

普通高校分省招生计划编制模型研究^{*}

郑庆华^{1a,1b}, 罗京^{1a}, 王衍波^{1a}, 杨松², 宋红霞^{1b}

(1. 西安交通大学 a. 智能网络与网络安全教育部重点实验室; b. 招生办公室, 西安 710049; 2. 中华人民共和国教育部学生司, 北京 100816)

摘要: 针对普通高校分省招生计划编制问题, 提出了一种招生计划二次分配模型。初次分配使用灰色模型计算招生计划基础值部分, 二次分配借助模糊指标体系计算招生计划调整值部分。通过实际应用, 证明该模型在提高入学机会的公平性和降低高校属地计划占有度方面具有积极的作用。

关键词: 招生计划; 灰色模型; 模糊指标体系

中图分类号: TP319 **文献标志码:** A **文章编号:** 1001-3695(2012)07-2567-04

doi:10.3969/j.issn.1001-3695.2012.07.045

Research on formulation of university enrollment plan

ZHENG Qing-hua^{1a,2b}, LUO Jing^{1a}, WANG Yan-bo^{1a}, YANG Song², SONG Hong-xia^{1b}

(1. a. Ministry of Education Key Laboratory for Intelligent Network & Network Security, b. Admission Office, Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China; 3. Department of College Student Affair, Ministry of Education of the People's Republic of China, Beijing 100816, China)

Abstract: This paper proposed a model of secondary distribution for university enrollment plan. The initial distribution calculated the basic value of university enrollment plan using gray model and then the secondary distribution calculated the adjusted value of the plan using fuzzy index system. At last by putting the model into practice, it proves that this model can improve the fairness of education and reduce the degree of local enrollment plan.

Key words: enrollment plan; gray model; fuzzy index system

0 引言

高校招生计划的编制和管理工作事关国家人才选拔战略, 与人民群众的切身利益息息相关, 受到党和政府以及社会各界的高度关注。然而由于经济、文化、社会发展等诸多因素影响, 高校在不同省份的招生计划分配不尽合理, 招生计划编制的公平性、科学性、合理性亟待提高^[1]。

党的十七大报告指出:“教育是民族振兴的基石, 教育公平是社会公平的基础”。《国家中长期教育改革与发展规划纲要(2010—2020)》在第十二章第36条中明确指出:“完善高等学校招生名额分配方式和招生录取办法, 建立健全有利于促进入学机会公平、有利于优秀人才选拔的多元录取机制。”高校分省招生计划的编制是招生工作的源头, 关系到国家人才培养的总体战略, 是国家对高等教育资源调控的重要手段。因此, 科学合理、公平公正、公开透明、高校满意、社会认可的生源计划是教育公平的重要体现之一, 对促进高等教育资源合理配置、推动全国经济和社会的协调发展、全面构建和谐社会均有着十分重要的意义。

1 相关工作

通过数学建模的方法辅助编制高校分省招生计划具体方

案成为高校招生领域研究的亮点^[1]。杨卫平等人^[2]采用模糊数学的方法, 建立了多因素、多层次的高校招生来源计划编制指标体系, 针对指标体系中各因素之间的不确定性, 提出一种基于模糊数学的高校招生来源计划编制模型。该模型借助模糊理论中模糊综合评价的方法, 综合考虑了招生计划编制中的模糊因素和动态变化因素, 将定性和定量相结合, 最终给出科学可解释的招生计划。张华等人^[3]同样基于招生来源计划编制指标体系, 结合历史招生数据, 通过 AHP 法(层次分析法)确定各层次指标的权重, 进而通过加权的方法制订招生计划。在预测招生计划变化趋势方面, 杨帆等人^[4,5]分别使用灰色预测模型和最小二乘支持向量机模型进行研究, 均取得了不错的效果。

在模型的评价指标方面, 针对招生计划不合理所带来的不同省份考生接受优质高等教育机会不平等这一公平性问题, 潘昆峰等人^[6]引入了“入学机会指数”“基尼系数”等评价公平性的指标, 并分析了在目前分省配额制下, 我国各省考生就读直属高校入学机会的差异及其影响因素, 提出了促进直属高校入学机会均衡化的基本原则, 并从考生基数、属地优惠、弱势补偿和损失补偿四个方面考虑, 提出了可以改进招生名额分配的公平性且具有较强现实操作性的建议方案。

收稿日期: 2011-11-05; 修回日期: 2011-12-25 基金项目: 国家教育部软科学研究资助项目(911013)

作者简介: 郑庆华(1969-), 男, 浙江嵊州人, 教授, 博士, 主要研究方向为智能网络学习环境、网络安全; 罗京(1986-), 男, 山东德州人, 硕士研究生, 主要研究方向为信息检索理论与应用(jingluo.aaronrowe@gmail.com); 王衍波(1986-), 男, 山东泰安人, 硕士研究生, 主要研究方向为信息检索理论与应用; 杨松(1962-), 男, 陕西西安人, 本专科招生处处长, 主要研究方向为招生管理研究; 宋红霞(1963-), 女, 山西阳城人, 副主任, 主要研究方向为招生管理研究。

2 招生计划二次分配模型

高校分省招生计划的编制,具有决策目标复杂、参与主体较多的特点。本文选取最主要的两个主体:高校和教育行政主管部门,对其决策目标进行分析,如图1所示。

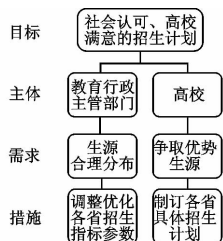


图1 招生计划编制主体、目标

一方面,高校为了自身的发展建设,需要争取优质的生源,因而分省招生计划会向教育大省倾斜,使这部分省份的考生获得更多的享受优质教育资源的机会^[7]。

另一方面,政府教育行政主管部门为了科学地调配教育资源,需要高校的分省招生计划能够尽量符合教育资源的分布^[6],使部分教育欠发达省份的考生也能够享有平等的入学机会。

针对此问题,本文提出了一种带波动限制因子和衰减因子的招生计划二次分配模型。

2.1 模型总公式

高校分省招生计划的编制分为两个阶段。初次分配阶段以满足高校稳定发展为目标,确定招生计划的基础值部分;二次分配阶段以教育资源的合理配置为目标,确定招生计划的调整值部分。最后将基础值部分和调整值部分相加,并通过波动限制因子和衰减因子的作用获得分省招生计划。

分省招生计划总公式为

$$\text{高校分省招生计划} = \text{基础值} + \text{调整值}$$

总公式可表示为

$$T = (\theta \times B + (1 - \theta) \times C) \times \beta^n \times \alpha$$

总公式中各符号含义如表1所示。

表1 总公式中各符号含义

符号	含义	符号	含义
T	某高校分省招生计划	θ	基础值比例系数, $0 \leq \theta \leq 1$
B	基础值(初次分配)	β	波动限制因子, n 表示迭代进行
C	调整值(二次分配)	α	衰减因子

2.2 基于灰色模型的基础值计算方法

总公式中的基础值部分以高校稳定发展为目标,遵循招生计划编制中的相对稳定性原则,即高校为了争取优质生源,会逐年加大部分省份的招生规模,从而在历史数据中,该部分省份的招生规模会出现递增的趋势;相应地,部分省份的招生规模会出现递减的趋势。本文选用灰色模型中的 GM(1,1) 模型^[8,9]对高校分省招生计划的变化趋势进行建模,进而预测下一年度分省招生计划。

定义1 $X = (x(1), x(2), \dots, x(n))$ 为某高校在某省份历史 n 年的招生人数向量。

GM(1,1)模型:

a) 累加生成序列 $X^0 = (x^0(1), x^0(2), \dots, x^0(n))$, 其中

$$x^r(k) = \sum_{i=1}^k x^{r-1}(i);$$

b) 令 X^1 满足: $\frac{dx^1}{dt} + ax^1 = u$;

c) 差分代替微分,得

$$\begin{pmatrix} x^0(2) \\ x^0(3) \\ \vdots \\ x^0(n) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -z(2), 1 \\ -z(3), 1 \\ \vdots \\ -z(n), 1 \end{pmatrix} \times \begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix}$$

其中: $z(k+1) = \frac{1}{2}(x^1(k+1) + x^1(k))$, 简记为

$$x_N = B \times \begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix}$$

d) 使用最小二乘法求解得

$$\begin{pmatrix} a \\ u \end{pmatrix} = (B^T B)^{-1} B^T x_N$$

e) 使用求解得到的 a, u 得到预测方程为

$$x(k+1) = (x^0(1) - u/a) \exp(-ak) + u/a \quad k \geq 2 \quad (2)$$

最后通过式(2)预测第 $n+1$ 年的招生人数,得到分省招生计划的基础值部分。

2.3 基于模糊指标体系的调整值计算方法

总公式中的调整值部分以教育资源的合理配置为目标。为了体现招生计划编制中的科学性原则,需要高校分省招生计划尽量符合教育资源的分布,同时保证不同省份考生能够公平地享有竞争优质教育资源的机会,为此需要通过数据量化教育资源的分布以及生源的质量情况。本文参考教育部提供的资料 and 已有研究,引入高校招生计划编制指标体系,如表2所示^[2]。

表2 高校招生计划编制指标体系

一级指标	二级指标	正反比	来源
A_1 生源指标	A_{11} 各省本年度报考人数占全国报考人数百分比	+	政
	A_{12} 各省本年度普通高中应届毕业生人数占全国普通高中应届毕业生总人数百分比	+	政
	A_{13} 上年度分省入学新生综合质量指数	+	校
	A_{14} 分省在校生综合质量指数	+	校
A_2 高校指标	A_{21} 各地区直属高校数量占直属高校总数百分比	-	政
	A_{22} 各地区直属高校年度招生规模合计数占直属高校年度招生总规模百分比	-	政
	A_{23} 各地区本科高校数量占全国本科高校总数百分比	-	政
	A_{24} 各地区本科高校年度招生规模合计数占全国本科高校年度招生总规模百分比	-	政
	A_{25} 各地区考生对高校的认可度指数	+	校
	A_{31} 各省上年度上缴中央财政税收额占中央财政税收总额百分比	+	政
	A_{32} 各省上年度本科毕业生就业率与全国本科毕业生平均就业率比值	+	政
	A_{33} 各省上年度投放外省本科招生计划数占上年度本省本科招生计划总数百分比	+	政
A_3 政府指标	A_{34} 各省级招生管理部门执行国家招生政策及管理水平指数	+	校
	A_{35} 各地方政府对高校的支持及共建指数	+	校
	A_{36} 区域政策支持及照顾指数	+	校

表2中,正反比栏目中“+”表示与指标成正比例关系,“-”表示与指标成反比例关系;来源栏目中“政”表示指标的

数据来源为政府相关部门,“校”表示指标的数据来源为高校自行提供。

综合指标体系中的各项指标基本能够体现教育资源在各省份的分布以及生源的质量情况,但是其中的部分指标是以分级的形式给出,如指标 A_{13} 、 A_{14} 、 A_{25} 、 A_{34} 、 A_{35} 、 A_{36} ,本文选用模糊评价集的方法对其进行量化处理。

定义2 V 为评价集,设定 $V = \{\text{非常满意, 满意, 一般, 可以, 不满意}\}$,使用模糊数学中的五级偏大型柯西分布隶属函数进行赋值:

$$f(x) = \begin{cases} [1 + \alpha(x - \beta)^{-2}]^{-1} & 1 \leq x \leq 3 \\ a \times \ln x + b & 3 \leq x \leq 5 \end{cases} \quad (3)$$

其中: a 、 b 、 α 、 β 为待定系数,当评价为“非常满意”时,隶属度为1,即 $f(5) = 1$;评价为“一般”时,隶属度为0.8,即 $f(3) = 0.8$;评价为“不满意”时,隶属度为0.01,即 $f(1) = 0.01$,最终将评价集量化为向量 $\{1, 0.9126, 0.8, 0.5245, 0.01\}$ 。

数据预处理后,需要确定15项指标在模糊综合评价中的权重^[10]。本文采用一种固定一级指标权重范围,利用非线性规划给出二级指标推荐权重的方法确定15项指标的权重向量。

定义3 $W = (w_1, w_2, \dots, w_n)$ 为15项指标的权重向量,其中 $\sum_{i=1}^n w_i = 1$ 。

以最小化估计分省计划人数与实际分省计划人数的绝对偏差为目标函数构建非线性规划模型,如式(4)所示,通过对历史数据的学习得到15项二级指标的权重。

$$\min Z = (F_{n \times 1} - T \times A_{n \times 15} \times W_{15 \times 1})^T (F_{n \times 1} - T \times A_{n \times 15} \times W_{15 \times 1})$$

$$\text{subject to} \begin{cases} \sum_{j=1}^4 W_j \subseteq [S_{\min}, S_{\max}] \\ \sum_{j=5}^9 W_j \subseteq [U_{\min}, U_{\max}] \\ \sum_{j=10}^{15} W_j \subseteq [G_{\min}, G_{\max}] \\ \sum_{j=1}^{15} W_j = 1 \end{cases}$$

其中: F 为历史某年某高校在各省的招生人数向量; T 为历史某年某高校的招生总人数; A 为历史某年某高校招生计划编制指标体系矩阵;一级指标的权重范围由经验值给出,其中生源指标 $[S_{\min}, S_{\max}]$,高校指标 $[U_{\min}, U_{\max}]$,政府指标 $[G_{\min}, G_{\max}]$ 。

通过模型学习得到指标权重后,通过式(5)加权求和得到分省招生计划的调整值部分。

$$C_j = T \times \sum_{k=1}^n (A_{kj} \times w_k) \quad (5)$$

其中 j 为对应的省份, $j = 1, \dots, 31$ 。

2.4 波动限制因子和衰减因子

高校分省招生计划的编制应该符合渐进性原则,即在体现变化趋势的前提下,招生计划不能出现较大的波动。因此本文在模型总公式中添加波动限制因子,通过罚函数的方法控制招生人数的波动范围。

波动限制因子:

while $b_j > b_0$

do $x_j = (1 + b_0) \times x_j^0, (b_j - b_0) \times x_j^0$ 按 x^0 比例分配;

end while

其中: $b_j = (x_j - x_j^0)/x_j^0$ 为波动量; b_0 为罚函数的阈值; x_j 为某

高校当年某省份的预测招生计划; x_j^0 为某高校上一年度某省份的实际招生计划。

分析历史招生计划变化趋势发现,高校在某些教育大省,招生人数一般会呈现稳定的增长趋势;然而对单一省份而言,招生人数存在一定的饱和度,即在保证高校声誉和生源的情况下,优质的生源并不会随着投放计划的增加而增加,此时若继续加大招生计划的投放,并不能保证总体生源质量的上升,此时招生计划变化趋势会出现滞涨或下降的情况。为了体现该趋势,防止招生计划在某些省份局部过快增长,在模型总公式中添加衰减因子。

定义4 增速序列 $R = (r_1, r_2, \dots, r_n)$, 其中 $r_i = x_{i+1}/x_i$ 。

取衰减控制阈值为 n , 即连续 n 年保持最高速增长 $1 + b_0$, 则对增速 r 进行衰减,衰减强度为 α , 则

$$r = \begin{cases} r_0 & n_0 < n \\ \alpha \times r_0 & n_0 \geq n \end{cases}$$

其中: n_0 为增速超出阈值的年份数。

3 编制—审核系统

3.1 系统实现

根据模型的设计方案,本文实现了一套基于客户端/服务器架构的普通高校分省招生计划编制系统。客户端由两部分组成,其中在高校端运行普通高校分省招生计划优化编制支持系统,用户辅助高校制订和提交分省招生计划,其功能树如图2所示;在教育部端运行普通高校分省招生计划审核支持系统,用于辅助教育行政主管部门审核高校提交的招生计划,其功能树如图3所示。部分系统功能截图如图4、5所示。

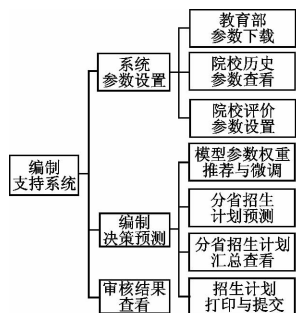


图2 普通高校分省招生计划优化编制决策支持系统功能树

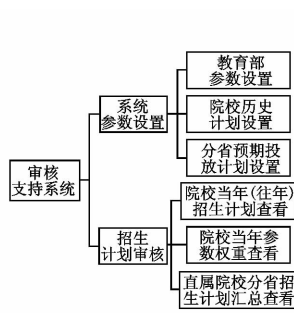


图3 普通高校分省招生计划审核系统功能树

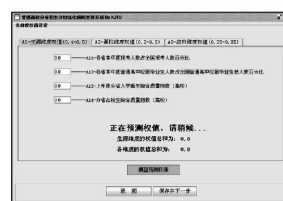


图4 权重预测与调整界面



图5 预测结果汇总页面

3.2 系统特点

a) 结构灵活,数据共享。系统采用C/S架构,可以通过网络实时在线交换数据。

b) 针对“生源质量为主,兼顾地区平衡”的计划编制指导思想,本系统使用招生计划二次分配的方式,初次分配计算基础值,保证高校对优质生源需求,二次分配计算调整值,保证教

育资源的合理分布。

c)综合分析,科学编制。本系统综合考虑生源质量、高校、政府等 15 项指标参数,体现了计划制订的科学性;特别是针对满意度参数,采用符合一般认知规律的柯西梯度函数求解评价向量。

d)稳定性好,灵活性强。本系统将高校分省计划分为基础值(约占 50%~70%)和调整值(约占 30%~40%)两部分,可以根据不同高校的实际情况调整两部分的比重,计划编制灵活。

4 实证测试

为验证系统的正确性和有效性,本文使用该系统预测 2011 年各直属高校分省招生计划,并与 2011 年各直属高校实际分省招生计划进行比较,验证招生计划在区域分布及公平性上是否得到改进,并对实验结果进行分析、解释。本文进行三项实验,分别为省份入学机会指数测试、计划稳定性测试和属地计划占有度测试。

4.1 省份入学机会指数测试

公平性是招生计划编制的重要原则,为了评价系统预测结果对教育部直属高校招生计划编制的影响,引入入学机会指数^[6]作为衡量公平性的指标。

定义 5 p_i 为 i 省的入学机会指数

$$p_i = \frac{n_i/m_i}{N/M} \quad (7)$$

其中: n_i 表示所有教育部直属高校在 i 省招生总人数; m_i 为 i 省报考教育部直属高校的考生报名人数; N 为所有教育部直属高校在全国招生总人数; M 为全国报考教育部直属高校的考生报名总人数。该指数表示 i 省考生被教育部直属高校录取的概率与全国平均概率的比值。在入学机会绝对公平的情况下 $p_i = 1$;当 $p_i > 1$ 时,说明该省考生进入教育部直属高校的机会高于全国平均水平;当 $p_i < 1$ 时,说明该省考生进入教育部直属高校的机会低于全国平均水平。

根据教育部提供的 2007—2010 年全国 81 所直属高校招生来源数据,使用本系统预测 2011 年各直属高校分省招生计划,计算各省份的入学机会指数,结果如表 3 所示。

表 3 2010 年与 2011 年各省份入学机会指数

省市	2010 年	2011 年	绝对偏差
上海	3.207	3.074	-0.133
天津	2.652	2.574	-0.078
北京	2.617	2.586	-0.031
广东	0.657	0.669	0.012
安徽	0.616	0.635	0.019
河南	0.506	0.529	0.023
最高/最低比	6.342	5.813	-0.529

注:表中仅取 2010 年入学机会指数排名前三位和后三位的省份显示。绝对偏差为负表示入学机会指数下降,为正表示入学机会指数上升。

使用本系统预测得到的 2011 年教育部直属高校招生计划,在 2010 年入学机会指数排名前三位的省份,2011 年的入学机会指数均有不同程度的下降;在 2010 年入学机会指数排名后三位的省份,2011 年入学机会指数都有不同程度的上升。入学机会指数最高值与最低值比例也由 2010 年的 6.342 下降

到 2011 年的 5.813。测试结果说明本系统在促进教育部直属高校入学公平性上具有积极的作用。

4.2 属地计划占有度测试

高校属地投放计划占当年总计划的比重居高不下是高校普遍存在的问题之一,本文选取五所教育部直属高校使用本系统编制 2011 年分省招生计划的实际数据,计算其 2011 年属地计划占有度,并与 2010 年实际数据进行比较,结果如表 4 所示。

表 4 五所高校属地计划占有度

院校	2010 年实际招生		2011 年预测招生		降幅/%
	人数	比例/%	人数	比例/%	
1	286	19.67	254	18.53	5.80
2	270	17.07	235	15.46	9.43
3	705	22.09	669	20.59	6.79
4	1 148	23.93	1 069	22.25	7.02
5	816	40.34	747	37.28	7.59

测试结果显示,五所教育部直属高校的属地占有度从实际人数和所占比例两个方面均有不同程度的下降,说明本系统在促进高校属地计划占有度的稳定下降方面具有积极的作用。

5 结束语

在目前优质教育资源稀缺的状况下,编制科学合理的分省招生计划成为教育公平的基本要求,不仅需要一定的理论指导和科学依据,更需要一套有效的机制和措施。本文提出的招生计划二次分配模型是对利用数学建模的方法辅助高校分省招生计划编制的一次重要尝试,实际应用中得到相关部门和高校的大力支持,同时也取得了初步成果。高校分省招生计划的编制是一个复杂的问题,本系统还需要反复改进,不断完善,才能更好地为促进科学合理、公平公正、高校满意、社会认可的招生计划编制服务。

参考文献:

- [1] 郑超美. 浅论普通高校招生来源计划的科学编制[J]. 安徽工业大学学报:科学社会版,2006,23(6):131-133.
- [2] 杨卫平,段丹青,陈松岭. 基于模糊数学的高校招生来源计划编制模型研究[J]. 计算机应用研究,2009,26(2):580-582.
- [3] 张华,赵毅. 运用 AHP 方法编制高校招生计划的探析[J]. 重庆交通学院学报:社科版,2003,3(7):94-96.
- [4] 杨帆,吴业军. 基于 GM(1,1) 模型的某高校招生人数预测[J]. 长春大学学报,2008,18(2):29-30.
- [5] 张梦,焦合军. 基于最小二乘支持向量机的普通高校招生人数预测研究[J]. 郑州航空工业管理学院学报,2008,26(1):37-43.
- [6] 潘坤峰,许申,陈彦. 央属高校招生名额分配的原则和方案设计[J]. 北京大学教育评论,2010,8(2):43-55.
- [7] 周洁敏,王海波. 普通高校招生制度中的公平性问题研究[J]. 中国成人教育,2009(18):34-35.
- [8] 吕林正,吴文江. 灰色模型 GM(1,1) 优化探讨[J]. 系统工程理论与实践,2001(8):92-96.
- [9] 王钟美,吴春筠. GM(1,1) 改进模型及其应用[J]. 数学的实践与认识,2003(9):20-24.
- [10] 王靖,张金锁. 综合评价中确定权重向量的几种方法比较[J]. 河北工业大学学报,2001,50(2):52-57.