

基于灰色聚类的本科生生源质量评价研究^①

郑钰莹

合肥工业大学 教务处, 合肥 230009

摘要: 选取合肥工业大学 2018 年新生录取数据, 确立生源结构、录取成绩以及录取志愿 3 部分为生源质量评价体系的关键指标, 提出了基于灰色聚类的本科生生源质量评价模型, 设计并实现了基于白化权函数和不同聚类指标权重的灰色聚类的计算算法, 总结归纳了影响高校生源质量的相关因素. 研究表明: 高校生源质量及招生模式改革面对高考招生制度改革和“双一流”建设目标带来的新挑战和新机遇, 合肥工业大学加强学校内涵建设和特色发展, 创建一流本科教育, 提高人才培养质量是关键.

关键词: 生源质量; 灰色聚类; 高考综合改革; 人才培养模式

中图分类号: G642

文献标志码: A

文章编号: 1000-5471(2018)12-0189-06

众所周知, 高校招生对国家人才选拔和培养起着非常重要的作用. 正因如此, 国家一直高度重视高校招生制度改革. 2014 年 9 月国务院发布《关于深化考试招生制度改革的实施意见》列出时间表, 规定“2017 年全面推进, 到 2020 年基本建立中国特色现代教育考试招生制度, 形成分类考试、综合评价、多元录取的考试招生模式, 健全促进公平、科学选才、监督有力的体制机制”、“创造条件逐步取消高校招生录取批次”. 新高考改革对于高校尤其是高校招生模式的影响不言而喻, 故生源质量评价体系构建研究显得尤为重要.

当前, 关于生源质量评价的研究成果日益丰富. 文献[1]以 2008—2011 年江西省 24 所普通本科高校在各省、市、区招生分数为研究对象, 对江西省本科生源情况进行统计分析, 总结出普通高校的生源质量规律. 文献[2]基于 2005—2010 年及 2011—2012 年的本科招生数据, 对“985 工程”大学本科生源质量进行分析, 研究指出: 生源质量与大学综合实力和类型有较强的相关性, 各大学的生源质量短期内不会发生大幅度改变. 文献[3]基于高校生源质量贡献度的质量评价模型, 设计并且实现了生源质量贡献度的计算算法, 总结归纳了影响生源质量的相关因素. 文献[4]采用因子分析法构建本科生源质量评价模型, 对合肥工业大学 2014—2016 年各省、市本科生源质量开展多角度的实证研究. 以专业、学院生源质量作为对象的评价模型较为缺乏.

本文在以上研究的基础上, 采用灰色聚类的生源质量评价模型, 以高校本科新生数据为研究对象, 基于白化权函数的灰色聚类思想, 主要根据拟划分的灰类和对应的聚类指标, 事先设定白化权函数和不同聚类指标的权重并据以计算综合聚类系数, 以考察观测对象是否属于事先设定的灰类. 根据各灰类的白化权函数临界值进行区分各学院的生源质量. 学院是数个专业的集合体, 通过专业生源质量分析评价, 对如何应对新高考改革工作、创建“双一流”大学提供有针对性的决策依据.

① 收稿日期: 2018-09-03

基金项目: 安徽省教学研究重大项目(2017jyxm0059).

作者简介: 郑钰莹(1979-), 女, 助理研究员, 主要从事招生考试制度的研究.

1 灰色特性与评价指标体系构建

1.1 灰色特性的内涵与评价指标体系的确定

灰色系统理论是 20 世纪 80 年代初期由邓聚龙创立的一门系统科学新学科. 高校生源选拔的基础是对学生全面、客观、真实的评价. 生源质量评价体系指标因素众多, 从系统的角度看, 存在灰色特性. 生源质量评价是针对“部分信息已知、部分信息未知”的灰色系统评估. 使用灰色聚类的方法, 能够将生源质量评价指标聚集成若干个可定义类别, 从而实现对生源质量评价指标的分类和等级评定^[5].

指标体系是生源质量评价的基础, 不同的指标体系, 其评价结果往往存在较大差异. 为了从总体上分析各学院本科生生源质量, 本研究根据影响生源质量的因素建立了用于评价学院生源质量的若干统计指标, 其中包括生源结构、录取成绩以及录取志愿 3 部分^[6]. 本文指标体系所采用的数据主要来源于部属工科高校合肥工业大学 2018 年本科新生数据资源. 本生源质量评价系统总体结构如图 1 所示:

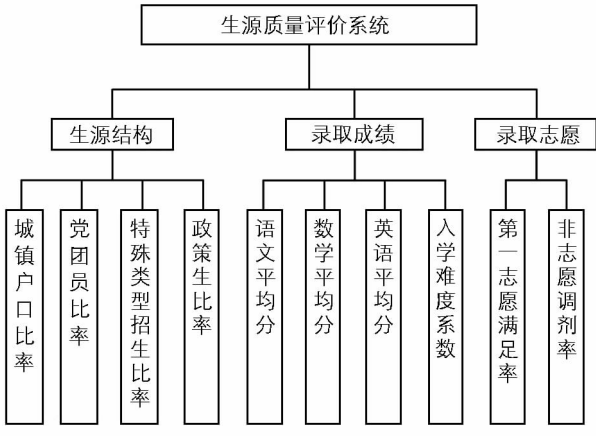


图 1 评价体系结构

上述指标每项均有其内涵说明, 能够多角度反映各专业生源质量高低, 对完善招生工作、创建“双一流”大学具有重要的指导意义.

1.2 生源结构

生源结构指标主要包含城镇户口比率、党团员比率、特殊类型招生比率、政策生比率. 特殊招生类型主要包括自主招生、高水平运动队招生、艺术生招生等. 特殊类型招生目的是选拔具有学科特长、创新潜质或具有突出个性特长的学生.

1.3 录取成绩

录取成绩的指标主要包含语、数、英 3 科平均分以及入学难度系数. 研究表明, 语、数、英 3 门科目所蕴含的文化科学知识的基础性、课程之间的相关性、形象思维和逻辑思维训练的必要性得到了各国教育界的认可, 高考语、数、英 3 科成绩对进入高校后主干课程的学习有显著影响^[7]. 因此, 把语、数、英 3 科作为生源质量评价的重要指标. 首先以新生中各省高考各项成绩的最高分为分母, 将各省录取成绩标准化, 再取平均值作为该学院的平均分.

第 i 省第 j 个学生标准化后的成绩 $\text{grade}_{ij}^{(2)}$ 可以表示为

$$\text{grade}_{ij}^{(2)} = \frac{\text{grade}_{ij}^{(1)}}{\max_grade_i} \tag{1}$$

其中 $\max_grade_i$ 表示第 i 个省录取的所有新生中的最高分. 由此, 第 t 个学院的平均成绩可以表示为

$$\bar{G}_t = \frac{1}{n_t} \sum_i \sum_{j \in t} \text{grade}_{ij}^{(2)} = \frac{1}{n_t} \sum_i \frac{\sum_{j \in t} \text{grade}_{ij}^{(1)}}{\max_grade_i} \tag{2}$$

其中, n_t 表示第 t 个学院的总人数.

1.4 录取志愿

录取专业志愿的指标主要包含第一志愿满足率和非志愿调剂率。高考录取成绩能够体现该学院专业学生的学业水平，而录取志愿反映的是考生、家长及社会对该学院专业的认同程度。

2 灰色聚类模型

基于白化权函数的灰色聚类的思想主要是根据拟划分的灰类和对应的聚类指标，事先设定白化权函数和不同聚类指标的权重，并据以计算综合聚类系数，以考察观测对象是否属于事先设定的灰类。

2.1 灰类设定及数据标准化

设有 n 个聚类对象， m 个聚类指标， s 个不同灰类。根据对象 $i(i = 1, 2, \cdots, n)$ 关于指标 $j(j = 1, 2, \cdots, m)$ 的观测值 $x_{ij}(i = 1, 2, \cdots, n; j = 1, 2, \cdots, m)$ ，将对象 i 归入灰类 $k(k = 1, 2, \cdots, s)$ ，称为灰色聚类^[8]。

由于合肥工业大学是一所工科特色高校，主要招收对象为理科学生，因此本次聚类对象为合肥工业大学招收理科新生的 17 个学院。由上述所得的 10 个评价聚类指标，本文拟将合肥工业大学 17 个学院的生源质量分为优秀、良好、一般 3 个灰类。为了便于分类和比较，本研究对数据所做的同一化处理采用区间化处理，将各指标数值处理到 $[0, 100]$ 之间。结果如表 1 所示：

表 1 区间化处理的生源质量评价得分数据

聚类对象	城镇户口比率 /%	党团员比率 /%	特殊类型招生比率/%	政策生比率/%	语文平均成绩	数学平均成绩	英语平均成绩	难度系数/%	第一志愿率/%	非志愿调剂率/%
仪器科学与光电工程学院	52.98	81.18	48.03	63.16	89.58	63.78	100.00	79.04	53.32	88.97
机械工程学院	12.17	81.81	100.00	100.00	90.30	77.41	51.10	95.28	85.80	93.17
材料科学与工程学院	36.24	73.96	43.01	75.76	78.89	47.42	15.27	72.94	24.33	58.65
电气与自动化工程学院	69.52	88.36	53.68	100.00	96.19	72.53	95.33	100.00	91.75	98.43
计算机与信息学院	70.09	73.83	37.39	43.26	83.79	49.19	79.42	63.55	93.21	99.32
化学与化工学院	30.33	44.26	0.00	46.07	34.34	38.92	0.00	41.79	26.52	60.01
土木与水利工程学院	38.56	78.92	76.42	68.26	67.24	47.50	14.91	61.38	34.80	75.48
建筑与艺术学院	100.00	100.00	0.00	60.98	100.00	56.81	81.10	83.21	57.46	76.51
资源与环境工程学院	0.00	53.56	4.83	49.21	5.92	32.95	0.23	42.31	0.00	0.00
电子科学与应用物理学院	52.34	79.12	76.04	87.50	85.58	66.74	58.03	75.73	49.64	86.92
管理学院	36.95	94.09	50.41	73.48	87.96	34.63	74.19	49.76	59.31	79.60
食品科学与工程学院	35.18	80.80	57.19	31.62	60.47	43.12	62.68	67.69	6.90	21.39
数学学院	70.91	88.99	42.69	100.00	77.23	100.00	67.81	79.65	52.58	92.51
软件学院	85.31	0.00	0.00	42.03	76.53	65.38	80.02	98.48	100.00	100.00
汽车与交通工程学院	21.70	88.59	21.64	81.03	92.13	62.61	98.26	89.69	66.68	87.19
经济学院	99.48	55.33	65.41	59.86	54.24	1.48	47.32	0.00	86.12	87.87
生物与医学工程学院	34.09	88.94	76.04	0.00	0.00	0.00	3.16	48.35	14.99	27.70

2.2 白化权函数的确定

每一个灰类区间范围内白化数的白化值均为 1，这个范围之外的相邻级别有一个亲疏关系。各聚类指标的白化权函数形式分别如下所示：

灰类 I(优秀) 白化权函数：

$$f_j^I(x) = \begin{cases} 0 & x < x_j^I(1) \\ \frac{x - x_j^I(1)}{x_j^I(2) - x_j^I(1)} & x \in [x_j^I(1), x_j^I(2)] \\ 1 & x \geq x_j^I(2) \end{cases}$$

灰类 II(良好) 白化权函数：

$$f_j^2(x)=\begin{cases}0&x\notin[x_j^1(1),x_j^1(4)]\\ \frac{x-x_j^2(1)}{x_j^2(2)-x_j^2(1)}&x\in[x_j^1(1),x_j^1(2)]\\ \frac{x_j^2(4)-x}{x_j^2(4)-x_j^2(3)}&x\in[x_j^1(2),x_j^1(4)]\end{cases}$$

灰类 III(一般) 白化权函数:

$$f_j^3(x)=\begin{cases}0&x\notin[0,x_j^1(4)]\\ 1&x\in[0,x_j^1(3)]\\ \frac{x_j^3(4)-x}{x_j^3(4)-x_j^3(3)}&x\in[x_j^1(3),x_j^1(4)]\end{cases}$$

其中 x 是原始白化数, $x_j^k(t)$ 表示 $f_j^k(\cdot)$ 的第 t 个转折点.

对于各个指标, 各临界值及白化权函数的形式如图 2 所示:

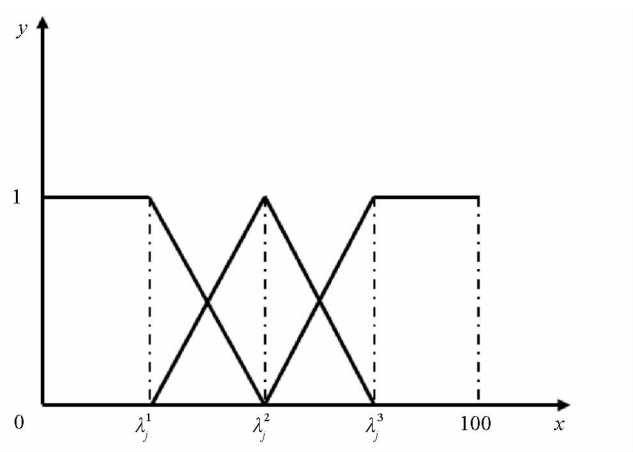


图 2 临界值及白化权函数

2.3 白化权函数的权值计算

由于没有一个确定的评判准则去评价各指标的优劣界限. 因此, 此处采用序号得分作为临界值进行评判. 分别选取各指标中得分排序第 4、第 9、第 14 的得分数值作为“优秀”、“良好”、“一般”3 个灰类的临界值 λ_j^k , 如表 2 所示:

表 2 各灰类的白化权函数临界值

灰类	城镇户 口比率 /%	党团员 比率 /%	特殊类 型招生 比率 / %	政策生 比率 /%	语文平 均成绩	数学平 均成绩	英语平 均成绩	难度 系数 /%	第一志 愿率 /%	非志愿 调剂率 /%
优秀	70.91	88.94	76.04	87.50	90.30	66.74	81.10	89.69	86.12	93.17
良好	38.56	80.80	48.03	63.16	78.89	49.19	62.68	72.94	53.32	86.92
一般	30.33	55.33	4.83	43.26	54.24	34.63	14.91	48.35	24.33	58.65

根据权值与函数临界值间的关系

$$\eta_j^k=\frac{\lambda_j^k}{\sum_{j=1}^m\lambda_j^k}$$

得各指标关于 k 子类的权值 η_j^k , 如表 3 所示:

表 3 各指标对各灰类的权值

灰类	城镇户 口比率 /%	党团员 比率 /%	特殊类 型招生 比率 / %	政策生 比率 /%	语文平 均成绩	数学平 均成绩	英语平 均成绩	难度 系数 /%	第一 志愿率 /%	非志愿 调剂率 /%
优秀	0.085 4	0.107 1	0.091 6	0.105 4	0.108 7	0.080 4	0.097 6	0.108 0	0.103 7	0.112 2
良好	0.060 8	0.127 3	0.075 7	0.099 5	0.124 3	0.077 5	0.098 8	0.115 0	0.084 0	0.137 0
一般	0.082 2	0.150 0	0.013 1	0.117 3	0.147 0	0.093 9	0.040 4	0.131 1	0.066 0	0.159 0

2.4 聚类系数计算和灰色聚类

由对象 i 属于灰类 k 的灰色变权聚类系数计算方法：

$$\sigma_i^k = \sum_{j=1}^m f_j^k(x_{ij}) \cdot \eta_j^k$$
$$\sigma_i^{k*} = \max_{1 \leq k \leq s} \{\sigma_i^k\}$$

得各聚类对象的聚类系数和聚类结果如表 4 所示：

表 4 各聚类对象的聚类系数和聚类结果

聚类对象	灰类 $k=1$	灰类 $k=2$	灰类 $k=3$	最大值	评价结果
机械工程学院	0.722 17	0.187 17	0.092 03	0.722 17	1
电气与自动化工程学院	0.915 63	0.072 08	0.000 00	0.915 63	1
计算机与信息学院	0.434 49	0.379 67	0.211 61	0.434 49	1
建筑与艺术学院	0.513 00	0.336 95	0.084 53	0.513 00	1
数学学院	0.548 86	0.419 02	0.013 19	0.548 86	1
软件学院	0.575 32	0.124 21	0.294 48	0.575 32	1
汽车与交通工程学院	0.602 65	0.260 63	0.090 22	0.602 65	1
仪器科学与光电工程学院	0.385 60	0.600 31	0.000 00	0.600 31	2
材料科学与工程学院	0.054 53	0.559 88	0.341 46	0.559 88	2
土木与水利工程学院	0.113 66	0.564 38	0.299 91	0.564 38	2
电子科学与应用物理学院	0.395 35	0.600 64	0.022 21	0.600 64	2
管理学院	0.325 93	0.414 82	0.274 73	0.414 82	2
化学与化工学院	0.000 00	0.049 81	0.943 17	0.943 17	3
资源与环境工程学院	0.000 00	0.029 74	0.964 96	0.964 96	3
食品科学与工程学院	0.029 96	0.479 89	0.553 07	0.553 07	3
经济学院	0.262 96	0.294 92	0.554 46	0.554 46	3
生物与医学工程学院	0.198 64	0.027 75	0.799 37	0.799 37	3

3 实证分析结果与讨论

1) 由表 4 可知，电气与自动化工程学院、机械工程学院、汽车与交通工程学院等学院生源质量优秀；仪器科学与光电工程学院、土木与水利工程学院、管理学院等学院生源质量良好；其他学院拥有较为一般的生源质量。生源质量优秀、良好的学院均含有合肥工业大学的老牌、王牌专业，如机械工程及其自动化、电气工程及其自动化、车辆工程、管理科学与工程、测控技术与仪器专业等，其中管理科学与工程被评为合肥工业大学的一流学科。学院的生源质量归根结底在于各专业的生源质量。

2) 当前我国录取模式基于统一考试的分数为录取标准，结合统考、免试保送、自主招生等选拔方式，采用平行志愿、“一档一投”的录取模式^[9]。按专业填报是新高考改革录取模式改革的一大亮点，体现新高考改革对高校专业特色要求及学生未来发展的深度思考。这样导致高校的一些“冷门”、“非特色”专业失去了院校“最低投档线”的保护，生源质量会受到相当程度的冲击，不利于这些专业的人才培养。从表 1 结果可见，资源与环境工程学院、生物与医学工程学院、食品科学与工程学院的相关专业，一志愿录取率非常低，如地质学、地理信息科学等专业基本上全靠专业调剂考生方完成招生任务。在新高考录取模式改革下，这些专业首当其冲将面临相当大的挑战，会出现根本与院校水平层次不符的低质量生源，甚至生源缺失。合肥工业大学首先对本校各学院各专业的生源质量做出全方位多角度的评价，为调整专业结构提供科学依据，完善专业的准入机制和退出机制^[10]。加快实施教学改革，尤其要大力推进分类教学、分层教学、小班化教学，积极健全学分制，建立完备的选课机制，给学生弥补知识结构短板提供充电机制。根据学生成绩构成和知识结构上的变化，完善修订转专业办法。

3) 试点省份改革方案明确规定取消本科招生录取批次，实行“专业(类)+学校投档”模式，增加考生填报志愿的选择权，这将导致高校生源竞争更加激烈，尤其是优势专业与劣势专业之间生源差距拉大，生源

危机会直接严重冲击到专业、学科的生存. 合肥工业大学必须主动应对新挑战, 进一步凝练专业特色, 积极探索按学科门类、专业大类招生模式. 通过提升学校办学水平和社会声誉吸引高质量生源. 推进和完善现代大学制度建设, 制定和实施大学章程, 为深化人才培养模式改革, 提高人才培养质量, 创建一流本科教育, 实现“双一流”建设目标提供制度保障^[11].

4 结 语

基于生源质量评价实证指出: 面对高考招生制度改革和“双一流”建设带来的新挑战和新机遇, 于合肥工业大学而言, 加强学校的内涵建设和特色发展, 创建一流本科教育, 提高人才培养质量是关键.

参考文献:

- [1] 罗良针, 张 阳. 普通高校本科生源质量规律研究——基于江西 24 所高校招生数据的实证分析 [J]. 教育学术月刊, 2013(6): 86—89.
- [2] 别敦荣, 叶本刚. “985 工程”大学本科生源质量——基于 2011—2012 年数据的统计分析 [J]. 清华大学教育研究, 2015, 36(3): 27—38.
- [3] 曹茂永, 岳国伟, 张士强. 高校生源质量贡献度评价模型研究 [J]. 高等工程教育研究, 2014(5): 130—134.
- [4] 郑钰莹, 石鸽娅. 基于因子分析法的本科生源质量评价实证研究 [J]. 合肥工业大学学报(自然科学版), 2016, 39(11): 1571—1575.
- [5] 王 沛. 基于灰色聚类的研究生生源质量评价方法 [J]. 西安邮电大学学报, 2015, 20(4): 120—124.
- [6] 陈 静. 高校招生生源质量分析与评价模型研究 [D]. 重庆: 重庆大学, 2006: 21—23.
- [7] 罗永泰, 李小妹. 高考入学成绩对后续课程影响的统计分析 [J]. 数理统计与管理, 1996, 15(2): 14—16.
- [8] 邓聚龙. 灰色系统理论教程 [M]. 武汉: 华中理工大学出版社, 1990: 153.
- [9] 黄家乐, 吴遵民. 新一轮高考改革方案的比较研究——以北京、天津、山东、海南为例 [J]. 当代教育理论与实践, 2018, 10(3): 5—13.
- [10] 陈 琳. 基于高校招生需求的计划分配模型研究 [J]. 西南师范大学学报(自然科学版), 2015, 40(7): 136—142.
- [11] 钟秉林. 高等学校要主动应对高考招生制度改革新挑战 [J]. 世纪行, 2015(6): 37—39.

On the Evaluation of Undergraduate Enrollment Based on Grey Clustering Analysis

ZHENG Yu-ying

Teaching Administration Office, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China

Abstract: Based on the grey characteristics of the evaluation of enrollment quality evaluation, this paper selects the enrollment data of Hefei University of Technology in 2018, and establishes that the structure of enrollment, enrollment results and applications are the key indicators of the evaluation system. This paper puts forward the evaluation model of undergraduate enrollment quality based on Grey clustering analysis, designs and implements the calculation algorithm of grey clustering based on albino weight function and different clustering index weight, and summarizes the relevant factors that affect the quality of undergraduate enrollment. The results show that in the face of the new challenges and opportunities brought about by the reform of college entrance examination system and the goal of “double first-class” construction, Hefei University of Technology should strengthen the connotation construction and characteristic development, create first-class undergraduate education, and improve the quality of talent cultivation.

Key words: quality of enrollment; grey clustering; comprehensive reform of college entrance examination; talent cultivation mode

责任编辑 廖 坤 崔玉洁