

上海对外经贸大学 2020—2021 学年第二学期

《运筹学》课程论文

选课序号	702.007.2[01]	任课教师	闫辛	修读方式	选修
姓 名	陈郁欣	学 号	18076014	年级专业	18级 数据科学与 大数据技术

类型	内容及分值	得分
一	摘要（10分）	
二	问题提出（20分）	
三	模型建立与求解（30分）	
四	结论与分析（30分）	
五	整体结构（10分）	
总分	满分（100分）	

# 基于层次分析法和数据包络的高校绩效评价

陈郁欣

上海对外经贸大学统计与信息学院数据科学与大数据技术专业

## 摘要：

层次分析法是一种用来解决复杂的多准则决策问题的方法，可以对方案按照不同的准则进行排序从而得出目标。数据包络法是根据投入指标和产出指标，利用线性规划对具有可比性的同类单位进行相对有效性评价。

本文基于层次分析法和数据包络法对加拿大安大略省部分高校的物质和精神方面的指标进行综合分析，进而做出相对应的高校绩效的综合评价。

在数据包络法中，设定投入指标与输出指标，对高校是否有效进行计算。在结果中，得出多伦多、滑铁卢、女王与温莎大学效率指数皆为1，资源配置方法较为成熟，在未来发展中可以继续沿用；而渥太华与约克大学存在投入冗余、资源没有得到最大化利用的情况，需要根据冗余的指标进行相对应的方式改善。

在层次分析法中，对加拿大教育文件进行调研并得出两两比较矩阵，对矩阵最大特征值与特征向量进行求解并进行一致性检验，得出各个指标的相对应优先级，进而对高校进行评价排序，得出从优到劣的排列顺序为：多伦多、女王、滑铁卢、约克、渥太华、温莎的结果。

综合两个模型的结果，本文与真实QS排名以及麦考林排名指标设定进行了对比，结果是大致相似的，并且本文在数据上使用了大部分论文所没有采用的学生精神层面上的指标，能够在一定程度上对高校做出兼顾客观与主观的分析，帮助决策者合理设计方式改善高校情况，提升教育水平。

**关键词：**数据包络法 层次分析法 绩效评价

## 一、 问题陈述

在全球教育水平迅速发展的今天，各个国家逐渐开始对高校教育体制进行重大的改革，如投入大量科研、技术开发等活动，这时就需要对高校各项指标进行评价，从而关注是否最大的限度地利用了资源来改善教育办学质量。进行科学、合理且全面的高校绩效评价有利于找到高校发展过程中存在的问题，进而引导对资源进行合理配置、提高资源的利用率。

由于高等教育投入和产出项目形式的多样化，现需针对高校多投入和多产出的各个方面的表现数据，制定出合理的评价方法。因此本文的研究问题如下：

- (1) 根据现有的数据和文献回顾，确定和收集有关适当输入和输出的信息，以评估选定高校的绩效情况。
- (2) 使用多方法设计合适的数学模型，为选定高校的评估提供系统的方法。
- (3) 比较选定高校在指定类别内的效率。
- (4) 对选定高校在指定资源配置政策以及提高整体效率方面提出建议。

## 二、 问题分析

在建立比较科学有效的高校绩效评定的时候，主要需要考虑以下两个方面的问题：评价指标的选取和评价方法的设计。目前国家乃至世界还没有对高校绩效评价方面建立科学有效且统一的体系，指标的选取需要建立在真实平等的基础上，从而真正地反映出各个高校通过管理而产生的绩效，同时也要考虑到国家当前教育政策侧重点的不同对高校不同方面的指标进行评定，从而提出改善的更好方案。

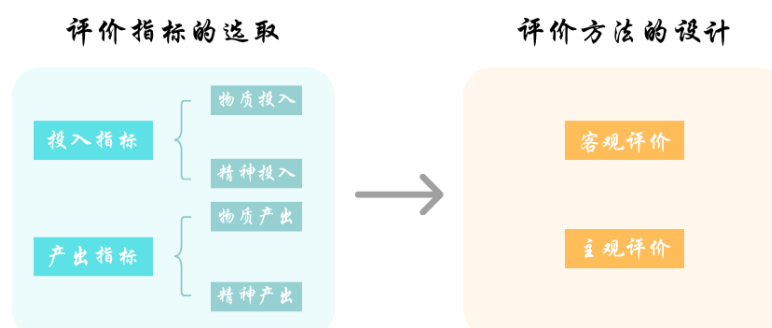
大学生产的不同水平的能力可以使各国能够利用并为国民经济做出贡献，由于加拿大学生表现较强，且教育系统构造较特殊，由所有省和地区的政府结合确定主要的教育政策和举措，故本文挑选加拿大特别成功的省份之一——安大略省为例，省政府一直致力于提高省内高校教育质量，认为经济是由知识和研究驱动的，针对安大略部分高校排名现存的主要问题进行分析，得出：

- (1) 教学质量绩效需要考虑到比数量以外更重要的数据。
- (2) 由于不同组织对高校衡量的标准不同，同时考虑到一些不知名的高校可能在某些不属于系统规定标准内的领域做的很好，使得高校排名差异显著。必须严格考虑输入输出参数，获得可靠结论，以免误导决策者和管理人员。
- (3) 各个高校的改革需要根据此高校现有数据分析得出的不足做出不同的

政策判断。

鉴于对以上问题的分析，本文以精神和物质层面为基础，从客观性和主观性两个方面出发，主要思路如图所示。

图1：本文思路图



## 2.1 选取评价指标

针对评价指标的选取问题，通常文献中对投入指标的划分为：一级指标有人力投入、财力投入和物力投入，分别对应着人力资源、教学科研支出和高校设备量等。在产出指标的划分方面，通常考虑教学成果和科研成果等涉及到学生和教师未来发展的指标。指标的客观性、真实性和可操作性的原则很大程度上决定了评价结果是否真实，所以需要指标边界清楚且计算方法一致。考虑到现有文献大多都使用一些可能会被高校客观基础条件的优劣所影响的数据，并且主要注重在物质领域方面，例如QS排名，按照国际学生/教师占比、教师引用率以及学术声誉等来作为综合评价指标，忽略了高校对学生精神层面造成的影响也同时重要，本文以以下方式对指标进行选择：

**投入指标：**在此方面选择三个不同资源层面的物质投入，分别是属于人力资源的教职工人数，属于财产资源的年总支出以及属于教学物质资源的图书馆总藏书量。同时考虑到学生若能在此高校接受到与更多具有不同背景、经历甚至种族宗教的人的多元化讨论，对学生有着较大的益处，也证明了办学质量较优，所以本文在投入指标方面选择了讨论的多元化性作为精神投入。

**产出指标：**首先选择高校获得的三委员会研究奖作为科研成果产出，就业率作为高校的教育成果产出。且除这两个指标外，学生对此高校的满意度也很大程度上决定了高校绩效的优劣性，所以引入学生满意度作为精神产出。

## 2.2 评价方法的设计

### 2.2.1 基于数据包络分析的客观评价法

数据包络分析方法（DEA）于1978年提出，作为比较具有多个输入和输出的决策单元绩效的一种方式，其中决策单元可以实提供服务、制造的机构，或是

高等教育机构等。方法主要是通过保持决策单元的输入或输出不变，借助于数学规划模型，确定相对有效的生产前沿面，并将各个决策单元投影到生产前沿面上，通过比较决策单元偏离前沿面的程度来评价他们的相对有效性。

每个高校可以被视为一个决策单位，且高校绩效指标皆符合多输入和多输出的条件，所以适合使用DEA进行评价分析。

2.2.2 基于层次分析法的主观评价法

由于上述DEA模型的评价结论完全依赖于评价方案的客观指标数据，由于在真实数据中，不同国家不同地区可能会对评价指标之间反映的重要性程度有所侧重，所以为了兼顾决策者对各种不同评价指标的偏好程度，使评价结果更能适用于不同决策的提出，本文选择使用层次分析法（AHP）作为高校绩效的主观评价法。

三、 符号说明

表1：文中使用的符号和相应说明

符号	说明
$n$	决策单元的总个数
$m$	每个决策单元输入的数量
$s$	每个决策单元输出的数量
$DMU_i$	第 <i>i</i> 个决策单元
$X_i$	第 <i>i</i> 个决策单元的输入向量
$x_{ji}$	第 <i>i</i> 个决策单元的第 <i>j</i> 个输入
$Y_i$	第 <i>i</i> 个决策单元的输入向量
$y_{ji}$	第 <i>i</i> 个决策单元的第 <i>j</i> 个输出
$X_0$	任意一个决策单元的输入
$Y_0$	任意一个决策单元的输入
$u^T$	输出的权重向量
$v^T$	输入的权重向量
$u_0$	任意一个决策单元输出的权重向量
$\lambda_i$	第 <i>i</i> 个决策单元的输入和输出采用的权重
$\theta$	效率指数
$\lambda_{max}$	判断矩阵的最大特征值
$W$	判断矩阵对应于最大特征值的特征向量
$CI$	一致性指标
$RI$	两两比较矩阵的一致性比率
$CR$	一致性比率
$\alpha_i$	AHP评价法中的第 <i>i</i> 个指标

## 四、 模型建立

### 4.1 数据准备

本文中的数据涵盖了2017-2018年的六所安大略大学，为了保证调查数据的一致性避免出现评价结果不公平的情况，选取安大略大学理事会对安大略所有大学进行统一调查得出的CUDO

(<https://ontariosuniversities.ca/resources/data/cudo>) 数据。选取教职工总人数、各种货币支出年总和、图书馆总藏书量、讨论的多元化性、三委员会研究奖、毕业生就业率以及学生满意度作为所有考虑指标。其中三委员会研究奖包括加拿大NSERC、CIHR和SSHRC机构在一年内对大学支付的赠款总和，一定程度上体现了大学的科研成果；学生满意度和讨论的多元化性数据根据NSSE（全国学生参与度调查）所得，在加拿大的高等教育系统中，大学往往利用此项调查的结果和相关报告来对表现进行改善，本文选取高年级学生对指标回答为正向的人数比例作为数据。

数据形式如下。

表2：文中使用的部分安大略大学指标数据

	多伦多	滑铁卢	女王	渥太华	约克	温莎
教职工人数	2735	1342	793	1242	1462	520
支出	4, 049, 358	1, 067, 787	933, 212	1, 373, 297	1, 078, 206	387, 189
图书馆藏书	8, 990, 593	3, 745, 926	8, 372, 932	5, 500, 557	9, 087, 846	4, 855, 622
讨论多元化性	41. 00%	39. 40%	38. 80%	40. 50%	42. 60%	38. 90%
三委员会研究奖	4, 579	1, 636	937	1470	864	295
就业率	93. 92%	95. 25%	95. 14%	94. 04%	92. 75%	95. 12%
学生满意度	73%	83%	85%	74%	73%	71%

### 4.2 基于数据包络分析的客观评价法

本文使用DEA方法中加入变动规模报酬因素的BCC模型，比较适合衡量不同规模报酬状态下决策单元的相对效率值。假设共有 $n$ 个决策单元，每个决策单元由 $m$ 种输入和 $s$ 种输出组成，使用 $DMU$ 表示决策单元，故 $DMU_i$ 的输入和输出为

$$X_i = (x_{1i}, x_{2i}, x_{3i}, \dots, x_{mi})^T, i = 1, 2, \dots, n$$

$$Y_i = (y_{1i}, y_{2i}, y_{3i}, \dots, y_{si})^T, i = 1, 2, \dots, n$$

原始模型公式如下

$$\begin{aligned} & \max \frac{u^T Y_0 - u_0}{v^T X_0} \\ \text{st.} & \begin{cases} \frac{u^T Y_i - u_0}{v^T X_i} \leq 1, i \in [1, n] \\ u > 0 \\ v > 0 \end{cases} \end{aligned}$$

其中 $u = (u_1, u_2, u_3, \dots, u_s)^T$ 和 $v = (v_1, v_2, v_3, \dots, v_m)^T$ 为输出和输入的权系数向量，这里的 $Y_0$ 和 $X_0$ 表示的是任意一个决策单元的输出/输入。CCR模型是对每一个决策单元进行评价，目标函数的值即为评价得分，以比率式作为评价指标，较符合实际意义。

上式通过等价的对偶线性规划转化为

$$\begin{aligned} & \min \theta \\ \text{s. t.} & \begin{cases} \sum_{i=1}^n X_i \lambda_i \leq \theta X_0 \\ \sum_{i=1}^n Y_i \lambda_i \geq Y_0 \\ \sum_i \lambda_i = 1 \\ \theta \geq 0 \\ \lambda_i \geq 0, i = 1, 2, \dots, n \end{cases} \end{aligned}$$

其中 $\lambda_i$ 表示每个决策单元输入和输出所占的权重，而 $\theta$ 为效率指数。如果 $\theta = 1$ ，证明构造出的虚拟单元与此决策单元需要相同的输入，则此DMU为弱DEA有效；如果 $\theta < 1$ ，证明构造出的虚拟单元需要较少的输入就能得到此决策单元达到的产出，可以认为此DMU不是DEA有效。同时，若存在 $\lambda_i$ 使得 $\sum_i^n \lambda_i = 1$ ，则DMU为规模报酬不变；如果不存在且 $\sum_i^n \lambda_i < 1$ ，则DMU为规模报酬递增；如果不存在且 $\sum_i^n \lambda_i > 1$ ，则DMU为规模报酬递减。

### 4.3 基于层次分析法的主观评价法

层次分析法（AHP）的核心点在于利用1至9的尺度衡量法来构造两两比较的矩阵，由于AHP在标度时为定性分析，其余步骤为定量分析，使得分析过程更加合理。比较尺度如下表。

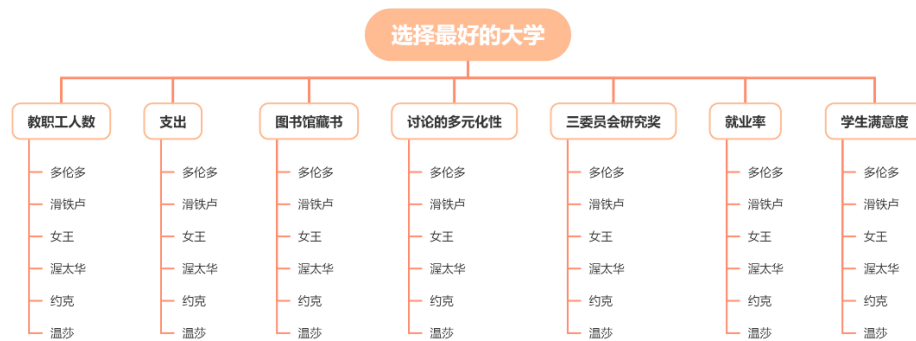
表3：运用AHP对各标准的比较尺度

语言判断	数值等级
极重要	9
	8
非常重要	7

	6
很重要	5
	4
较重要	3
	2
同等重要	1

首先建立层次结构图，结构图由总体目标、准则和决策方案组成，在本方法中，使用的指标为所有输入输出指标和，如图所示

图2：层次结构图



根据上文给出的比较尺度表，根据每个大学所处于的具体实际背景，考虑每一个大学不同评价指标间的重要性程度，对指标构造两两比较判断矩阵。并对矩阵进行处理，在此方法中需要重点注意的是检验做出的两两比较判断的一致性。按下式计算一致性指标 $CI$ 。

$$CI = \frac{\lambda_{max} - (m + s)}{(m + s) - 1}$$

随机生成两两比较矩阵的一致性比率 $RI$ ，其值的大小取决于比较项的个数，在本文中比较项为7，查表可得

$$RI = 1.32$$

计算一致性比例 $CR$ ，当 $CR < 0.1$ 时，此判断矩阵通过一致性检验，否则需要进行调整

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

最后在得到一组元素对其上一层中某元素的权重向量后，通过各元素的排序权重进行大学的选择，将所有准则权重进行整合，进而形成总排序权重，进行一致性检验后，综合各权重结果，得到数据中所有指标相对于目标：选择最好的大学的重要程度权重。



## 五、 模型求解

### 5.1 基于数据包络分析的客观评价法

由于大学从投入指标的方面进行改善比较容易，故本文利用DEAP2.1软件的投入主导型模型进行数据的分析，衡量在不减少决策单元产出的情况下指标投入减少的比例。基于投入型的BCC模型绩效分析结果如下

表4：基于投入型的BCC模型分析结果

决策单元	综合效率	纯技术效率	规模效率	规模报酬
多伦多	1.000	1.000	1.000	—
滑铁卢	1.000	1.000	1.000	—
女王	1.000	1.000	1.000	—
渥太华	0.958	0.969	0.988	irs
约克	0.888	0.911	0.975	irs
温莎	1.000	1.000	1.000	—

其中“irs”代表规模报酬递增，“drs”代表规模报酬递减，“—”代表规模报酬不变。综合技术效率为纯技术效率和规模效率的乘积，规模效率是由于规模因素影响的生产效率，而纯技术效率是由于高校管理和技术等因素影响的的生产效率。

表5：非有效DMU投入冗余值

决策单元	教职工人数 投入冗余值	支出 投入冗余值	图书馆藏书 投入冗余值	讨论多元化 投入冗余值
渥太华	48.378	290139.694	171215.483	0.013
约克	676.386	159766.798	810075.76	0.038

表6：非有效DMU产出不足值

决策单元	三委员会研究奖 产出不足值	就业率 产出不足值	学生满意度 产出不足值
渥太华	0.000	0.011	0.094
约克	55.631	0.024	0.116

表7：非有效DMU投影可得相对有效

决策单元	投影DMU及权重		
渥太华	女王	多伦多	滑铁卢
	0.320	0.020	0.660
约克	温莎	女王	
	0.027	0.973	

投入冗余表示了到目前的产出冗余情况下第此投入要素可以减少的数量，产出不足表示了此决策单元目前条件下应该产出的数量，对计算结果的分析将在下个部分给出。

### 5.2 基于层次分析法的主观评价法

首先需要七个指标建立优先级。一次比较两个标准，得到每个标准相对于其他每一个标准的两两比较重要性表。根据加拿大教育文件如《Improving Efficiency at Ontario Universities》等，考察并分析加拿大对教育各个方面的重视程度、政策得出下表。

表8： 对7个指标的两两比较总结

两两比较	更重要的标准	重要程度	数值等级
教职工人数-支出	教职工人数	较重要	3
教职工人数-图书馆藏书	教职工人数	同等重要至较重要	2
教职工人数-讨论多元化	讨论多元化	较重要	3
教职工人数-三委员会研究奖	教职工人数	较重要	3
教职工人数-就业率	就业率	较重要至很重要	4
教职工人数-学生满意度	学生满意度	很重要	5
支出-图书馆藏书	图书馆藏书	同等重要至较重要	2
支出-讨论多元化	讨论多元化	较重要至很重要	4
支出-三委员会研究奖	三委员会研究奖	较重要至很重要	2
支出-就业率	就业率	很重要	5
支出-学生满意度	学生满意度	很重要	5
图书馆藏书-讨论多元化	讨论多元化	较重要至很重要	4
图书馆藏书-三委员会研究奖	图书馆藏书	同等重要至较重要	2
图书馆藏书-就业率	就业率	较重要至很重要	4
图书馆藏书-学生满意度	学生满意度	很重要	5
讨论多元化-三委员会研究奖	讨论多元化	较重要至很重要	4
讨论多元化-就业率	讨论多元化	同等重要至较重要	2
讨论多元化-学生满意度	学生满意度	同等重要至较重要	2
三委员会研究奖-就业率	就业率	较重要至很重要	4
三委员会研究奖-学生满意度	学生满意度	很重要	5
就业率-学生满意度	学生满意度	同等重要至较重要	2

为了方便表示，下文图表将使用 $\alpha_i$ 来表示七个衡量指标，根据上表的两两比较总结，构建两两比较矩阵，将上表的所有数据输入下表，哪个指标更重

要，两两比较矩阵对应的那一行就输入该指标的数值等级，另一个指标行就输入数值等级的倒数，并且因为对角线上的单元格表示的都是某个指标与它自身的比较，所以两两比较矩阵上的对角线部分为1，视作同等重要。

表9： 两两比较矩阵

	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$
$\alpha_1$	1	3	2	1/3	3	1/4	1/5
$\alpha_2$	1/3	1	1/2	1/4	1/2	1/5	1/5
$\alpha_3$	1/2	2	1	1/4	2	1/4	1/5
$\alpha_4$	3	4	4	1	4	2	1/2
$\alpha_5$	1/3	2	1/2	1/4	1	1/4	1/5
$\alpha_6$	4	5	4	1/2	4	1	1/2
$\alpha_7$	5	5	5	2	5	2	1

利用两两比较矩阵，综合处理矩阵，按照各个指标对于实现“选择最好的大学”这个总目标的重要性，标准化两两比较矩阵后计算每一行的算术平均数作为指标的优先级。计算结果如下

表10： 指标优先级

	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$
优先级	0.095	0.041	0.065	0.224	0.052	0.201	0.323

如模型建立部分所说，AHP的关键步骤是需要通过一致性比率判断根据政策等因素做出的两两比较判断的一致性，计算每列的“加权和”向量并求和。

$$0.095 \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 3 \\ 1 \\ 2 \\ 3 \\ 1 \\ 3 \\ 4 \\ 5 \end{bmatrix} + 0.041 \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \\ 2 \\ 4 \\ 2 \\ 2 \\ 5 \\ 5 \end{bmatrix} + 0.065 \begin{bmatrix} 2 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 4 \\ 1 \\ 2 \\ 4 \\ 5 \end{bmatrix} + 0.224 \begin{bmatrix} 1 \\ 3 \\ 1 \\ 1 \\ 4 \\ 1 \\ 4 \\ 1 \\ 1 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \end{bmatrix} + 0.052 \begin{bmatrix} 3 \\ 1 \\ 2 \\ 2 \\ 4 \\ 1 \\ 4 \\ 5 \end{bmatrix} + 0.201 \begin{bmatrix} 1 \\ 4 \\ 1 \\ 5 \\ 1 \\ 2 \\ 4 \\ 1 \\ 2 \end{bmatrix} + 0.323 \begin{bmatrix} 1 \\ 5 \\ 1 \\ 5 \\ 1 \\ 5 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \\ 5 \\ 1 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix}$$

利用得到的向量结果除以每一个对应的指标的优先级并计算平均数 $\lambda_{max}$ ，可得。

$$\lambda_{max} = 7.355833$$

最后根据模型中的计算公式，选取指标数为7时RI的值计算一致性比率。

$$CR = \frac{\lambda_{max} - 7}{(7 - 1)RI} = 0.044928$$

由计算结果可得，CR的值小于0.10，可以接受，故可以得出这个两两比较

的一致性程度达到了要求的结论，并可以进行下一步计算。由于目标是选择各方面综合绩效比较好的高校，需要使用两两比较法来确定在七个指标下六所高校的优先级，一次用一个指标对高校进行两两比较，比较的数值仍由安大略省政策以及各所高校的相关文件决定，得到两两比较矩阵如下。

表11: 各指标下对高校的偏好的两两比较矩阵

$\alpha_1$						
	多伦多	滑铁卢	女王	渥太华	约克	温莎
多伦多	1	2	3	2	3	4
滑铁卢	1/2	1	2	1	2	3
女王	1/3	1/2	1	1/2	2	3
渥太华	1/2	1	2	1	2	2
约克	1/3	1/2	1/2	1/2	1	1/2
温莎	1/4	1/3	1/3	1/2	2	1
$\alpha_2$						
	多伦多	滑铁卢	女王	渥太华	约克	温莎
多伦多	1	1/3	1/2	1/2	1/2	1/2
滑铁卢	3	1	2	2	2	2
女王	2	1/2	1	1/2	1/2	2
渥太华	2	1、2	2	1	2	1/2
约克	2	1、2	2	1/2	1	2
温莎	2	1/2	1/2	2	1/2	1
$\alpha_3$						
	多伦多	滑铁卢	女王	渥太华	约克	温莎
多伦多	1	2	1/3	1/2	1/3	1/2
滑铁卢	1/2	1	1/3	1/2	1/3	1/2
女王	3	3	1	2	2	2
渥太华	2	2	1/2	1	1/2	2
约克	3	3	1/2	2	1	2
温莎	2	2	1/2	1/2	1/2	1
$\alpha_4$						
	多伦多	滑铁卢	女王	渥太华	约克	温莎
多伦多	1	2	3	2	1/2	3
滑铁卢	1/2	1	2	1/2	1/3	2
女王	1/3	1/2	1	1/2	1/3	1
渥太华	1/2	2	2	1	1/3	2
约克	2	3	3	3	1	3
温莎	1/3	1/2	1	1/2	1/3	1
$\alpha_5$						

	多伦多	滑铁卢	女王	渥太华	约克	温莎
多伦多	1	2	2	3	4	3
滑铁卢	1/2	1	1/3	1	2	2
女王	1/2	3	1	3	4	4
渥太华	1/3	1	1/3	1	3	2
约克	1/4	1/2	1/4	1/3	1	1/2
温莎	1/3	1/2	1/4	1/2	2	1
$\alpha_6$						
	多伦多	滑铁卢	女王	渥太华	约克	温莎
多伦多	1	1/3	1/3	1/2	3	1/3
滑铁卢	3	1	1	2	3	1
女王	3	1	1	2	3	1
渥太华	2	1/2	1/2	1	3	1/2
约克	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1/4
温莎	3	1	1	2	4	1
$\alpha_7$						
	多伦多	滑铁卢	女王	渥太华	约克	温莎
多伦多	1	1/3	1/3	1/2	1	2
滑铁卢	3	1	1/2	4	3	3
女王	3	2	1	4	4	4
渥太华	2	1/3	1/4	1	2	2
约克	1	1/3	1/4	1/2	1	2
温莎	1/2	1/3	1/4	1/2	1/2	1

按照相同的方法对每个两两比较矩阵进行综合处理，得到的下表的七组优先级即是综合处理的结果。

表12：按各个指标对高校的优先级的计算

	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\alpha_4$	$\alpha_5$	$\alpha_6$	$\alpha_7$
多伦多	0.328	0.077	0.093	0.230	0.317	0.094	0.190
滑铁卢	0.193	0.278	0.073	0.123	0.129	0.233	0.171
女王	0.134	0.141	0.299	0.080	0.283	0.233	0.195
渥太华	0.180	0.182	0.166	0.152	0.130	0.138	0.158
约克	0.079	0.175	0.237	0.336	0.058	0.058	0.157
温莎	0.086	0.148	0.132	0.080	0.083	0.243	0.129

根据上述计算结果，得到了每个指标的优先级以及不同指标中的每所高校的优先级，使用这些优先级建立综合优先级排名，将表10与表12的结果按照高校进行相乘并求和，最终得到以下综合优先级。

表13: AHP综合优先级排名

多伦多	滑铁卢	女王	渥太华	约克	温莎
0.189	0.171	0.180	0.155	0.171	0.136

## 六、 结果分析

### 6.1 基于数据包络分析的客观评价法

从使用DEAP2.1的运行结果可以看出,在共有六个决策单元的情况下,基于投入主导型的BCC模型得到的DEA有效性及冗余值如表4和表5所示。其中多伦多、滑铁卢、女王和温莎大学的 $\theta = 1$ 并且投入冗余值与产出不足值皆为0,证明此四个决策单元是DEA有效的,并且属于规模和纯技术都有效的情况,可以理解为四所高校投入的所有资源得到了最大程度的利用,取得了最佳的产出效果,在未来政府改善安大略省大学教育水平的时候,这四所学校可以结合当时情况沿用以前的方法,不用进行过度改造。

对于渥太华和约克大学,纯技术效率和规模效率都小于1,处于非DEA有效,说明对这两所高校,内部管理和资源配置等方面所采用的手段存在不合理的情况,且高校的投入规模有出在一个投入过剩的状态,对资源造成了一定程度的浪费,应该对管理控制和资源分配进行改善,提高高校自身的管理素质。通过表5非DEA投入冗余值表可以清晰地看出,渥太华和约克大学在投入教职工人数指标上分别存在约49和677人的人数浪费,可能是没有合理进行课程分配所致,在改善时可以合理分配每个教职工的主要职能和时间分配,避免过多重复和冗余的情况发生;在支出指标上,渥太华大学冗余的支出达到了总支出的21%,而约克大学也达到了15%之多,在支出方面浪费较严重,由于支出包括了对员工的工资总额、员工福利等,故这与教职工人数冗余也存在一定的相关性,高校需要调整财力配置,在特定方面进行一定的缩减;同时在图书馆藏书上两所高校也有不同程度的浪费情况,可以考虑是否是借书制度不完善、搜索藏书途径不方便等。同时,根据表7可以得出,渥太华和约克可以按权重对表中的高校进行投影,相对应地调整自己学校的方式,进而达到相对有效。且这两所高校的 $\sum_i^n \lambda_i$ ,都小于1,处于规模收益递减阶段,说明了在战略选择上不应该再实行扩张战略,而应该注重提高现有资源的利用率,以避免出现表6出现的产出不足的情况。

综上,非DEA有效的高校应根据分析数据,通过调整资源的投入量和投入方式,如加强对人力资源的管理、缩减不必要的经费、合理配置物力设备等方式使DEA有效,得出最佳产出效果。DEA有效的高校发展较成熟,今后可以采取稳步发展的战略。

### 6.2 基于层次分析法的主观评价法

根据表10指标优先级的计算结果，得出在所有指标中占主要优先地位的分别是学生满意度、就业率和讨论的多样性，其都可以归类于学生部分，同时属于资源和师资部份的教职工人数和图书馆藏书分别具有0.095和0.065的优先级，位于学生部分优先级以后。对比麦考林杂志记录的排名指标占比：学生28%，师资24%和资源20%的分配比例，可以得出与本文AHP所得出的优先级结果是较为类似的，证明本文针对数据建立的两两比较矩阵较符合实际情况。

同时，根据最终计算的高校综合优先级结果，AHP优先级显示多伦多大学是最优的选择，规模及资源等方面都较小的渥太华大学和温莎大学优先级排名靠后，将结果与2018年加拿大大学QS排名进行对比，对比结果较为相似，出现部分偏差的原因可能是由于QS排名指标未考虑学生的讨论多元化等问题，而约克大学的讨论多元化程度达到了42.6%，位于六所高校之首，所以在重视学校对学生影响的评价系统下，排名得到了提升；女王大学由于学生满意度较高，排在AHP优先级中第二的位置。

表14：QS排名与AHP排名

QS	AHP
多伦多	多伦多
滑铁卢	女王
女王	滑铁卢
渥太华	约克
约克	渥太华
温莎	温莎

6.3 综合分析

综合上述两种评价体系，对六所高校进行分析。

多伦多、滑铁卢与女王大学都充分利用了资源，属于DEA有效的决策单元，且按照层次分析法评价后，处在高校排名前三名。其中，由于考虑到高校绩效的评价很大程度上需要考虑学生的意见，并且参考麦考林排名指标配比，在AHP七个指标优先级的计算中，把学生满意度作为优先度最高的指标，由于女王大学的学生满意度为85%，是六所高校中最被学生认为满意的学校，故利用本文的方法评价出的排名相比于真实QS排名靠前一名。

渥太华与约克大学为非DEA有效的决策单元，在投入指标上存在投入过剩、资源没有得到最大幅度的利用的情况，故排名靠后。

温莎大学虽然为DEA有效的决策单元，但是排名是六所高校中的最后一名，经过分析，原因可能为规模过小，虽然充分利用了资源，但是由于资源的有限性，无法获得较好的效果，可以考虑沿用资源配置方法并对规模等进行扩张。

七、 模型评价

### 7.1 模型优点

- (1) 模型在沿用以往文献采用的财力物力指标方式的同时，引入了精神领域的指标，鉴于高校不仅需要在实业方面对学生产生影响，还需要在思想方面对学生进行教育，且在评价高校绩效时，学生是否满意是十分重要的，引入的新指标对高校绩效评价起到了良好的作用。
- (2) 分别使用客观评价法和主观评价法两种方法进行分析，避免了过于客观造成的无法针对不同地区政策进行改善的情况，也避免了过于主观导致的不公平、评价结果不准确的情况。

### 7.2 模型缺点

- (1) 层次分析法的计算量较大，求解效率较低，计算过程较复杂，且判断尺度的划定需要分析大量政策文件，耗时较大。
- (2) 数据包络法之能判断出高校是否使资源利用最大化，无法判断DEA有效的高校的排名情况。

### 7.3 模型改进

- (1) 在判断尺度划定方面，可以针对具体方案进行三次德尔菲法，邀请多位专家学者匿名给评价对象打分，三轮后调查问卷结果趋于一致后将主观评价进行量化。
- (2) 可以结合神经网络法进行分析，能有效改善传统评价方法的缺陷且精度较高。

## 八、 结论

本文所建立的模型基于安大略省大学平台上的真实调查数据，本文充分利用数据包络法与层次分析法分析得出高校综合指标排名与高校应该在哪些方面进行改善。针对不同高校，本文提出以下建议：

- 多伦多、滑铁卢与女王大学的排名为前三名，高校资源利用手段较为成熟，可以采用稳步发展战略，同时考虑到学生口碑的重要性，多伦多大学应从各个方面提升学生满意度，如改善基础设施建设、开展学生活动等。
- 温莎大学的排名为最后一名，资源利用率较高，可以沿用目前的手段，但是可以考虑提升学校规模，加大投入进而获得更多的输出。
- 渥太华与约克大学没有达到资源利用最大化，其中渥太华大学支出浪费较为严重，应调整财力配置；约克大学教职工人数存在过多冗余的情况，建议合理分配教职工的主要职能，同时约克大学也应提升讨论的多样化性，可以多组织国际学生之间的交流活动等。



本文使用的层次分析法是在主观条件下建立的，不同的地区决策者可以根据地区教育水平的差异性划定指标的判断尺度，故应用本文方法解决实际问题时需要结合实地情况进一步优化模型。

## 九、 参考文献

- [1] Canada: Teacher and Principal Quality - NCEE. [2021-06-12].  
<https://ncee.org/center-on-international-education-benchmarking/top-performing-countries/canada-overview/canada-teacher-and-principal-quality/>
- [2] COU-Improving-Efficiency-at-Ontario-Universities. (2015).  
[2021-06-12]. <https://cou.ca/wp-content/uploads/2015/12/COU-Improving-Efficiency-at-Ontario-Universities-Dec2015.pdf>
- [3] Issues & Priorities. [2021-06-12]. <https://ontariosuniversities.ca/issues-priorities>
- [4] Dwyer, M. How did Canadian universities fare on a leading survey of student engagement?. [2021-06-12]. <https://www.macleans.ca/education/national-survey-of-student-engagement-results-for-canadian-universities/>
- [5] teaching evaluation toolkit. [2021-06-12]. [https://www.uwindsor.ca/ctl/sites/uwindsor.ca.ctl/files/teaching\\_evaluation\\_toolkit.pdf](https://www.uwindsor.ca/ctl/sites/uwindsor.ca.ctl/files/teaching_evaluation_toolkit.pdf)
- [6] EDUCATION POLICY OUTLOOK CANADA. (2021). [2021-06-12]. <https://www.oecd.org/education/EDUCATION%20POLICY%20OUTLOOK%20CANADA.pdf>
- [7] 丁田平. (2020). 基于ahp的高校绩效评价模型——以“双一流”建设高校为例. 财政监督(19).
- [8] 朱泰英. (2006). 基于层次分析法的数据包络分析模型. 上海电机学院学报, 9(003), 72-74.
- [9] 黄建元, 崇庆华, & 王静梅. (2015). 基于主成分和数据包络分析的高校绩效评价. 南京财经大学学报, No. 196(06), 51-55.
- [10] Ghimire Sarad, Amin Saman Hassanzadeh & Wardley Leslie J.. (2021). Developing new data envelopment analysis models to evaluate the efficiency in Ontario Universities. Journal of Informetrics(3),. doi:10.1016/J.JOI.2021.101172.
- [11] A. Altamirano-Corro & R. Peniche-Vera. (2014). Measuring the Institutional Efficiency Using DEA and AHP: the Case of a Mexican University. Journal of Applied Research and Technology(1),. doi:10.1016/S1665-6423(14)71606-2.