

## 基于 AHP 与 TOPSIS 的高校综合评价分析

### 摘 要:

随着国家经济的发展,人们越来越重视教育的投入,高等教育体系的健康和可持续发展反映了一个国家的科技水平和综合实力。健康、可持续的高等教育体系为国家提供人才,为社会科技的发展提供智力支持。因此,一个科学、合理的院校与学科评估迫在眉睫。

**对于问题 1**,为了对高校综合发展水平进行合理评估,我们建立衡量高校综合发展水平 **IDLE 模型**,并引入 5 个一级指标和 12 个二级指标(如:学术科研水平、社会声誉等)作为影响因子。随后,我们收集各个学校的信息,计算出每所高校关于这些指标的得分,并利用 **TOPSIS 方法**进行排序。最后得出的结果显示,哈尔滨工业大学、武汉大学以及西安交通大学位列 10 所高校评分前三名,说明它们的综合发展能力较强。

**对于问题 2**,我们首先确定了 8 个评价指标,并利用**层次分析法 (AHP)**进行了指标权重的求取。为了保证模型的鲁棒型,我们利用**算术平均法、几何法、特征值法**求平均值作为权重。然后,对结果进行了一致性检验,得到  $CR = 0.07875 < 0.1$ ,通过了一致性检验。接着,我们利用 **TOPSIS 方法**对 11 所重点高校的“计算机科学与技术学科”进行了排序,经过标准化等步骤后得出结果,其中清华大学排名第一。

**对于问题 3**,需要对**市属高校发展水平与属地政府扶持力度**建立两个模型。对于市属高校发展水平,我们选取了 4 个一级指标以及 11 个二级指标;对于属地政府扶持力度,我们选取了 5 个财政指标。以上两个模型均利用**层次分析法 (AHP)**进行了指标权重的求取,利用 **TOPSIS 方法**求取了五所市属高校的发展水平分数以及属地政府扶持力度的分数并结合学校自身特点总结了这 5 所大学的发展特色与未来前景。最后我们将两种分数进行**线性回归分析**,求得其相关性显著水平高达 0.934,说明二者之间具有非常明显的相关关系。

最后,我们对以上三问进行了**灵敏度分析**,分别对各个指标进行了  $\pm 5\%$  的变动,发现分数的变化小于 3%,保证了模型的稳健性。然后进行了模型的推广,和优缺点分析。

**关键词:** IDLE 模型 层次分析法 (AHP) TOPSIS 线性回归分析 灵敏度分析

## 一、 问题重述

随着我国经济的发展,人们越来越重视教育的投入[1]。在人们选择大学的时候,“双一流”的大学会是人们的首选项。因此,一个科学、合理的大学评估迫在眉睫。请你参照科学的评估榜单,如:教育部第四轮学科评估办法、美国 U.S. News 世界大学排名,结合中国国情,自主设计科学的院校与学科评价标准体系,回答以下问题。

1. 请收集西安交通大学、华中科技大学等我国著名高校的相关数据,结合“国家级科研平台、重要科技奖项”等指标,利用收集到的相关数据,自行选定时间尺度,综合评价高校的发展水平,并给出结论。

2. 以“计算机科学与技术”为评估对象,确定评估指标,引用收集到的数据,定量评估“北京大学、清华大学、浙江大学”等重点高校的计算机学科的发展水平,并给出结论。

3. 市属高校是我国大学的重要组成部分,与城市的发展质量息息相关。请定量计算,分析“深圳大学、广州大学、成都大学、江汉大学、青岛大学”的共同点、特色与未来发展,并讨论学校发展与属地城市政策扶持之间的关联度。

## 二、 问题分析

### (一) 问题 1 的分析

加快推进世界一流大学和一流学科建设,实现高等教育内涵式发展是当下高等教育的基本任务之一[2]。因此,为了对高校的综合发展水平进行准确评价,我们建立了 IDLE 模型。首先,我们可以针对高校健全发展标准选择 5 个一级指标以及 12 个二级指标。然后,我们使用 TOPSIS 优劣解距离法建立评价综合发展水平的 IDLE 模型,以对 10 所高校进行评分。最后,根据高校得分综合评价其发展水平。

### (二) 问题 2 的分析

“计算机科学与技术”乃是当下最热门的学科与专业之一,该学科的发展质量能够一定程度上反映各高校的发展状况[4]。为此,我们同样引入了学科论文发表数量、预算经费以及就业质量等 7 个指标,基于 AHP 方法的背景对该学科发展质量进行评估。最后进行一致性检验以确定模型的合理性。

### (三) 问题 3 的分析

市属高校着重服务当地经济社会发展,与城市的兴衰息息相关。因此,要分析这 5 所市属高校的共同点、发展特色与未来前景,我们首先建立市属学校发展指标与属地政府扶持指标,结合数据进行分析后总结了它们的共同点、发展特色与未来前景。最后我们对二者进行回归分析,通过相关系数讨论学校发展与属地城市政策扶持之间的关联度。

三、 模型假设

- 1. 假设各高校的在未来的一段时间里发展相对稳定或者变动幅度不大，即都按照现有的状态发展。同时，政府在未来一段时间内给予市属高校同样的扶持力度。
- 2. 假设各政府的教育投入有一个统一的定义标准。由于教育政策的不同，不同地区在计算政府的教育投入时不可避免地会采用不同的标准。因此，为了使选定的因素更准确地描述模型，有必要统一不同政府的标准。
- 3. 假设我们从网站和报告中收集的统计数据是可靠和准确的。
- 4. 假设我们选择分析的高校及所在地区具有相对稳定的政治、社会和经济环境。这意味着不会出现自然灾害等破坏性事件。

四、 定义与符号说明

符号定义	符号意义及说明
<i>ODL</i>	高校综合发展水平指标
<i>ARL</i>	学术科研水平
<i>SR</i>	社会声誉
<i>TDL</i>	人才培养水平
<i>SSV</i>	社会服务价值
<i>IE</i>	国际交流水平
<i>NOP</i>	论文发表数量
<i>BP</i>	预算经费
<i>CI</i>	一致性指标
<i>RI</i>	平均随机一致性指标
<i>CR</i>	一致性比例
<i>PBR</i>	采购预算编制率
<i>PBE</i>	采购预算执行率
<i>PES</i>	采购预算支出节约率
<i>SSG</i>	采购化规模增长率
<i>SGP</i>	政府采购规模

## 五、模型的建立与求解

### (一) 问题一模型的建立与求解

#### 1. 主要指标以及数据收集

为了对高校综合发展水平进行合理评估,我们需要衡量其可持续性以及社会/国际影响等。与生态系统的可持续发展定义相似,一个系统的可持续性包括规范性、公平性、整合性和动态性,它衡量的是一个系统维持和更新自身的能力 [3]。对于一个健全的高校综合发展模式来说,它除了需要具备正常的教育功能,还必须能够进行自我修复和更新。而社会/国际影响力则反映的是社会对人才培养质量与办学特色的认同,这是检验大学办学水平的可靠标准。对于根据上述定义,我们整理出衡量高校综合发展水平 (ODL) 的 5 个一级因素以及对应的 12 个二级因素,如图 1 所示,并将在下文介绍它们的计算方法。

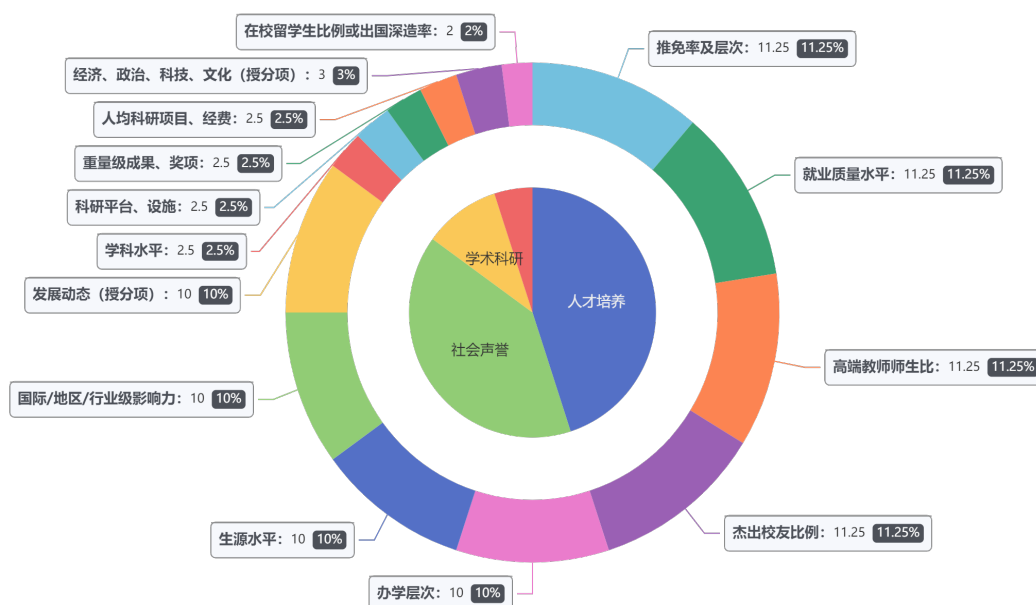


图 1: 指标层次图

#### \* 学术科研水平 (ARL)

$$ARL = \omega_{a1} \times NRP + \omega_{a2} \times MAS + \omega_{a3} \times ACA \quad (1)$$

其中,  $NRP$ ,  $MSA$ ,  $ACA$  分别代表了评价高校学术科研水平 (ARL) 的 3 个二级指标——国家级科研平台数量 ( $NRP$ )、重要科技奖项数量 ( $MSA$ ) 以及学科竞赛奖项数量 ( $ACA$ )。

学术科研水平是指某个高校在学术科研领域的成就高低,它也可以在一定程度上反映该校众多科研成果在学术方面产生的影响。 $ARL$  越高,说明科研能力越强,该校的综合发展水平越可持续。因此,学术科研水平是衡量综合发展能力的可持续型的一个重要指标。

### ※ 社会声誉 ( $SR$ )

$$SR = \omega_{b1} \times SPL + \omega_{b2} \times CRI + \omega_{b3} \times EL \quad (2)$$

其中,  $SPL, CRI, EL$  分别代表生源水平、国际/地区影响力以及办学层次这 3 个评价社会声誉 ( $SR$ ) 的二级指标。

社会声誉是公众对大学主观评价的集合, 它是大学在日常经营过程中的衍生产物, 是吸引公众择校的重要软性指标。一所高校的社会声誉越好, 公众对于该校的办学水平越认可, 其综合发展水平也就越可靠。

### ※ 人才培养水平 ( $TDL$ )

$$TDL = \omega_{c1} \times RR + \omega_{c2} \times PN + \omega_{c3} \times DAN \quad (3)$$

其中,  $RR, PN, DAN$  分别代表了评价高校人才培养水平 ( $TDL$ ) 的三个指标 — 推免率 ( $RR$ )、高端教师师生数量 ( $PN$ ) 以及杰出校友数量 ( $DAN$ )。

人才培养水平反映的是一所高校培养人才的能力, 在对高等教育的需要、对科学知识和优秀人才的需要如此迫切的当下, 高校的人才培养显得格外重要。 $TDL$  越高, 说明该校人才培养能力越强, 也就为高校的可持续发展奠定了人才基础。

### ※ 社会服务价值 ( $SSV$ )

$$SSV = \sum_i^n I_i \quad (4)$$

其中,  $I_i$  代表反映高校社会服务价值的各影响力因素。

社会服务价值反映的是高校利用自身的学科、专业、科技、人才、信息和文化优势, 服务经济社会发展, 它是高校发展的一个显著特征。社会服务价值指数越高, 该校影响力越强, 公众对于该校的认可程度也就越高。

### ※ 国际交流水平 ( $IE$ )

$$IE = \omega_{d1} \times ISP + \omega_{d2} \times FSP \quad (5)$$

其中,  $ISP, FSP$  分别代表了在校留学生比例以及出国深造比例。

国际交流水平反应的是该校与国际的接轨程度, 是一所高校拓展并活跃国际合作网络, 切实提高学校的国际化水平和国际影响力的有效途径。国际交流水平越高, 该校的国际影响力越强, 同时可持续发展能力也同样越强。

## 2. 运用 TOPSIS 方法建立 IDLE 模型

IDLE 模型以题目中给出的 10 所高校为评价对象, 通过上述过程中我们建立的 5 个以及指标, 得到了每一所高校的相对分数, 根据这些分数, 我们可以清楚地观察出各高校的综合发展水平 ( $IE$ ) 的高低。具体过程如下。

首先, 我们针对 10 所高校以及 5 个一级指标建立正向化矩阵  $X$  [7]:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} & x_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & x_{i3} & x_{i4} & x_{i5} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & x_{n4} & x_{n5} \end{pmatrix}. \quad (6)$$

在公式 21 中,  $x_{ij}(i = 1 - 10, j = 1 - 5)$ , 代表第  $i$  所高校对应的第  $j$  个指标的值。为了消除指标的不同维度的影响, 我们对矩阵进行了标准化。标准化公式如下:

$$z_{ij} = x_{ij} / \sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}. \quad (7)$$

利用公式 7, 我们得到标准化矩阵  $Z$ :

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & z_{14} & z_{15} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & z_{24} & z_{25} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{i1} & z_{i2} & z_{i3} & z_{i4} & z_{i5} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & z_{n3} & z_{n4} & z_{n5} \end{pmatrix}. \quad (8)$$

然后, 我们定义标准化矩阵的最大值  $Z^+$  和最小值  $Z^-$  分别为每一列的最大值和最小值, 即:

$$\begin{aligned} Z^+ &= (Z_1^+, Z_2^+, \dots, Z_5^+) \\ &= (\max\{z_{11}, z_{21}, \dots, z_{51}\}, \max\{z_{12}, z_{22}, \dots, z_{52}\}, \dots, \max\{z_{15}, z_{25}, \dots, z_{55}\}) \end{aligned} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} Z^- &= (Z_1^-, Z_2^-, \dots, Z_5^-) \\ &= (\min\{z_{11}, z_{21}, \dots, z_{51}\}, \min\{z_{12}, z_{22}, \dots, z_{52}\}, \dots, \min\{z_{15}, z_{25}, \dots, z_{55}\}) \end{aligned} \quad (10)$$

根据得到的最大值和最小值, 我们可以分别求出第  $i(i = 1, 2, \dots, 10)$  个评价对象与最大值和最小值的距离  $D_i^+$  和  $D_i^-$ :

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (Z_j^+ - z_{ij})^2} \quad (11)$$

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^5 (Z_j^- - z_{ij})^2}. \quad (12)$$

代入数据, 得到的结果展示在表 1 中<sup>1</sup>:

<sup>1</sup>XJTU: 西安交通大学; HUST: 华中科技大学; HIT: 哈尔滨工业大学; WHU: 武汉大学; BIT: 北京理工大学; BUAA: 北京航空航天大学; Tongji: 同济大学; XMU: 厦门大学; SYSU: 中山大学; SEU: 东南大学

表 1: 评价对象与最大、最小值的距离

高校名称	XJTU	HUST	HIT	WHU	BIT	BUAA	Tongji	XMU	SYSU	SEU
正理想解距离 ( $D^+$ )	0.6856	0.6947	0.2671	0.6653	0.7644	0.7354	0.7160	0.7337	0.7224	0.7250
负理想解距离 ( $D^-$ )	0.2883	0.2682	0.7021	0.3935	0.1369	0.2034	0.1929	0.1558	0.2089	0.1762

最后, 我们可以计算得出第  $i(i = 1, 2, \dots, 10)$  个评价对象的得分  $\tilde{S}_i$ :

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

$$\tilde{S}_i = S_i / \sum_{i=1}^n S_i. \quad (13)$$

将我们获得的总得分进行排序, 可以得到在 IDLE 模型下各高校的综合发展水平排名情况。

### 3. 结果与分析

通过我们建立的 IDLE 模型, 最终计算得到题目中给出的 10 所高校的综合得分, 并将其表示如图 2 所示。

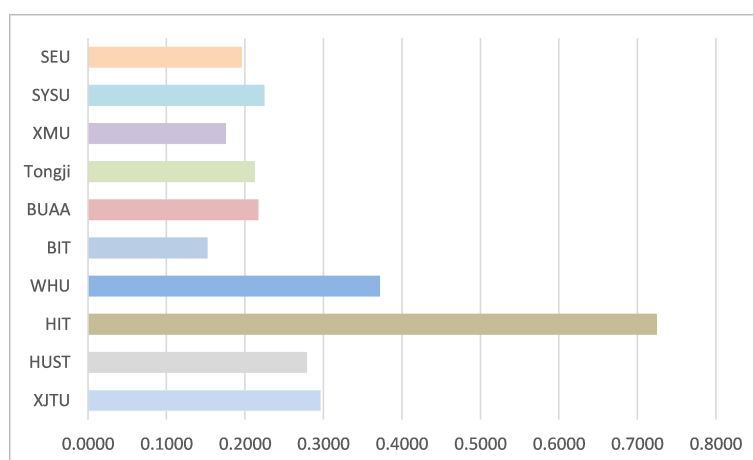


图 2: 最终得分

从图中可以看出, 综合发展水平最高的前三名为: 哈尔滨工业大学, 武汉大学以及西安交通大学。在 IDLE 模型下, 这说明这三所高校具有较为稳定的可持续发展能力, 同时其社会影响力也较好, 这与各类官网榜单的结果基本符合。

### (二) 问题二模型的建立与求解

我们延续第一问的思路, 结合计算机学科的专有特点 [5], 引入 7 个指标: 国家级科研平台 ( $NRP$ )、论文发表数量 ( $NOP$ )、人均教授数量 ( $NOP_c$ )、学科竞赛 ( $AC$ )、预算经费 ( $BP$ )、学生国际交流情况 ( $ISE$ )、就业质量 ( $QE$ ) 来衡量北京大学等重点高校的“计算机科学与技术”学科的发展质量 [6]。

## 1. 运用 AHP 方法求指标权重

根据对应的评分标准，我们对衡量计算机学科的 8 个指标进行评分 [8]，得到的判断矩阵 A 如下。

1	1	0.33	3	3	5	5
1	1	0.33	3	3	3	5
3	1	1	5	3	1	3
0.33	0.33	0.11	1	0.33	0.2	0.2
0.33	0.33	0.11	3	1	0.33	1
0.2	0.33	1	5	3	1	3
0.2	0.2	0.33	5	1	0.33	1

图 3: 判断矩阵 A

下面我们使用三种方法来求取这 7 个指标的指标权重。

### ※ 算术平均法求权重

- **第一步：**将判断矩阵 A 按照列进行归一化；
- **第二步：**将归一化的矩阵各列进行相加；
- **第三步：**将相加后得到的向量中每个元素除以 n 得到权重向量；

假设判断矩阵  $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$ ，那么利用公式 14:

$$\omega_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} (i = 1, 2, \dots, n) \quad (14)$$

我们得到算术平均法求出的权重向量为:

$$\omega_1 = \left( 0.2210 \quad 0.2175 \quad 0.2341 \quad 0.0391 \quad 0.0696 \quad 0.1452 \quad 0.0735 \right)^T \quad (15)$$

### ※ 几何法求权重

- **第一步：**将 A 的元素按照行相乘得到一个新的列向量；
- **第二步：**将新的向量的每个分量开 n 次方；



- **第三步:** 对该列向量进行归一化即可得到权重向量;

假设判断矩阵  $A = \begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{pmatrix}$ , 那么利用公式 14:

$$\omega_i = \frac{(\prod_{j=1}^n a_{ij})^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n (\prod_{j=1}^n a_{kj})^{\frac{1}{n}}}, (i = 1, 2, \cdots, n) \quad (16)$$

我们得到几何平均法求出的权重向量为:

$$\omega_2 = \left( 0.2161 \quad 0.2354 \quad 0.2354 \quad 0.0364 \quad 0.0725 \quad 0.1365 \quad 0.0676 \right)^T \quad (17)$$

### ※ 特征值法求权重

一致矩阵有一个特征值为  $n$ , 其余特征值均为 0. 并且, 当特征值为  $n$  时, 对应的特征向量刚好是  $k[\frac{1}{a_{11}}, \frac{1}{a_{12}}, \cdots, \frac{1}{a_{1n}}]^T (k \neq 0)$ . 因此, 我们得到特征值法下的权重向量为:

$$\omega_3 = \left( 0.2348 \quad 0.2205 \quad 0.2378 \quad 0.0376 \quad 0.0655 \quad 0.1363 \quad 0.0675 \right)^T \quad (18)$$

## 2. 一致性检验

- ※ **第一步:** 计算一致性指标  $CI$ ;

通过上面的讨论, 我们得到了判断矩阵  $A$  的最大特征值为 7.6427. 接下来根据公式 19

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} = \frac{7.6427 - 7}{7 - 1} = 0.1071, \quad (19)$$

我们得到了一致性指标  $CI = 0.1071$ .

- ※ **第二步:** 查找对应的平均随机一致性指标  $RI$ , 并计算一致性比例  $CR$ ;

根据平均随机一致性指标  $RI$  表,

表 2: 平均随机一致性指标  $RI$  表

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

由于  $n = 7$ , 因此我们得到  $RI = 1.36$ . 最后根据一致性比例公式

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{0.1071}{1.36} = 0.07875 \approx 0.0788, \quad (20)$$

我们计算得出一致性比例  $CR = 0.0788 < 0.1$ , 因此通过了一致性检验。

### 3. 运用 TOPSIS 进行指标评分

在第一问的思路下，我们同样首先针对这 7 个指标建立正向化矩阵 X:

$$X = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & x_{13} & x_{14} & x_{15} & x_{16} & x_{17} \\ x_{21} & x_{22} & x_{23} & x_{24} & x_{25} & x_{26} & x_{27} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{i1} & x_{i2} & x_{i3} & x_{i4} & x_{i5} & x_{i6} & x_{i7} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & x_{n3} & x_{n4} & x_{n5} & x_{n6} & x_{n7} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 6 & 29 & 49 & 119 & 317.28 & 0.26 & 0.98 \\ 6 & 28 & 54 & 121 & 221.34 & 0.28 & 0.98 \\ 2 & 23 & 76 & 113 & 228.16 & 0.183 & 0.95 \\ 10 & 20 & 40 & 105 & 200 & 0.26 & 0.97 \\ 4 & 19 & 55 & 103 & 113.44 & 0.07 & 0.91 \\ 3 & 0 & 57 & 107 & 39.14 & 0.18 & 0.91 \\ 3 & 20 & 59 & 90 & 108.03 & 0.12 & 0.99 \\ 1 & 25 & 65 & 118 & 175.65 & 0.12 & 0.98 \\ 1 & 24 & 51 & 109 & 86.39 & 0.14 & 0.99 \\ 0 & 14 & 50 & 0 & 116.33 & 0.12 & 0.93 \\ 0 & 10 & 42 & 87 & 71.48 & 0.22 & 0.96 \end{pmatrix} \quad (21)$$

利用公式 7，我们对正向化矩阵 X 进行标准化，从而得到标准化矩阵 Z。

$$Z = \begin{pmatrix} z_{11} & z_{12} & z_{13} & z_{14} & z_{15} & z_{16} & z_{17} \\ z_{21} & z_{22} & z_{23} & z_{24} & z_{25} & z_{26} & z_{27} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{i1} & z_{i2} & z_{i3} & z_{i4} & z_{i5} & z_{i6} & z_{i7} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & z_{n3} & z_{n4} & z_{n5} & z_{n6} & z_{n7} \end{pmatrix} \quad (22)$$

### (三) 问题三模型的建立与求解

为了准确分析市属学校发展与属地正负扶持政策的关联度，我们首先建立市属学校发展指标与属地政府扶持指标，再对二者进行回归分析，分析其相关系数即可。

#### 1. 市属学校发展指标的建立

我们将属地学校发展指标分为基础发展指标与内涵发展指标两种 [3]，针对基础发展指标，我们选取了生均建筑面积，容积率，整体利用率与学费收入四个指标；针对内涵发展指标，我们选取了人才培养，科学研究，师资队伍四个一级指标与本科生人数、研究生人数、留学生人数、学生就业率、SCI 论文数量、专利数量、专任教师数量、教师中博士学位占比等十个二级指标 [9]，如图 4 所示。

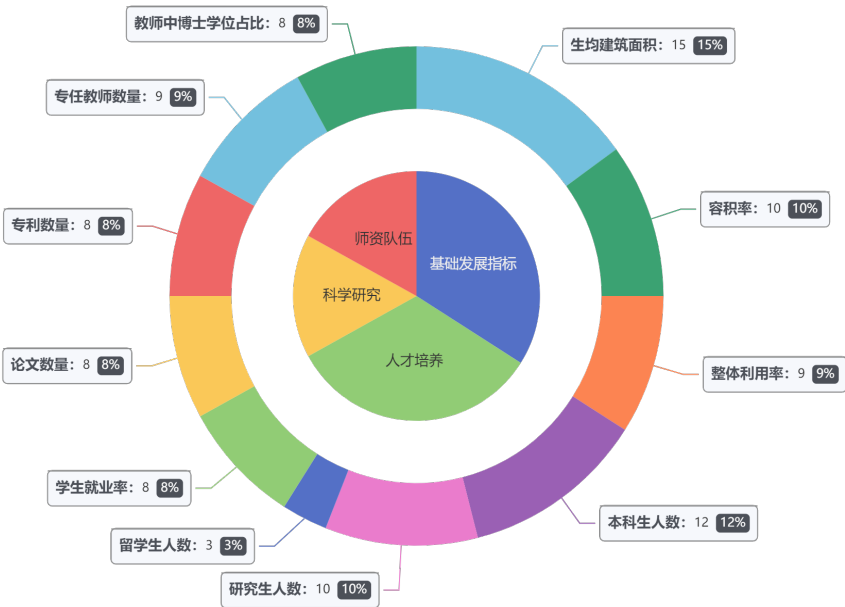


图 4: 最终得分

结合相关数据，我们将指标权重及结果表示如下表所示。

表 3: 指标权重及结果

		指标权重	深圳大学	广州大学	成都大学	江汉大学	青岛大学
生均建筑面积		0.15	70.25	56.3	66.4	57.3	78.3
容积率		0.1	1.07	1.63	0.54	0.86	1.73
整体利用率		0.09	45.00%	35.30%	42.60%	34.10%	33.00%
人才培养	本科生人数	0.12	28373	29788	23300	18169	32000
	研究生人数	0.1	9939	6083	1700	1031	9500
	留学生人数	0.03	452	224	231	355	600
学生就业率		0.08	90.73%	95.34%	95.50%	87.85%	94.12%
科学研究	论文数量	0.08	266	48	12	17	84
	专利数量	0.08	256	187	231	372	263
专任教师数量		0.09	2544	2036	1632	1209	2677
师资队伍	教室中博士学位占比	0.08	54.50%	45.90%	37.70%	47.60%	48.60%

2. 属地正负扶持指标的建立

属地政府政策指标的建立 [4] 应遵循适应性、有效性、公平公正公开等原则。适应性原则体现在本次指标选取均为市属高校背景下的政策扶持，有效性则体现在财政资金效益最大化方面，公平公正公开体现在政府与市属高校在相互信任、互惠互利的同时应

当接受民众监督，本次指标数据来源也即为属地政府公开透明的数据。

在财政指标方面，我们选用了采购预算编制率（ $PBR$ ）、采购预算执行率（ $PBE$ ）、采购预算支出节约率（ $PES$ ）、采购化规模增长率（ $SSG$ ）以及政府采购规模（ $SGP$ ）占比五个指标进行评价，具体计算公式如下：

$$PBR = \frac{PB}{TAE} \times 100\% \quad (23)$$

其中， $PB$  代表高校本年度采购总预算， $TAE$  代表高校年度经费支出总额。该指标反映了政府采购项目在学校年初总预算中所占比例，体现了财政对采购资金的监管效率和规范程度。

$$PBE = \frac{CTA}{TAB} \times 100\% \quad (24)$$

公式中， $CTA$  表示已完成的年度采购预算总额， $TAB$  表示全年采购预算总额。该指标反映了采购部门当年预算执行完成效果，指标值越高，表明采购项目执行越有效，越能接近采购预期目标。

$$PES = \frac{BA - APA}{PBA} \times 100\% \quad (25)$$

其中， $BA$  代表预算金额， $APA$  代表实际采购金额， $PBA$  代表项目预算金额。采购预算支出节约率能直观反映采购结果，体现了政府在对高校的采购目标实现过程中的精准程度与节约能力。

$$SSG = \frac{\sum GPP_c - \sum GPP_l}{\sum GPP_l} \times 100\% \quad (26)$$

公式中， $GPP_c$  代表本年政府采购合同价， $GPP_l$  代表去年同期政府采购合同价。该指标反映了在相同时期内市属高校政府采购规模纵向发展趋势。

$$SGP = \frac{TPGP}{TFE} \quad (27)$$

其中， $SGP$  表示政府采购合同价款总和， $TFE$  表示同期同级财政支出总量。

综合这些指标并结合相关数据，我们得到的结果如图 5 所示。

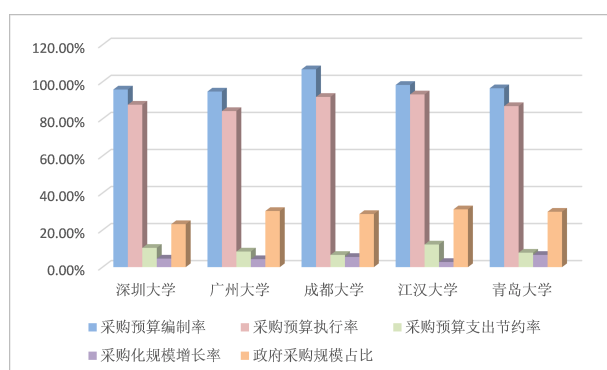


图 5: 各市属高校财政指标

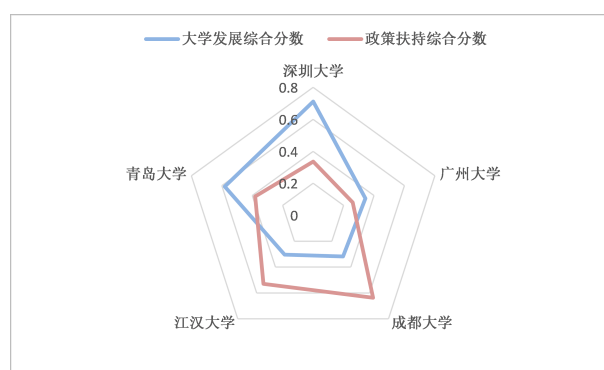


图 6: 指标得分

从图中可以看出，深圳大学的发展综合分数最高并且政策扶持综合分数次低，说明深圳大学自身具有较大发展潜力，能够做到“低投高产”；而成都大学政府扶持综合分数较高但大学发展综合分数较低，则在未来更应该结合自身优势以做到均衡发展。

### 3. 结果与分析

#### ※ 指标计算结果

结合上面的讨论,我们最后计算得出 5 所高校的市属学校发展指标得分以及属地政府扶持的指标得分,如图 6 所示。

接着我们根据这两个指标体系评价并分析了属地学校发展与政府扶持的相关性显著性水平高达 0.934,具有十分明显的相关关系。而在分析属地学校发展指标的过程中,我们发现这五所大学具有比较明显的共同特征,比如生均建筑面积都非常大,学生就业率都非常高,专职教师数量都很多,而 SCI 论文数量除深圳大学外都较少。从中我们可以推测出属地政府的扶持对于学生就业、扩大校园建筑面积、吸引师资等方面有良好的积极作用,但对论文创作、专利研究等科技发展并无很大帮助 [9]。

#### ※ 五所大学的发展特色与未来前景

##### ● 深圳大学 (SZU)

专职教师博士占比较高,科技水准较高,论文与专利产量也位居五所大学的首位,未来发展应保持科技集中,以提高升学率为基础,鼓励学生深造。与属地政府建立良好的合作关系,保证科研设备与资金供应链的稳定。基础设施发展方面,可以适当扩展招生量,使校内资源得到更加充分利用。

##### ● 广州大学 (GZHU)

学生就业率高,但论文数量与专利数量较低,未来发展可以抓住产学结合重点,补足短板,加快知识产能转化,适当采取激励措施。与属地政府建立长期且稳定的合作关系,在保证学生就业率的基准上适当增加科学研究经费。适当扩充建筑面积,招生增长率压低一些,保证每位学生都能够有充足的资源使用。

##### ● 成都大学 (CDU)

成都大学的就业率在五所学校中最高,说明成都大学与属地政府在学生就业方面的合作十分密切。成都大学的容积率在五所学校中最小,说明成都大学建筑环境较为宽松,可以考虑与属地政府合作,增加建筑面积,为学生提供更加宽阔的学习生活环境。

##### ● 江汉大学 (JHUN)

江汉大学在五所学校中在校生较少,而容积率较低,说明有较大的可扩展建筑范围,可以与属地政府合作扩展建筑面积,增加招生范围。学生就业率在五所学校中最低,说明应当与属地政府加强相应方面的合作关系,为学生创造一个良好的就业环境。同时应当扩大招聘专职教师,提高教师水准。

##### ● 青岛大学 (QDU)

青岛大学在五所高校当中在校生最多,生均建筑面积也较高,学生就业率也较高。与深圳大学情况类似,未来发展应当在保证就业率的前提下,以科技集中为中心,提高学生升学率,鼓励学员深造。同时适当加强科研鼓励强度,促进产学结合。

## 六、 模型验证

### (一) 灵敏度分析

#### 1. 第一问的灵敏度分析

在第一问模型中，我们仍然将所有指标变动 1%，引起的综合评价分数变化如下。

表 4: 第一问灵敏度分析

变动的指标	负向变动引起的分数变化	正向变动引起的分数变化
国家级科研平台	-1.18%	1.50%
重要科技奖项	-0.13%	0.08%
学科竞赛奖项次数	-0.86%	0.77%
生源水平	-1.33%	1.54%
国际/地区影响力	1.79%	1.34%
办学层次	-0.27%	0.23%
推免率	-1.22%	0.77%
高端教师师生比例	-2.32%	1.34%
杰出校友数量	-1.51%	1.29%
社会服务	-0.79%	2.55%
在校留学生比例	-2.01%	3.27%
出国深造比例	-2.81%	3.07%

可见将各个指标变动正向变动 1%，引起的分数变化不超过 3.27%；负向变动 1%，引起的分数变化不超过 -2.81%，证明了 IDLE 模型较为稳定，可靠性较高。

#### 2. 第二问的灵敏度分析

在第二问模型中，我们仍然将所有指标变动 1%，引起的综合评价分数变化如下。可

表 5: 第二问灵敏度分析

变动的指标	负向变动引起的分数变化	正向变动引起的分数变化
国家级科研平台	-2.15%	3.41%
论文发表数量	-2.88%	1.58%
人均教授数量	-3.79%	1.45%
学科竞赛	-4.46%	1.33%
预算经费	-3.54%	2.79%
学生国际交流情况	-2.10%	2.65%
就业质量	-3.28%	1.79%

见将各个指标变动正向变动 1%，引起的分数变化不超过 3.41%；负向变动 1%，引起的分数变化不超过 -4.46%，证明了该模型较为稳定，可靠性较高。

### 3. 第三问灵敏度分析

在第三问的市属学校发展模型中，我们依次将所有指标变动了  $\pm 1\%$ ，引起的综合评价分数的变化如下。

表 6: 指标变动后的评价分数

变动的指标	负向变动引起的分数变化	正向变动引起的分数变化
生均建筑面积	-1.10%	1.30%
容积率	-0.13%	0.08%
整体利用率	-0.86%	0.77%
本科生人数	-1.33%	1.54%
研究生人数	-1.29%	1.67%
留学生人数	-0.27%	0.23%
学生就业率	-1.22%	0.77%
论文数量	-2.19%	1.80%
专利数量	-1.55%	1.39%
专任教师数量	-3.00%	2.55%
教师中博士学位占比	-2.41%	3.27%

可见将各个指标变动正向变动 1%，引起的分数变化不超过 3.27%；负向变动 1%，引起的分数变化不超过 -3.00%，证明了市属学校发展模型较为稳定，可靠性较高。

在第三问的属地政府扶持模型中，我们仍然将各指标变动  $\pm 1\%$ ，引起综合评价分数的变动如下。

表 7: 综合评价分数

变动的指标	负向变动引起的分数变化	正向变动引起的分数变化
采购预算编制率	-1.06%	1.38%
采购预算执行率	-1.15%	1.09%
采购预算支出节约率	-1.23%	3.17%
采购化规模增长率	-4.33%	5.54%
政府采购规模占比	-2.29%	3.67%

可见将各个指标变动正向变动 1%，引起的分数变化不超过 5.54%；负向变动 1%，引起的分数变化不超过 -4.33%，证明了该模型较为稳定，可靠性较高。

## 七、 模型评价与推广

### (一) 模型推广

对于第一问当中建立的模型，我们可以推广到所有的国内一流高校评价，将指标稍作修改还可以用于评价公司水平、政府绩效、科学研究机构产能等方面。但由于我们选取的指标中含有部分指标具有较强的针对性，针对一流大学而设立的指标（如国家级

科研成果、国际化等), 故不能适用于所有大学, 只有部分一流高校可以采用此模型评价, 如若评估所有高校不仅需要将指标归一化, 还需要削减相应指标权重、增添部分指标等。

对于第二问当中建立的模型, 我们不仅可以用于评估计算机科学与技术专业, 还可评估其他相关性较强的理工类专业, 如数学、土木工程、软件工程等专业, 所使用的指标均相近。同时微调指标权重后还可以评估某大学理工专业的综合水平。

对于第三问当中建立的模型, 我们不仅可以用于评估题述五所大学的大学发展水平与属地政府扶持情况, 将模型拆分开来可以评估全国各地省属、市属高校的大学发展水平与属地城市的扶持力度, 从而为政府扶持与属地学校发展提供指导性意见。

## (二) 模型优缺点

### 1. 模型的优点

1. 本文在正确、清晰地分析了题意的基础上, 采用科学严谨的模型方法, 建立了合理、科学的高校评价模型, 为衡量高校各方面水平提供了条件。

2. 选取了数十个各种各样的指标并使用科学方法进行定权与评价, 兼顾各个方面, 使得模型更加全方位立体化。

3. 数据来源权威可靠, 采用最近的数据, 模型时效性强, 能准确的反映近期各高校的情况。

4. 模型计算采用专业可靠的数学软件, 可信度高。

### 2. 模型的缺点

1. 模型建立过程中引入的指标太多, 不利于处理

2. 我们假设各高校的指标不会出现太大的波动, 这与事实情况不完全符合。



## 八、参考文献

- [1] 唐以志. 职业教育“提质攻坚”行动与评估者的责任 [J/OL]. 当代职业教育:1-7[2022-03-19].DOI:10.16851/j.cnki.51-1728/g4.20180529.001.
- [2] 陈仕吉, 邱均平. 一流学科与学科排名的对比研究——基于教育部学科评估、ESI 和 QS 学科排名的一流学科对比分析 [J]. 评价与管理,2019,17(04):27-32.
- [3] 刘强. “双一流”建设视域下高校学科评估的价值冲突及其调适 [J]. 现代教育管理,2019(11):43-48.DOI:10.16697/j.cnki.xdjygl.2019.11.008.
- [4] 言十. 计算机学科发展趋势及其对计算机教育的影响 [J]. 计算机教育,2021(01):5-7.DOI:10.16512/j.cnki.jsjy.2021.01.003.
- [5] 张发亮, 林约佩, 薛雨纤. 科研合作对高校学科发展的影响分析——基于计算机学科国际一流高校的实证 [J]. 情报探索,2021(01):33-40.
- [6] 王春梅. 新工科背景下研究生“四位一体”育人体系探索与实践——以计算机学科为案例 [J]. 电脑知识与技术,2021,17(24):217-218.DOI:10.14004/j.cnki.ckt.2021.2346.
- [7] Olson, David L, Comparison of weights in TOPSIS models[J], Mathematical and Computer Modelling. 2004:721–727.
- [8] Shim, Jung P, Bibliographical research on the analytic hierarchy process (AHP)[J], Socio-Economic Planning Sciences. 1989:161–167.
- [9] 吴玫. 高等学校内涵式发展指标体系的研究 [J]. 天津市教科院学报,2011(06):22-25.DOI:10.16137/j.cnki.cn12-1303/g4.2011.06.018.
- [10] 张皓, 相洪贵. 基于 BSC 理论的高校政府采购绩效评价指标体系建设研究——以北京市属高校为例 [J]. 经济师,2021,(09):17-19+21.

## 九、附录

```

1 %% AHP Code
2 A=input('A=');
3 [m,~] = size(A);
4
5 [Eigen_vec,Eigen_val] = eig(A);
6 Max_Eig = max(Eigen_val,'all');
7 [~,c]=find(Eigen_val == Max_Eig , 1);
8 disp('The result of calculating weight by eigenvalue is: ');
9 disp( Eigen_vec(:,c) ./ sum(Eigen_vec(:,c)) )

```

```

10
11 CI = (Max_Eig - m) / (m-1);
12 RI=[0 0.0001 0.52 0.89 1.12 1.26 1.36 1.41 1.46 1.49 1.52 1.54
13      1.56 1.58 1.59];
14 CR=CI/RI(m);
15 disp('CI='); disp(CI);
16 disp('CR='); disp(CR);
17 if CR<0.10%the examine is passed if CR<0.10
18 disp('CR<0.10, it is accepted!');
19 end

```

```

1 %% TOPSIS Code
2 [row,col] = size(X);
3 Pos_Manag_pos = input('Please enter the columns that need
4      Positive Management ');
5
6 for i = 1 : size(Pos_Manag_pos,2)
7 X(:,Pos_Manag_pos(i)) = Positive_Management(X(:,Pos_Manag_pos(
8      i)),Pos_Manag_Type(i),Pos_Manag_pos(i));
9
10 end
11
12 Weight_needed = input('Please enter whether weight is required
13      ');
14 if Weight_needed == 1
15 weigh = input('');
16 else
17 weigh = 1/col*ones(1,col) ;
18 end
19
20 Std_martix=X ./ power((sum(X.*X),0.5), row, 1);
21
22 Dis_to_max = power(sum([(Std_martix - repmat(max(Std_martix),
23      row,1)) .^ 2] .* repmat(weigh,row,1) ,2),0.5);
24
25 Dis_to_min = power(sum([(Std_martix - repmat(min(Std_martix),
26      row,1)) .^ 2] .* repmat(weigh,row,1) ,2),0.5);
27
28 S = Dis_to_min ./ (Dis_to_max+Dis_to_min);

```

23

24

```
stand_Score = S / sum(S);
```