

Research on Comprehensive Evaluation of College Students Based on Improved Analytic Hierarchy Process

Liming Yan¹, Haiyi Sun^{1*}, Ning Li²

¹College of Science, Shenyang Jianzhu University, Shenyang Liaoning

²College of Sciences, Northeastern University, Shenyang Liaoning

Email: *shy_xx@163.com

Received: May 20th, 2019; accepted: June 4th, 2019; published: June 11th, 2019

Abstract

An analytic hierarchy process (AHP) model for interval estimation of weight vectors is established by using constrained cones and mathematical programming. The model regards the preference information of decision-makers as a constraint, which can well reflect the uncertainty in the decision-making process and the preference degree of decision-makers. Then, the AHP indicators were screened in order to solve the unavoidable deviations and errors of decision makers when using analytic hierarchy process, and the inconsistency of judgment matrix caused by them. We can't regard index weight and judgment matrix as a definite functional dependence. We should deal with this correlation from an uncertain perspective. Therefore, when screening indicators, interval estimation is used to eliminate weak weight indicators, and a complete, objective, concise and easy-to-measure index system is constructed scientifically and reasonably. Finally, the model of comprehensive quality evaluation of college students based on interval estimation of analytic hierarchy process (AHP) is established, applying the comprehensive evaluation model and building the comprehensive quality evaluation system of students based on the network platform.

Keywords

Constraint Cone, Interval Estimation, Analytic Hierarchy Process (AHP), Index Screening, Comprehensive Evaluation

基于改进层次分析法的大学生综合测评研究

闫黎明¹, 孙海义^{1*}, 李 宁²

¹沈阳建筑大学理学院, 辽宁 沈阳

²东北大学理学院, 辽宁 沈阳

*通讯作者。

Email: shy_xx@163.com

收稿日期: 2019年5月20日; 录用日期: 2019年6月4日; 发布日期: 2019年6月11日

摘要

利用约束锥和数学规划的方法建立对权重向量进行区间估计的层次分析法(AHP)模型。该模型将决策者的偏好信息视作一种约束,能够很好地反映出决策过程中的不确定性和决策者的偏好程度。然后,对AHP指标进行筛选。为解决面对决策者在运用层次分析法时难以避免的偏差和错误,及因此造成的判断矩阵的不一致性问题,我们不能把指标权重与判断矩阵视为一种确定的函数依赖关系,应该从不确定的角度去处理这种相关关系。所以在筛选指标时,应用区间估计来剔除弱权重指标,科学合理地构建出一套完整、客观、简洁和易于度量的指标体系。最后,建立基于区间估计的层次分析法的高校学生综合素质测评的模型,应用综合测评模型并基于网络平台搭建学生综合素质测评系统。

关键词

约束锥, 区间估计, 层次分析法, 指标筛选, 综合测评

Copyright © 2019 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 研究意义

高校一直是我国实施人才强国战略的重要阵地。而随着创新创业教育和素质教育的发展,对高素质人才综合素质要求也越来越高,越来越广泛。所以对学生的综合素质测评要求也就越来越高了。高校学生综合测评不仅有助于人才培养方案的实施,还能帮助学生了解自己的综合素质水平,进而提高其综合素质。但现行的综合测评体制没有统一的标准,更偏重于定性评价。因此,大多数高校对学生的综合素质测评进行了多方面的改进和探索,但依旧存在很多问题。传统的综合测评有指标设计欠完善,分数转换欠科学,主观性强等局限性。所以,利用改进的层次分析法对建立一套完整的学生综合测评体系是非常重要的。

鉴于以上在学生综合素质测评上出现的问题,有部分学者运用层次分析法(AHP)对高校学生进行综合素质测评。层次分析法就是把一个复杂的决策问题分解成由多个因素组成的问题来解决,决策者就系统地评估各种因素。但是普通的AHP存在对评价结果的置信度以及变动范围不易估计、量化值不易确定、主观性强、鲁棒性差等缺点,这使得AHP在高校学生综合素质测评方面的应用受到一定的限制。因此我们需要建立一套可行性更强、可信度更高、导向性更明显的新体系。建立合理有效的高校综合测评体系可以引导学生的发展方向,在指导学生全面健康发展的同时,进一步实现学校的人才发展战略。

1.2. 国内外研究现状

层次分析法(AHP)是将与决策总是有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定

性和定量分析的决策方法。该方法是美国运筹学家匹茨堡大学教授萨蒂于 20 世纪 70 年代初, 在为美国国防部研究“根据各个工业部门对国家福利的贡献大小而进行电力分配”课题时, 应用网络系统理论和多目标综合评价方法, 提出的一种层次权重决策分析方法。自从层次分析法提出后, 层次分析法就被广泛地应用于各种决策类问题上[1] [2]。AHP 可以将一个复杂的待求解问题分解为多个组成因素来解决, 通过两两比较来系统地评估各种因素。AHP 只是帮助决策者找到最适合他们目标和理解问题的决策者。由于 AHP 具有操作简单、易于实现的优点, 吸引着国内外的学者和专家们对其研究, 并广泛应用于各个领域。

由于 AHP 具有主观性强的特点, 所以有许多学者和专家对其进行完善。Z. Yang, J. Feng 等人就运用 EDA-AHP 对中国大陆财产保险公司(CCIC P & C)、中国人民财产保险公司(PICC P & C)等五家公司的企业绩效进行评价, 得到中国人民财产保险公司的企业绩效最佳的结果, 并对国内财产保险公司提出了注重在职培训等建议。Wu K., Li X.则在传统的 BP 神经网络基础上构建了 AHP-BP 神经网络模型, 从而减少了传统 BP 神经网络的输入维数, 显著提高了学习速度和预测精度。张毅、张红等人则利用修正的层次分析法(GA-AHP)对海岛城市的土地综合承载水平进行评估[3]。

在运用 AHP 解决学生综合素质测评的问题上, 王喜鸿、左国超等人均采用了传统的层次分析法来构建评估模型。他们并未考虑到传统 AHP 评判法中主观性大和客观赋权的局限性等缺点。而高杰、孙林岩等人就分析了 AHP 的鲁棒性差和弱权重指标对 AHP 判断矩阵不一致性的负面影响, 从而提出了剔除弱权重指标的基本原理及利用层次分析的区间估计剔除弱权重指标的步骤和方法。弱权重指标的剔除将会有助于提高决策者对权重比较的精确度, 决策者也不必收集各方案在弱权重上的表现信息, 从而提高了 AHP 的应用性[4]。

但 AHP 还存在主观性强、对评价结果的置信度以及变动范围不易估计、量化值不易确定、鲁棒性差等缺点。所以本文将运用区间估计法对权重向量的确定和指标筛选进行改进, 进而提高评估的准确性和实用性。并用改进的模型建立学生综合测评系统。

2. 改进层次分析法

2.1. 计算权重向量

运用基于区间估计的 AHP 法求解权重的区间, 这种方法是解决主观问题最有效的分析方法。首先, 对各因素进行两两比较, 建立 9 标度互反判断矩阵如下[5]:

$$B_n = (b_{ij})_{n \times n} \tag{1}$$

其中, $b_{ij} > 0$, $b_{ii} = 1$, $b_{ij} = 1/b_{ji}$, $(i, j = 1, 2, \dots, n)$ 。

设 λ_{\max} 为判断矩阵 B_n 的最大特征值, 则权重矩阵为:

$$\omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T \tag{2}$$

其中, $\omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1$ 。则式(1)和式(2)应满足

$$(b_{i1}, b_{i2}, \dots, b_{in}) \times \omega \leq \lambda_{\max} \omega_i \quad (i = 1, 2, \dots, n) \tag{3}$$

即 $B_n \omega \leq \lambda_{\max} \omega$ 。令

$$\bar{B}_n = B_n - \lambda_{\max} E_n \tag{4}$$

其中 E_n 为 n 阶单位矩阵。则可建立多面闭凸锥如下:

$$\bar{B}_n \omega \leq 0 (\omega \geq 0) \tag{5}$$

所以权重 ω_i 的区间估计的上下限问题可转化为如式(6)所示的线性规划的最大值及最小值的优化问题。最大化, 最小化优化得到的值分别视为 ω_i 的区间估计的上限 (ω_{iU}) 和下限 (ω_{iL})。由式(2), (5)可得:

$$\begin{aligned} & \max(\text{或 min}) \cdot \omega_i \\ & s.t. \begin{cases} \bar{B}_n \omega \leq 0 \\ \omega = (\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n)^T \\ \omega_1 + \omega_2 + \dots + \omega_n = 1 \end{cases} \end{aligned} \quad (6)$$

由此可计算出各指标的权重向量的上下限及上下限均值。区间估计的上下限间距其实就是比较矩阵不一致性的表现, 所以就可以在区间估计过程中放宽对矩阵不一致性的要求。由此使得层次分析法有了更高的鲁棒性。

2.2. 弱权重指标的剔除

在运用层次分析的过程中, 判断矩阵往往存在着不一致性。而其不一致性则反映出了决策者主观判断过程中的偏差和不确定性[6]。在层次分析法中, 选取指标时只选对决策目标有贡献的指标作为衡量的准则。但如果某个指标的相对权重足够小, 就可能被判断矩阵的误差所掩盖此时便不能给决策目标带来任何贡献, 甚至会增大判断过程的误差。所以剔除弱权重指标是有必要的。

应用区间估计对弱权重指标进行剔除, 由式(6)可以得到 ω_i 的上限 (ω_{iU}) 和下限 (ω_{iL})。因为权重区间估计上下限的差值体现了系统误差的大小, 所以我们将差值的最大值作为衡量误差的指标[2], 如下:

$$\Delta_{\max} = \max_{1 \leq i \leq n} (\omega_{iU} - \omega_{iL}) \quad (7)$$

则对于任意指标 C_i , 如果有 $\omega_{iU} \leq \Delta_{\max}$, 则可以把 C_i 从指标集中剔除。

当然, 在剔除弱权重指标时, 我们除了考虑到指标对测评目标的重要程度之外, 还得考虑判断矩阵是否符合一致性条件。因此我们还需要研究判断矩阵 B_n 的一致性对剔除弱权重指标的影响。

已知当判断矩阵 B_n 满足完全一致性条件的时候, ω 的区间估计上下限及 EM 法计算的权重满足[1]:

$$\omega_{iU} \leq \Delta_{\max} \quad (8)$$

所以, 当判断矩阵 B_n 符合完全一致性条件时, 就有 $\Delta_{\max} = 0$ 。通过式(6)我们可以得到: 对于任意的判断矩阵 B_n , 其区间估计的上下限满足: $\omega_U > 0, \omega_L > 0$ 。则 $\omega_{iU} \leq \Delta_{\max} = 0$ 不能成立。故可得到结论: 当任意的判断矩阵 B_n 满足完全一致性条件时, 每一项指标都不可以被剔除。

综上, 弱权重指标的剔除取决于两方面。一方面取決与对决策目标的贡献度, 贡献度越高, 越不易被剔除。另一方面取決于判断矩阵 B_n 的一致性, 若一致性越高, 越不易被剔除。

3. 建立高校学生综合测评系统

3.1. 建立层次结构模型

用改进的层次分析法建立学生的综合测评模型需要先建立低阶层次结构模型。通过查阅大量参考文献及大多数高校现行综合素质测评方法, 我们将高校学生的综合测评分为学业成绩、德育和科研竞赛成果三个准则层, 每个准则层再由三个子项目组成。如图 1 所示。

3.2. 构造判断矩阵

层次分析法引用数字 1~9 及其倒数为标度来定义判断矩阵 B_n [7]。但我们已经对权重向量做了区间估计的改进, 所以通过式(6)及两两比较的方法我们就可以构造目标层与准则层各自对应的四个判断矩阵

$B-C, C1-P, C2-P, C3-P$ [8]。并根据 2.2 部分剔除影响判断矩阵的弱权重指标。

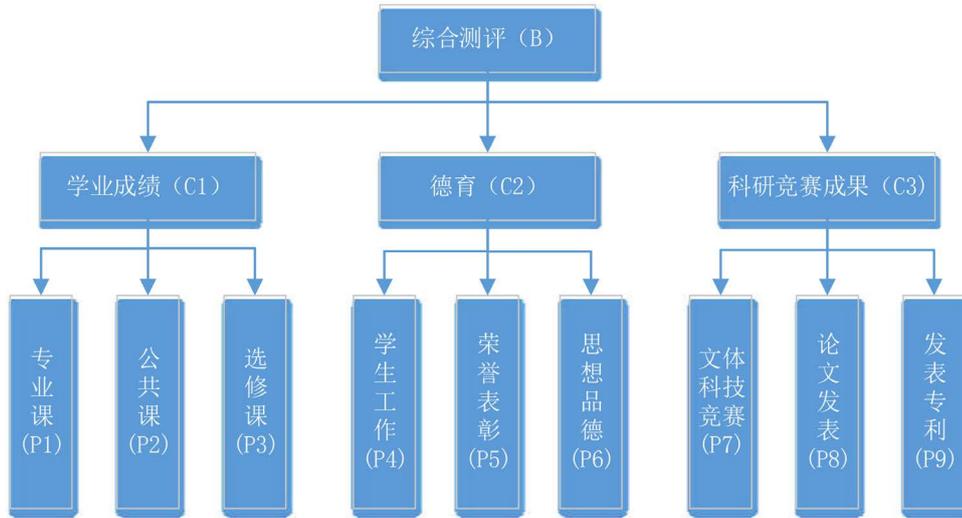


Figure 1. Comprehensive evaluation hierarchy
图 1. 综合测评层次结构

3.3. 一致性检验和层次排序

首先需要对判断矩阵进行一致性检验，如下：

一致性检验指标：

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{9}$$

一致性比例：

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{10}$$

其中： λ_{\max} 为正互反判断矩阵 B_n 的最大特征值， n 为准则层所含准则的个数， RI 为随机一致性指标，可以通过查表得到， CR 小于 0.1 即可认为通过一致性检验。

其次，通过计算得出的权重对最底层指标进行重要程度的排序。当然，准则层的权重也得求出来，并对其进行一致性检验。

3.4. 基于 AHP 排序结果构建综合测评系统

通过改进层次分析法得到的高校综合测评不同层次的权重分配，就可以通过量化构建高校学生综合测评模型，如下所示：

$$\begin{aligned} B &= C1 \times \omega_1 + C2 \times \omega_2 + C3 \times \omega_3 \\ C1 &= P1 \times \omega_{11} + P2 \times \omega_{12} + P3 \times \omega_{13} \\ C2 &= P4 \times \omega_{21} + P5 \times \omega_{22} + P6 \times \omega_{23} \\ C3 &= P7 \times \omega_{31} + P8 \times \omega_{32} + P9 \times \omega_{33} \end{aligned} \tag{11}$$

其中 B 表示综合测评； $C1$ 表示学业成绩， $C2$ 表示德育， $C3$ 表示科研竞赛成果； $P1 \sim P9$ 分别表示三个项目下属的 9 个具体子项目： $P1$ 表示专业课， $P2$ 表示公共课， $P3$ 表示选修课， $P4$ 表示学生工作， $P5$ 表示荣誉表彰， $P6$ 表示思想品德， $P7$ 表示文体科技竞赛， $P8$ 表示论文发表， $P9$ 表示发明专利。

3.5. 算例

以沈阳建筑大学信计 1601 班学生为例运用改进的 AHP 对 18 名学生进行综合测评。由式(6)可得各级判断矩阵及权重上下限如表 1 至表 4 所示。

Table 1. Judgment matrix $B-C$

表 1. 判断矩阵 $B-C$

B	$C1$	$C2$	$C3$	ω_v	ω_L	$(\omega_v + \omega_L)/2$
$C1$	1	1/3	1	0.1822	0.1871	0.1847
$C2$		1	5	0.6351	0.6642	0.6497
$C3$			1	0.1556	0.1583	0.1570

Table 2. Judgment matrix $C1-P$

表 2. 判断矩阵 $C1-P$

B	$C1$	$C2$	$C3$	ω_v	ω_L	$(\omega_v + \omega_L)/2$
$C1$	1	1	5	0.4412	0.4613	0.4513
$C2$		1	6	0.4671	0.4811	0.4741
$C3$			1	0.0574	0.0675	0.0625

Table 3. Judgment matrix $C2-P$

表 3. 判断矩阵 $C2-P$

B	$C1$	$C2$	$C3$	ω_v	ω_L	$(\omega_v + \omega_L)/2$
$C1$	1	4	4	0.5917	0.6102	0.6010
$C2$		1	2	0.2674	0.2791	0.2733
$C3$			1	0.1173	0.1241	0.1207

Table 4. Judgment matrix $C3-P$

表 4. 判断矩阵 $C3-P$

B	$C1$	$C2$	$C3$	ω_v	ω_L	$(\omega_v + \omega_L)/2$
$C1$	1	1	3	0.4319	0.4503	0.4411
$C2$		1	2	0.3771	0.3872	0.3822
$C3$			1	0.1672	0.1722	0.1697

由表 1 至表 4 进行一致性检验得到每个判断矩阵都具有良好的一致性，并且可以计算得学业成绩、德育和科研竞赛成果对综合素质测评的贡献率为 65%、19%和 16%。且根据权重区间可以得到影响信计 1601 班学生综合测评因素的重要度排序表。由式(11)还可以得到 18 位学生的综合测评排名。

3.6. 搭建学生综合测评平台

一个完整，并有说服力的学生综合测评平台能够使学生更好地了解自身的综合素质水平，帮助学生明确自身的特长，帮助学生提高较弱的方面；能够给老师提供全方位了解学生的渠道，为相关部门实施教育决策提供相关参考等。所以，可以建立一个基于网络的综合测评系统。其中正文“3.5 算例”就是要

搭建的学生综合测评平台的内核,下一步将利用 yaahp 软件将图 1 的内容进行学生综合测评平台的搭建,并生成网络版及 IOS 系统和 Android 系统均能适用的学生综合测评平台,使学生、老师和学校都能随时上网了解综合测评的结果,而且在该系统中可以随时更改因素变量。

4. 总结与展望

对高校学生的综合测评是对学生全面发展的把握,也是引导学生成为全方位人才的教育管理方式。传统的综合测评问题诸多,考虑不够全面。对学生的关注不能仅限于学业成绩,应该全范围去发展,以人为本,找准自己的方位,实现自身价值。所以建立一套完整的综合测评体系对学校和学生来说是很重要的。本文通过区间估计改进 AHP,在一定程度上减轻了层次分析法具有的主观性强、对评价结果的置信度以及变动范围不易估计、量化值不易确定、鲁棒性差等缺点,建立了基于改进层次分析法的高校综合测评模型。并搭建了网络综合测评系统,对高校学生的综合测评进行了大部分的完善,能够帮助学生全面发展。

基金项目

中国学位与研究生教育学会课题(B-2017Y0802-139)辽宁省大学生创新创业训练计划项目(201910153093)。

参考文献

- [1] 高杰,孙林岩,何进,等.层次分析的区间估计[J].系统工程理论与实践,2004,24(3):103-106.
- [2] 程瑶.基于改进层次分析法的高校学生综合素质测评模型研究[D]:[硕士学位论文].马鞍山:安徽工业大学,2018.
- [3] 胡晓天,沈桂芳,周园园,等.基于层次分析法与信息熵的大学生综合素质评估模型构建研究[J].赤峰学院学报(自然科学版),2017,33(1):219-221.
- [4] 李春霞,刘琪.层次分析法在学生综合素质评价中的应用[J].科技视界,2017(9):61-62.
- [5] 高杰,孙林岩,李满圆.区间估计:AHP 指标筛选的一种方法[J].系统工程理论与实践,2005,25(10):73-77.
- [6] T.L. Saaty.层次分析法[M].许树柏,译.北京:煤炭工业出版社,1988.
- [7] 岳志强.基于层次分析法的高校学生综合测评量化平台研究[J].福州大学学报(哲学社会科学版),2015,29(6):94-98.
- [8] 徐慧,罗超,刘志刚.层次分析法评价指标筛选方法探讨[J].中国海上油气,2007,19(6):415-418.

知网检索的两种方式:

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择: [ISSN], 输入期刊 ISSN: 2331-799X, 即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入,输入文章标题,即可查询

投稿请点击: <http://www.hanspub.org/Submission.aspx>
期刊邮箱: ces@hanspub.org