

基于 AHP-DEMATEL-熵权法的中国大学综合评价模型

摘 要

对于问题一,我们用了 AHP-DEMATEL-熵权法求得权重,用模糊综合评价法求得单值化隶属度,并给大学排名;对于问题二,我们用熵权法求得权重,用 TOPSIS 求得学科得分,并给大学“计算机科学与技术”专业排名,用 SWOT 分析法对结果进行了验证;对于问题三,我们用熵权法求得权重,用 TOPSIS 求得学校得分,用灰色关联度分析求得各指标关于学校得分的关联度,用相关性分析计算了经费预算与学校得分的斯皮尔曼系数。

对于第一问,我们建立了评价学校综合实力的模型。首先,我们参考武书连、校友会等中国大学评价体系,构建了大学评价体系。然后,借助 MATLAB,我们使用熵权法,利用搜集到的数据求出了各末级指标的权重。我们采用德尔菲法得到判断矩阵,利用层次分析法求出了各内层指标的权重。考虑到科研成果、科研基地、科研项目之间的影响,我们借助 SPSSAU,利用 DEMATEL 方法对三者的权重进行了修正。我们基于 AHP-DEMATEL-熵权法确定了权重。之后,我们确定了评语集,使用指派法并结合搜集到的数据求出了各级指标的隶属度向量,利用模糊综合评价法求出每个大学的隶属度向量。最后,我们使用隶属度单值化法将所有大学的隶属的向量单值化,对所有大学进行了综合实力排名。这十所大学单值化隶属度分别为 0.9211 0.6681 0.7597 0.9133 0.4634 0.8256 0.7089 0.581 0.6607 0.9164,西安交通大学、东南大学、武汉大学综合实力相对更为突出。

对于第二问,我们建立了学校学科实力评价模型。首先,我们结合第四轮学科评估指标体系建立了自己的学科评价体系。然后,我们使用熵权法求出了各评价指标的权重。之后,我们结合数据,借助 MATLAB,使用 TOPSIS 法求出了各学校“计算机科学与技术”的最终得分,并依据该得分进行排名。借助 InCites,我们使用 SWOT 分析方法,对这些学校“计算机科学与技术”专业实力进行分析。学科实力评价模型结果表明,清华大学、电子科技大学、浙江大学、上海交通大学的“计算机科学与技术”专业实力更强劲,他们的 TOPSIS 得分为 0.164、0.1612、0.1543、0.1508。这与 SWOT 分析结果相吻合,验证了我们模型的正确性。

对于第三问,我们建立了当地政策对学校发展的影响的模型。我们分别以经费预算、学校综合实力作为当地政府政策支持程度和学校发展的量化衡量。首先,我们依据院校的具体情况建立了新的大学评价体系,并结合搜集到的数据,借助 MATLAB,利用基于熵权法的 TOPSIS 方法求出各大学综合实力的得分。然后,我们使用两种方法计算了经费预算和综合实力得分之间的相关性。方法一是相关性分析,我们借助 SPSS 进行了统计性描述。由于经费预算和学校综合实力得分不是线性关系,所以皮尔逊相关系数不能刻画二者之间的相关性。借助 SPSS,我们计算了二者的斯皮尔曼相关系数。结果表明,二者之间存在相关性,只是这种相关性不显著。方法二是灰色关联分析,我们分析了所有指标关于学校综合实力得分的灰色关联度。结果表明,经费预算、新生录取分数线、全校生师比、教学名师、实验教学示范中心、博士点、硕士点指标的灰色关联度分别为 0.7165、0.4991、0.6171、0.7321、0.6328、0.7166、0.8171。硕士点对这五所市属城市高校的影响最大,实验教学示范中心、博士点、经费预算的灰色关联度较为接近,对这五所市属城市高校的发展有着较大的影响。证明了经费预算对学校综合实力得分有较大影响。

关键词: 高校 AHP-DEMATEL-熵权法 TOPSIS 模糊综合评价 灰色关联度分析

一、问题重述

1.1 问题背景

“教育兴国，科教强国”。大力推动我国教育事业的发展具有深刻且广泛的作用。

高等教育作为我国教育体制中的金字塔顶，其高水平、高质量发展直接关乎着我国各领域综合国际竞争力的提高。为此，建立一套科学完善的高等教育办学质量评价体系，对于高校进一步完善自身建设、走向世界名校行列具有战略指导性作用。

同时，针对一批着重服务本地经济社会发展的市属城市高校，挖掘其发展水平与扶持政策背后的关联性，有助于当地政府与学校共同构建高质量的政校合作，共同推动城市社会发展。

1.2 问题提出

团队需要参照教育部第四轮学科评估办法、软科版、中国大学排行榜（CNUR）版、武书连版、校友会版大学排名办法和英国泰晤士高等教育世界大学排名、英国 QS 世界大学排名、美国 U.S.News 世界大学排名等评价方法或查阅其他资料中的评价方法来解决以下问题：

（1）收集“西安交通大学、华中科技大学、哈尔滨工业大学”等 10 所高校关于“国家级科研平台、重要科技奖项、重大科研项目”等多项指标，自拟定时间尺度，综合评价高校发展水平；

（2）收集“北京大学、清华大学、浙江大学”等 11 所高校关于“计算机科学与技术（0812）”学科建设相关数据，综合评价其 2020 年度或 2021 年度该学科发展质量；

（3）综合评价分析“深圳大学、广州大学”等 5 所市属城市高校之间的共同点、发展特色与未来前景，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

问题 1 与问题 2 的研究对象为我国部分普通高等学校，研究内容为高等学校的综合实力、计算机科学与技术学科实力。这两个问题需要根据研究对象与相应的研究内容，结合具体数据建立综合评价模型。问题 3 的研究对象为市属城市高校，研究内容为学校发展与属地城市政策扶持之间关联度，需要建立关联度分析评价模型。

主要是表达对题目的理解，特别是对附件的数据进行必要分析、描述（一般都有数据附件），这是需要提到分析数据的方法、理由。如果有多个小问题，可以对每个小问题进行分别分析。

2.1 问题 1 的分析

问题 1 的研究意义在于通过建立评价标准若，求解其量化的数据评价、进而得到目标高校的实力评价结果。该问题属于综合评价类数学问题，解决此类问题的一般数学方法为 AHP（层次分析法）。

首先我们根据要研究的大学综合实力构建了其衡量指标体系，进而根据指标收集到了附件 1 中的相关数据：我们参考了中国教育在线网站提供的目标大学在各省市（2020 年度全国卷考区）的最低投档线排名，以及教育部印发的关于国家级教学成果奖、国家三大奖项、十二五规划教材等名单，并访问相关高校官网，获取高校在读学生人数（包含本科、研究生）、专职教师数量等信息。最后，在模型求解过程中，我们综合运用熵权法求解三级指标权重、DEMATEL 析法考虑各指标内部联系、模糊综合评价计算指标隶属度向量，最终得到目标高校的综合实力分析结果。

2.2 问题 2 的分析

问题 2 的研究意义在于通过建立学科评价体系,更加具体衡量与比较统一学科,不同高校之间的综合实力差异。该问题与问题 1 同属综合评价类数学问题,同样需要使用 AHP 分析方法。

首先,我们根据实际需要评价的对象:计算机科学与技术建立了衡量该学科的指标体系,进而根据指标体系,我们收集得到了附件 2 中的相关数据:我们参考了目标学校相关专业的专任教师数量、重点实验室数量、课程教学质量等数据。最后,在数据处理环节,使用了问题 1 中相同的方法得到了最终结果。

2.3 问题 3 的分析

问题 3 的研究意义在于挖掘市属高校发展与当地政府政策支持之间的关联。考虑到政府政策支持可以量化为对所属高校的财政支持,通过政府的社会公开资料查询,我们得到了附件 3 中的数据,通过灰色关联度分析,获得了财政支持与高校发展之间的关联度。

三、模型假设

1. 假设收集到的数据所给的数据真实可靠;
2. 科研成果、科研项目、科研基地三个指标之间存在正向的相互影响;
3. 科研基地对科研项目的促进作用大于科研项目对科研基地的促进作用;
4. 科研基地对科研成果的促进作用大于科研成果对科研基地的促进作用;

四、定义与符号说明

| 符号 | 说明 |
|-----|---------|
| X | 判断矩阵 |
| W | 指标的权重向量 |
| T | 综合影响矩阵 |
| D | 指标之间影响度 |
| C | 指标被影响度 |

五、模型的建立与求解

5.1 问题 1 模型的建立与求解

5.1.1 模型的建立

我们运用 AHP 分析法辅助 DEMATEL 分析法、熵权法多种方法综合分析目标高校的综合实力。

首先,我们根据武书连大学排名指标体系并结合实际收集到的数据,从中筛选出关键绩效指标。为了提高模型的稳健性,我们综合运用 AHP 三种求解权重的方法——算术平均值法、几何平均值法、特征值法,将计算的结果求加权平均得到二级指标的权重。随后,我们对收集到的数据利用熵权法求得三级指标的权重。

同时,考虑到人才培养和科学研究两个指标之间的相互影响,我们利用 DEMATEL 方法对两个指标的权重进行了修正。然后,我们利用模糊综合评价法求得各级指标的隶属度向量,从而得到目标高校最终的隶属度向量。通过隶属度向量单值化的方法,我们得到了每一所高校最终的单值化结果,并依据该数值进行排名,从而确定了大学高校最终的排名。

5.1.2 模型的求解

高校的综合实力评价体系如表 1 所示

表 1 高校综合实力评价维度与绩效指标

| 指标维度 | 二级绩效指标 | 三/四级绩效指标 | 时间尺度说明* |
|------|--------|------------|-----------------|
| 人才培养 | 本科生培养 | 本科生就业率 | 2020 年数据 |
| | | 本科基础 | |
| | | 录取分数线 | 全国卷考区 |
| | | 排名 | 2020 年数据 |
| | | 生师比 | 学校官网最新数据 |
| | | 薪酬 | 2020 年数据 |
| | | 毕业生质量 | |
| | | 国内升学率 | 2020 年数据 |
| | | 出国率 | 2020 年数据 |
| | | 十二五规划教材数 | 2020 年数据 |
| | | 院士人数 | 学校官网最新数据 |
| | | 实验教学示范中心 | 教育部最新数据 |
| | | 教学保障 | |
| | | 国家级精品视频公开课 | 教育部最新数据 |
| 科学研究 | 研究生培养 | 年度学生课外获奖 | 学校官方最新数据 |
| | | 国家级教学成果奖 | 2014 年、2018 年数据 |
| | | 应用型研究生 | 官网最新数据 |
| | | 科研成果 | |
| | 科研项目 | 国家三大奖项数 | 2020 年网络数据 |
| | | 国家级重点实验室数 | 教育部最新数据 |
| | | 科研经费预算 | 学校官网最新数据 |

(注: 最新数据指比赛期间所查找到的数据)

5.1.2.1 AHP 求权重

首先, 我们通过 AHP 求解权重。AHP 是由定性分析与定量计算组成的方法, 同时采用德尔菲法得到本科生培养、研究生培养、科研成果、科研科研基地、科研项目的判断矩阵 X , 并求解矩阵 X 的判断值 λ_{\max}

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad CR = \frac{CI}{RI} \quad (1)$$

由公式 (1) 可以计算得到一致性指标 CI , 查表 2 可得到平均一致性指标 RI , 进而计算可得一致性比例 CR 。若 $CR < 0.1$, 则可以认为判断矩阵的一致性可以接受。

表 2 RI 参考值

| n | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|----|---|---|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0.52 | 0.89 | 1.12 | 1.26 | 1.36 |

由公式 (2) 可以分别算术平均值权重向量 W_1 与几何平均值权重向量 W_2 :

$$\begin{cases} w_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{kj}} \\ w_i = \frac{\left(\prod_{j=1}^n a_{ij} \right)^{\frac{1}{n}}}{\sum_{k=1}^n \left(\prod_{j=1}^n a_{kj} \right)^{\frac{1}{n}}} \end{cases} \quad (2)$$

同时由特征值法，可以求得权重向量 W_3 ，为了提高结果的稳健性，我们采用取算术平均值的方法求得了最终的权重向量 W 。

$$W = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{3} \quad (3)$$

5.1.2. 2DELMATEL 修正部分权重

然后，我们使用 DEMATEL 分析法对第二层级权重进行修正：根据假设 1，第一层级的两个指标人才培养和科学研究之间存在相互影响。因此由 AHP 求得的第一层级的权重存在误差需要修正。

DEMATEL 分析法是一种运用图论和矩阵工具的系统分析的方法。其实质是一个带权值的有向图。其中的权值表示一个指标对另一个指标的关系的强弱。这个有向图唯一对应一个直接影响矩阵 $M = (a_{ij})_{n \times n}$ 。矩阵中的 a_{ij} 表示第 i 个指标对第 j 个指标的关系强弱是 a_{ij} ，其中，指标对自身没有影响，及矩阵对角线上的值均为 0，与有向图中的权值含义相同。关系强弱的度量方法采用 5 级标度，标度等级与含义如下表所示：

表 3 指标间影响关系量化说明

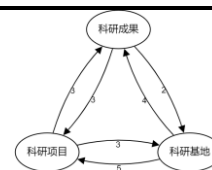
| 等级 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|------------|----|---|---|---|----|
| 影响关系 强弱 | 极弱 | 弱 | 中 | 强 | 及强 |

（注：指标之间的影响均为正向影响，及相互促进）

根据学科研究子指标之间的关系，我们可以构建关系矩阵 M ：

表 4 二级指标关系矩阵

| | 科研成果 | 科研基地 | 科研项目 |
|------|------|------|------|
| 科研成果 | 0 | 2 | 3 |
| 科研基地 | 4 | 0 | 5 |
| 科研项目 | 3 | 3 | 0 |



对该关系矩阵的每一行求和，并求出其最大值 $Maxvar$ ，然后求出直接影响矩阵 N 。

$$Maxvar = \max \left(\sum_{j=1}^n a_{ij} \right), N = \left(\frac{a_{ij}}{Maxvar} \right)_{n \times n} \quad (4)$$

规范直接影响矩阵自乘表示要素之间的间接影响，把所有间接影响相加可以得到综合影响矩阵：

$$T = (N + N^2 + N^3 + \cdots + N^k) = \sum_{k=1}^{\infty} N^k \rightarrow T = N(I - N)^{-1} \quad (5)$$

其中影响度 D 是影响综合矩阵 T 按行求和得到的向量：

$$D = (D_1, D_2, D_3, \dots, D_n), \quad D_i = \sum_{j=1}^n t_{ij}, (i=1, 2, 3, \dots, n) \quad (6)$$

被影响度 C 是影响综合矩阵 T 按列求和得到的向量, C_i 表示第 i 个指标对所有其他指标的综合影响值。

$$C = (C_1, C_2, C_3, \dots, C_n), \quad C_i = \sum_{j=1}^n t_{ji}, (i=1, 2, 3, \dots, n) \quad (7)$$

中心度 $M_i = D_i + C_i$, 表示该指标在评价指标体系中的位置和起到的作用大小。原因度 $R_i = D_i - C_i$, 若 $R_i > 0$, 则说明该指标对其他指标的影响大, 成为原因要素。若 $R_i < 0$, 则称为结果要素。利用 AHP-DEMATEL 方法对第一层级指标的权重进行修正, 降低了独立使用 AHP 时所造成的偏差, 可有效提高赋值的客观性、科学性及准确性。

影响度-被影响度图

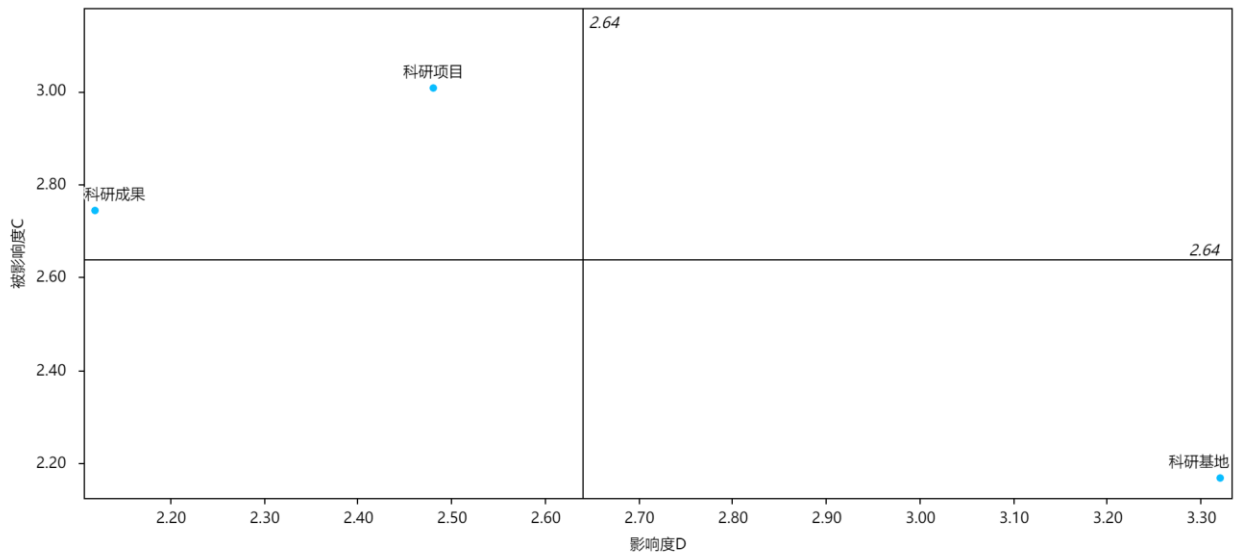


图 1 学科研究影响度-被影响度分析

在此基础上, 构建 Z_i 作为科学研究子层级的新指标, m_i 即第 i 个指标的中心度, w_i 是 AHP 求得的第 i 指标的权重:

$$z_i = \frac{w_i \cdot m_i}{\sum_{i=1}^n w_i \cdot m_i} \quad (8)$$

5.1.2.3 熵权法

接着, 我们利用熵权法, 计算末级指标的权重, 这种方法相对于主观赋权具有较高的可信度和精确度。

先将最后一层级的指标数进行归一化处理, 第 i 个学校的第 j 个指标为 x_{ij} , 归一化后为 x'_{ij} , 用如下两个公式进行归一化处理:

若指标为负向指标, 则:

$$x'_{ij} = \frac{\max(x_j) - x_{ij}}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (9)$$

若指标为正向指标, 则:

$$x'_{ij} = \frac{x_{ij} - \min(x_j)}{\max(x_j) - \min(x_j)} \quad (10)$$

然后计算每个学校各个指标的权重:

第一步: 假设第 i 所学校第 j 个指标的比重为 y_{ij} , 则其比重为:

$$y_{ij} = \frac{x'_{ij}}{\sum_{i=1}^m x'_{ij}} \quad (11)$$

第二步: 计算第 j 个指标的信息熵 e_j :

$$e_j = -K \sum_{i=1}^m y_{ij} \ln(y_{ij}) \quad (12)$$

第三步: 计算第 j 个指标的权重 w_j :

$$w_j = \frac{1 - e_j}{\sum_{j=1}^m (1 - e_j)} \quad (13)$$

通过 AHP-DEMATEL-熵权法得到最终权重如下表。

表 5 权重表

| 指标 | 权重 |
|-----------------|--------|
| 本科就业率 | 0.0013 |
| 新生录取分数线排名 | 0.4901 |
| 生师比 | 0.5085 |
| 薪酬 | 0.04 |
| 国内升学率 | 0.2948 |
| 出国率 | 0.6651 |
| 十二五规划教材 | 0.2719 |
| 院士人数 | 0.1872 |
| 实验教学示范中心 | 0.1855 |
| 国家级精品视频公开课 | 0.2572 |
| 年度学生学科及课外科技竞赛获奖 | 0.005 |
| 国家级教学成果奖 | 0.0932 |
| 本科生培养 | 0.6667 |
| 研究生培养 | 0.3333 |
| 科研成果 | 0.5093 |
| 科研基地 | 0.1742 |
| 科研项目 | 0.3165 |

5.1.2.4 模糊综合评价方法

对高校的综合评价由于考核的指标很多而且非常全面, 因此采用多层次模糊综合评价以提高综合评价模型的精度。

评语集 V 如下图所示:

表 6 高校综合实力关键指标评语集

| 指标\等级 | 优 | 良 | 一般 | 差 |
|-----------|----|----|----|----|
| 本科就业率 | 96 | 93 | 90 | 80 |
| 新生录取分数线排名 | 13 | 16 | 20 | 30 |
| 生师比 | 13 | 14 | 16 | 20 |

| | | | | |
|-----------------|-------|------|------|------|
| 薪酬 (元/月) | 10000 | 9000 | 8000 | 7000 |
| 国内升学率 | 0.5 | 0.42 | 0.38 | 0.3 |
| 出国率 | 0.2 | 0.17 | 0.14 | 0.1 |
| 十二五规划教材 | 40 | 30 | 25 | 10 |
| 院士 | 40 | 25 | 18 | 10 |
| 实验教学示范中心 | 7 | 6 | 3 | 1 |
| 国家级精品视频公开课 | 50 | 40 | 25 | 15 |
| 年度学生学科及课外科技竞赛获奖 | 2800 | 2750 | 2650 | 2500 |
| 国家级教学成果奖 | 17 | 15 | 10 | 5 |
| 应用性研究生 | 9000 | 8000 | 6500 | 4500 |
| 国家三大奖数量 | 15 | 10 | 5 | 3 |
| 国家级重点实验室 | 7 | 5 | 3 | 1 |
| 经费预算 | 110 | 100 | 80 | 70 |

由指派法, 利用下式求解各指标得到隶属度向量。

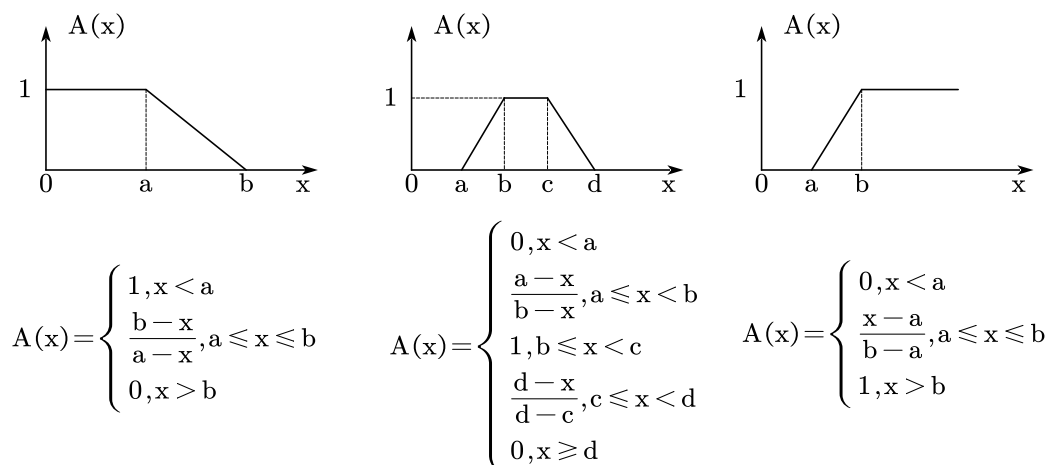


图 2 隶属度计算公式

上图左侧为极小型指标隶属度计算公式, 中间为中间型指标隶属度计算公式, 右侧为极大型指标隶属度计算公式。由上表中数据可以求得公式中的 a 、 b 、 c 、 d 对应值。带入原始数据 x , 即可求得每个数据对应于每一个评语的隶属度。末级指标的隶属度向量见下表。

表 7.. 隶属度向量 1

| 指标\学校 | 西安交通大学 | 华中科技大学 | 哈尔滨工业大学 |
|------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 本科就业率 | [1,0,0,0] | [0.9,0.1,0,0] | [0.8233,0.1767,0,0] |
| 新生录取分数线排名 | [0,0.1925,0.8075,0] | [0,0,0.981,0.019] | [0,0,0.773,0.227] |
| 生师比 | [0.6586,0.3414,0,0] | [0,0,0.9885,0.0115] | [0.3988,0.6012,0,0] |
| 薪酬 (元/月) | [0.97,0.03,0,0] | [1,0,0,0] | [0.925,0.075,0,0] |
| 国内升学率 | [1,0,0,0] | [0.1738,0.8262,0,0] | [1,0,0,0] |
| 出国率 | [0,0,0,1] | [0,0.1667,0.8333,0] | [0,0,0.9475,0.0525] |
| 十二五规划教材 | [0,0.6,0.4,0] | [0,0.2,0.8,0] | [0,1,0,0] |
| 院士 | [1,0,0,0] | [0,0.2857,0.7143,0] | [0,0.2857,0.7143,0] |
| 实验教学示范中心 | [1,0,0,0] | [0,0,1,0] | [1,0,0,0] |
| 国家级精品视频公开课 | [0,0.6667,0.3333,0] | [1,0,0,0] | [0,0.2667,0.7333,0] |

| | | | |
|-----------------|---------------------|-----------------|-------------------|
| 年度学生学科及课外科技竞赛获奖 | [0,0,0.8733,0.1267] | [0.18,0.82,0,0] | [0,0,0,1] |
| 国家级教学成果奖 | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] | [0.5,0.5,0,0] |
| 应用性研究生 | [1,0,0,0] | [0,0,0.75,0.25] | [0,0.777,0.223,0] |
| 国家三大奖数量 | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] | [0.2,0.8,0,0] |
| 国家级重点实验室 | [1,0,0,0] | [0,0,1,0] | [1,0,0,0] |
| 经费预算 | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] | [0.803,0.197,0,0] |

表 8.. 隶属度向量 2

| 指标\学校 | 武汉大学 | 北京理工大学 | 北京航空航天大学 | 同济大学 |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|
| 本科就业率 | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] |
| 新生录取分数线排名 | [0,0,0.985,0.015] | 0,0.4625,0.5375,0] | [1,0,0,0] | 0.2067,0.7933,0,0] |
| 生师比 | [0,0.4714,0.5286,0] | [0,0.9687,0.0313,0] | [0,0.1875,0.8125,0] | [0,0.9825,0.0175,0] |
| 薪酬（元/月） | [0,0,0.272,0.728] | [0.456,0.544,0,0] | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] |
| 国内升学率 | [0,0,0.9525,0.0475] | [0.1438,0.8562,0,0] | [1,0,0,0] | [[0,0,0.4612,0.5388] |
| 出国率 | [0.5,0.5,0,0] | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] |
| 十二五规划教材 | [1,0,0,0] | [0,0,0.4667,0.5333] | [0,0,0.2,0.8] | [1,0,0,0] |
| 院士 | [0,0.1429,0.8571,0] | [0,0,0.625,0.375] | [0.0667,0.9333,0,0] | [0.4,0.6,0,0] |
| 实验教学示范中心 | [1,0,0,0] | [0,0,0.5,0.5] | [0,0,1,0] | [0,0.3333,0.6667,0] |
| 国家级精品视频公开课 | [1,0,0,0] | [0,0,0.1,0.9] | [0,0,0,1] | [0,0.4667,0.5333,0] |
| 年度学生学科及课外科技竞赛获奖 | [0,0,0,1] | [0,0.08,0.92,0] | [1,0,0,0] | [0,0,0.88,0.12] |
| 国家级教学成果奖 | [1,0,0,0] | [0,0,0.4,0.6] | [0,0,0.8,0.2] | [0,1,0,0] |
| 应用性研究生 | [1,0,0,0] | [0,0,0.2387,0.7612] | [1,0,0,0] | [0,0,0.963,0.037] |
| 国家三大奖数量 | [0.6,0.4,0,0] | [0,0.2,0.8,0] | [1,0,0,0] | [0.6,0.4,0,0] |
| 国家级重点实验室 | [1,0,0,0] | [0,0,0.5,0.5] | [0,0,1,0] | [0,0.5,0.5,0] |
| 经费预算 | [0.644,0.356,0,0] | [0.159,0.841,0,0] | [1,0,0,0] | [0.704,0.296,0,0] |

表 9.. 隶属度向量 3

| 指标\学校 | 厦门大学 | 中山大学 | 东南大学 |
|-----------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| 本科就业率 | [0.0667,0.9333,0,0] | [0,0,0.654,0.346] | [1,0,0,0] |
| 新生录取分数线排名 | [0,0,0.042,0.958] | [0,0,0.112,0.888] | [0,0,0.508] |
| 生师比 | [0,0.798,0.202,0] | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] |
| 薪酬（元/月） | [0.71,0.29,0,0] | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] |
| 国内升学率 | [0,0,0,1] | [0,0,0.415,0.585] | [0.7788,0.2212,0,0] |
| 出国率 | [0,0,0,1] | [0.5,0.5,0,0] | [0,0,0.1325,0.8675] |
| 十二五规划教材 | [0,0,0.5333,0.4667] | [0,0,0.5333,0.4667] | [1,0,0,0] |
| 院士 | [0,0,0.5,0.5] | [0,0.5714,0.4286,0] | [0,0,0.875,0.125] |
| 实验教学示范中心 | [0,0.6667,0.3333,0] | [0,1,0,0] | [0,1,0,0] |
| 国家级精品视频公开课 | [0,0.3333,0.6667,0] | [0,0.1333,0.8667,0] | [0.8,0.2,0,0] |
| 年度学生学科及课外科技竞赛获奖 | [0.26,0.74,0,0] | [0,0,0,1] | [0,0.31,0.69,0] |
| 国家级教学成果奖 | [0,0.6,0.4,0] | [0.5,0.5,0,0] | [1,0,0,0] |
| 应用性研究生 | [0.281,0.719,0,0] | [0,0.839,0.161,0] | [1,0,0,0] |
| 国家三大奖数量 | [0,0,0,1] | [0,0,0.5,0.5] | [1,0,0,0] |
| 国家级重点实验室 | [0,1,0,0] | [0.5,0.5,0,0] | [0.5,0.5,0,0] |

| | | | |
|------|---------------------|-----------|-----------|
| 经费预算 | [0,0.3405,0.6595,0] | [1,0,0,0] | [1,0,0,0] |
|------|---------------------|-----------|-----------|

由熵权法可以求得最后一层级指标的权重作为模糊向量，模糊向量

$$A=[a_1,a_2,...,a_n],R=[R_1,R_2,...,R_n]$$
 (14)

它的上一层指标的模糊综合判断矩阵记为R：

$$R=[R_1,R_2,...,R_n]$$
 (15)

其中 R_i 即最后层级指标的隶属向量，R可以具体写为：

$$R=\begin{bmatrix}r_{11}&r_{12}&\cdots&r_{1m}\\r_{21}&r_{22}&\cdots&r_{2m}\\\vdots&\vdots&\ddots&\vdots\\r_{n1}&r_{n2}&\cdots&r_{nm}\end{bmatrix}$$
 (16)

最后的综合评判结果：

$$B=A\cdot R$$
 (17)

B既是综合评判结果，也是上一层指标的隶属度向量。

再将 AHP-DEMATEL 方法求得的权重作为模糊向量A，由B我们可以写出模糊综合判断矩阵。利用上式，我们又可求得上一层指标的评判结果，即隶属度向量。

表 10 高校隶属度向量

| 高校 | 隶属度向量 | 单值化 | 高校 | 隶属度向量 | 单值化 |
|---------|--------------------------------------|---------|----------|--------------------------------------|---------|
| 西安交通大学 | [0. 8081, 0. 0941, 0. 0717, 0. 0261] | 0. 9211 | 北京航空航天大学 | [0. 6844, 0. 0461, 0. 1572, 0. 1122] | 0. 6681 |
| 华中科技大学 | [0. 3588, 0. 0393, 0. 5175, 0. 0843] | 0. 6681 | 同济大学 | [0. 2894, 0. 2756, 0. 4163, 0. 0187] | 0. 7089 |
| 哈尔滨工业大学 | [0. 2561, 0. 5364, 0. 1976, 0. 0099] | 0. 7597 | 厦门大学 | [0. 0951, 0. 4225, 0. 1936, 0. 2888] | 0. 5810 |
| 武汉大学 | [0. 7580, 0. 1405, 0. 0981, 0. 0033] | 0. 9133 | 中山大学 | [0. 1936, 0. 4066, 0. 2490, 0. 1507] | 0. 6607 |
| 北京理工大学 | [0. 0452, 0. 1815, 0. 3550, 0. 4182] | 0. 4634 | 东南大学 | [0. 8120, 0. 0858, 0. 0581, 0. 0440] | 0. 9164 |

如此循环，直到求得大学的综合评判结果，即隶属度向量。（注：过程数据见附件 4）

依据最大隶属度原则可以确定每个大学位于哪一个等级，为了对大学进行排名，综合考虑对各个等级的隶属度，我们采用了隶属度单值化法，得到了可以表征每个大学优秀程度的单值化结果，依据这个结果对大学进行排名，我们就可以得到最终的大学排名。

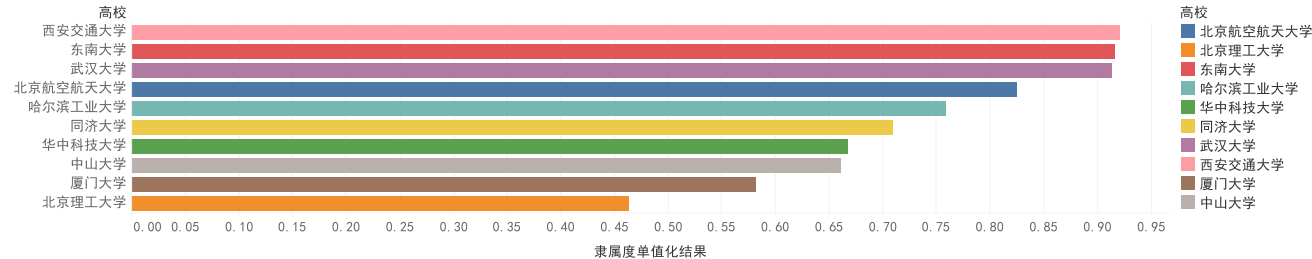


图 3 高校综合实力单值化结果

由单值化结果, 高校综合实力中, 西安交通大学、东南大学、武汉大学实力在十所高校中处于领先地位。

5.2 问题 2 模型的建立与求解

5.2.1 模型的建立

我们运用基于熵权法的 TOPSIS 法分析目标高校的计算机科学与技术专业的综合实力。具体围绕附件 2 中收集到的: 专任教师数量、重点实验室数量、授予学位数等具体指标。

5.2.2 模型的求解

5.2.2.1 TOPSIS 分析

首先, 我们利用熵权法求解各个末级指标的权重。具体求解过程同第一问中利用熵权法求解权重。

然后我们结合权重利用 TOPSIS 得到各个高校计算机科学与技术专业的综合评价量化结果。具体分为以下步骤:

第一步, 我们首先将所有的指标进行正向化处理。得到正向化矩阵。对于指标中的极小型指标, 我们采用利用该指标的最大值减去当前值得到其对应的及大型指标;

第二步, 我们将得到的正向化矩阵 X 进行标准化处理。对于要处理的 n ($n=11$) 个评价高校, m ($m=9$) 个正向化评价指标建立的正向矩阵如下:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \cdots & x_{nm} \end{bmatrix} \quad (18)$$

将其标准化的矩阵记为 Z , Z 中的每一个元素, 这样我们可以去除量纲的影响:

$$z_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}} \quad (19)$$

第三步, 计算得分并归一化:

$$Z = \begin{bmatrix} z_{11} & z_{12} & \cdots & z_{1m} \\ z_{21} & z_{22} & \cdots & z_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ z_{n1} & z_{n2} & \cdots & z_{nm} \end{bmatrix} \quad (20)$$

定义最大值:

$$\begin{aligned} Z^+ &= (Z_1^+, Z_2^+, \cdots, Z_m^+) \\ &= (\max\{z_{11}, z_{21}, \cdots, z_{n1}\}, \max\{z_{12}, z_{22}, \cdots, z_{n2}\}, \cdots, \max\{z_{1m}, z_{2m}, \cdots, z_{nm}\}) \end{aligned} \quad (21)$$

定义最小值:

$$\begin{aligned} Z^- &= (Z_1^-, Z_2^-, \cdots, Z_m^-) \\ &= (\min\{z_{11}, z_{21}, \cdots, z_{n1}\}, \min\{z_{12}, z_{22}, \cdots, z_{n2}\}, \cdots, \min\{z_{1m}, z_{2m}, \cdots, z_{nm}\}) \end{aligned} \quad (22)$$

定义第 i ($i=1, 2, \cdots, n$) 个评价对象与最大值的距离:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_j^+ - z_{ij})^2} \quad (23)$$

定义第 i ($i=1, 2, \cdots, n$) 个评价对象与最小值的距离:

$$D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (Z_j^- - z_{ij})^2} \tag{24}$$

那么，我们可以计算得出第 i（i=1, 2, …, n）个评价对象未归一化的得分：

$$S_i = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-} \tag{25}$$

很明显， $0 \leq S_i \leq 1$ ，且 S_i 越大 D_i^+ 越小，越接近最大值。最终我们可以得到归一化后的得分：

$$\tilde{S} = \frac{S_i}{\sum_{i=1}^n S_i} \tag{26}$$

原始数据和最终得分见下表。

表 11 高校计算机科学与技术专业 TOPSIS 得分

| 学校\指标 | 专任教师数 | 重点实验室 | 课程教学质量 | 学生国际交流 | 授予学位数 | 优秀毕业生 | 用人单位评价 | 科研成果 | 科研获奖 | 得分 |
|----------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|------|------|--------|
| 清华大学 | 105 | 2 | 48 | 531 | 632 | 429 | 10 | 103 | 91 | 0.164 |
| 电子科技大学 | 140 | 2 | 42 | 400 | 498 | 380 | 9 | 82 | 85 | 0.1612 |
| 浙江大学 | 76 | 2 | 42 | 442 | 528 | 395 | 9 | 87 | 87 | 0.1543 |
| 上海交通大学 | 110 | 2 | 43 | 342 | 493 | 367 | 8 | 67 | 83 | 0.1508 |
| 北京航空航天大学 | 113 | 1 | 38 | 350 | 421 | 290 | 8 | 65 | 68 | 0.1033 |
| 北京邮电大学 | 205 | 1 | 27 | 361 | 365 | 259 | 7 | 45 | 15 | 0.0784 |
| 南京大学 | 65 | 1 | 27 | 100 | 265 | 284 | 6 | 31 | 8 | 0.0629 |
| 华中科技大学 | 132 | 0 | 31 | 305 | 320 | 361 | 8 | 76 | 38 | 0.0481 |
| 北京大学 | 120 | 0 | 15 | 320 | 325 | 261 | 7 | 32 | 16 | 0.0279 |
| 哈尔滨工业大学 | 143 | 0 | 30 | 125 | 289 | 243 | 7 | 35 | 16 | 0.0247 |
| 国防科技大学 | 57 | 0 | 30 | 256 | 315 | 190 | 7 | 31 | 23 | 0.0245 |

根据上面的求解步骤可最终得到 11 所目标高校计算机科学与技术专业的最终 TOPSIS 得分排名如下图所示：

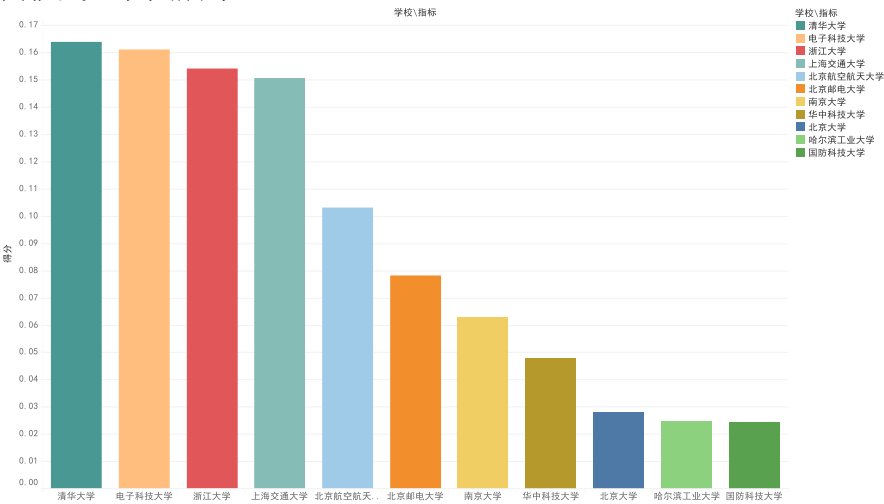


图 4 11 所高校计算机科学与技术专业排名

由 TOPSIS 得分，可以得到 11 所院校的排名，其中清华大学、电子科技大学、浙江大学、上海交通大学的得分较高且比较接近，这说明这四所院校的“计算机科学与技术”学科实力较强，发展质量较高。而北京航空航天大学、北京邮电大学、南京大学 TOPSIS 得分处于中段，说明这三所学校“计算机科学与技术”学科发展质量中等。华中科技大学、北京大学、哈尔滨工业大学、国防科技大学 TOPSIS 得分较低，说明这几所院校“计

计算机科学与技术”学科的发展质量在这 11 所院校中较弱。

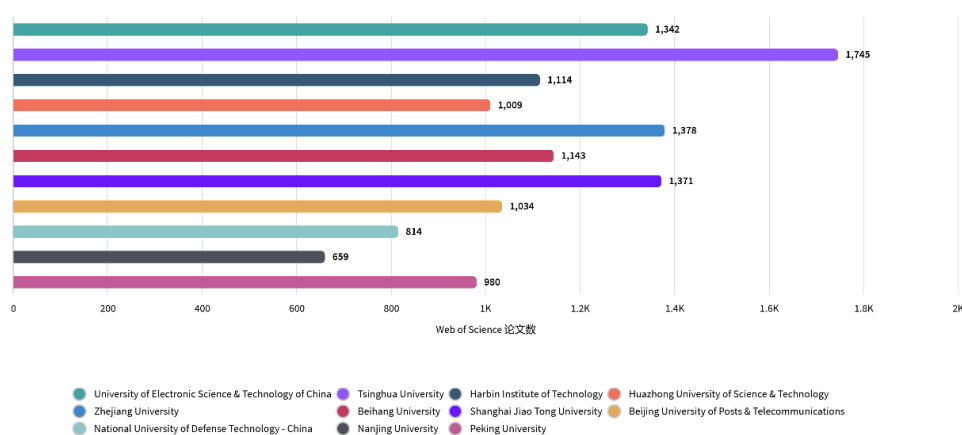
5.2.2.2 基于 ESI 和 InCites 分析目标高校计算机科学与技术发展现状

SWOT 分析方法是一种企业战略分析方法。该方法主要通过对外部以及内部的环境条件进行分析,将与研究对象联系紧密的各种优势、劣势以及机会和威胁等,利用系统分析的思想,得出相关结论,并得到研究对象的发展战略。SWOT 中,S(strengths)是优势、W(weaknesses)是劣势、O(opportunities)是机会、T(threats)是威胁。^[1]

相较于其他方法,SWOT 分析具有方法简单、直观的优点。

Web of Science 核心数据库收录了众多世界权威的、高影响力的学术期刊、会议文献等,其涵盖自然科学、社会科学、艺术和人文科学领域等多个方面。Web Of Science 论文数在一定程度上能够反映学校在该学科的科研能力,而被引频次可在一定程度上反应院校在该学科研究领域的认可程度。^[2]

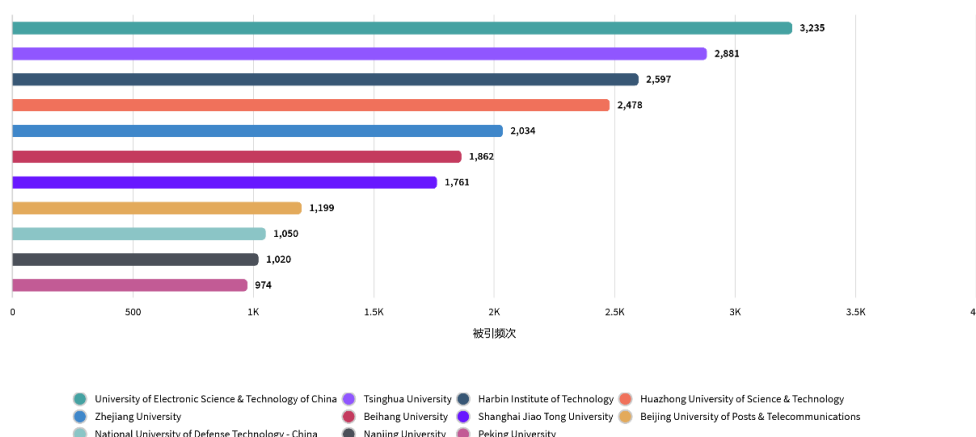
条形图



指标: Web of Science 论文数 分析时间: 2021-2021. 机构名称: Huazhong University of Science & Technology, Nanjing University, Shanghai Jiao Tong University, Harbin Institute of Technology, Beijing University of Posts & Telecommunications, Beihang University, National University of Defense Technology - China, Zhejiang University, Peking University, Tsinghua University, University of Electronic Science & Technology of China. 学科分类体系: We of Science. 研究方向: COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS, COMPUTER SCIENCE, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, COMPUTER SCIENCE, HARDWARE & ARCHITECTURE, COMPUTER SCIENCE, THEORY & METHODS, COMPUTE I SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS, COMPUTER SCIENCE, CYBERNETICS, COMPUTER SCIENCE, SOFTWARE ENGINEERING. 数据集: InCites Dataset
InCites 数据集已于 2022 年 3 月 4 日更新。包含通过 2022 年 1 月 31 日标引的 Web of Science 内容 Export Date: 2022 年 3 月 20 日。

图 5 各高校 Web Of Science 文章统计数量

条形图



指标: 被引频次 分析时间: 2021-2021. 机构名称: Huazhong University of Science & Technology, Nanjing University, Shanghai Jiao Tong University, Harbin Institute of Technology, Beijing University of Posts & Telecommunications, Beihang University, National University of Defense Technology - China, Zhejiang University, Peking University, Tsinghua University, University of Electronic Science & Technology of China. 学科分类体系: We of Science. 研究方向: COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS, COMPUTER SCIENCE, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, COMPUTER SCIENCE, HARDWARE & ARCHITECTURE, COMPUTER SCIENCE, THEORY & METHODS, COMPUTE I SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS, COMPUTER SCIENCE, CYBERNETICS, COMPUTER SCIENCE, SOFTWARE ENGINEERING. 数据集: InCites Dataset
InCites 数据集已于 2022 年 3 月 4 日更新。包含通过 2022 年 1 月 31 日标引的 Web of Science 内容 Export Date: 2022 年 3 月 20 日。

图 6 : 高校计算机科学与技术专业文章被引频次

在图 5（论文数图）中，清华大学在 Web Of Science 论文数遥遥领先，其后的是浙江大学、上海交通大学、北京大学，这三所大学的 Web Of Science 论文数相差甚小，说明这四所大学在“计算机科学与技术”学科方面科研成果相较于其他院校有较为明显的优势。

在图 6（频次图）中，电子科技大学、清华大学、哈尔滨工业大学、华中科技大学相较于其他院校，被引频次有较大优势，可以从一定程度上看出这些院校在该学科的业内认可度较高。

下面分析各高校论文的影响力：

（1）学科规范化的引文影响力（Category Normalized Citation Impact, CNCI）

由于不同研究领域论文的被引次数存在着较大差异，不同的文献类型和发表年代也会影响论文的实际被引次数，而 CNCI 是一个可以排除学科领域、文献类型、出版年代影响的无偏影响力指标，可以使用它对不同院校的“计算机科学与技术”学科进行比较。

[3]

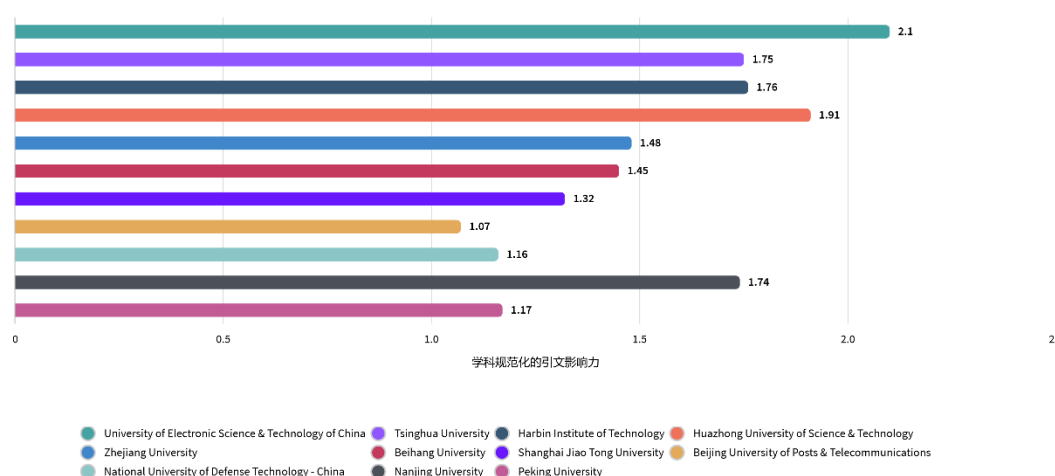
一篇论文 CNCI 指标值的计算公式如下：

$$CNCI = C/E \quad (27)$$

其中 C 表示该论文的被引次数，E 表示全球范围内，所有与该论文相同学科、相同出版年、相同文献类型的论文平均被引次数。

利用 InCites 数据库我们得到了 11 所院校 CNCI 指标值的条形图：

条形图



指标: 学科规范化的引文影响力 分析时间段: 2021-2021 机构名称: Huazhong University of Science & Technology, Nanjing University, Shanghai Jiao Tong University, Harbin Institute of Technology, Beijing University of Posts & Telecommunications, Beihang University, National University of Defense Technology - China, Zhejiang University, Tsinghua University, University of Electronic Science & Technology of China 学科分类体系: We of Science 研究方向: COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS, COMPUTER SCIENCE, ARTIFICIAL INTELLIGENCE, COMPUTER SCIENCE, HARDWARE & ARCHITECTURE, COMPUTER SCIENCE, THEORY & METHODS, COMPUTE I SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS, COMPUTER SCIENCE, CYBERNETICS, COMPUTER SCIENCE, SOFTWARE ENGINEERING. 数据集: InCites Dataset
InCites 数据集已于 2022 年 3 月 4 日更新。包含通过 2022 年 1 月 31 日标引的 Web of Science 内容 Export Date: 2022 年 3 月 20 日。

图 7：高校计算机科学与技术专业学科规范化引文影响力

从条形图中我们可以看出电子科技大学、华中科技大学、哈尔滨工业大学、清华大学、南京大学 CNCI 值较高，说明这五所院校的学科影响力较高。

（2）期刊规范化的引文影响力(Journal Normalized Citation Impact, JNCI)

期刊规范化的引文影响力与学科规范化的引文影响力有类似之处，一篇文献的 JNCI 值为该篇文献的实际被引频次与该发表期刊同出版年、同文献类型的平均被引次数的比值。一组文献的 JNCI 值为每篇文献 JNCI 值的平均值。如果 JNCI 值大于 1，则说明该组文献的影响力高于平均值；如果小于 1，则说明其影响力低于平均值。[4]

利用 InCites 数据库我们得到了 11 所院校 JNCI 指标值的条形图:

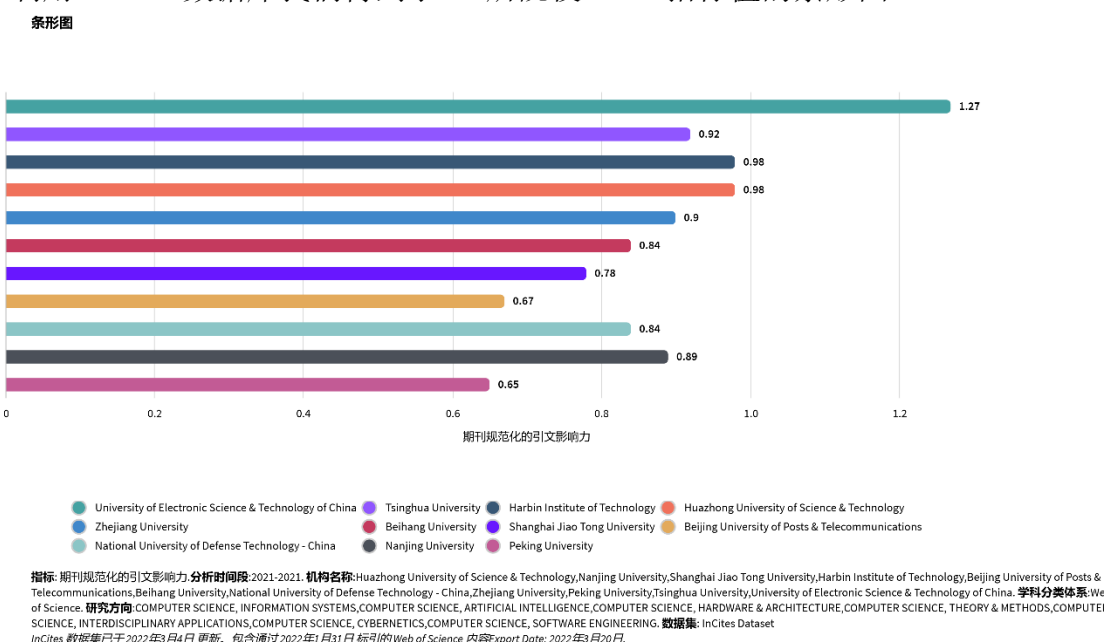


图 8 : 高校计算机科学与技术专业期刊规范化引文影响力

从条形图中可以看出电子科技大学的 JNCI 值明显高于其他院校，可以说明电子科技大学该学科的期刊影响力在一定程度上强于其他院校，且高于平均水平。

(3) 相对于全球平均水平的影响力(Impact relative to World)

该指标展现了各个院校“计算机科学与技术”学科的影响力与全球影响力的联系，在一定程度上反映了科研绩效水平。一组文献相对于全球平均水平的影响力值为该组文献的篇均被引次数与全球总体论文篇均被引次数的比值。如果该比值大于 1，则表明该组文献的篇均被引频次高于全球平均水平；小于 1，则低于全球平均水平。^[5]

利用 InCites 数据库我们得到了 11 所院校相对于全球平均水平的影响力的条形图:

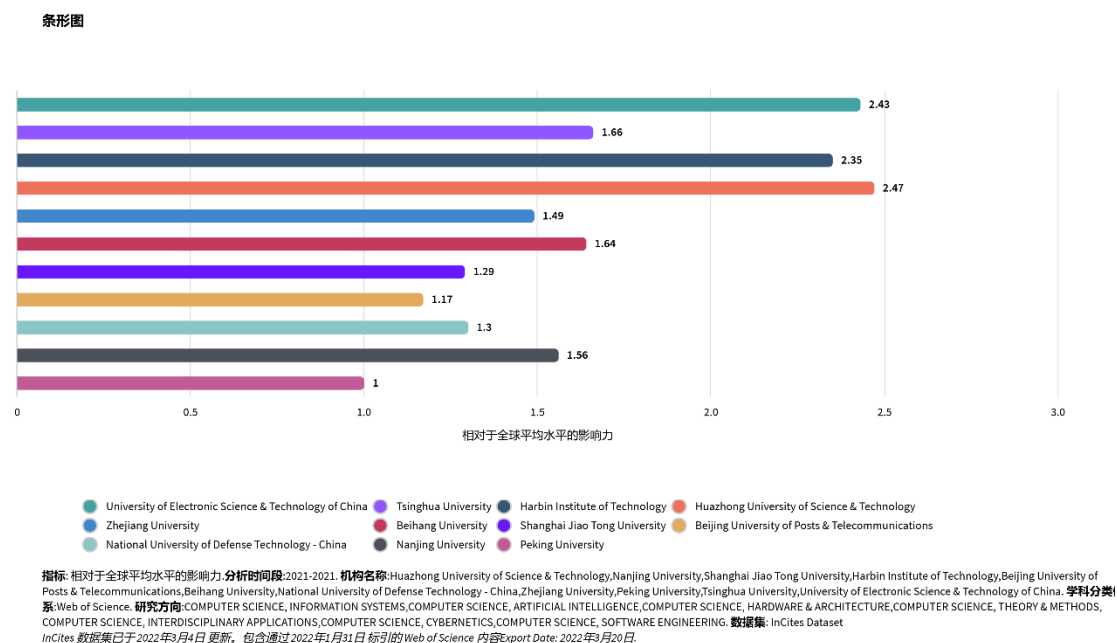


图 9 : 高校计算机科学与技术专业相对全球平均水平影响力

从图中可以看出,除了北京大学,其他所有院校的论文的相对于全球平均水平的影响力都大于 1,说明这些院校的“计算机科学与技术”方面的论文均被引频次高于全球平均水平。

2.3 学科的 SWOT 分析

我们从学科的产出质量与产出规模两个维度分析各个院校“计算机科学与技术”学科的发展状况。其中,产出规模用论文数量度量,论文质量则使用学科规范化的引文影响力度量^[6]。

SWOT 分析结果如图 10 所示(圆半径大小代表被引次数排名前 1% 的论文百分比)。

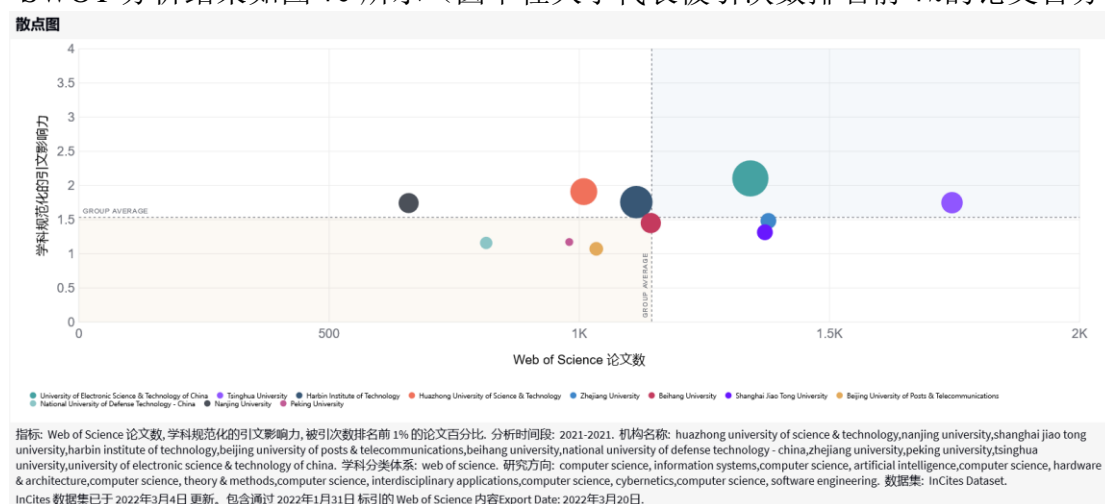


图 10 : 高校计算机科学与技术专业 SWOT

根据各个院校“计算机科学与技术”学科的发展状况,将 11 所院校划分为四类:优势(Strength)、弱势(Weak)、机会(Opportunity)、威胁(Treat)。从图中可以看出,清华大学、电子科技大学、浙江大学处于优势类别,说明这些院校的在“计算机科学与技术”研究领域既有一定的论文数量又有一定的论文质量,在 11 所院校中处于前列;华

中科技大学、哈尔滨工业大学处于威胁类别,说明这两所院校已具备一定的论文规模,但是论文质量不高,需要在稳住论文数量的同时,提高论文质量;上海交通大学处于机会类别,说明其论文质量较高,但是论文规模不足;北京邮电大学、国防科技大学、北京大学、南京大学处于弱势类别,说明这几所院校的论文数量与质量均不高;北京航空航天大学处于平均水平的交汇点附近,说明其论文规模和论文质量都处于 11 所院校的平均水平。

5.3 问题 3 模型的建立与求解

5.3.1 模型的建立

我们运用了基于熵权法的 TOTSIS 法,为了探究政府政策扶持与市属高校发展的关联度,我们对相关指标进行了灰色关联度分析。

首先,我们基于熵权法求出了各指标的权重,接着利用 TOPSIS 法得到了各指标的 TOPSIS 得分,通过 TOPSIS 得分我们可以判断市属城市高校的发展情况排序^[7]。

其次,我们将科研经费作为政府政策扶持的指标,对 TOPSIS 得分与各子指标进行了灰色关联度分析,得到了政府政策扶持与市属高校发展的关联度^[8]。

5.3.2 模型的求解

基于熵权法的 TOPSIS 计算结果见下表。

表 12 基于熵权法 TOPSIS 的分析结果

| 大学\指标 | 经费预算 (2021) 亿 | 新生录取分数线 | 全校生师比 | 教学名师 | 实验教学示范中心 | 博士点 | 硕士点 | 得分 |
|-------|---------------|---------|--------|--------|----------|--------|--------|--------|
| 深圳大学 | 75.3 | 109 | 16.18 | 24 | 2 | 17 | 38 | 0.3436 |
| 广州大学 | 40.74 | 215 | 17.62 | 7 | 1 | 8 | 32 | 0.187 |
| 成都大学 | 24.3 | 423 | 16 | 5 | 0 | 0 | 2 | 0.1027 |
| 江汉大学 | 14.57 | 540 | 16.61 | 2 | 0 | 0 | 8 | 0.0631 |
| 青岛大学 | 20.64 | 314 | 16.15 | 7 | 4 | 13 | 38 | 0.3036 |
| 熵权法权重 | 0.0694 | 0.126 | 0.0939 | 0.1238 | 0.2588 | 0.2195 | 0.1085 | |

第一步、将所有子指标都正向化,利用公式 $x' = \max - x$ 将极小型指标转化为极大型指标。

第二步、对正向化后的子指标矩阵进行预处理,先求出每个指标的均值,再用该指标的每个元素都除以其均值,得到矩阵 $Z_{n \times m}$;

第三步、将预处理之后的矩阵每一行取出最大值构成母序列:

$$X_0 = (X_0(1), X_0(2), \dots, X_0(n))^T \quad (28)$$

第四步、计算母序列与各个指标的灰色关联度 r_1, r_2, \dots, r_m , 计算方法如下:

$$a = \min_i \min_k |x_0(k) - x_i(k)| \quad (29)$$

$$b = \max_i \max_k |x_0(k) - x_i(k)| \quad (30)$$

先求出母序列和子序列的两级最小差 a 和 b

$$y(x_0(k), x_i(k)) = \frac{a + \rho b}{|x_0(k) - x_i(k)| + \rho b} \quad (31)$$

其中 ρ 为分辨系数 (取 $\rho = 0.5$), $i = 1, 2, \dots, m; k = 1, 2, \dots, n$. 再定义

$y(x_0, x_i) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n y(x_0(k), x_i(k))$ 为 x_0 和 x_i 的灰色关联度。由此求得各个指标与母序列的

灰色关联度, 通过比较我们可以得出政府扶持与市属高校发展之间的关联度。

灰色关联度计算结果见下表。

表 13 灰色关联度分析结果

| | 经费预算 (2021) 亿 | 新生录取 分数线 | 全校生师比 | 教学 名师 | 实验教学 示范中心 | 博士点 | 硕士点 |
|-----------|------------------|-------------|--------|----------|--------------|--------|--------|
| 灰色 关联度 | 0.7165 | 0.4991 | 0.6171 | 0.7321 | 0.6328 | 0.7166 | 0.8171 |

最后, 我们还对 TOPSIS 得分与科研经费进行了相关性分析, 计算了二者的斯皮尔曼相关系数, 计算方法如下:

对于两组数据, 它们的斯皮尔曼相关系数为:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)} \quad (32)$$

其中, n 为两组数据数量, d_i 表示两个数据次序的差值。最后对二者进行了统计性分析得出两者之间的关系。

六、 结果分析

对于问题一, 由校友会 2022 排行榜可知, 这十所大学中, 武汉大学、华中科技大学、西安交通大学位于前列。我们的结果表明西安交通大学、东南大学、武汉大学。因此我们的模型在前列排名预测结果与实际结果较为符合。校友会排名中北京航空航天大学、东南大学排名与我们的预测模型有显著区别, 这是因为我们的模型的评价体系与校友会有区别, 校友会考察的指标更加全面, 而我们考察的指标更有侧重点。

对于问题二, 由软科 2021 排行榜可知。对于计算机科学与技术, 清华大学、北京大学、浙江大学的实力强劲。我们的模型预测结果表明, 清华大学、电子科技大学、浙江大学该专业实力强劲。我们的模型在前列排名的预测结果较为准确。对于哈尔滨工业大学、北京大学我们的预测结果和软科排行榜有显著区别。这是因为我们的评价体系与软科排行榜的评价体系不同导致的。

对于问题三, 通过比较各大学 2021 年的经费预算与大学排名, 我们发现政府政策支持对大学发展有着显著的促进作用, 这与我们第三问的分析结果一致。

七、模型评价、改进与推广

7.1 模型评价:

对于第一问, 我们的模型基于目前已有的各种评价方式, 选取了一些较为重要的、

能反映学校综合情况的指标,对高等院校的发展状况进行合理评估,在建立评价模型时我们采取了 AHP、DEMATEL、熵权法等方法建立模型,在指标权重、结果可靠性方面我们的模型具有较为出色的表现,但是我们的评价模型未能考虑更多的因素,这样相对于实际情况我们的评价体系可能会存在统计误差。

对于第二问,我们在第一问的基础上改进了我们的模型,采用 TOPSIS 法对各院校的“计算机科学与技术”学科建立了评价体系,同样的,对于我们选取的指标,依然存在不够全面的缺陷,但是考虑更多的因素意味着更大的计算量,合理的选取指标可以降低计算量。

对于第三问我们同样采用基于熵权法的 TOPSIS 法,将科研经费作为政府政策扶持的表现,但是用单一的指标可能会不够全面以及客观,这对于最后的结果可能会产生一定的影响。

7.2 模型的改进:

1.可以将更多的指标纳入评价体系,这样之后,我们的模型就更加的稳健,结果也更加的客观。

2.我们的评价模型只做到到了对高校整体发展质量和学科发展状况进行了评估与排序,但是并未针对性的提出发展战略与改进意见,可以在我们的评价模型的基础上增加能反映导致高校或学科发展质量不高的量化值,这样我们的模型就可以在评价的功能基础上,增加建议功能,这对高校以及学科的发展具有重要的意义。

八、参考文献

- [1]王月珍. 省属综合性大学学科建设的 SWOT 分析[D]. 河北:河北大学, 2012. DOI:10.7666/d.d211903.
- [2] 丽,郭硕然,康冬梅. 基于 ESI 和 Incites 的潜力学科分析与预测——以北京师范大学为例[J]. 情报探索, 2017, (2): 27—35.
- [3] 陈卫静. 基于 ESI 和 InCites 的学科发展评价研究[J]. 四川图书馆学报, 2016(3): 57—60. DOI:10.3969/j.issn.1003-7136.2016.03.016.
- [4] 刘建辉,叶玫,基于 ESI 和 InCites 的学科发展预测研究——以中国地质大学为例[J]. 科技情报开发与经济, 2015, 25(6): 132—134.
- [5] 李茂茂,张子倩,陈仕吉,等. 基于 ESI 的中国农业大学植物学与动物学学科竞争力分析[J]. 科技管理研究, 2012(8): 128—132.
- [6] 林森,王兴国. 新时代基础教育的“三个”重要使命——学习贯彻落实党的十九大报告关于新时代“三个教育发展目标”的新方略[J]. 吉林省教育学院学报, 2018, 34(3): 1—3. DOI:10.16083/j.cnki.1671-1580.2018.3.001.
- [7] 傅为忠,储刘平. 长三角一体化视角下制造业高质量发展评价研究——基于改进的 CRITIC-熵权法组合权重的 TOPSIS 评价模型[J]. 工业技术经济, 2020, 39(9): 145—152. DOI:10.3969/j.issn.1004-910X.2020.09.018.
- [8] 林莉,冯爱芬,丁真真,等. 基于熵权法-TOPSIS 模型的智慧城市评价研究[J]. 农村经济与科技, 2018, 29(18): 186—187. DOI:10.3969/j.issn.1007-7103.2018.18.117.

九、附录

附件 1: 问题一收集的原始数据

附件 2: 问题二收集的相关数据

附件 3: 问题三收集的相关数据

附件 4: 计算过程中间数据与 MATLAB 程序代码