

基于 AHP 法的高校本科教育质量综合评价模型

——以甘肃省为例

摘 要：今年的两会上，李克强总理的政府工作报告中提出了“发展公平而有质量的教育”，而教育质量评估是提高高校教育质量的一个重要环节，其结果也被当作衡量某一高校或者省市办学成功与否的标志。因此，教育部于 2003 年确立了五年一轮的评估制度，通过对高校教育质量评价体系进行分析与评价研究，制定出相应的方针和讨论纠正措施，有助于理性的看待高校教育发展过程中发生的问题，推动更系统，更合理的教育管理模式，提高人才培养质量，推动教育事业健康合理发展。而目前国内关于教育评估的方法评价功能大都单一，主观性较强，不能够对高校教育质量进行综合评价。此外，不同院校以及不同省份教育发展水平也存在差异，为此，本文拟通过数学的方法给出了一种能够对高校教育质量进行综合评价的模型，并且基于该模型，以甘肃省为例，确定一个关键的指标，使得该指标值的普遍改善能够尽可能缩小甘肃省 17 个本科院校教育发展的差异。

为此，本文在现有研究基础上，分析了高校教育质量综合评价的现状，最终确定了如下 9 个指标：本科院校数量、招生人数、师资队伍与结构、生师比、教学条件与利用、专业建设与教学改革、学生就业、科研投入与产出、双一流学科建设。首先，以甘肃省 17 个本科院校（兰州大学、西北师范大学、西北民族大学、兰州理工大学、兰州交通大学、甘肃农业大学、甘肃中医药大学、兰州财经大学、甘肃政法学院、兰州城市学院、天水师范学院、陇东学院、河西学院、甘肃民族师范学院、兰州工业学院、兰州文理学院、甘肃医学院）为例，通过教育部高等教育教学评估中心发布的数据对相关指标进行数据搜集。由于数据的实际意义、表现形式、对总目标的作用各不相同，不具可比性。所以利用比重法对其进行了无量纲化处理，消除了指标量纲影响，确保了指标具有可比性。其次，考虑到权重的合理分配是指标量化的关键，其会直接影响指标体系运用的科学程度，因此我们采用层次分析赋权法来求解不同指标的权重。在理论分析的基础上，我们对处理过的数据利用 Matlab 编程进行求解，从而实现了对指标的量化处理和相关的数据分析。

基于以上分析和指标及数据处理，根据层次分析法的原理，将确定出的本科教育质量评价指标体系的 9 个指标进一步细分，利用层次分析法通过 Matlab，求解出各个一二级指标的权重。然后根据线性加权求和法，以相应权重系数来对甘肃省 17 个本科院校教育质量评价进行加权，构造出了综合判断函数，最终建立了高校教育质量综合评价的数学模型。为了检验模型的合理性，根据无量纲化后每个院校最近 2 年的数据，对各院校各指标求取几何平均，代入构造出的综合判断函数中去，并将其按大小进行排序。得到甘肃省 17 个本科院校的教育质量发展情况。最后，通过艾瑞深中国校友会网发布的《2018 中国大学教学质量评价报告》，统计甘肃省 17 个高校的排名情况，然后将其与我们所得结果进行比较。结果显示，所得结果与其结果基本吻合。

在该数学模型基础上，对确定的 9 个指标进行了进一步分析，从而确定出了一个关键的指标——**专业建设与教学改革**，使得该指标值的普遍改善能够尽可能缩小甘肃省本科教育发展的差异，并利用查找的数据资料验证所建立模型的有效性。

最后，基于以上分析，给出了能够提升甘肃省本科教育质量的政策建议。

关键词：层次分析赋权法、线性加权求和法、比重法、无量纲化、综合评价模型。

目录

一、 引言 1

二、 问题重述 3

三、 问题分析 3

四、 模型假设与约定 4

五、 符号说明与名词定义 4

六、 模型的建立与求解 5

七、 模型评价 32

八、 模型推广 32

九、 参考文献 33

十、 附录 33

一、 引言

1. 1 选题的背景和意义

今年的两会上，李克强总理的政府工作报告中提出了“发展公平而有质量的教育”，而教育质量评估是提高高校教育质量的一个重要环节，其结果也被当作衡量某一高校或者省市办学成功与否的标志。因此，教育部于 2003 年确立了五年一轮的评估制度，通过对高校教育质量评价体系进行分析与评价研究，制定出相应的方针和讨论纠正措施，有助于理性的看待高校教育发展过程中发生的问题，推动更系统，更合理的教育管理模式，提高人才培养质量，推动教育事业健康合理发展。另外，本论文的研究成果能为各高等院校进行自主评估、在规定的时间内完成数据采集、完善资料等各项评估工作提供一定的参考。同时也有利于高校或者教育厅制订合理的评估指标体系，实现高效率的评估项目管理，提高学校或者省市的教育质量。最后，本文的研究成果有助于：

(1)探索适应本科院校教育特色的质量观，确保本科院校教育质量能满足经济社会发展的需要和自身的可持续发展需求。

(2)借鉴全面质量管理等理论，构建适合本科院校特点的内部教育质量监控体系，为当前本科院校的教育质量监控提供一种可以借鉴的思路。

(3)推动本科院校内部教育质量监控体系的持续改进，进一步提高与发挥教育质量监控工作在本科院校教学改革和建设中的基础保障作用，提高教学质量和管理效能，提高办学水平，为社会培养和输送更多的高素质技能型专门人才。

(4)通过确定关键指标，给出缩小本科教育发展的对策，响应了李克强总理提出的“发展公平而有质量的教育”。

1. 2 国内外现状和发展趋势

教育质量评价是一门古老而年轻的学科，起步较早的是美、英、德等国家，19 世纪末开始就将其作为一门独立的分支学科，并逐步向科学化方向发展。教育质量评价伴随着教育的发展而发展，其发展可分为三个阶段。第一阶段从 20 世纪 30 年代到 50 年代，这个阶段的特点是：教学评估理论和方法得到进一步充实和发展，但教学评估活动尚未普及。第二阶段是 20 世纪 50 年代到 80 年代，这个时期教学评估由教育工作者所关心的课题逐步变成了各国政府和广大群众所关心的课题。教育质量评价的重点从注重教育技术转向更加注重教学效果和教学结果，从注重教学过程的规模性转向更加注重教学过

程的自我完善和不断进步。第三阶段是从 20 世纪 80 年代至今，其特点是在评价方法上注意定性与定量的结合及新的科学方法的引用。在评价过程中，人们逐步开始借鉴系统科学方法论来开展教育评估，再加上使用模糊数学、神经网络等技术。教学质量评价的方法很多，其中最常见的是绝对评估法、相对评估法、个体内差异评估法、分析评估法、综合判断法、评等法、评语法、写实法和综合评分法等。^[6]

但是，目前的发展状况仅仅停留在理论分析上，尚未有一种数学模型能够能够对高校教育质量进行综合评价。

1.3 研究思路

通过文献资料收集，了解我国高校本科教育质量综合评价体系研究的进展情况和已取得的成果。对现有高校本科教育质量综合评价体系进行分析，在该基础上设计科学合理的高校本科教育质量综合评价指标体系；结合层次分析法、线性加权求和法等数学理论构建高校本科教育质量综合评价模型，利用已有数据对模型进行检验，并确定出影响高校本科教育质量评价的关键指标，并通过相应指标分析给出合理建议。

1.4 研究方法

(1) 文献研究法：通过文献资料收集，了解我国高校本科教育质量综合评价体系研究的进展情况和已取得的成果。

(2) 层次分析赋权法又称解析递阶过程法，是由美国匹兹堡大学教授 T. L. Saaty 于 1975 年提出的，其主要运用于多层次指标权重的确定与评价领域。其中一种主要做法是应用统计平均数法，即依据各专家对各个因素的重要性程度进行打分，依据打分值进行汇总后取其算数平均数，计算出的算数平均数即为各个因素的权重值。

由于该方法具有将复杂问题系统化，且所需数据少、易于计算、可以分解为多层次、多目标、多准则的系统决策问题，并且在具体计算过程中可以借助 matlab 工具辅助简化计算问题，因此该方法得到了广泛运用。层次分析法现已广泛应用于企业管理、经济计划、科技管理、干部选拔、教育规划、资源分配、冲突分析等各个方面，尤其适合于对决策结果难于直接准确计量的场合。其应用在教育领域，可以测定被评对象的优先次序或评估指标的权重。

(3) 线性加权求和法：线性加权求和法是利用简单的加权求和的方法来综合评价各研究对象，其计算公式为：

$$E_i = \sum_{j=1}^n W_j X_{ij}$$

2 / 41

其中 E_i 为 i 方案各指标标准数据的线性加权和。

二、 问题重述

为了处理问题的方便，我们将研究内容划分如下：

1. 影响本科教育质量的指标有很多。依据教育部高等教育教学评估中心发布的《教育部办公厅关于开展普通高等学校本科教学工作合格评估的通知》给出的 9 个关键指标：招生人数、师资队伍与结构、办学思路与领导作用、生师比、教学条件与利用、专业建设与教学改革、学生就业、科研投入与产出、双一流学科建设，对指标进行量化处理，并进行相关的数据分析。
2. 根据问题 1 中的指标数据，建立数学模型，对甘肃省 17 个本科院校（兰州大学、西北师范大学、西北民族大学、兰州理工大学、兰州交通大学、甘肃农业大学、甘肃中医药大学、兰州财经大学、甘肃政法学院、兰州城市学院、天水师范学院、陇东学院、河西学院、甘肃民族师范学院、兰州工业学院、兰州文理学院、甘肃医学院）的本科教育质量进行综合评价。
3. 通过建立数学模型，分析在所给的 9 个指标中，可以减少哪些指标使得评价结果与问题 2 中的评价结果基本一致。
4. 通过建立数学模型，确定一个关键的指标，使得该指标值的普遍改善能够尽可能缩小甘肃省 17 个本科院校教育发展的差异，并利用查找的数据资料验证所建立模型的有效性。
5. 结合前面的讨论给出有效提升甘肃省本科教育质量的政策建议。

三、 问题分析

1. 问题 1 的分析

问题 1 属于对指标进行量化的数学问题，由于权重是指标体系的一个重要组成部分，而权重的合理分配是指标量化的关键，直接影响指标体系运用的科学程度。选用合理的评价方法、设计严密的计算步骤，并进行准确的计算，可以得到较为精确和较高可信度的权重赋值，进而提高指标体系的应用性。因此，基于以上原因，通过求解不同指标的权重来对指标进行量化处理是一种有效的处理方式。考虑通过对层次分析赋权法进行适当的处理，再将其引进到我们的模型中来达到对指标的量化。同时，对于搜集到的数据，由于数据的实际意义、表现形式、对总目标的作用各不相同，不具可比性，所以必须进行无量纲化处理，消除指标量纲影响，确保指标具有可比性后才能进行计算和综合评价。

2. 问题 2 的分析

对于问题 2，基于问题 1 的分析和求解，首先根据层次分析法的原理，将本科教育质量评价指标体系的 9 个指标进一步细分，利用层次分析法通过 Matlab 求解出各个一二

级指标的权重。其次利用线性加权求和法，以相应权重系数来对甘肃省高校教育质量评价值进行加权,根据线性加权求和法，加权和即为总评价值。接着，根据无量纲化后每个院校最近的数据，对各院校各指标求取几何平均，代入构造出的综合判断函数中去，并将其按大小进行排序。得到甘肃省 17 个本科院校的教育质量状况先后顺序。最后，通过艾瑞深中国校友会网发布的《2018 中国大学教学质量评价报告》，统计甘肃省 17 个本科高校的排名情况，然后将其与我们所得结果进行比较。

3. 问题 3 与问题 4 的分析

通过问题 1 的求解确定影响教育质量的指标由高到低的次序，通过它，我们做如下猜想：权重较低的其重要性相对较低，可以剔除，而权重较大的其重要性也较大。

为了验证我们猜想的合理性和得到减少哪些指标可以使得评价结果与问题 2 中的评价结果基本一致，我们还需通过进一步计算结果进行确定各指标间的重要性。为此，我们的思路是：逐个去除指标，然后通过问题 2 建立的模型比较最后达到的 Y 值的大小，和问题 2 得到的排名进行对比，求解排名变动次数和名次变化的差值绝对值。显然，排名变动次数越大，名次变化的差值绝对值越大，说明指标因素的影响力越大，在保持排名不变的情况下确定可以去除的指标、同样的方法也能找出影响作用最大的因素，从而确定问题 4。

4. 问题 5 的分析

结合问题 1. 2. 3. 4 的讨论与求解，最终给出有效提升甘肃省本科教育质量的政策建议

四、 模型假设与约定

- 1. 假设我们所搜集到的数据真实可靠；
- 2. 假设指标的细化方式合理；
- 3. 假设无量纲化后的数据合理。

五、 符号说明与名词定义

符号	含义
$A(a_{ij})$	判断矩阵
a_{ij}	指标 <i>i</i> 相对于指标 <i>j</i> 的相对重要性
W'_i	初始权重系数

a_{im}	$A(a_{ij})$ 中 i 行指标相对 m 列指标重要性比较得分值
W_i	归一化后的权重系数
$\lambda_{\max}$	$A(a_{ij})$ 的最大特征根
λ_i	该层子目标成对比较判断优选矩阵的特征根
CI	一致性指标
CR	一致性比率
RI	平均随机一致性指标
Y	本科教育质量综合评价指标
P_j	子体系各类别的权重
X_j	子体系各类别的综合评价价值

六、模型的建立与求解

6.1 基于 AHP 法的指标的量化处理

由于权重是指标体系的一个重要组成部分，而权重的合理分配是指标量化的关键，直接影响指标体系运用的科学程度。选用合理的评价方法、设计严密的计算步骤，并进行准确的计算，可以得到较为精确和较高可信度的权重赋值，进而提高指标体系的应用性。因此通过求解不同指标的权重来对指标进行量化处理是一种有效的处理方式。

通过查阅相关资料我们发现，目前权重的确定最常用的一种方法是层次分析赋权法 (AnalyticHierarchyProcess, 简称 AHP 法)，层次分析赋权法又称解析递阶过程法, 是由美国匹兹堡大学教授 T. L. Saaty 于 1975 年提出的，其主要运用于多层次指标权重的确定与评价领域。其中一种主要做法是应用统计平均数法，即依据各专家对各个因素的重

要性程度进行打分，依据打分值进行汇总后取其算数平均数，计算出的算数平均数即为各个因素的权重值。

由于该方法具有将复杂问题系统化，且所需数据少、易于计算、可以分解为多层次、多目标、多准则的系统决策问题，并且在具体计算过程中可以借助 matlab 工具辅助简化计算问题，因此该方法得到了广泛运用。我们将这一思路通过适当的处理引进到我们的模型中来以达到对指标的量化。具体步骤如下：

Step1: 构造判断矩阵：

为了构造判断矩阵，我们采取专家评判的方式，同一个层次内 n 个指标相对重要的判断由若干位专家完成，指标间重要性的比较一般采用专家调查法。为了处理问题的方便，我们采取表 2 中的比较赋值法，分别对各个指标的重要性作两两比较，并赋予具体数值，最终得到判断矩阵 $A(a_{ij})$ 。其中， $a_{ij}(i, j=1, 2, \dots, m)$ 表示指标 i 相对于指标 j 的相对重要性。如表 1 所示：

表 1 评判标准

标度	含义
1	元素 i 与元素 j 相比同等重要
3	元素 i 与元素 j ，前者比后者稍重要
5	元素 i 与元素 j ，前者比后者明显重要
7	元素 i 与元素 j ，前者比后者强烈重要
9	元素 i 与元素 j ，前者比后者极端重要
2、4、6、8	表示上述相邻判断的中间值
它们的倒数	若元素 i 与元素 j 重要性之比为 a_{ij} ，则元素 i 与元素 j 重要性之比为 $a_{ji} = \frac{1}{a_{ij}}$

Step2: 初始权重系数和归一化权重系数的计算：

我们采用如下公式进行初始权重系数的计算和权重系数的归一化处理：

$$W'_i = \sqrt[m]{a_{i1} \cdot a_{i2} \cdots a_{im}} \quad (1)$$

式中 a_{im} 表示判断矩阵中 i 行指标相对 m 列指标进行重要性两两比较得分。通过计算得出 W'_i 的值，利用如下公式对初始权重系数进行归一化处理：

$$W_i = \frac{W'_i}{\sum_{i=1}^m W'_i} \quad (2)$$

Step3: 一致性检验

为了检验计算得出的权重系数是否符合逻辑。我们需要对其做一致性指标 CI 检验，首先设 $\lambda_{\max}$ 为判断矩阵 A (a_{ij}) 的最大特征根， λ_i 为该层子目标成对比较判断优选矩阵的特征根：

$$\lambda_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} \frac{\omega_j}{\omega_i} \quad (3)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\sum_{i=1}^m \lambda_i}{m} \quad (4)$$

则一致性指标

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - m}{m - 1} \quad (5)$$

为了度量不同阶数判断矩阵是否具有满意的一致性，我们需引入判断矩阵的平均随机一致性指标 RI 值。查阅相关文献我们得到：1~10 阶判断矩阵的 RI 值如表 2 所示：

表 2 RI 值

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49

当阶数大于 2，判断矩阵的一致性比率 $CR = \frac{CI}{RI} < 0.1$ 时，即认为判断矩阵具有满意的一致性，否则需要调整判断矩阵，以使之具有满意的一致性。

当多个专家分别给定判断矩阵分别通过一致性检验后，运用几何平均法将专家意见综合平均，即可得到最终的指标评价判断矩阵。

由于在具体的应用中，数据的实际意义、表现形式、对总目标的作用各不相同，不具有可比性，所以必须进行无量纲化处理，消除指标量纲影响，确保指标具有可比性后才

能进行计算和综合评价。

我们选用比重法(直线型无量纲化方法之一)对原始数据进行处理。比重法是将某项指标的实际值转化为它在指标值总和中所占的比重,用公式表示为:

$$b_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^m a_i} (i=1, 2, 3, n) \quad (6)$$

式中 b_i 为指标评价值, a_i 为指标原始值, n 为统一指标所取样本数。^[4]

6.2 基于 AHP 法的综合评价模型的建立

综合评价模型是通过一定的数学模型或算法将多个评价指标值“合成”一个综合评价指标值,实现对甘肃省 17 个本科院校教育质量高低的综合比较。线性加权求和法因计算简单而被广泛采用。将甘肃省高校教育质量评价值以相应权重系数来加权,其加权和为总评价值,计算公式如下:

$$Y = P_j X_j \quad (7)$$

其中, Y 为甘肃省本科教育质量综合评价指标, P_j 为子体系各类别的权重, X_j 为子体系各类别的综合评价值。综合指数的大小与本科生教育质量呈正相关关系,即指数愈大教育质量越高。

评级等级建议如下:

表 2 评级等级示意表

综合评价值 Y	等级程度
≥ 90	优秀
76~89	良好
61~75	一般
≤ 60	不合格

模型建立的具体流程如下:

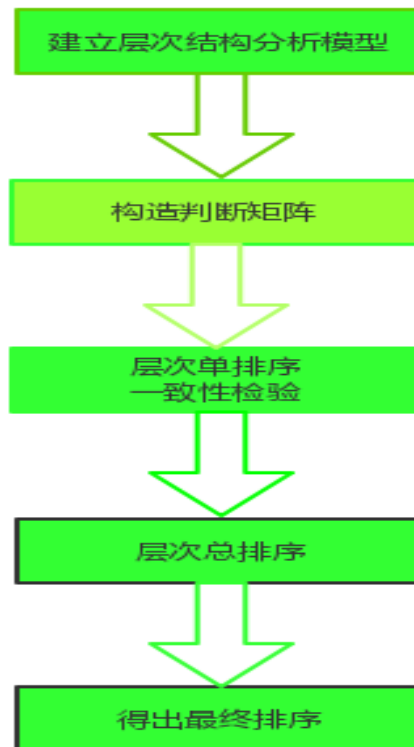


表 1 模型建立的流程图

6.3 问题一的求解

6.3.1 数据的处理

首先，我们通过甘肃省教育厅发布的《甘肃省 2017-2017 学年本科教学质量分析报告》提取相关指标数据如下：

表 1 各高校本科人才培养目标一览表

学校名称	本科人才培养目标
兰州大学	培养具有优良的思想品德、健全的人格、扎实的专业理论知识、富有创新精神、实践能力、兼具宽广的国际视野与浓郁本土情怀的学术型、应用型和复合型精英人才。
西北师范大学	坚持和完善具有西北师大特色的本科人才培养体系，着力培养学生的人文情怀、国际视野、系统思维、批判性创新思维和信息化应用能力。
兰州理工大学	培养基础理论实、专业口径宽、工程能力强、综合素质高，具有国际视野和创新精神的高级专门人才。
兰州交通大学	坚持“知识探究、能力培养、价值塑造”三位一体的教育模式，培养基础扎实、知识面宽、能力强、素质高、具有创新精神和国际视野的高级专门人才。
甘肃农业大学	培养具有社会责任感、创新精神和实践能力，致力于服务“三农”、德智体美全面发展的学术型、复合型、应用型高素质人才。
西北民族大学	培养德智体美全面发展，专业基础扎实，实践能力强，综合素质高，富有创新精神和发展潜能的专门人才。
兰州财经大学	培养适应国家与地方经济社会发展需要，具有健全人格、健康体魄、较高人文素养和科学素质，基础扎实、知识面宽、专业能力强、综合素质高，商科特色鲜明，具有社会责任感 and 创新精神，具备实践能力和创新创业能力的应用型复合人才。
甘肃中医药大学	培养适应区域经济社会发展，特别是医疗卫生事业发展需要的应用型、复合型人才以及适应中医药国际化的外向型人才。
甘肃政法学院	培养政治素质过硬，专业知识扎实，具有法治信仰、人文情怀、创新精神、实践能力和社会责任感的应用型、复合型专门人才。
兰州城市学院	为地方经济社会发展培养生产、建设、管理、服务一线的高素质应用型人才。
河西学院	培养能够直接为教育、生产、建设、管理一线服务的基础知识扎实、专业实践能力强、具有较高的综合素质与职业素养、受到多学科文化熏陶的高素质应用型人才。
天水师范学院	培养情怀美好，理念先进，功底扎实的基础教育优秀师资和具有发展潜力大、创新精神强与实践能力足的高素质应用型人才。
陇东学院	为地方经济建设和社会发展培养生产、建设、管理、服务一线的信念执着、品德优良、知识丰富、本领过硬的高素质专门人才。
甘肃民族师范学院	培养“政治可靠、扎根基层、业务适切”的社会主义建设者和接班人。
兰州工业学院	以市场需求为导向，培养“高素质、实基础、重应用、善创新、强能力”，面向生产、建设、管理、服务一线的应用型专门人才。
兰州文理学院	培养素质高、能力强、全面发展、适应区域经济社会发展需求的应用型人才。



图2 甘肃省2017年普通本科院校生源情况统计图



图5 2016-2017 学年甘肃省普通本科院校生师比统计图

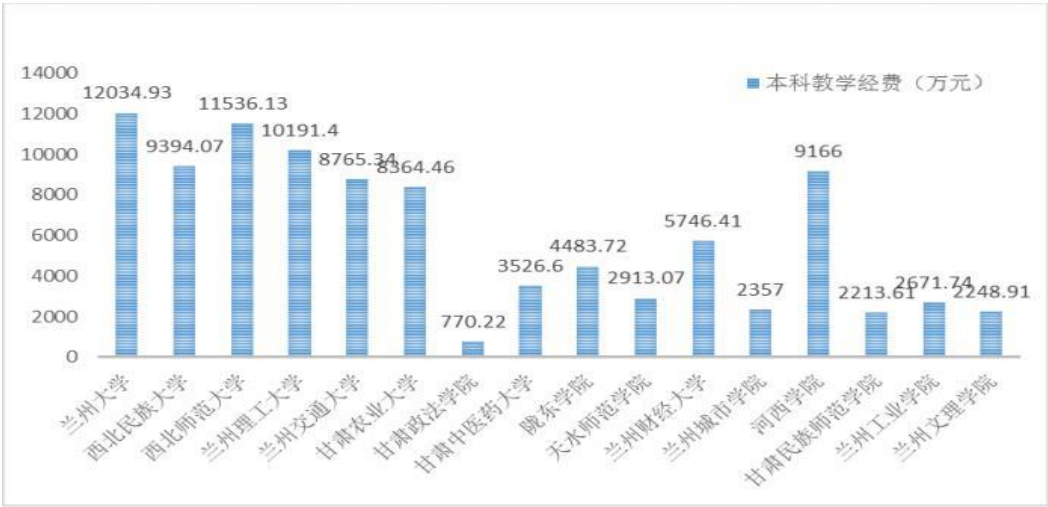


图6 2016年甘肃省普通本科院校教学经费统计表

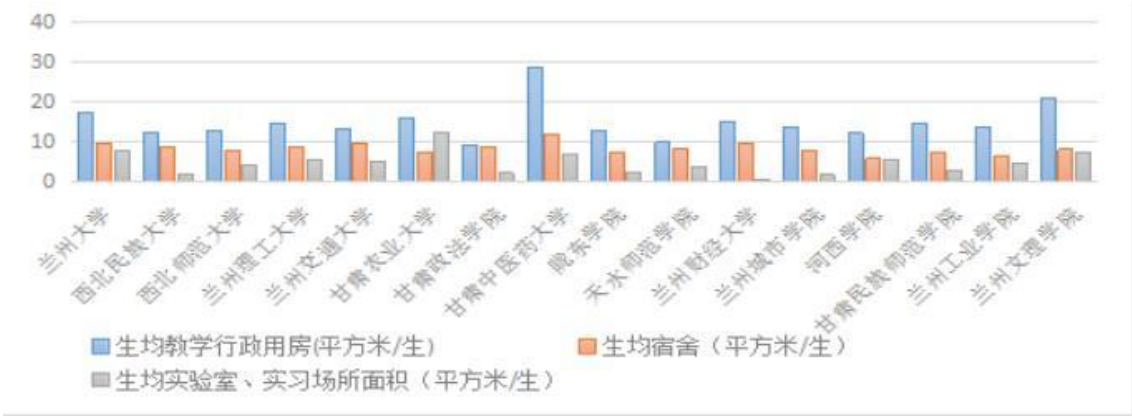


图 7 2016-2017 年甘肃省普通本科院校生均建筑面积一览表

表 3 2016-2017 年甘肃省普通本科院校教学科研仪器设备情况

学校名称	新增教学科研仪器设备总额 (万元)	生均教学科研仪器设备值 (元/生)
兰州大学	9084.59	36144.06
西北民族大学	4925	14600
西北师范大学	3324.61	10177
兰州理工大学	3292.35	12100
兰州交通大学	3465.69	9100
甘肃农业大学	1949.11	10600
甘肃政法学院	1065.11	5800
甘肃中医药大学	6699.4	15761
陇东学院	703.84	7407
天水师范学院	3006.24	9000
兰州财经大学	921.81	4500
兰州城市学院	1450	10400
河西学院	3524.21	8616
甘肃民族师范学院	1092.11	11186.31
兰州工业学院	2029.02	11228
兰州文理学院	2033.4	10357.63



教学仪器设备增长情况

表 4 2016-2017 年甘肃省普通本科院校图书统计表

学校名称	纸质图书总量 (万册)	生均纸质图书 (册/生)	电子图书、期刊总量 (万册)
兰州大学	357.91	86	173.95
西北民族大学	199.07	71.86	181.78
西北师范大学	206	67.55	68.53
兰州理工大学	223	74.38	208.09
兰州交通大学	232.84	66.66	52.37
甘肃农业大学	142.65	70.61	69
甘肃政法学院	112.76	96.45	75.2
甘肃中医药大学	56.63	47.86	45
陇东学院	98.8	62.75	52.1
天水师范学院	110.59	74.19	102.5
兰州财经大学	148.92	74.36	35.72
兰州城市学院	107.12	77.25	90
河西学院	115.09	66.8	150.13
甘肃民族师范学院	71.79	67.65	125.73
兰州工业学院	86.07	83.87	19.64
兰州文理学院	107.12	104.24	39.42

表 5 甘肃省普通本科院校国家级、省级特色专业一览表（截至 2017 年 7 月）

学校	国家级特色专业	省级特色专业
----	---------	--------

兰州大学	16个：核技术、草业科学、历史、生物技术、大气科学、化学、地理科学、数学与应用数学、物理学、生物科学、理论与应用力学、经济学、材料化学、行政管理、功能材料、辐射防护与环境工程	12个：国际政治、临床医学、民族学、地质学、药学、新闻学、通信工程、思想政治教育、口腔医学、汉语言文学、地质工程、金融学
甘肃农业大学	5个：草业科学、动物医学、水土保持与荒漠化防治、土地资源管理、农业机械化及其自动化	11个：农业机械化及其自动化、动物科学、农林经济管理、农学、食品科学与工程、农业水利工程、园艺、植物保护、农业资源与环境、生物技术、机械设计制造及其自动化
西北师范大学	9个：英语、汉语言文学、地理科学、化学、生物科学、数学与应用数学、美术学、物理学、历史学	10个：思想政治教育、应用心理学、教育学、舞蹈表演、体育教育、舞蹈学、金融学、翻译、汉语国际教育、会计学
兰州理工大学	6个：热能与动力工程、材料成型及控制工程、机械设计制造及其自动化、过程装备与控制工程、土木工程、自动化	10个：化学工程与工艺、电气工程及其自动化、焊接技术与工程、金属材料工程、电子信息科学与技术、自动化、冶金工程、计算机科学与技术、工业设计、建筑学
兰州交通大学	6个：土木工程、交通运输、给水排水工程、自动化、车辆工程、电气工程及其自动化	10个：通信工程、工程管理、计算机科学与技术、交通工程、环境工程、自动化、机械制造及其自动化、建筑环境与能源应用工程、会计学、建筑学
西北民族大学	4个：中国少数民族语言文学（藏、蒙古语言文学）、作曲与作曲技术理论、社会学、汉语言文学	11个：数学与应用数学、化学工程与工艺、生物技术、历史学、会计学、阿拉伯语、口腔医学、食品科学与工程、金融学、文物与博物馆学、物理学
兰州财经大学	3个：统计学、会计学、市场营销	14个：统计学、会计学、市场营销、财务管理、金融学、工商管理、国际经济与贸易、审计学、人力资源管理、电子商务、贸易经济、视觉传达设计、金融工程、经济统计学
甘肃政法学院	3个：法学、侦查学、边防管理	11个：法学、侦查学、边防管理、刑事科学技术、工商管理、社会工作、治安学、劳动与社会保障、财务管理、政治学与行政学、信息安全
甘肃中医药大学	3个：中草药栽培与鉴定、中医临床医学、针灸推拿学	6个：中医学、药物制剂、中药学、护理学、临床医学、藏医学

天水师范学院	2个：汉语言文学、小学教育	9个：数学与应用数学、历史学、化学、物理学、生物科学、文物与博物馆学、应用心理学、戏剧影视文学、法学
河西学院	1个：种子科学与工程	9个：小学教育、旅游管理、数学与应用数学、化学、学前教育、电气工程及其自动化、工商管理、应用心理学、医学影像技术
陇东学院	1个：生物科学	6个：小学教育、农学、历史学、土木工程、石油工程、经济学
甘肃民族师范学院	1个：中国少数民族语言文学	3个：数学与应用数学（教师教育·藏汉双语）、思想政治教育（民族团结教育）、学前教育
兰州城市学院	无	7个：学前教育、城市规划、音乐学（教师教育方向）、焊接技术与工程、数学与应用数学、汉语言文学、计算机科学与技术
兰州文理学院	无	6个：环境艺术设计专业、心理咨询专业、旅游管理、音乐表演、出版与发行、电子信息工程技术
合计	60个	135个

表6 2016-2017 学年甘肃省普通本科院校国家级、省级精品课程门数

学校名称	兰州大学	西北师范大学	兰州交通大学	兰州理工大学	兰州财经大学	甘肃政法学院	甘肃中医药大学	兰州城市学院	西北民族大学	甘肃农业大学	甘肃民族师范学院	陇东学院	河西学院	天水师范学院	兰州工业学院	兰州文理学院
省级	国家级															
精品课程	119	69	49	42	25	16	19	17	35	41	8	16	19	21	29	12
精品资源共享课	5	12	8	19	2	3	4	0	4	1	1	3	3	0	2	4
国家	10	5	3	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0

表7 2016-2017 学年甘肃省普通本科院校国家级、省级教学团队数量

学校名称	兰州大学	西北师范大学	兰州交通大学	兰州理工大学	兰州财经大学	甘肃政法学院	甘肃中医药大学	兰州城市学院	西北民族大学	甘肃农业大学	甘肃民族师范学院	陇东学院	河西学院	天水师范学院	兰州工业学院	兰州文理学院
省级	12	12	11	7	7	4	6	5	7	10	3	4	6	4	3	5
国家	5	2	1	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0

表8 2016-2017 学年甘肃省普通本科院校国家级、省级教学名师数量

学校名称	兰州大学	西北师范大学	兰州交通大学	兰州理工大学	兰州财经大学	甘肃政法学院	甘肃中医药大学	兰州城市学院	西北民族大学	甘肃农业大学	甘肃民族师范学院	陇东学院	河西学院	天水师范学院	兰州工业学院	兰州文理学院
省级	18	19	11	9	4	4	6	3	4	9	1	3	6	1	6	1
国家	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

表9 2016-2017学年甘肃省普通本科院校毕业及就业统计表（截止2017年8月31日）

学校名称	毕业生人数	毕业率	就业率
兰州大学	4481	96.83%	75.36 %
西北师范大学	5033	95.8%	77.69%
西北民族大学	6236	95.41%	75.61%
兰州交通大学	5660	96.52%	83.83%
兰州理工大学	5338	97.11%	93.26%
甘肃农业大学	4147	96.60%	79.90%
兰州财经大学	4565	99.23%	62.03%
甘肃中医药大学	1988	99.25%	78.12%
兰州城市学院	3158	96.71%	67.81%
甘肃政法学院	2627	98.24%	72.90%
天水师范学院	3785	98.23%	63.25%
河西学院	3487	95.21%	89.82%
陇东学院	4250	97.74%	83.97%
甘肃民族师范学院	2759	100%	57.05%
兰州工业学院	1381	95.51%	76.90%
兰州文理学院	706	96.03%	69.83%

表 10 2016-2017 学年甘肃省普通本科院校人才培养质量用人单位评价情况一览表

学校名称	用人单位评价
兰州大学	94.52%的用人单位对学校毕业生的工作表现感到很满意和比较满意，整体满意度较高。用人单位评价中学校毕业生得分比较高的能力有学习能力、专业技能、适应能力、敬业精神、沟通能力、团队合作能力等，与长期以来学校毕业生的社会声誉相吻合。
西北师范大学	86.67%的用人单位对学校毕业生的工作表现感到“很满意”和“比较满意”，有 13.33%的用人单位对本校毕业生的工作表现感到“一般”。在就业竞争力方面（多选），46.67%的用人单位认为学校毕业生的“专业技能和能力”较强，其次是“适应能力”（43.33%）及“学习能力”（40.00%）。同时用人单位也认为学校毕业生最需要加强的方面是“抗压能力”（23.08%）、其次是“团队合作能力”（15.38%）、“沟通能力”（15.38）和英语能力（15.38%）。
兰州理工大学	根据第三方“麦可思数据股份有限公司”调查反馈结果，学校2016届毕业生对母校的总体满意度为91%，工作与专业相关度为77%；2016届毕业生接受“大学组织的招聘会”求职服务的比例为66%，有效性为92%；用人单位对毕业生反馈良好，总体满意度为97%；用人单位聘用本校毕业生的最主要理由是“专业对口”（79%），其次是“能力和知识结构合格”（70%）。
兰州交通大学	学校本科毕业生以“基础扎实、吃苦耐劳、可塑性强”等特点受到用人单位的青睐和好评，用人单位对人才培养质量的满意度达98.7%。其中97%的校友和用人单位认为毕业生基础知识扎实，实践能力很强，工作态度认真勤奋；98.7%的校友认为学校教育与学生职业成长成才分不开的。
兰州财经大学	用人单位普遍认为，学校思想政治教育效果显著，毕业生的思想政治素质好；毕业生的知识结构较为合理，除了专业知识掌握比较扎实外，还对社会需要的新专业只是有一定程度了解，比较适应新形势要求；毕业生角色转换较快，胜任本职工作的能力较强；敬业精神和职业道德较高；团队合作精神好，有较强烈的集体主义精神，能够主动为集体分忧，主观能动性和整体的团队协作较强；毕业生有较好的创新精神，认真钻研工作，敢于打破陈规，毕业生综合素质较高。
西北民族大学	学校委托第三方麦可思公司进行用人单位质量跟踪调查，用人单位对近三届毕业生满意度达到98%，有51%的用人单位认为应届毕业生的整体表现“高于平均水平”，有47%的用人单位认为处于“平均水平”。从用人单位的行业分布及特点来看，“政府及公共管理”领域的用人单位认为整体表现高于平均水平的比例最高。

甘肃农业大学	通过向校园招聘用人单位征求意见以及走访企业、电话征询、网上征询等多种方式开展了用人单位回访，主动征集用人单位对学校人才培养以及教学改革、专业建设等方面的意见建议。2017 年暑期，通过集中对 162 家用人单位的调查显示，81.01%的用人单位对学校毕业生的工作表现表示比较满意，31.32%的单位认为学校近两年的毕业生培养质量明显提高。
兰州城市学院	用人单位普遍认为学校毕业生在专业知识、综合能力、实践动手能力以及团队精神与协调能力等方面具有较强的适应性，对毕业生的综合满意率为 88%。
甘肃中医药大学	用人单位普遍对毕业生的道德素质、学习能力、适应能力等方面比较满意，认为学校办学方向明确，专业课程设置合理，突出了中医药人才培养的特色，毕业生团队精神好，动手能力强，有事业心和责任感
甘肃政法学院	用人单位对学校毕业生政治表现、业务能力、创新能力、适应能力、综合素质等各方面评价满意程度较高。
天水师范学院	用人单位对学校整体满意度为 90%，对学校毕业生工作适应能力满意度为 90%，与同类院校毕业生质量比较，用人单位对学校毕业生的评价普遍较好。
陇东学院	用人单位对学校毕业生总体评价较高，认为毕业生学习刻苦，专业基础知识扎实，敬业精神、团队精神较强，计算机水平和外语水平较好，工作积极性、发展潜力、综合素质、业务能力、服从能力较好。用人单位对学校毕业生满意度达 91%。
河西学院	用人单位对学校毕业生综合素质满意度达到 98.2%，其中，毕业生的职业道德、专业知识掌握程度及团队精神满意度达到 100%。他们认为学校学生勤奋好学、思想活跃，爱岗敬业，责任心强，工作认真、吃苦耐劳、工作上手快、教学适应性强，表现出较扎实的专业知识和技能的基本功，对于工作的适应性好，有较强的动手实践能力。
甘肃民族师范学院	专业素质和综合素质较强，有较强的敬业精神与事业心，专业与工作岗位基本对口，能在岗位上发挥所学专业优势，较快适应岗位工作和社会环境，但在创新能力和动手能力方面略显不足。
兰州文理学院	用人单位普遍认为学校毕业生在专业知识、综合能力、实践动手能力以及团队精神与协调能力等方面具有较强的适应性，对毕业生的综合满意率为 83.9%。

（备注：以上数据来源于《甘肃省 2017-2017 学年本科教学质量分析报告》）

我们通过国家高等教育数据监测平台得到了甘肃省 2016 与 2014 年两年 17 个本科院校的《教育质量报告》，从中提取出我们所需要的数据，在假设这些数据合理的情况下得到了我们所需要的数据，兰州大学市与西北师范大学部分数据如下（其余数据见附录）。

表 4 兰州大学数据表

年份	办学思路与领导作用 (10 分制)	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	9	4850	22	13.26	357.91	119	75.36 %	9084.59	16
2014	8.5	4600	22	12.	343.23	106	73.68	1717.05	16

表 5 西北师范大学数据表

年份	办学思路 与领导作用	招生 人数	师资队伍 与结构	生师 比	教学条件 与利用	专业建设与 教学改革	学生 就业	科研投入 与产出	双一流学 科建设
2016	8.5	4537	20	18.4 4	206.0	69	77.6 9%	4925.698 72	9
2014	8	4585	20	17.3 9	201.54	62	76.1 7%	2282.5	9

6.3.2 指标的量化

在数据处理的过程中我们把每个指数代表的量处理成与教学质量的高低成正相关,比如原先给定的生师比,我们取倒数把它变成师生比,一般情况下师生比越大教学质量是越好的。这样每个指标的权重就能直观地说明相应指标对整体教学质量的影响力。

其次,由于数据的实际意义、表现形式、对总目标的作用各不相同,不具可比性,所以必须进行无量纲化处理,消除指标量纲影响,确保指标具有可比性后才能进行计算和综合评价。为此,我们首先对得到的数据进行了无量纲化处理,对于每一项数据按同一标准利用比重法进行约化,消除指标量纲影响,从而使各因素的影响力都能体现出来。

我们选用比重法(直线型无量纲化方法之一)对原始数据进行处理。比重法是将某项指标的实际值转化为它在指标值总和中所占的比重,用公式表示为:

$$b_i = \frac{a_i}{\sum_{i=1}^m a_i} (i = 1, 2, 3, \dots) \quad (8)$$

式中 b_i 为指标评价值, a_i 为指标原始值, n 为统一指标所取样本数。

表 6 量化方式处理表

序号	指标名称	量化处理方式	计算依据	备注
1	办学思路与领导作用	利用数据, 进行无量纲化处理, 然后求解权重	$b_1 = \frac{a_1}{\sum_{i=1}^m a_i} (i = 1, 2, 3, \dots, 9)$	通过专家评分得出
2	招生人数	利用数据, 进行无量纲化处理, 然后求解权重	$b_1 = \frac{a_1}{\sum_{i=1}^m a_i} (i = 1, 2, 3, \dots, 9)$	
3	师资队伍与结构	利用数据, 进行无量纲化处理, 然后求解权重	$b_1 = \frac{a_1}{\sum_{i=1}^m a_i} (i = 1, 2, 3, \dots, 9)$	以专任教师为准

4	生师比	利用数据，进行无量纲化处理，然后求解权重	$b_1 = \frac{a_1}{\sum_{i=1}^m a_i} (i=1,2,3,\dots,9)$	
5	教学条件与利用	利用数据，进行无量纲化处理，然后求解权重	$b_1 = \frac{a_1}{\sum_{i=1}^m a_i} (i=1,2,3,\dots,9)$	图书资源等
6	专业建设与教学改革	利用数据，进行无量纲化处理，然后求解权重	$b_1 = \frac{a_1}{\sum_{i=1}^m a_i} (i=1,2,3,\dots,9)$	专业开设与课程改
7	学生就业	利用数据，进行无量纲化处理，然后求解权重	$b_1 = \frac{a_1}{\sum_{i=1}^m a_i} (i=1,2,3,\dots,9)$	就业率与满意度
8	科研投入与产出	利用数据，进行无量纲化处理，然后求解权重	$b_1 = \frac{a_1}{\sum_{i=1}^m a_i} (i=1,2,3,\dots,9)$	投入与产出比
9	双一流学科建设	利用数据，进行无量纲化处理，然后求解权重	$b_1 = \frac{a_1}{\sum_{i=1}^m a_i} (i=1,2,3,\dots,9)$	学科建设

兰州大学与西北师范大学无量纲化后数据见表 7 与表 8。

表 7 兰州大学量化后数据表

年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构（国家级、省级教学名师数量）	生师比	教学条件与利用（图书资源等）	专业建设与教学改革（省级精品课程门数）	学生就业	科研投入与产出（生均教学仪器设备值（元/生）与产出）	双一流学科建设（国家级特色专业）
2016	0.9	0.49	0.2	1.326	3.5791	1.19	0.7536	5.084	1.6
2014	0.85	0.46	0.2	1.238	3.4323	1.06	0.7368	3.717	1.6
平均值	0.875	0.47	0.2	1.282	3.5075	1.125	0.7452	4.6035	1.6

表 8 西北师范大学量化后数据表

年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业	科研投入与产出	双一流学科建设
----	-----------	------	---------	-----	---------	-----------	------	---------	---------

2016	0.85	0.45	0.2	0.1844	2.06	0.69	0.7769	4.925	0.9
2014	0.8	0.46	0.2	0.1739	2.0154	0.62	0.7617	2.282	0.9
平均值	0.825	0.455	0.2	0.1792	2.0377	0.655	0.7693	3.6035	0.9

通过对数据进行无量纲化处理后，最后我们利用层次分析法计算对应指标的权重。

由三位专家按照 1—9(见表 1)比例标度对各个指标进行打分，从而产生三个判断矩阵，如下所示：

$$A_1 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 5 & 1 & 3 & 7 & 9 & 3 & 9 \\ 1 & 1 & 5 & 3 & 5 & 7 & 9 & 3 & 9 \\ \frac{1}{5} & \frac{1}{5} & 1 & \frac{1}{3} & 1 & 1 & 5 & \frac{1}{3} & 1 \\ 1 & \frac{1}{3} & 3 & 1 & 3 & 5 & 7 & 1 & 7 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{5} & 1 & \frac{1}{3} & 1 & 3 & 5 & 1 & 3 \\ \frac{1}{7} & \frac{1}{7} & 1 & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & 3 & \frac{1}{3} & 1 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{5} & \frac{1}{7} & \frac{1}{5} & \frac{1}{3} & 1 & \frac{1}{5} & 1 \\ \frac{1}{3} & \frac{1}{3} & 3 & 1 & 1 & 3 & 5 & 1 & 3 \\ \frac{1}{9} & \frac{1}{9} & \frac{1}{3} & \frac{1}{7} & \frac{1}{3} & 1 & 1 & \frac{1}{3} & 1 \end{pmatrix}$$

$$A_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 4 & 1 & 2 & 6 & 8 & 2 & 8 \\ 1 & 1 & 4 & 2 & 4 & 6 & 8 & 2 & 8 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 4 & \frac{1}{2} & 2 \\ 1 & \frac{1}{2} & 2 & 1 & 2 & 4 & 6 & 1 & 6 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 4 & 1 & 2 \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} & 1 \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{6} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & 1 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 2 & 1 & 1 & 2 & 4 & 1 & 2 \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{2} & \frac{1}{6} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix}$$

$$A_3 = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 4 & 1 & 2 & 6 & 8 & 2 & 8 \\ 1 & 1 & 4 & 2 & 4 & 6 & 8 & 2 & 8 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 4 & \frac{1}{2} & 2 \\ 1 & \frac{1}{2} & 2 & 1 & 2 & 4 & 6 & 1 & 6 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 4 & 1 & 2 \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} & 1 \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{6} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & 1 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 2 & 1 & 1 & 2 & 4 & 1 & 2 \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{2} & \frac{1}{6} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix}$$

然后对三个判断矩阵进行一致性检验：利用 matlab 求得各阶 IR 值如下：

表 9 各 IR 值

n	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IR	0.3625	0.4783	0.5396	0.5728	0.6079	0.6356	0.6522	0.666	0.6815
	53	63	98	79	61	79	58	37	85

由于 $n=9$, 因此, $RI=0.635679$, 利用 Matlab 求得:

$$CI_1 = 9.3544, CI_2 = 9.1682, CI_3 = 9.7095$$

则:

$$CR_1 = 0.0443 < 0.1, CR_2 = 0.0887 < 0.1, CR_3 = 0.0210 < 0.1$$

从而判断矩阵满足要求, 即合理。

最后, 我们运用几何平均法将三个专家意见进行综合平均, 得到最终的指标评价判断矩阵 A 如下:

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 4 & 1 & 2 & 6 & 8 & 2 & 8 \\ 1 & 1 & 4 & 2 & 4 & 6 & 8 & 2 & 8 \\ \frac{1}{4} & \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 1 & 4 & \frac{1}{2} & 2 \\ 1 & \frac{1}{2} & 2 & 1 & 2 & 4 & 6 & 1 & 6 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{4} & 1 & \frac{1}{2} & 1 & 2 & 4 & 1 & 2 \\ \frac{1}{6} & \frac{1}{6} & 1 & \frac{1}{4} & \frac{1}{3} & 1 & 2 & \frac{1}{2} & 1 \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{6} & \frac{1}{4} & \frac{1}{2} & 1 & \frac{1}{4} & 1 \\ \frac{1}{2} & \frac{1}{2} & 2 & 1 & 1 & 2 & 4 & 1 & 2 \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{8} & \frac{1}{2} & \frac{1}{6} & \frac{1}{2} & 1 & 1 & \frac{1}{2} & 1 \end{pmatrix}$$

求得 $CR = 0.0724$

最终求得九个指标的权重因子如表 10 所示：

表 10 权重因子

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
0.0345	0.0051	0.1066	0.0833	0.0832	0.253	0.1371	0.1144	0.1805

由表 10 可知，九个评价指标对教育质量影响程度大小依次为：

$$X_6 > X_9 > X_7 > X_8 > X_3 > X_4 > X_5 > X_1 > X_2$$

从而，我们初步认定，影响教育质量的指标由高到低依次为：专业建设与教学改革、双一流学科建设、学生就业率、科研投入与产出、师资队伍与结构、生师比、教学条件与利用、办学思路与领导作用、招生人数。这与实际情况相吻合。

6.4 问题 2 的求解：

6.4.1 层次分析法对指标的细化处理

首先根据层次分析法的原理，将本科教育质量评价指标体系的 9 个一级指标进一步细分，细分结果如下：

表 12 指标细化表

一级指标	二级指标
办学思路与领导作用 X_1	领导作用 X_{11}
	人才培养模式 X_{12}
	学校定位 X_{13}

招生人数 X_2	生源质量 X_{21}
师资队伍与结构 X_3	师资队伍数量与结构 X_{31} 本科生主讲教师人数 X_{32}
生师比 X_4	
教学条件与利用 X_5	校舍面积 X_{51} 实验室数量 X_{52} 图书馆馆藏 X_{53} 数字校园建设 X_{54} 经费投入 X_{55}
专业建设与教学改革 X_6	人才培养体制建设 X_{61} 专业与课程建设 X_{62} 教学改革科研成果 X_{63} 开设课程数量 X_{64}
学生就业率 X_7	学生就业率 X_{71} 单位满意度 X_{72}
科研投入与产出 X_8	实践创新能力平台建设 X_{81} 科研经费投入 X_{82} 科研成果数量 X_{83}
双一流学科建设 X_9	国家级重点学科 X_{91} 省级重点学科 X_{92}

因此，层次分析法对应的目标层、准则层如下：

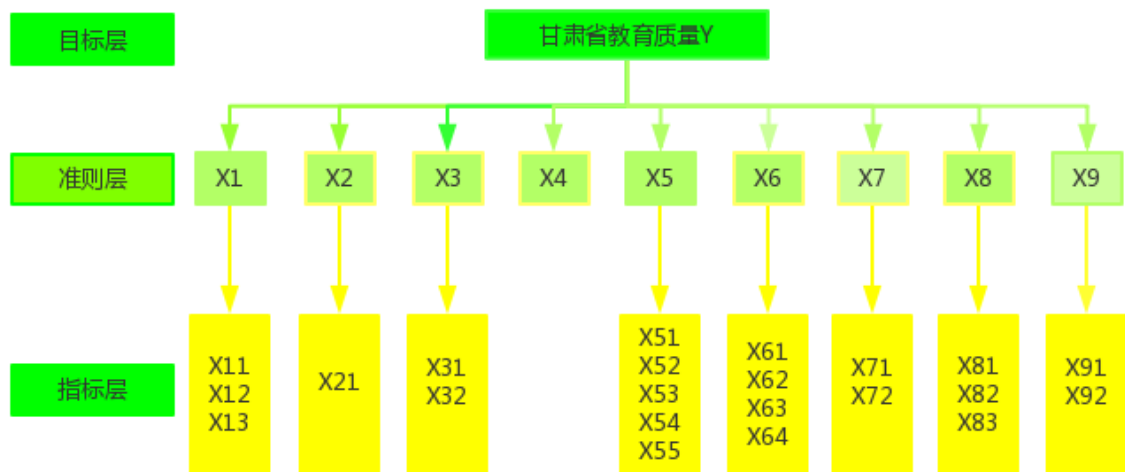


图 2 指标细化分层图

6. 4. 2 模型的求解

利用层次分析法通过 Matlab 求解出各个一二级指标的权重如下表所示：

表 14 各级指标权重

一级指标	权重 W_1	二级指标	权重 W_2
办学思路与领导作用 X_1	0.0345	领导作用 X_{11}	0.1231
		人才培养模式 X_{12}	0.1727
		学校定位 X_{13}	0.1525
招生人数 X_2	0.0051	生源质量 X_{21}	0.0051
师资队伍与结构 X_3	0.1066	师资队伍数量与结构 X_{31}	0.0578
		本科生主讲教师人数 X_{32}	0.0488
生师比 X_4	0.0833	生师比 X_4	0.0833
教学条件与利用 X_5	0.0832	校舍面积 X_{51}	0.0145
		实验室数量 X_{52}	0.0174
		图书馆馆藏 X_{53}	0.0170
		数字校园建设 X_{54}	0.0179
		经费投入 X_{55}	0.0174
	0.2553	实践教学 X_{61}	0.0191
		专业与课程建设 X_{62}	0.1198

专业建设与教学改革 X_6		教学改革 X_{63}	0.1004
		开设课程数量 X_{64}	0.0170
学生就业率 X_7	0.1371	学生就业率 X_{71}	0.0845
		单位满意度 X_{72}	0.0526
科研投入与产出 X_8	0.1144	实践创新能力平台建设 X_{81}	0.0327
		科研经费投入 X_{82}	0.0428
		科研成果数量 X_{83}	0.0389
双一流学科建设 X_9	0.1805	国家级重点学科 X_{91}	0.1149
		省级重点学科 X_{92}	0.0656

取每一指标数值的平均值，然后代入构造出的综合判断函数 $Y = P_j X_j$ 中去，乘上权重因子，并将其按大小进行排序，结果如表所示：

表 17 各院校综合排名

	总评(Y 值)	计算排名
兰州大学	76.67	1
西北师范大学	70.64	2
兰州交通大学	69.89	3
兰州理工大学	69.21	4
甘肃农业大学	69.13	5
西北民族大学	68.84	6
兰州财经大学	68.51	7
甘肃中医药大学	68.42	8
甘肃政法学院	68.27	9
天水师范学院	66.82	10
河西学院	66.57	11
兰州文理学院	66.45	12
甘肃医学院	65.59	13
陇东学院	64.87	14
甘肃民族师范学院	64.69	15
兰州城市学院	64.05	16
兰州工业学院	63.84	17

由表可知，甘肃省 17 个本科院校的教育质量按照由高到低顺序为：兰州大学、西北师范大学、兰州交通大学、兰州理工大学、甘肃农业大学、西北民族大学、兰州财经大学、甘肃中医药大学、甘肃政法学院、天水师范学院、河西学院、兰州文理学院、甘肃医学院、陇东学院、甘肃民族师范学院。

6.4.3 模型的检验

我们通过艾瑞深中国校友会网发布的《2018 中国大学教学质量评价报告》，统计甘

肃省 17 个地级市各个高校的排名情况，排名情况如下：

表 17 艾瑞深各市排名

名次	学校名称	得分	全国排名	星级排名	办学层次
1	兰州大学	67.27	30	6 星级	世界高水平、中国顶尖大学
2	西北师范大学	62.09	140	4 星级	世界知名、中国高水平大学
3	兰州交通大学	61.76	168	3 星级	中国知名、区域一流大学
4	甘肃农业大学	61.20	253	2 星级	区域高水平大学
5	西北民族大学	61.12	269	3 星级	中国知名、区域一流大学
6	兰州理工大学	61.09	277	3 星级	中国知名、区域一流大学
7	兰州财经大学	60.74	409	1 星级	区域知名大学
8	甘肃中医药大学	60.71	422	2 星级	区域高水平大学
9	甘肃政法学院	60.64	465	2 星级	区域高水平大学
10	河西学院	60.56	518	1 星级	区域知名大学
11	天水师范学院	60.55	524	1 星级	区域知名大学
12	甘肃医学院	60.45	614	1 星级	区域知名大学
13	陇东学院	60.43	634	1 星级	区域知名大学
13	兰州文理学院	60.43	634	1 星级	区域知名大学
13	甘肃民族师范学院	60.43	634	1 星级	区域知名大学
16	兰州城市学院	60.35	765	1 星级	区域知名大学
17	兰州工业学院	60.31	796	1 星级	区域知名大学

将其与我们所得结果进行比较，比较情况如下：

表 18 各院校指标排名

院校	得分	计算排名	最终排名
兰州大学	76.67	1	1
西北师范大学	70.64	2	2
兰州交通大学	69.89	3	3
兰州理工大学	69.21	4	6
甘肃农业大学	69.13	5	4
西北民族大学	68.84	6	5
兰州财经大学	68.51	7	7
甘肃中医药大学	68.42	8	8
甘肃政法学院	68.27	9	9
天水师范学院	66.82	10	11
河西学院	66.57	11	10
兰州文理学院	66.45	12	13
甘肃医学院	65.59	13	12
陇东学院	64.87	14	13
甘肃民族师范学院	64.69	15	13
兰州城市学院	64.05	16	16
兰州工业学院	63.84	17	17

从表中可以直观地看出我们所得结果与其基本一致，从而我们的模型具有可评判性。

6.5 问题 3 与问题 4 模型的建立与求解：

首先，通过问题 1 的求解我们发现影响教育质量的指标由高到低依次为：专业建设与教学改革、双一流学科建设、学生就业率、科研投入与产出、师资队伍与结构、生师

比、教学条件与利用、办学思路与领导作用、招生人数，故我们猜想，权重较低的其重要性相对较低，可以剔除，而权重较大的其重要性也较大。

为了验证我们猜想的合理性和得到减少哪些指标可以使得评价结果与问题2中的评价结果基本一致，我们还需通过进一步计算结果进行确定各指标间的重要性。为此，我们的思路是：逐个去除指标，然后通过问题2建立的模型比较最后达到的Y值的大小，和问题2得到的排名进行对比，求解排名变动次数和名次变化的差值绝对值。显然，排名变动次数越大，名次变化的差值绝对值越大，说明指标因素的影响力越大，在保持排名不变的情况下确定可以去除的指标、同样的方法也能找出影响作用最大的因素，从而确定问题四。具体做法是：

我们把9个指标都在时的综合判断函数记为 Y_0 ，去除 X_1 的时候记为 Y_1 ，去除 X_2 的时候记为 Y_2 ，以此类推，去除 X_9 的时候记为 Y_9 。则通过Matlab求解得结果如表所示

将问题二中算出的平均值代入可得

表 19 各院校排名

	Y_0	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9
甘肃政法学院	9.00	9.00	8.00	8.00	9.00	8.00	8.00	8.00	9.00	10.00
天水师范学院	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	9.00
河西学院	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00	11.00
兰州大学	1.00	2.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
甘肃财经大学	7.00	7.00	7.00	6.00	7.00	7.00	7.00	5.00	7.00	8.00
兰州文理学院	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00	12.00
兰州理工大学	4.00	5.00	4.00	5.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00
甘肃医学院	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00	13.00
西北民族大学	6.00	6.00	6.00	7.00	6.00	6.00	3.00	7.00	6.00	7.00
兰州交通大学	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.00	3.00	3.00	5.00
甘肃中医药大学	8.00	8.00	9.00	9.00	8.00	9.00	9.00	9.00	8.00	6.00
西北师范大学	2.00	1.00	2.00	2.00	2.00	2.00	6.00	2.00	2.00	2.00
甘肃农业大学	5.00	4.00	5.00	4.00	5.00	5.00	5.00	6.00	5.00	3.00
陇东学院	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	14.00	17.00	14.00	17.00	17.00
甘肃民族师范学院	15.00	15.00	16.00	16.00	15.00	15.00	16.00	15.00	16.00	15.00

兰州城市学院	16.00	16.00	16.00	15.00	16.00	16.00	15.00	16.00	15.00	14.00
兰州工业学院	17.00	17.00	15.00	17.00	17.00	17.00	14.00	17.00	14.00	16.00

我们将其与标准值 Y_0 的排名对比，并求解 $Y_1,Y_2,Y_3,Y_4,Y_5,Y_6,Y_7,Y_8,Y_9$ 的排名变动次数和名次变化的差值绝对值。显然，排名变动次数越大，名次变化的差值绝对值越大，说明指标因素的影响力越大。求解结果如下表所示：

表 20 各院校指标排名变动次数名次变化的差值绝对值

	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4	Y_5	Y_6	Y_7	Y_8	Y_9
排名变动次数	2.00	0.00	6.00	4.00	1.00	7.00	5.00	4.00	5.00
差值绝对值	2.00	0.00	6.00	4.00	2.00	11.00	6.00	4.00	10.00

从表中可以看出，“招生人数”这个指标去除后对排名基本没有影响。因此，“招生人数”这两个指标剔除后对评价结果无影响。

根据上表和确立的标准，综合各指标因素。我们给出各指标影响程度的综合排名如下：

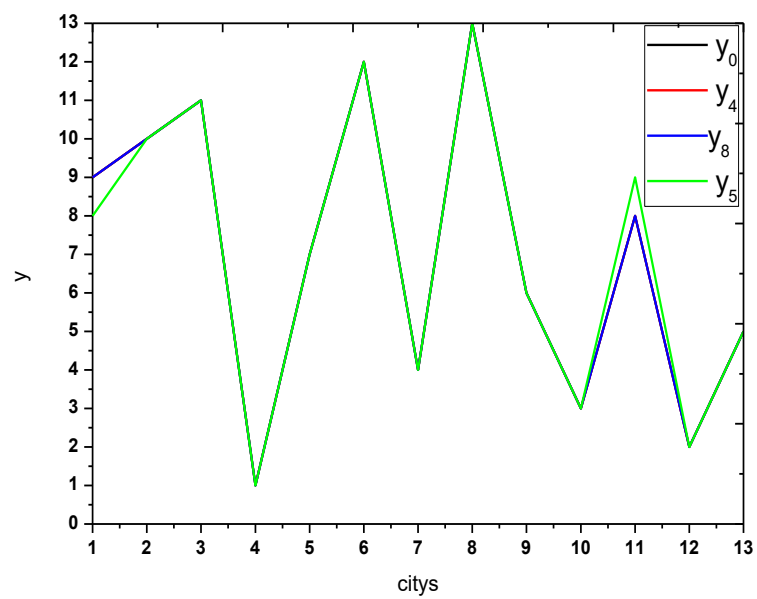
表 21 各院校指标排名

X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
8	9	5	6	7	1	3	4	2

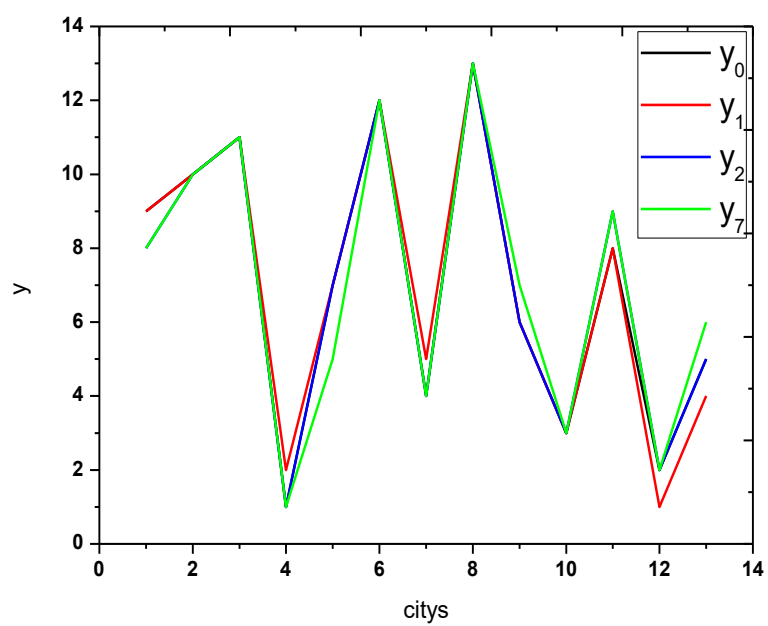
由表可知“专业建设与教学改革”和“双一流学科建设”两个因素对教学质量综合评价结果影响很大。因此，“专业建设与教学改革”指标值的普遍改善能够尽可能缩小甘肃省 17 个本科院校本科教育发展的差异。

6.6 问题 3 与问题 4 模型的检验：

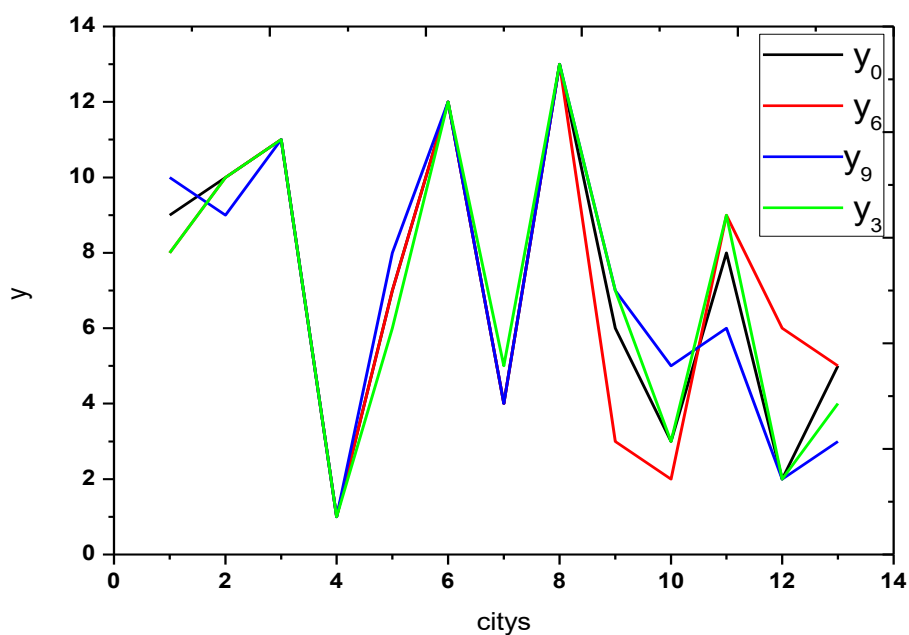
结合问题 3 与问题 4 的模型以及我们所处理得到的数据，我们对模型检验结果如下：



图表 3



图表 4



图表 5

从图 3 与图 4 中可以看出，我们所得模型的结果与实际结果基本吻合，因此，所以把这 3 个指标变量定为可去除变量。因此，“招生人数”这个指标剔除后对评价结果无影响。

从图 4 与图 5 中可以看出所画折线图之间起伏比较大，尤其是 Y_6 和 Y_9 的偏移量最为明显，所以把“专业建设与教学改革”和“双一流学科建设”这两个指标变量定为最有影响力的变量是合理的。

6.7 问题 5 的求解：

给有关部门的一封信

尊敬的***：

您好！感谢您在百忙之中阅读我们的来信。

对于甘肃省本科教育质量综合评价这个问题，我们通过网上搜索数据、调查问卷、图书借阅、数学建模分析等途径，对这个问题做了一定的了解和研究，在这封信中，我们将详细地阐述我们的想法和建议。

首先我们将附上一张我们得到的数据表（为避免重复，我们将不再显示表 18 与表 21），这是我们在合理简化的条件下，运用数学计算和软件仿真得出的数据。通过我们对数据的分析，我们提出以下几点建议：

1.我们通过模型求解发现,“专业建设与教学改革”与“双一流学科建设”是衡量一所高校的整体水平的主要因素。而就甘肃省的 17 个本科院校而言,有的院校“专业建设与教学改革”与“双一流学科建设”较好,以兰州大学为例,而有的院校在这方面相对薄弱。因此为了提高甘肃省本科教育质量,缩小差距,应当在专业建设与教学改革与“双一流学科建设”上投入精力。尽管对于大多数院校的学科要达到双一流学科水平几乎是不可能的,但是以双一流的高标准要求自己对本院校学科综合水平的提高还是大有裨益的。虽然和入选双一流的高校相比,这些院校还存在很大差距,在经费投入和师资水平上也是远远不及,这就要求这些院校应当抓住地域优势和时代潮流,扬长避短,努力去发展自身的优势学科,争取做出自己的特色。

2.对于“专业建设与教学改革”这一突出因素,显然是和教学质量密切相关的。对于教学水平较差的院校,专业建设的结构一般不够合理,至于教学改革就更是比较落后,教学模式僵化,教学内容一再减少,为了避免重修学生过多,期末考试过于简单,以至于进一步助长了学生的懒散,而这些二三本院校的学生本身基础就差,这样就形成了恶性循环。所以对于水平一般的院校应避免开设难度较大的专业,配合国家的“供给侧改革”政策,努力培养技术型的学生。在学生的能力范围内,给学生一定的压力,不能听之任之。另外,由于这些学校的财政状况远差于同地区的高水平知名大学,这也是导致落后的重要因素,比如科研经费的投入和教学仪器设备的配置。因此希望各市政府加大教育投资力度,使每个高校都能得到足够的发展经费。

3.我们建议同地区高水平大学应当为提升所在区域的教育水平贡献一份力量,利用自身强大的实力和资源进行帮扶,从而提高所在区域整体的办学知名度。

以上是我们根据模型分析结果作出的一些建议,希望能够为我省教育质量的提高提供一些思路。

再次感谢您与百忙中查阅我们的信件,希望我们的建议会对您有所帮助!

****大学

*****专业

XXX

2018.5.12

七、 模型评价

1. 模型的优点

(1) 本模型在层次分析法的基础上, 引入了线性加权求和法, 通过多级指标的确立全面地考察各指标变量对整体教育质量的影响, 可以有条理地考虑到诸多影响因素, 达到了对高校教育质量的综合评价。

(2) 理论分析和数据检验相结合使问题的分析更合理, 可以有效避免理论分析因不切实际造成的错误。比如我们不单纯使用权重系数作为评价标准, 而是结合搜集的数据求综合判断函数的值, 从而确定各指标变量的影响力。

(3) 能为各高等院校进行自主评估、在规定的时间内完成数据采集、完善资料等各项评估工作提供一定的参考。

(4) 模型推广度高, 不仅可以作为院校内部的自我评估; 也可作为教育部门衡量教育发展的重要依据; 同时还可以为教育部门制定相应政策提供依据

2. 模型的缺点

(1) 无量纲化数据处理比较粗糙, 这应当是本模型结果的主要误差来源之一, 当然还包括搜集数据不准确带来的误差。

(2) 构造判断矩阵的主观性比较强, 虽然严格地通过了一致性检验, 但是开始引进的人为因素仍然会伴随模型求解的始终, 所以判断矩阵的构建应当是模型好坏的关键因素。而对此我们构建判断矩阵的严谨性不够。

八、 模型推广

层次分析法的应用领域十分广阔, 所以本模型的方法很容易应用到其它领域, 尤其像本题这种偏重原因分析的问题。而由于我们采用层次分析法来对指标进行量化, 使得问题得以简化, 因此, 通过对指标体系各准则层指标展开深入分析, 我们的模型即可以作为各级各类学校教育质量的评估和学校内部的教学评估中去, 还可以推广应用到服务行业、交通领域、公共领域的质量评估中去。

九、参考文献

- [1]. 《2016 年甘肃省本科教育质量报告》
- [2]. 《2014 年甘肃省本科教育质量报告》
- [3]. 林玉婷. 利用层次分析法确定中医药高校图书馆效率评价指标的权重[J]. 中华医学图书情报杂志, 2012, 21 (6) :29-31.
- [4]. 杨海芳. 我国高校馆藏文献资源结构评价指标体系研究[D]. 大连理工大学, 2013.
- [5]. 焦树锋. AHP 法中平均随机一致性指标的算法及 MATLAB 实现[J]. 太原师范学院学报(自然科学版), 2006, 5 (4) :45-47.
- [6]. 权小红. 高职教师教学质量评价模型研究[D]. 南京邮电大学, 2012.

十、附录

1. 量化前数据:

西北民族大学数据表									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	8.2	6200	3	19.2	190.06	35	61.41%	12900	4
2014	8.2	6170	3	19.56	184	35	83.70%	11843	4
兰州理工大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	8.5	5640	7	17.88	254.34	42	97.10%	11461.42	6
2014	8.5	5926	6	17.47	204.54	42	95.70%	10913	5
甘肃农业大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设

	导作用		构		用	革			设
2016	8.4	4300	7	16.79	142.65	41	75.26%	9477.55	5
2014	8.4	4300	7	16.47	130	41	90.88%	8596	5
兰州交通大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	8.7	5600	9	20.48	227.33	49	85.12%	7738	6
2014	8.7	6750		20.91	250	49	97.17%	7732	6
兰州财经大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	8.2	4240	3	18.1	140.65	25	86.38%	4492.53	3
2014	8.2	4500	3	16.78	123.63	25	90.23%	3970	3
甘肃中医药大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	8	2295	5	16.4	57.05	19	76.72%	15000	3
2014	8	2135	4	14.9	61.3	19	90.86%	10550	3
甘肃政法学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	7.9	2800	4	16.29	98.53	16	65.60%	4800	3
2014	7.9	2500	4	19.94	80.99	16	89.82%	2700	3
兰州城市学院									

年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	7.1	3600	3	18.58	101.55	17	77.70%	9275.81	0
2014	7.1	3400	2	19.83	91.49	17	88.56%	7057	0
河西学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	7.6	3320	5	21.91	99.31	19	80.88%	7399	1
2014	7.6	3610	4	21.09	116.91	19	91%	6074	1
天水师范学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	7.7	4100	0	21	102.43	21	43.44%	8270	2
2014	7.7	4093	0	19.89	95.5	21	88.63%	5149	2
陇东学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	7.3	3670	2	18.21	98.5	16	86.40%	7060.37	1
2014	7.3	4002	1	20.4	95.5	16	87.69%	6056	1
甘肃民族师范学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	7.2	2750	1	18.92	67.82	8	50.74%	8845.86	1
2014	7.2	2500	0	19.78	62.23	8	86.08%	7663	1

兰州工业学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	7.1	2362	6	20.51	80.94	29	69.51%	9190	0
2014	7.1	1915	6	20.97	89.43	29	68.95%	8410	0
兰州文理学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	7.5	1380	1	18.27	105.32	12	69.41%	9188	0
2014	7.5	1150	0	19.3	104.59	12	68.30%	8200	0

2. 量化后数据

西北民族大学数据表									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.82	0.62	0.3	0.192	1.9006	0.35	0.6141	1.29	0.4
2014	0.82	0.617	0.3	0.1956	1.84	0.35	0.837	1.1843	0.4
兰州理工大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.85	0.564	0.7	0.1788	2.5434	0.42	0.971	1.146142	0.6
2014	0.85	0.5926	0.6	0.1747	2.0454	0.42	0.957	1.0913	0.5
甘肃农业大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.84	0.43	0.7	0.1679	1.4265	0.41	0.7526	0.947755	0.5
2014	0.84	0.43	0.7	0.1	1.3	0.41	0.908	0.8596	0.5

				647			8		
兰州交通大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.87	0.56	0.9	0.2048	2.2733	0.49	0.8512	0.7738	0.6
2014	0.87	0.675	0.9	0.2091	2.5	0.49	0.9717	0.7732	0.6
兰州财经大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.82	0.424	0.3	0.181	1.4065	0.25	0.8638	0.449253	0.3
2014	0.82	0.45	0.3	0.1678	1.2363	0.25	0.9023	0.397	0.3
甘肃中医药大学									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.8	0.2295	0.5	0.164	0.5705	0.19	0.7672	1.5	0.3
2014	0.8	0.2135	0.4	0.149	0.613	0.19	0.9086	1.055	0.3
甘肃政法学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.79	0.28	0.4	0.1629	0.9853	0.16	0.656	0.48	0.3
2014	0.79	0.25	0.4	0.1994	0.8099	0.16	0.8982	0.27	0.3
兰州城市学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.71	0.36	0.3	0.1858	1.0155	0.17	0.777	0.927581	0
2014	0.71	0.34	0.2	0.1983	0.9149	0.17	0.8856	0.7057	0
河西学院									
年份	办学思	招生	师资队	生	教学条	专业建设	学生	科研投	双一流

	路与领导作用	人数	伍与结构	师比	件与利用	与教学改革	就业率	入与产出	学科建设
2016	0.76	0.332	0.5	0.2191	0.9931	0.19	0.8088	0.7399	0.1
2014	0.76	0.361	0.4	0.2109	1.1691	0.19	0.91	0.6074	0.1
天水师范学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.77	0.41	0	0.21	1.0243	0.21	0.4344	0.827	0.2
2014	0.77	0.4093	0	0.1989	0.955	0.21	0.8863	0.5149	0.2
陇东学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.73	0.367	0.2	0.1821	0.985	0.16	0.864	0.706037	0.1
2014	0.73	0.4002	0.1	0.204	0.955	0.16	0.8769	0.6056	0.1
甘肃民族师范学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.72	0.275	0.1	0.1892	0.6782	0.08	0.5074	0.884586	0.1
2014	0.72	0.25	0	0.1978	0.6223	0.08	0.8608	0.7663	0.1
兰州工业学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.71	0.2362	0.6	0.2051	0.8094	0.29	0.6951	0.919	0
2014	0.71	0.1915	0.6	0.2097	0.8943	0.29	0.6895	0.841	0
兰州文理学院									
年份	办学思路与领导作用	招生人数	师资队伍与结构	生师比	教学条件与利用	专业建设与教学改革	学生就业率	科研投入与产出	双一流学科建设
2016	0.75	0.13	0.1	0.1	1.0532	0.12	0.694	0.9188	0

		8		827			1		
2014	0.75	0.11 5	0	0.1 93	1.0459	0.12	0.683	0.82	0