

# 大类招生模式下学生成绩综合评价模型

曹丽梅, 郑志益, 张志刚

(北京科技大学 数理学院, 北京 100083)

[摘 要] 学生成绩是评价学生学习水平的重要指标,也是学生排名的依据. 大类招生模式下,要做到公平合理的评定学生成绩是非常困难的. 针对成绩标准化一般方法的局限,使用绝对分数、相对分数、排名正态分数构建了一种综合的成绩评价模型,实现专业分流中不同专业课程成绩的比较和加权排名,确保学生成绩的评定更加公平、客观.

[关键词] 专业分流; 成绩标准化; 学生成绩评价; 排名正态分

[中图分类号] O29 [文献标识码] C [文章编号] 1672-1454(2019)03-0059-05

## 1 引 言

随着高等教育的深化改革,本科教育模式由传统的“专业招生、专业培养”转变为“大类招生、分流培养”<sup>[1]</sup>. 专业分流时,不论基于“成绩优先”还是“志愿优先”的专业选择原则<sup>[1-2]</sup>,为限制各专业招入学生数量,高校以成绩作为评定学生能否被录取的硬性指标. 这在客观上要求成绩排名必须公平而合理. 受到专业情况、学科类别、课程难度、评卷标准的影响,单科考试成绩无法直接比较或加权求和. 针对这一情况,吴荔荔等人提出利用标准分数和线性变换对研究生入学考试成绩进行处理,克服了原始考分的不可加性和不可比性,但要求分数服从正态分布,并且未考虑到课程规模不同导致的排名差异对成绩造成的影响<sup>[3]</sup>. 陈保亚等人在文献<sup>[4]</sup>中提出了成绩评定的双轨制模型,同时考虑相对排名与绝对成绩进行人才的选拔,但不能合理比较中心趋势差异较大的课程成绩,同样要求分数满足正态分布. 本文应用绝对分数、相对分数、排名正态分数综合评价的评分模型,对课程成绩进行处理和加权排名,考虑因素更为全面的同时,也对偏态分布的成绩进行了标准正态化处理,为高校学生的评优、分流以及教学管理提供了一定理论依据.

## 2 学生成绩综合评价模型建立

专业分流和转专业是面向全校学生进行的分专业措施. 为保证该举措的公平实施,高校学生成绩的评比模型须保证单科课程成绩的可比性和可加性. 本文研究的重点即如何综合运用考试成绩、课程设置情况、排名情况等信息,结合分数分布情况,将各科课程成绩划归到同一尺度下进行比较衡量和加权运算. 基于双轨模式的提出和分数的正态化变换<sup>[4]</sup>,本文综合考虑考试成绩、平均成绩、排名情况,通过下述变换得到绝对分数、相对分数和排名正态分数,以综合表征单科课程的标准成绩.

### 2.1 单科成绩绝对分数

学生的原始课程成绩可在一定程度上体现学生的学习能力,是单科标准成绩首要考虑的因素,可使单科标准成绩更具说服力与综合性. 因此,本文通过对原始成绩  $x_i$  进行线性变换,得到绝对分数  $G_i$ ,将

[收稿日期] 2018-10-30; [修改日期] 2019-01-29

[基金项目] 国家自然科学基金青年基金(51706019);北京科技大学教改项目(JG2017M38;JG2017zz05)

[作者简介] 曹丽梅(1981—),女,博士,副教授,从事信息几何、流体力学研究. Email:caolimei@ustb.edu.cn

百分制分数成比例缩小到 0—1 分之间,计算公式如式(1):

$$G_i = \frac{x_i}{100}. \quad (1)$$

## 2.2 单科成绩相对分数

平均成绩能够度量课程成绩的中心趋势<sup>[5]</sup>,同样的考试成绩置于平均成绩不同的课程中,含金量显然有所差异.例如:外国语学院的同学所修课程“走近德国”的成绩为 90 分,该课程平均分为 80 分;而数理学院的乙同学所修课程“数学分析 I”成绩也为 90 分,该课程平均分为 60 分.虽然两位同学的原始分数都为 90 分,但不能认为二者的能力相同.在达成不同专业的平均水平相同的共识之下,乙同学的专业课成绩更具优势.为刻画成绩含金量的高低,本文根据以相对分数  $R_i$  反应考试成绩与平均成绩的差异,提供学生课程水平在课堂整体中定位,计算公式如式(2):

$$R_i = \frac{x_i - \bar{x}}{100} + 0.7, \quad (2)$$

其中  $x_i$  表示第  $i$  名学生的原始课程成绩,  $\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$  表示该课程成绩的平均分数, 0.7 为相对分数的平均值,由全部课程的平均分为 70 分确定.

## 2.3 单科成绩排名正态分数

由于不同课程的参试人数不同,排名比例也是成绩评价中需要考虑的因素.例如,课程 I 有 100 名同学参加考试,课程 II 有 1000 名同学参加考试,显然在课程 II 的考试中取得第一名的难度更大,应该得到更高的分数.本文以排名正态分数体现课程排名情况,目的在于离散考分相近的成绩的分布,处理过程如下:

首先,对原始课程成绩  $x_i$  进行排序,在总人数为  $n$  的课程中,第  $i$  名同学的排名所占比例为  $P_i = \frac{i}{n+1}$ .成绩分布一般接近正态分布,但由于学生、教师、课程难度等因素影响也可能出现混合正态分布<sup>[5-6]</sup>.为避免偏态数据的使用,利用式(3)根据成绩排名比例  $P_i$ ,找到服从正态分布  $y \sim N(\bar{x}, s_x^2)$  的分数  $y_i$ .正态分数  $y_i$  经式(4)进行标准化和归一化,使排名正态分  $Z_i$  介于 0 和 1 之间,均值为 0.5,标准差为 0.1.

$$\Phi\left(\frac{y_i - \bar{x}}{s_x}\right) = P_i, \quad (3)$$

$$Z_i = 0.1 \times \frac{y_i - \bar{y}}{s_y} + 0.5, \quad (4)$$

由此得到的排名正态分数越高,表示排名比例  $P_i$  越小,学生能力越为出色.

## 2.4 单科标准成绩

单科标准成绩  $M_i$  由绝对分数、相对分数和排名正态分数按式(5)组合得到,可以更为全面、科学地反应学生的能力水平:

$$M_i = \alpha G_i + \beta R_i + \gamma Z_i, \quad (5)$$

其中绝对分数、相对分数、排名正态分数的占比分别为  $\alpha, \beta, \gamma$  ( $\alpha + \beta + \gamma = 1$ ),三者的组合比例不同,会对最终的分数及排名产生一定影响,本文将在后文给出 1:1:1 与 1:2:2 的比例对成绩排名情况影响的实例分析.在实际成绩处理过程中可根据目的调整比例,有所侧重.

## 2.5 综合加权标准成绩

通过上述方法构造的单科课程标准成绩可实现课程间跨类别、跨专业比较,但学生的综合评定成绩需要对单科标准成绩进一步运算.目前,综合评定模型有平均成绩模型、平均学分绩模型、平均学分绩模型、主成分分析模型、因子模型等<sup>[7]</sup>,本文结合当前高校仍广泛采取学分制评定课程的实际,运用平均学分绩模型计算学生的加权标准成绩  $F_i$ ,模型如式(6)所示:

$$F_i = \frac{\sum_j M_{ji} c_j}{\sum_j c_j}, \quad (6)$$

其中,  $M_{ji}$  为第  $i$  个学生的第  $j$  门课程标准成绩,  $c_j$  为所对应的课程学分,  $\sum c_j$  选用学生所在专业或学院的总学分, 而非个人所修学分, 以保证成绩的公平性.

3 结果与分析

本文以北京科技大学 2017 级本科生大一成绩为例, 进行随机抽样进行如下分析. 表 1 为样本中 9 名学生的原始成绩情况, 其中学生  $A_1, A_2, A_3$  来自 A 专业, 学生  $B_1, B_2, B_3$  来自 B 专业, 学生  $C_1, C_2, C_3$  来自 C 专业. 由于三个专业的课程设置不同、相对水平对应成绩有所差异, 9 名同学的专业成绩无法直接比较, 需要进行标准化处理.

表 1 学生单科成绩情况表

学生 代号	公共课 I				专业课 I				专业课 II			
	$x_i$	$\bar{x}$	$k/n$	$c_j$	$x_i$	$\bar{x}$	$k/n$	$c_j$	$x_i$	$\bar{x}$	$k/n$	$c_j$
$A_1$	75	77.15	1171/1947	6	79	81.76	216/333	2	90	84.56	95/333	2
$A_2$	75	77.15	1171/1947	6	81	81.76	190/333	2	58	84.56	323/333	2
$A_3$	74	77.15	1215/1947	6	83	81.76	153/333	2	91	84.56	66/333	2
$B_1$	84	77.15	660/1947	6	85	84.30	79/147	3	78	76.98	414/868	2
$B_2$	57	77.15	1790/1974	6	85	84.30	79/147	3	78	76.98	414/868	2
$B_3$	80	77.15	908/1947	6	86	84.30	72/147	3	77	76.98	441/868	2
$C_1$	83	77.15	722/1947	6	77	78.56	176/325	2.5	74	74.08	381/785	4
$C_2$	80	77.15	908/1947	6	76	78.56	187/325	2.5	74	74.08	381/785	4
$C_3$	74	77.15	1215/1947	6	76	78.56	187/325	2.5	81	74.08	223/785	4

3.1 单科成绩处理结果分析

应用前文所描述的方法, 对 9 名同学的原始成绩进行处理, 其中单科标准成绩  $M_i$  以绝对分数  $G_i$ 、相对分数  $R_i$ 、排名正态分数  $Z_i$  按 1 : 1 : 1 组合得到, 结果如表 2 所示. 结合表 1 中的原始数据可以进行如下分析:

表 2 单科标准成绩及组成

学生 代号	公共课 I				专业课 I				专业课 II			
	$G_i$	$R_i$	$Z_i$	$M_i$	$G_i$	$R_i$	$Z_i$	$M_i$	$G_i$	$R_i$	$Z_i$	$M_i$
$A_1$	0.75	0.6785	0.4702	0.6329	0.79	0.6724	0.4558	0.6394	0.90	0.7544	0.5478	0.7341
$A_2$	0.75	0.6785	0.4702	0.6329	0.81	0.6924	0.4761	0.6595	0.58	0.4344	0.3119	0.4421
$A_3$	0.74	0.6685	0.4644	0.6243	0.83	0.7124	0.5039	0.6821	0.91	0.7644	0.5752	0.7499
$B_1$	0.84	0.7685	0.5362	0.7149	0.85	0.7070	0.4850	0.6807	0.78	0.7102	0.5008	0.6637
$B_2$	0.57	0.4985	0.3581	0.4755	0.85	0.7070	0.4850	0.6807	0.78	0.7102	0.5008	0.6637
$B_3$	0.80	0.7285	0.5037	0.6774	0.86	0.7170	0.4969	0.6913	0.77	0.7002	0.4931	0.6544
$C_1$	0.83	0.7585	0.5278	0.7054	0.77	0.6844	0.4851	0.6465	0.74	0.6992	0.4982	0.6458
$C_2$	0.80	0.7285	0.5037	0.6774	0.76	0.6744	0.4765	0.6370	0.74	0.6992	0.4982	0.6458
$C_3$	0.74	0.6685	0.4644	0.6243	0.76	0.6744	0.4765	0.6370	0.81	0.7692	0.5522	0.7105

对于同一公共课 I, 绝对分数、相对分数、排名正态分数、课程标准成绩均与原始成绩的排序相同; A, B 专业的专业课 I 不同, 学生  $A_2, B_3$  的相对分数、排名正态分数、课程标准成绩与原始成绩排序相反.

对于专业课 I, 学生  $A_3$  的原始成绩为 83 分, 学生  $B_1$  的原始成绩为 85 分; A 专业的平均分为 81.76,

$B$  专业的平均分为 84.30. 由于  $A_3$  的成绩与平均分的差距更大, 得到  $A_3$  的相对分数 0.7124 高于  $B_1$  的相对分数 0.7070.

学生  $A_1$  在公共课 I 的原始成绩排名 60%, 在专业课 I 的原始成绩排名 65%. 尽管  $A_1$  公共课 I 的原始成绩偏低, 但由于排名占比靠前, 得到的排名正态分数为 0.4702, 高于专业课 I 的排名正态分数 0.4558.

学生  $B_3$  和学生  $C_1$  在公共课 I 和专业课 II 的分差都是 3 分, 但由于公共课人数偏多, 离散程度高, 导致公共课 I 的排名正态分数相差 0.0241, 专业课 II 的排名正态分数仅相差 0.0051.

由上述总结得出: 本文提出的单科标准成绩的模型保持原有可比成绩的比较顺序不变, 实现了全体成绩的可比性. 其中, 相对分数取决于原始分数与平均水平的差异, 反应个体与总体的比较情况; 排名正态分数主要取决于排名情况, 课程人数越多, 对分数的离散作用越明显.

### 3.2 不同比例下加权成绩分析

表 2 中的单科标准成绩给定绝对分数、相对分数、排名正态分数三者的组合比例为 1:1:1, 当调节比例分别为 1:1:1 和 1:2:2, 得到 9 名同学的各科的标准成绩, 按照表 1 对应学分加权可得表 3.

表 3 不同比例的课程成绩及加权排名

学生 代号	公共课 I		专业课 I		专业课 II		加权成绩		排 名	
	1:1:1	1:2:2	1:1:1	1:2:2	1:1:1	1:2:2	1:1:1	1:2:2	1:1:1	1:2:2
$A_1$	0.6329	0.5922	0.6394	0.5935	0.7341	0.6875	0.6544	0.6115	4	7
$A_2$	0.6329	0.5922	0.6595	0.6136	0.4421	0.4096	0.6001	0.5600	8	8
$A_3$	0.6243	0.5843	0.6821	0.6376	0.7499	0.7062	0.6610	0.6193	3	4
$B_1$	0.7149	0.6702	0.6807	0.6317	0.6637	0.6230	0.6963	0.6511	1	1
$B_2$	0.4755	0.4462	0.6807	0.6317	0.6637	0.6230	0.5657	0.5289	9	9
$B_3$	0.6774	0.6340	0.6913	0.6427	0.6544	0.6141	0.6770	0.6328	2	3
$C_1$	0.7054	0.6610	0.6465	0.6062	0.4982	0.6089	0.6273	0.6334	5	2
$C_2$	0.6774	0.6340	0.6370	0.5969	0.4982	0.6089	0.6120	0.6185	6	5
$C_3$	0.6243	0.5843	0.6370	0.5969	0.5522	0.6709	0.6038	0.6145	7	6

由于单科标准成绩分布在  $(0, 1)$  区间内, 不同科目之间的成绩可以进行相互比较和求和. 不同的组合比例得到的单科课程标准成绩有所差别, 例如  $A_1$  同学公共课 I 的课程标准成绩在降低绝对分数占比后, 由 0.6329 变为 0.5922.

在进行加权时, 单科标准成绩不同幅度的变化差异也会导致最终加权排名产生变化. 本文抽取的 9 名同学在第一种比例下的排名依次为  $B_1, B_3, A_3, A_1, C_1, C_2, C_3, A_2, B_2$ , 在第二种比例下的排名为  $B_1, C_1, B_3, A_3, C_2, C_3, A_1, A_2, B_2$ , 这一变化主要由  $C_2$  的分数排名改变造成.

通过对比不同比例下的成绩和排名, 可以得出结论: 绝对分数、相对分数、排名正态分数三者的组合比例影响最终的成绩和排名结果, 实际应用中需要根据侧重点的不同进行比例调节.

## 4 结 论

本文综合绝对分数、相对分数和排名正态分数的效用, 提出了成绩综合评价模型. 该模型在理论上解决了原始成绩难以进行专业间成绩比较的问题, 较已有模型最大优点在于: 同时考虑了绝对分数、平均分数、排名比例对成绩的影响, 能够更为全方位地反映成绩信息; 保证了成绩为偏态分布时综合评价模型的适用性, 并通过实例分析验证该模型的可行性. 该模型已实际应用于北京科技大学 2017 级本科生的专业分流工作中, 对其余院校的专业分流工作存在一定借鉴作用. 由于高校间分流工作存在差异, 该模型未精确给定相应参数, 未划定参数选择范围, 但是模型中绝对分数、相对分数、排名正态分数三者的比例不同确可导致学生最终排名有所差异. 这是该模型待完善之处, 同时, 学院或学校可依据需求, 采

取不同的参数组合方式进行成绩处理.对高校考试成绩进行标准化处理只是综合评价模型的部分内容.伴随大类招生政策在各高校的普及,根据学生的高考成绩、考试成绩、平时表现、创新能力、素质情况等多元信息,构建科学有效的综合评价模型,借鉴国外一流大学经验形成符合我国高等教育的人才选拔机制<sup>[8]</sup>,有待进一步探求和完善.

### [参 考 文 献]

- [1] 唐苏琼.高校实施大类招生的利弊分析[J].中国高教研究,2009(1):88—89.
- [2] 孙鑫君,王存宽,吕慈仙.基于学生自主选择专业的分流模式实践与反思——以宁波大学为例[J].高等理科教育,2014(4):34—38.
- [3] 吴荔荔,李冬冬,付志峰.研究生入学考试成绩标准化研究[J].北京航空航天大学学报(社会科学版),2007,20(z1):1—3.
- [4] 陈保亚,杜兆金.论成绩评定的双轨模式——基于精品课改革的分数排名分析[J].中国大学教学,2015(2):77—80.
- [5] 张晓宇,徐付霞.基于 Copula 理论的学生成绩平均值和中位数的分布特征研究[J].大学数学,2016,32(1):56—60.
- [6] 尹向飞.基于混合正态分布的大学生考试成绩分布的拟合[J].统计与决策,2007(8):133—135.
- [7] 吴海英,张杰.学生成绩排名的综合评价模型[J].大学数学,2006,22(4):142—145.
- [8] 徐宁汉,杨帆,余潇潇.世界一流大学本科选拔体系研究[J].清华大学教育研究,2015,36(1):119—124.

## Comprehensive Evaluation Method of Student Achievement under the Mode of Enrollment in Large Category

CAO Li-mei, ZHENG Zhi-yi, ZHANG Zhi-gang

(School of Mathematics and Physics, University of Science and Technology, Beijing 100083, China)

**Abstract:** Student achievement is an important indicator for evaluating students' learning level and also the basis for student ranking. Under the Mode of Enrollment in Large Category, it is very difficult to assess the student's grades fairly and reasonably. Aiming at the limitations of the general methods of standardization of achievement, a comprehensive score evaluation model is constructed by using absolute scores, relative scores and ranking normal scores. This model achieves a comparison and weighted ranking of the scores of different majors in professional diversion, to ensure a more fair and objective evaluation.

**Key words:** professional diversion; standardization score; evaluation of student achievement; ranking normal score