) 至第 6 步：

(3) 产生新解 S'' ；

(4) 计算增量 $df = f(S'') - f(S')$ ，其中 df 为评价函数；

(5) 若 $df < 0$ 则接受 S'' 作为新的当前解，否则以概率 $\exp(-df / Tem)$ 接受 S'' 作为新的当前解；

(6) 如果满足终止条件则输出当前解作为最优解，结束程序（终止条件通常取为连续若干个新解都没有被接受时终止算法）；

(7) Tem 逐渐减少，且 $Tem \rightarrow 0$ ，然后转第 2 步。

控制参数的确定：

T_0 ：初始温度，应该比较大，为了所求的解更加接近最优解，本文中令初始温度 $T_0 = 20000$ ；

Tem ：温度变化量；

ΔT ：衰减因子，为了计算的方便本文中令 $\Delta T = 1$ ；

ML ：每个 T 值时的最大迭代次数，令 $ML = 100$ ；

NL ：每个 T 值时的迭代次数；

$Stop$ ：迭代停止的条件，本文中当 $NL \geq ML$ 和 $T \leq 0$ 时令程序迭代停止；

$f(x)$ ：目标函数为对以上多目标规划进行处理后的单目标规划；

df ：相邻的两个解对应的目标函数的差；

由于本问题在求解的过程中的目标之差 df 绝对值的范围 $(0,1)$ ，相对于温度变化量是非常小，这样会使得每一次对不符合的解的否定几乎是零，所以本文中设计的接受不符合解的概率为 $e^{\frac{-df \times T_0}{T}}$ 。

同时，本规划问题是有约束条件的规划问题，所以在每一次产生新解的时候都对新解进行判断，如果满足约束条件就进行模拟，否则就重新选择进行选择新解。

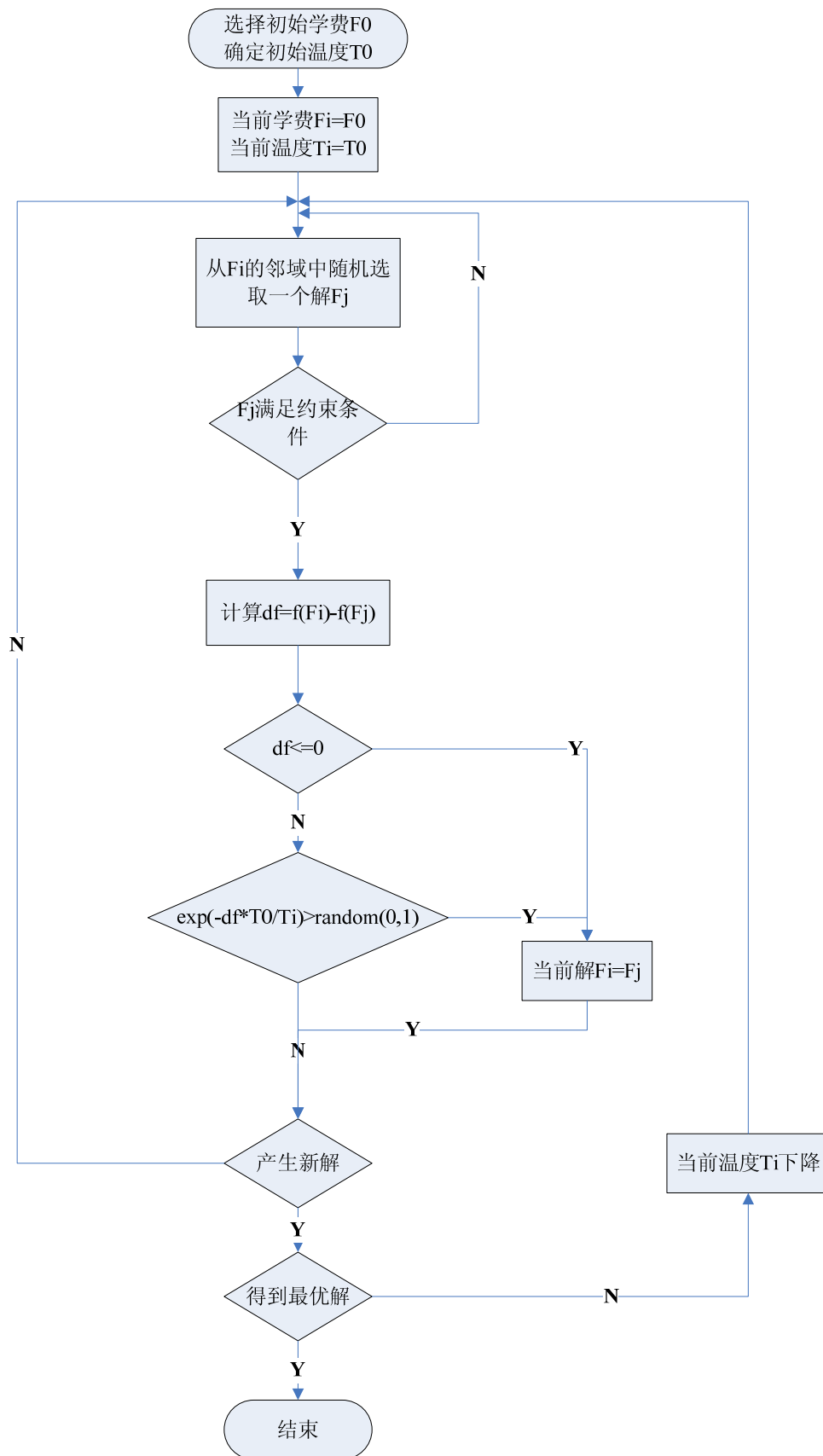


图 10 模拟退火算法流程图

我们用与模型 I 相同的一本学校理工类专业的相关数据（由于其他数据较难找，这里只用这一种情况进行对比），用 java 编程求解最优学费（具体程序见附录 3），有：

表 4 学费寻优模型求解结果列表（单位：元）

| | |
|----------|--------|
| 学生最满意学费值 | 4512.9 |
| 学校最满意学费值 | 5684.8 |
| 政府最满意学费值 | 5723.5 |
| 近期最满意学费值 | 5529.4 |
| 远期最满意学费值 | 4915.4 |
| 综合最满意学费值 | 5015.2 |

与前面的模型 I 进行比较有：

表 5 模型 I 与模型 III 的满意度对比表

| | 模型 I | 模型 III |
|----------------------|------|--------|
| 通过模型 II 计算的满意度（年平均值） | 0.58 | 0.86 |

由上表可见模型 III 得到的学费的满意度更高，也在一定程度上验证了模型 III 的有效性。

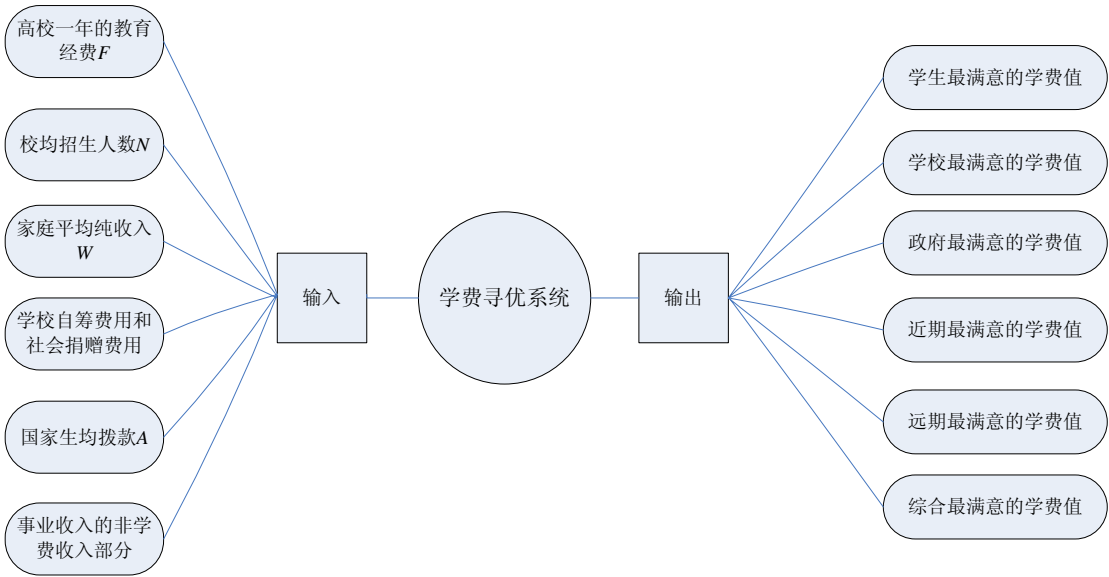


图 11 学费寻优系统

5.4 模型 IV——学费控制模型的建立与求解

为了让有关部门能够更方便的对最优学费进行控制,我们利用前面多目标规划的灵敏度分析的结果来建立最优学费的控制模型。

(1)控制目标

我们这里把最优学费的值 f 作为控制模型的控制目标。

(2)控制变量

由于影响最优学费的因素有很多,我们这里选择了几个主要的因素而且是可控制的因素作为有关部门的控制手段。

我们选择了控制高校事业收入的非学费收入,控制教育经费,控制国家拨款,控制学生人数四个方法来作为控制学费的手段。

那么在我们所建立的控制模型中定义了如下控制变量:

ΔZ_3 :高校事业收入的非学费收入的改变量;

ΔF :高校一年教育经费的改变量;

ΔA :国家生均拨款的改变量;

ΔN :高校一年校均招生人数的改变量。

(3)控制模型

根据控制目标及控制变量的设定,我们建立了如下学费控制模型:

$$\begin{cases} f = f^* + \Delta f \\ \Delta f = l_1 \cdot \rho_1 \cdot \frac{\Delta Z_3}{10^4} + l_2 \cdot \rho_2 \cdot \frac{\Delta F}{10^5} + l_3 \cdot \rho_3 \cdot \frac{\Delta A}{10^3} + l_4 \cdot \rho_4 \cdot \frac{\Delta N}{10^2} \\ \sum_{i=1}^4 l_i \leq 1 \\ l_i \in \{0,1\} \end{cases} \quad (4.1)$$

模型说明:

① f^* 表示原来的最优学费值,即控制前的最优学费值;

② Δf 表示控制后最优学费值的改变量;

③ ρ_1 表示在改变高校事业收入的非学费收入而其他影响最优学费的因素不改变的情况下,高校事业收入的非学费收入每增加 10000 元,最优学费值 f 的改变量;
 ρ_2 表示在改变高校一年教育经费而其他影响最优学费的因素不改变的情况下,高校一年教育经费每增加 100000 元,最优学费值 f 的改变量;
 ρ_3 表示在改变国家生均补助而其他影响最优学费的因素不改变的情况下,国家生均补助每增加 1000 元,最优学费值 f 的改变量;
 ρ_4 表示在改变高校一年校均招生人数而其他影响最优学费的因素不改变的情况下,高校一年校均招生人数每增加 100 人,最优学费值 f 的改变量;

④ l_i 是一个 0—1 变量,当取值为 0 时,表示不改变第 i 个影响因素的取值,即不改变第 i 个控制变量;当取值为 1 时,表示改变第 i 个影响因素的取值,即改变第 i 个控制变量。但由于 ρ_1 、 ρ_2 、 ρ_3 、 ρ_4 参数的估计方法都是采用固定其他影响因素不变只改变某个影响因素来就得,并且模型 III 不属于一般的线性方程模型,所以当同时改变多个影响因素时,通过将各个影响因素分别对最优学费值的影响直接相加来求得多个影响因素共同作用时对最优学费值的影响显然是不可

行的，所以我们的控制模型设计成每次控制的时候只能改变某个因素，而不能同时改变多个因素，所以就有了 $\sum_{i=1}^4 l_i \leq 1$ 约束。

(4)控制模型的参数估计

我们通过模型 III 的灵敏度分析对模型中 ρ_1 、 ρ_2 、 ρ_3 、 ρ_4 进行估计，估计结果：

$$\rho_1 = -8.33, \rho_2 = 10.73, \rho_3 = -53.62, \rho_4 = -26.48$$

(5)学费控制系统的建立

结合以上的学费控制模型和之前的学费寻优模型建立学费控制系统：

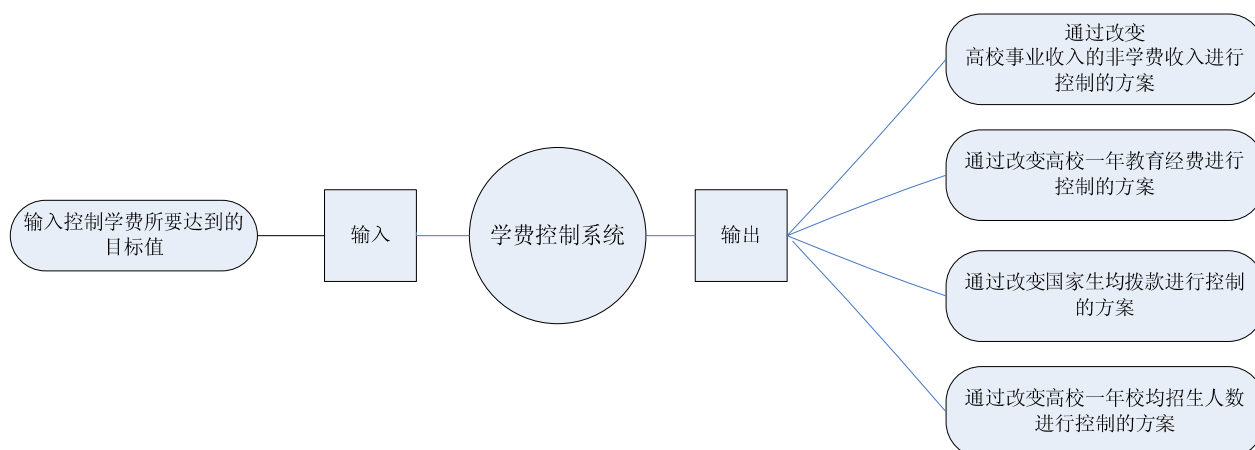


图 12 学费控制系统

6. 模型的讨论、灵敏度分析与误差分析

6.1 模型的讨论

(1)模型一

模型一的建立的基础是对已有的数据的分析，例如通过对比不同高校中生均实际学费和生均事业性经费的支出之间的比例，可以看出国家对不同级别的普通高等学校之间的资源的分配是存在着差异，其中一本普通高校的生均教育经费支出和生均事业性经费支出是二本普通高校生均教育经费支出和生均事业性经费支出的近两倍。

在对数据分析的基础之上，针对不同的级别的普通高等学校差异，建立起不同的多元回归模型。同时为了考虑不同的专业之间学费的差异，分析出不同的专业的学费主要就是常数项的不同，建立了不同类型学校不同专业的学费模型。

该模型的建立是为了探讨现有的学费的收费标准，反映了真实的情况，但是其主要是决策者制定的，其考虑的主要方面是决策者的利益，没有过多的考虑学生的利益，从现有的学费过高的情况可以说明这一现实。

(2)模型二

为了说明现有的学费标准的好坏，需要对学费的标准进行评价，本文从学生近期满意度、学校近期满意度、政府近期满意度、个人收益率和社会收益率五个不同的目标进行加权，建立起学费评价模型。其中为了对一些目标进行量化处理，

本文中建立了高校教学质量模型、个人收益率模型和社会收益率模型。根据模型求解可以知道现有的收费标准并不十分合理。

(3)模型三

在模型二分析的基础上，本文中建立起多目标规划模型，该模型总和考虑了多方的利益。求解的过程中，为了求解方便对多目标进行归一化的处理，并利用模拟退火算法求解模型的最优解。

(4)模型四

为了进一步完善问题的解决，本文提出了控制模型，即是给决策者一个控制学费增长的途径，即：可以通过选择控制高校事业收入的非学费收入，控制教育经费，控制国家拨款，控制学生人数四个方法来作为控制学费的手段。

6.2 灵敏度分析

(1)模型一

根据已知的数据，对模型的参数进行估计，由 F 值小于 0.0001，可以知道该模型是有效的。同时模型求解得：

$$T1 = 7454.06540 + 0.22461 \times E1 - 73.65132 \times B1 - 77.49088 \times N1$$

由上式可知：在其它自变量不变的情况下。一本普通高等学校生均事业性经费支出每增加 1000 元，生均实际学费平均提高 224.61 元；预算内事业性经费拨款占教育经费收入的比重每提高 1 个百分点，生均实际学费平均降低 73.65132 元；事业收入中非学费收入所占比重每提高 1 个百分点，生均实际学费平均降低 77.49088 元。

(2)模型三

在模拟退火算法的实现中，通过改变决策因素中的某一个的值，而不改变其他的值的大小，通过多次进行求解，最后将所得到的结果进行平均得到该因素对学费的贡献系数。得到：在改变高校事业收入的非学费收入而其他影响最优学费的因素不改变的情况下，高校事业收入的非学费收入每增加 10000 元，最优学费值 f 的改变量为-8.33；在改变高校一年教育经费而其他影响最优学费的因素不改变的情况下，高校一年教育经费每增加 100000 元，最优学费值 f 的改变量为 10.73；在改变国家生均补助而其他影响最优学费的因素不改变的情况下，国家生均补助每增加 1000 元，最优学费值 f 的改变量-53.62；在改变高校一年校均招生人数而其他影响最优学费的因素不改变的情况下，高校一年校均招生人数每增加 100 人，最优学费值 f 的改变量-26.48。

从以上的分析可以知道，该模型得到的结果是稳定的。

6.3 误差分析

模型三：

本模型的求解是采用一种有效的求解算法—模拟退火，该算法是一种基于蒙特卡罗迭代求解法的一种启发式随机搜索过程，所以利用该算法所求得解是一个有效的解，而不是一个精确的解。在本模型中，利用该算法所求得解是有效的，具有实际的意义。

7. 模型的评价、改进与推广

7.1 模型的评价

(1)模型的优点

①模型建立的合理性，模型的建立是在对收集的数据进行充分的挖掘的基础之上的，通过数据之间的关系提炼出各个变量之间的关系，建立起模型；

②对一些未量化的指标建立模型，进行合理的量化，例如对教学质量的量化建立高校教学质量模型、对个人收益率建立个人收益率模型和对社会收益率建立起社会收益模型；

③采用动态加权的加权方法对各短期目标进行动态加权，使得虽然难以让三者都非常满意，但却可以让三者都不会出现不满意的情况；

④模型的建立是按照问题的解决的思路进行的，首先分析和发现现有规律，然后对现有的规律进行评价，其次根据评价标准建立新模型，最后建立控制模型供决策者决策，层次渐进易于理解；

(2)模型的缺点

①为了简化模型的求解，本文中将大学生毕业工作后银行储存利率和教育劳动生产率的增长率设定为不变，可能对模型的求解带来一定的误差；

②本文中并没有过多的考虑了模型中的数据中不是很重要的因素；

7.2 模型的改进

①针对缺点一，可以通过参照更多的不同年份的数据进行求解，同时也可以参考一些比较权威的资料对未来的银行储存利率和教育劳动生产率的增长率进行估计，然后进行求解；

②针对缺点二，可以系统地分析了目前学费过高的问题，从影响学费的原因上着手，建立评价模型找出问题所在，以多目标规划寻优并给出有效的控制模型。但除了减轻学生的学费负担这方面，其实我们还可以从增加学生的支付能力这方面考虑：学生遇到上高校的资金困难时，可以有多种途径来解决，包括绿色通道、特困生补助、奖学金、学费减免、勤工助学、贷款和其他手段，这些资助手段的提供主体为政府、高校、社会及个人。虽然这些奖助对于高额的学费无疑杯水车薪，而且选拔严格人数较少，但若能加大这方面的力度，让社会和政府的资金能更多的落到需要帮忙的群体上，那无疑变相降低了学费，平衡了各方压力，以此建立模型可以进一步优化原有的寻优与控制模型；

③本文提出了关于政府、学校与学生三方的满意度，表示三方对学费问题的矛盾对立的关系。但其实在教育经费的调配之外，还有方法是可以同时增加三者满意度，那就是解决高校系统的资金利用率问题。分析数据，教育系统的经费逐年增加，而事业经费比重却持续下降，可以得出结论是政府在高教系统上的投入很高，即成本很高，但依然不能满足高校的实际支出，扩招是一个方面，但问题不仅在人数的增加上。再分析高校对于资金的利用情况，发现如人员使用效率、

生均图书册书这类重要的指标，在一本和二本之间，在好的学校和不好的学校之间，区别非常明显，人员使用效率的差异从 1: 120 的优秀水平到 1: 60 的人员空闲状态都有。提高教育系统的资金利用率、增大投入-产出比，已经成为学费居高不下的另一条解决出路！如果能从这方面考虑建模，寻找资金利用率的最优化，或许能更完美的解决现在的学费问题；

7.3 模型的推广

可以用于一般费用的制定及控制的问题。

8. 写给有关部门的报告

根据之前建立的学费规律、评价、寻优和控制模型，结合现在高等院校的实际情况，提出以下建议：

1.关于学费的制定。对于一所成熟的普通高等院校，生均实际学费占事业性经费高达 40%是非常不合理的，对比国外平均 20%的水平，我国生均实际学费的收取太高了，而学费的过高是由于对成本的核算过高，说明我国对于学费的控制和制定存在很大的改进空间，需要进一步加强对我国普通高校学费的管理。如高校应利用数学建模的方法对教育事业成本进行细致的评估，为科学的制定高校学费标准奠定基础；而在制定学费的考量中，应权衡好政府、学校和学生三方面的利益，兼顾短期的还有长期的利益，还要考虑不同地区的经济发展水平和居民收入的高低。得到制定学费的方案后应加强落实对我国高校经费支出的监控，并提高高校经费的使用效率。

2.关于高等院校规模的快速增长。从 1999 年开始,高等院校的连年扩招，从 2000~2006 年的在校学生数年平均增长速度达到 15.2%，增长率在 2002 年达到最高峰 20.1%，这两年有所回落，2005~2006 年的增长率已回到 11.4%的水平。而随着学生人数的快速增长，国家财政拨款却没有以同样的速率增加，导致学生的负担越来越大。因此，适当的控制普通高校的增长速度,能有效的减缓学费的增加速度,减低学生家庭的负担。

3.关于政府事业性经费拨款的提高。由之前的分析得知政府事业性经费拨款的增加速度跟不上事业经费支出的增长速度，因而导致学费的过高。所以要增加普通高校预算内的事业性经费拨款占教育经费收入的比重，减轻学费的增加压力。而加大拨款的同时，还要注意加强监督、深化行政改革和精简机构、加强投资风险分析，使之提高资金的利用率，增大教育事业的投入-产出比。

4.关于加大科研力度。结合学费控制模型的结果，我们发现高校还能通过加大科研能力来促进发展。科研能力和科技成果转化水平是高校促进社会经济发展、提高社会劳动生产率的重要标志，能提高普通高校校办产业、勤工俭学和社会服务收入，虽然现在这部分资金对教育经费的提升不大，但如果加大投入使之占教育经费的比例提高，也能有效减缓学费的超速增长,同时这也是高等教育迅速发展的有力保证。

5. 关于教育经费的配置要科学合理。现在的教育经费一般用于三个方面，一是人员经费，二是公用经费，三是专用经费，最近几年，人员经费所占比重增幅越来越大。比如，教职工工资的增加，由于物价上涨发放各类补贴的增多，以

及学校方方面面雇用临时工人数的增多,这样,发展的结果,人头费比重日益增高,还有就是各种专用经费的无限量使用。比如,这几年,学校医疗费严重超支,有的高校通常情况下是一年十几万、几十万元,有的累计超支竟达到了几百万元,碰到一个突发的危重病人,一人年就需要上万元、几万、十几万元,以致学校能用于发展教育的有限补充经费,严重地被挤占,使本来就紧张的高教经费更加紧张。

参考文献

- [1]韩中庚, 数学建模竞赛, 北京: 科学出版社, 2007;
- [2]姜启源、谢金星、叶俊, 数学模型, 北京: 高等教育出版社, 2003;
- [3]沈其君, SAS 统计分析, 北京: 高等教育出版社, 2005;
- [4]柴救武, 高校学费制度研究[M]. 北京经济管理出版社, 2003;
- [5]谷宏伟, 教育致贫及其后果-转轨时期中国低收入家庭的教育困境. 东北财经大学博士论文, P36-P102, 2007;
- [6]李福华, 论高等教育收费制度下的几对关系[J]. 高等师范教育研究, 2003, 15(2): 21-29;
- [7]李峰亮, 中国的高等教育规模扩展与劳动力市场[J], 复旦教育论坛, 2005;
- [8]王晓红、王雪峰, 高校科研投入产出关系中的边际收益递增现象[J]. 哈尔滨工业大学学报, 2006, (04) ;
- [9]Stiglitz.J.E, The theory of screening education and the distribution of income, Am.Econ.Eev, 1975, 65:283-300;
- [10]BAZYKINAD, Nonlinear dynamics of interacting populations [M], Singapore: World Scientiifc Pubfishing Co. Pte. Ltd, 1998。

附录

1. 模型分析及求解中用到的部分数据：

表 1

| 一本普通高等学校 | | 二本普通高等学校 | |
|----------|-------------|----------|-------------|
| 地区 | 生均实际学费(元) | 地区 | 生均实际学费 |
| 北 京 | 5846.705661 | 北 京 | 5272.585592 |
| 天 津 | 3869.184692 | 天 津 | 4826.41108 |
| 河 北 | 5663.819234 | 河 北 | 5734.218747 |
| 辽 宁 | 5419.302827 | 山 西 | 6673.873255 |
| 吉 林 | 3692.777916 | 内 蒙 古 | 3431.821602 |
| 黑 龙 江 | 4592.744294 | 辽 宁 | 6132.827433 |
| 上 海 | 8175.100876 | 吉 林 | 4581.904845 |
| 江 苏 | 4344.635054 | 黑 龙 江 | 6010.14146 |
| 浙 江 | 6459.207306 | 上 海 | 7170.887545 |
| 安 徽 | 4806.842747 | 江 苏 | 4121.119648 |
| 福 建 | 3467.762322 | 浙 江 | 7649.529579 |
| 山 东 | 3644.97313 | 安 徽 | 4130.412231 |
| 湖 北 | 6383.027541 | 福 建 | 5413.084978 |
| 湖 南 | 4597.84744 | 江 西 | 5079.627448 |
| 广 东 | 8730.664648 | 山 东 | 4698.474195 |
| 重 庆 | 6283.58682 | 河 南 | 4527.699943 |
| 四 川 | 4603.296779 | 湖 北 | 4731.62131 |
| 陕 西 | 4674.665357 | 湖 南 | 4385.601409 |
| 甘 肃 | 4628.847957 | 广 东 | 6456.004129 |
| 宁 夏 | 3987.695978 | 广 西 | 4073.114929 |
| 北 京 | 5846.705661 | 海 南 | 5216.919548 |
| 天 津 | 3869.184692 | 重 庆 | 4462.421428 |
| 河 北 | 5663.819234 | 四 川 | 4222.518311 |
| 辽 宁 | 5419.302827 | 贵 州 | 3640.389538 |
| 吉 林 | 3692.777916 | 云 南 | 4592.36736 |
| 黑 龙 江 | 4592.744294 | 西 藏 | 3474.660779 |
| 上 海 | 8175.100876 | 陕 西 | 5013.113491 |
| | | 甘 肃 | 3436.972172 |
| | | 青 海 | 3337.685058 |
| | | 宁 夏 | 3623.952959 |
| | | 新 疆 | 3616.910939 |

表 2 分地区一本普通高等学校教育经费分析表

| 地区 | 生均实际学费 | 生均事业性经费支出 | 预算内事业性经费拨款占教育经费收入百分比 | 事业收入中非学费收入所占百分比 |
|-----|-------------|-----------|----------------------|-----------------|
| 北 京 | 5846.705661 | 31523.26 | 50.57773768 | 58.98081 |

| | | | | |
|-----|-------------|----------|-------------|----------|
| 天 津 | 3869.184692 | 18170.61 | 46.8390009 | 52.00136 |
| 河 北 | 5663.819234 | 10605.29 | 44.71100343 | 10.33385 |
| 辽 宁 | 5419.302827 | 19242.81 | 43.63809624 | 46.00014 |
| 吉 林 | 3692.777916 | 19405.21 | 59.19695352 | 45.10985 |
| 黑龙江 | 4592.744294 | 26276.19 | 27.32194702 | 64.85454 |
| 上 海 | 8175.100876 | 28302.18 | 50.70643176 | 37.40617 |
| 江 苏 | 4344.635054 | 22600.82 | 45.66974674 | 58.09054 |
| 浙 江 | 6459.207306 | 37959.5 | 72.41947302 | 61.77723 |
| 安 徽 | 4806.842747 | 28976.5 | 68.10288745 | 43.48084 |
| 福 建 | 3467.762322 | 19579.92 | 58.34208387 | 58.0095 |
| 山 东 | 3644.97313 | 20516.99 | 49.46214166 | 60.17014 |
| 湖 北 | 6383.027541 | 18897.62 | 46.28926558 | 32.11491 |
| 湖 南 | 4597.84744 | 18140.81 | 53.58950368 | 46.1328 |
| 广 东 | 8730.664648 | 26816.56 | 42.38488867 | 25.53498 |
| 重 庆 | 6283.58682 | 16892.91 | 47.93786506 | 29.94247 |
| 四 川 | 4603.296779 | 18494.07 | 43.50074332 | 57.93205 |
| 陕 西 | 4674.665357 | 20629.83 | 55.80101527 | 39.78141 |
| 甘 肃 | 4628.847957 | 16093.46 | 57.12720689 | 19.89903 |
| 宁 夏 | 3987.695978 | 14898.71 | 82.08129878 | 0 |

表 3 分地区二本普通高等学校教育经费分析表

| 地区 | 生均实际学 费 | 生均事业性经 费支出 | 事业收入中非学费 收入所占百分比 | 预算内事业性经费拨 款占教育经费收入百 分比 |
|-----|-------------|---------------|---------------------|------------------------------|
| 北 京 | 5272.585592 | 27242.01 | 34.14545316 | 71.90543868 |
| 天 津 | 4826.41108 | 11832.23 | 35.79058516 | 71.65280674 |
| 河 北 | 5734.218747 | 8915.6 | 5.974861847 | 36.9197128 |
| 山 西 | 6673.873255 | 9915.6 | 17.06095502 | 60.53879466 |
| 内蒙古 | 3431.821602 | 7641.9 | 16.75938685 | 51.22579289 |
| 辽 宁 | 6132.827433 | 13100.96 | 20.23059197 | 39.33367755 |
| 吉 林 | 4581.904845 | 9904.02 | 16.20780373 | 45.10710593 |
| 黑龙江 | 6010.14146 | 9778.03 | 17.05018936 | 36.47558764 |
| 上 海 | 7170.887545 | 21278.27 | 16.26836395 | 55.87346469 |
| 江 苏 | 4121.119648 | 11155.87 | 26.82623521 | 38.92084613 |
| 浙 江 | 7649.529579 | 20643.59 | 25.46749825 | 30.78650049 |
| 安 徽 | 4130.412231 | 6803.15 | 19.09563078 | 30.56446674 |
| 福 建 | 5413.084978 | 11650.16 | 20.44873654 | 42.2504944 |
| 江 西 | 5079.627448 | 7169.89 | 16.93669565 | 25.54689165 |
| 山 东 | 4698.474195 | 8530.1 | 16.34878546 | 35.4525775 |
| 河 南 | 4527.699943 | 8703.57 | 13.59255108 | 42.4842572 |
| 湖 北 | 4731.62131 | 8837.34 | 24.92942142 | 25.53651546 |
| 湖 南 | 4385.601409 | 8147.08 | 17.55398128 | 29.14435253 |
| 广 东 | 6456.004129 | 15324.11 | 20.18840588 | 41.74186458 |
| 广 西 | 4073.114929 | 8612.13 | 19.92747744 | 40.24628466 |
| 海 南 | 5216.919548 | 7324.93 | 18.29522753 | 26.49584726 |

| | | | | |
|-----|-------------|----------|-------------|-------------|
| 重 庆 | 4462.421428 | 9548.26 | 28.58272045 | 39.13414415 |
| 四 川 | 4222.518311 | 8551.58 | 31.96911409 | 30.86748207 |
| 贵 州 | 3640.389538 | 8682.07 | 18.38878774 | 41.95802956 |
| 云 南 | 4592.36736 | 12227.62 | 72.71145665 | 45.60383369 |
| 西 藏 | 3474.660779 | 13757.59 | 25.0473754 | 37.19232404 |
| 陕 西 | 5013.113491 | 8826.6 | 22.07738391 | 33.31717564 |
| 甘 肃 | 3436.972172 | 8240.61 | 18.67271198 | 45.10271967 |
| 青 海 | 3337.685058 | 10719.15 | 6.23757621 | 74.08826671 |
| 宁 夏 | 3623.952959 | 10828.01 | 14.35676255 | 52.28528394 |
| 新 疆 | 3616.910939 | 9601.79 | 27.78086805 | 45.11144242 |

表 4 02-06 年普通高等院校调查数据 1

| 年份 | 全国生均教育经费输出 | 高等院校在校学生 | 平均学杂费与生活费 | 每个家庭年纯收入平均值 | 生均学费 |
|------|------------|----------|-----------------|-------------|---------|
| 2006 | 15332.8 | 17388441 | 5218.87+8696.55 | 21793.2 | 5218.87 |
| 2004 | 14928.92 | 15617767 | 4915.35+7182.1 | 18537.6 | 4915.35 |
| 2003 | 14962.77 | 13334969 | 4657.92+6510.94 | 16641.6 | 4657.92 |
| 2002 | 15119.56 | 11086002 | 4367.33+6029.88 | 15267.6 | 4367.33 |

表 5 02-06 年普通高等院校调查数据 2

| 年份 | 高校平均一年招手的学 生数 | 国家生均拨款 | 平均每所学校的 捐赠费 | 平均每所学校 事业收入的非 学费部分 | 高等院校数 目 |
|------|------------------|---------|----------------|--------------------------|------------|
| 2006 | 9313.57 | 6650.53 | 1035431.7 | 18629153 | 1867 |
| 2004 | 8715.27 | 6355.15 | 983120.54 | 14265521 | 1792 |
| 2003 | 7703.62 | 4947.76 | 991895.28 | 12464827 | 1731 |
| 2002 | 7143.04 | 4794.32 | 1010504.37 | 11401659 | 1552 |

2. 实现学费评价模型的 java 程序:

```
import java.util.*;

public class pingjia {

    private static final int size = 4;
    private static final int max = 10000;
    private static final int min = 4000;
    double shouru[] = {15267.6,16641.6,18537.6,21793.2}; //四年的每个家庭平
    均纯收入
    double xuefei[] = {4367.33,4657.92,4915.35,5218.87}; //四年的每年学生平均
    学费
    double renshu[] = {7143.04,7703.62,8715.27,9313.57}; //四年平均每所学校
    招收人数
    double bokuan[] = {4794.32,4947.76,6355.15,6650.53}; //四年国家对每个学
```

生的平均拨款

double shehui[] = {1010504.37,991895.28,983120.54,1035431.7}; //四年社会
对平均每所学校捐款

double feixue[] = {11401658.5,12464827.26,14265520.64,18629153.18}; //学
校非学费事业收入

double feiyong[] = {82564836.9,97231012.7,111615689.17,143001384.57}; //
学校每年总费用

```
public double studuan(double f1,double w){           //学生短期目标函数
    double v = 0.0;
    double temp = 0.0;

    if(f1==4000){
        f1 = 4001;
    }
    v=1-f1/w;

    temp = (max-f1)/(max-min);
    System.out.println(temp);
    temp = temp/0.63;
    v = (v+temp)/2;
    if(v>=1){
        v = 0.99;
    }

    return v;
}

public double xueduan(double f){                     //学校短期目标函数
    double v = 0.0;
    double max = 10000.0;
    double min = 4000.0;

    v = (f-min)/(max-min);

    return v;
}

public double zhengduan(double f,double f2){        //政府短期目标函数
    double v = 0.0;

    v = 1-f/f2;
    v = (0.63+v)/2;

    return v;
}

public double dongtai(double f){                     //动态加权函数
    double v = 0.0;
```

```

        if(f<0||f>1.0){

        }else if(f>=0&&f<=0.3){
            v = f;
        }else{
            v=Math.sqrt(f);
        }

        return v;
    }

    public double shechang(double f){                //社会利益目标
        double v = 0.0;
        double temp = 0.0;
        double r = 0.0;

        double shenghuo[] = {6029.88,6510.94,7182.1,8606.55};
        double rate[] = {0.0198,0.0198,0.0225,0.0252};

        for(int i=0;i<size;i++){
            temp = Math.pow(1+rate[i], size-i);
            temp = (shenghuo[i]+f)/temp;
            v = v+temp;
        }
        r = (124328.25-v)/(111219.11+v);
        return r;
    }

    public double peoplechang(double f){            //个人利益目标
        double v = 0.0;

        double temp = 0.0;
        double r = 0.0;

        double shenghuo[] = {6029.88,6510.94,7182.1,8606.55};
        double rate[] = {0.0198,0.0198,0.0225,0.0252};

        for(int i=0;i<size;i++){
            temp = Math.pow(1+rate[i], size-i);
            temp = (shenghuo[i]+f)/temp;
            v = v+temp;
        }

        r = (235547.36-v)/(v+53985.68);
        r = 2*r/5;

        return r;
    }
}

```

```

public void total(){                                     //总目标函数
    int index = 0;

    double mubiao1 = 0.0;
    double mubiao2 = 0.0;
    double mubiao3 = 0.0;
    double mubiao4 = 0.0;
    double mubiao5 = 0.0;
    double temp = 0.0;

    double tt = 0.0;

    for(index = 0;index<size;index++){

        mubiao1 = studuan(xuefei[index],shouru[index]);
        mubiao1 = mubiao1*dongtai(mubiao1);

        mubiao2 = xueduan(xuefei[index]);
        mubiao2 = mubiao2*dongtai(mubiao2);

        temp = renshu[index]*bokuan[index];
        mubiao3 = zhengduan(feiyong[index],temp);
        mubiao3 = mubiao3*dongtai(mubiao3);

        mubiao4 = shechang(xuefei[index]);
        mubiao5 = peoplechang(xuefei[index]);

        tt = 0.5*(mubiao1+mubiao2+mubiao3)+0.5*(mubiao4+mubiao5);

        System.out.println("第"+(index+1)+"评价结果为: "+tt);

    }
}
}

```

3. 实现学费寻优模型的 java 程序:

```

import java.util.*;

public class moni {

    private static final double max = 10000.0;
    private static final double min = 4000.0;
    private static final double F = 143001384.57;
    private static final double N = 9313.57;

```

```

private static final double W = 21793.2;
private static final int ML = 100;
private static final double Z1 = 1035431.7;
private static final double Z2 = 18629153.18;
private static final double A = 6650.53;

private int T = 0;
private int L = 0;
private double ff = 0.0;
private double f1 = 0.0;
private double f2 = 0.0;
private double df = 0.0;
private double e = 0.0;
private double fuhao = 0.0;
private double randmax = 500;
private double r = 0.0;

private boolean loop1 = true;
private boolean loop2 = true;
private boolean loop3 = true;
private Random rand = null;

public void init(){
    T = 20000;
    ff = 6431.0;

    rand = new Random();
}

public void Simulation(){
    init();

    do{
        do{
            if(T == 0){ //如果 T=0 时，退出程序
                loop1 = false;
                System.out.println("最优解为: "+ff+"温度为: "+T);
                break;
            }

            do{ //生成新解
                f1 = ff;
                r = rand.nextDouble();
                fuhao = rand.nextDouble();
                if(fuhao<=0.5){
                    f2 = ff-randmax*r;
                }else{
                    f2 = ff+randmax*r;
                }
                if(f2>=4000.0&&f2<=10000){

```

```

if((f2+20000<=W+A)&&(A*N+Z1+Z2+N*(f2+3000)>=F)){
    loop3 = false;
}
}
}while(loop3);//新解结束

df = total(f1)-total(f2);    //判断接受新解
if(df<=0){
    ff = f2;
    T = T-1;
    L = 0;
    loop3 = true;
}else{
    r = rand.nextDouble();
    System.out.println("r="+r);
    e = Math.exp(-df*20000/T);
    if(r<=e){
        ff = f2;
        T = T-1;
        L = 0;
        loop3 = true;
    }else{
        L++;
        if(L>=ML){
            loop1 = false;
            loop2 = false;
            System.out.println("最有解为: "+ff);
        }
    }
} //接受新解结束
}while(loop2);
}while(loop1);
}

public double total(double f){    //总目标函数
    double value = 0.0;

    value
    mubiao1(f)/6+mubiao2(f)/6+mubiao3(f)/6+mubiao4(f)/4+mubiao5(f)/4;

    return value;
}

public double mubiao1(double f){
    double v = 0.0;
    double tf = (f-min)/(max-min);    //进行极值差转化

    v = school(f)/tf;

```

```

        return v;
    }

    public double school(double f){
        double v = 0.0;

        v = 0.53;

        return v;
    }

    public double mubiao2(double f){
        double v = 0.0;

        v = (f-min)/(max-min);

        return v;
    }

    public double mubiao3(double f){
        double v = 0.0;

        v = f*N/F;

        return v;
    }

    public double mubiao4(double f){
        double v = 0.0;

        double temp = 0.0;
        double r = 0.0;

        double shenghuo[] = {6029.88,6510.94,7182.1,8606.55};
        double rate[] = {0.0198,0.0198,0.0225,0.0252};

        for(int i=0;i<4;i++){
            temp = Math.pow(1+rate[i], 4-i);
            temp = (shenghuo[i]+f)/temp;
            v = v+temp;
        }
        r = (235547.36-v)/(v+53985.68);
        r = 2*r/5;

        return r;
    }

    public double mubiao5(double f){
        double v = 0.0;

```



```

double temp = 0.0;
double r = 0.0;

double shenghuo[] = {6029.88,6510.94,7182.1,8606.55};
double rate[] = {0.0198,0.0198,0.0225,0.0252};

for(int i=0;i<4;i++){
    temp = Math.pow(1+rate[i], 4-i);
    temp = (shenghuo[i]+f)/temp;
    v = v+temp;
}
r = (124328.25-v)/(111219.11+v);
return r;
}
}

```