

工程教育专业认证课程达成度的定性化设计

李广水

(金陵科技学院软件工程学院, 江苏 南京 211169)

摘要: 工程教育专业认证的持续改进需要以毕业要求达成度作为重要依据。当前量化计算课程达成度已成为一个事实上的标准, 针对此情况, 提出定性化计算课程达成度的策略。首先分析了量化方法的不合理处及具体实施时存在的问题, 接着从指标点-课程对应矩阵的定性化开始, 设计了课程指标点达成情况的定级评价, 定义了定性数据的运算规则, 最后结合示例进行了完整的定性化运算演示。结果表明, 定性化评价的方法简化了课程考核数据的收集, 提高了教师的参与积极性, 对工程教育专业认证的实施和保持具有良好的借鉴意义。

关键词: 工程教育专业认证; 课程达成度; 计算; 定性化; 量化

中图分类号: G64; TP3-05

文献标识码: A

文章编号: 1672-755X(2021)01-0014-05

Qualitative Design of Courses Achievement Degree of Engineering Education Professional Certification

LI Guang-shui

(Jinling Institute of Technology, Nanjing 211169, China)

Abstract: The engineering education professional certification needs to be based on the continuous improvement as graduation basis. Aiming at the current quantitative calculation courses achievement degree has become a de facto standard, this paper puts forward the strategy of qualitative calculation courses achievement degree. Firstly, the irrationality of quantification and the difficulties in its implementation are analyzed. Then, starting from the qualitative analysis of the corresponding matrix between the index point and the course, the grading evaluation of the course to the index point is designed, and the operation criteria of qualitative data are defined. Finally, an example is given to demonstrate the complete qualitative calculation. This study simplifies the collection of curriculum assessment data, improves the enthusiasm of teachers' participation, and has a good reference significance for the implementation and maintenance of engineering education professional certification.

Key words: engineering education professional certification; courses achievement degree; calculation; qualitative; quantitative

工程教育专业认证的核心理念是“产出导向, 学生中心, 持续改进”。基于产出导向理念的人才培养模式, 必须在确定培养目标的前提下, 构建出多条毕业要求, 每一条毕业要求又分解成更为具体的多个指标点, 每一个指标点必定有对应的一至多门课程给予支撑, 每一门课程必须完成一至多个课程目标, 这是一个自上而下的目标分解体系。通过计算课程目标的具体达成情况, 并汇集学生创新情况、企业访谈数据, 层层汇总,

收稿日期: 2020-09-06

基金项目: 江苏高校青蓝工程软件工程专业优秀教学团队研究项目

作者简介: 李广水(1965—), 男, 江苏扬州人, 教授, 博士, 主要从事数据挖掘、工程人才培养研究。

自下而上得到专业培养的毕业生达到期望的程度,即达成度。在工程认证中,达成度作为持续改进的评价依据,无论是在下一轮课程教学改革中还是在毕业要求的修订过程中,都起到了举足轻重的作用。

中国工程教育专业认证协会(CEEAA)的新版标准^[1]中,特别增加了“毕业要求可衡量”,虽然没有明确提出是定量或定性可衡量,但在实际应用以及一些公开发表的研究论文^[2-4]中,采用的都是定量计算方式,其主要原因是达成度中最重要的部分(课程达成度)基于的评价指标——成绩是定量的,且达成度的计算涉及加、乘等多种常规数值运算法则。

1 课程达成度量化计算的流程及存在问题

在课程达成度量化计算过程中,首先要确定定量的指标点-课程对应矩阵,示例见表 1。矩阵中的数据是课程对指标点的支撑度,其中一个指标点的各课程支撑度之和(即每列之和)一般为 1,以便比较评价各指标点的达成情况,但不要要求一门课程各指标点支撑度之和(即每行之和)为 1。严格意义上讲,培养计划中的每门必修课程都应该出现在矩阵中,发挥相应的数据支撑作用,否则将影响达成度的计算。

表 1 指标点-课程对应矩阵(定量)

课程	指标点 1.1	指标点 1.2	指标点 1.3	指标点 2.1	指标点 2.2	指标点 2.3	指标点 2.4	...	指标点 6.4	...
课程 1	0.30				0.25				0.35	
课程 2		0.20	0.50			0.40				
课程 3	0.15			0.20			0.20			
课程 4				0.30	0.30					
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

任课教师为计算某课程相对于毕业要求的达成情况,要经过以下步骤:1)厘清该课程的教学目标相对于毕业要求有哪些指标点支撑,并确定考核方式及各指标点占总分的比例。假设课程 1 支撑 3 个指标点,分别是指标点 1.1(0.3)、指标点 2.2(0.25)、指标点 6.4(0.35),则在该课程的教学大纲中,应规定 3 个指标点的占比,假设 3 个指标点分别占总分(100 分)的 30%、30%、40%,即 30 分、30 分、40 分,并进一步规定各个指标点的考核方式及内容。如对指标点 1.1 而言,平时成绩(出勤、作业、回答问题)占比 20%,实验成绩占比 40%,期末考试成绩占比 40%,而教师为了期末能针对指标点统计出数据,必须全程记录每次作业、课堂提问、实验、试卷中的具体题目在该指标点上的得分。2)在课程结束之后,任课教师统计出班级在各个指标点的平均得分情况,假设分别为:指标点 1.1 得分 26.3,指标点 2.2 得分 23.8,指标点 6.4 得分 25.5。3)基于表 1 的对应矩阵,可以算出该课程在 3 个指标点的达成度,分别是 0.263、0.198、0.223,具体计算过程为 $(26.3/30) \times 0.3$ 、 $(23.8/30) \times 0.25$ 、 $(25.5/40) \times 0.35$ 。

实际操作中,上述 2)、3)两步也可以基于每一个学生在不同指标点的得分,算出每个学生的指标点达成度,最终得到班级该课程的达成度。

当所有教师计算出课程的达成度之后,就某一指标点而言,可以对所有支撑课程的达成度求和,得到该指标点的达成度;而就某一个培养标准而言,选取该标准下所有指标点达成度的最小值即为该标准的达成度。

在量化计算课程达成度的过程中,存在一些不足或困难,具体为:

第一,指标点-课程对应矩阵一般由专业教学委员会及所有课程负责人共同制定。在确定某一门课程对某一个指标点的支撑度时,应该考虑专业培养目标、培养标准、课程属性、课程内容、与同一指标点其他支撑课程的关系等多个因素以及该课程与该指标点的内在关系,这些特征都难以通过定量确定。虽然有研究^[4]提出依据主观定性数据设计出定量的指标点-课程矩阵,但该方法复杂的过程与培养方案经常调整的现实难以适应,更关键的是,这个“为定量而定量”的方法不能从根本上解决问题。而在矩阵设计过程中保证每列之和为 1 也是为了便于比较,本身并无实际意义。设想某一指标点被相关的 5 门课程支撑,且 5 门课程支撑度都较大,则其实际支撑度必定大于 1。

第二,对任课教师而言,为定量计算课程达成度,必须在整个教学过程中针对不同指标点定量记录学生掌握知识和获得能力的的数据。这增加了教师的工作量,降低了教学的能动性,还存在一些难以操作的地方:如与毕业要求相关的指标点无论如何都不可能精确映射到课程教学内容及学生能力的形成上。因此,

教师设计考核项目时必须预先界定所对应的指标点,在审核批阅过程中要明确得分的分配情况,这对很多课程而言,几乎是不可能完成的任务。也有研究提到这方面的问题^[5],但并未给出具体可实施的替代方案。

2 课程达成度计算的定性化方法

考虑达成度体系的形成都是基于语义层层分解的,计算过程则是反向汇总,其中还包括很多定性数据,诸如学生竞赛获奖情况、访谈调研情况等,因此,采用具体的定量数据表示达成度显然难以令人信服。举例说,某毕业生在一指标点的达成度为 0.836,这种看似精确实则牵强的定量,显然没有在 A、B、C、D、E 5 个定性等级中达成 B 等级更有实际说服力,即定性化达成度具有更可信和可操作的实际意义,而整个达成度定性化体系的核心就是课程达成度的定性化。

课程达成度定性化运算体系主要包括指标点-课程对应矩阵的定性化、课程结束后教师针对指标点的定性化评价、学生自我定性评价、定性数据的运算以及最终达成度的定性化表述。

2.1 指标点-课程对应矩阵的定性化

在设计指标点-课程对应矩阵时,不再拘泥于具体的数字,而是采用定级分层的方法确定课程对指标点的支撑度。为便于论述,假设支撑度分为 n 级,由低到高分别记为 S_1, S_2, \dots, S_n 。

需要注意的是,不能习惯地将 n 个等级映射为定量的数值范围。假设 $n=10$,则“ $S_1[0,10), S_2[10,20), \dots, S_{10}[90,100]$ ”,并依此确定对应的指标点-课程对应矩阵,即由表 1 形成如表 2 的数据”是不正确的。

表 2 指标点-课程对应矩阵(错误定性)

课程	指标点 1.1	指标点 1.2	指标点 1.3	指标点 2.1	指标点 2.2	指标点 2.3	指标点 2.4	...
课程 1	S_4				S_3			
课程 2		S_3	S_6			S_5		
课程 3	S_2			S_3			S_3	
课程 4				S_4	S_4			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

事实上,定性的指标点-课程对应矩阵更应如表 3,且 S_1 和 S_{10} 是矩阵中最小和最大的两个支撑度。该矩阵的另一特点是某一指标点的课程支撑度之和不再为 1,基于前面的讨论这也是合理的。

表 3 指标点-课程对应矩阵(正确定性)

课程	指标点 1.1	指标点 1.2	指标点 1.3	指标点 2.1	指标点 2.2	指标点 2.3	指标点 2.4	...
课程 1	S_7				S_3			
课程 2		S_6	S_9			S_8		
课程 3	S_4			S_5			S_6	
课程 4				S_7	S_7			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

2.2 教师对指标点的定性评价及学生自我评价

课程结束后教师基于各种考核的综合分析,对教学班级不同指标点的达成情况进行定性评级。设 m 级由差至优分别为 G_1, G_2, \dots, G_m 。同时,学生进行自我评价,也给出相应指标点的定性掌握程度。

从工程教育认证要求的过程可追溯的机制出发,除了定性评级结果以外,教师还应该提供一份分析报告,说明所教班级各个指标点达成等级的依据。

2.3 达成度的定性运算规则

为方便以下描述,先明确一下支撑度和达成度的概念及关系:两者在定性计算体系中的取值类型一致,即 $S_i (i=1, 2, \dots, n)$;支撑度是课程对某一指标点的贡献值,达成度是课程结束后学生实际达到的程度。显然,达成度不可能大于支撑度,两者越接近说明达成效果越好。依照达成度计算过程定义定性方法的运算规则如下。

2.3.1 均值运算及按比例集成运算

均值运算主要用于求班级所有学生定性等级的平均值,该运算的约束条件为:参与运算的因子和运算结果均为评级数据。由于评级数据的下标表示评级的高低,因此可以直接基于下标进行十进制均值计算,再通过四舍五入得到一个整数,即为结果的等级下标值。

由此,定义均值运算为:设有 l 个等级数据记为 $G, G = \{G_{n_1}, G_{n_2}, \dots, G_{n_l}\}$, 则 G 的均值为 G_a , 其中 $a = \text{int}[(n_1 + n_2 + \dots + n_l)/l]$ 。如 $G = \{G_2, G_7, G_{11}, G_3, G_8, G_9\}$, $(2+7+11+3+8+9)/6 = 6.7$, 故 $a = 7$, 即均值为 G_7 。

按比例集成运算主要应用在班级学生评级均值与教师的评级值集成为最终评级的过程中,其算法与均值运算类似,只需用等级下标参与求解,不再赘述。

2.3.2 乘法运算

乘法运算主要应用于达成等级与支撑度相乘时以求得达成度,该运算的约束条件有:1)相乘的两个因子分别为师生评价等级数据和支撑度数据;2)运算结果为达成度;3)运算之后求得的达成度不大于被乘的支撑度;4)最高评价等级 G_m 对支撑度 100% 达成,评价等级降低会导致运算结果达成度减小;5)整个体系中的最大值为 $G_m \times S_n \rightarrow S_n$, 最小值为 $G_1 \times S_1 \rightarrow 0$, 后者表明没有任何达成。

由此,定义乘法运算为:结果达成度的下标为评价等级下标乘以支撑度下标再除以 m 后取整,如果结果达成度的下标值为 0, 则结果达成度记为 0, 其中 m 为定性评级等级个数。

假设支撑等级个数 $n = 10$, 评级等级个数 $m = 5$, 举例如下:

$$G_5 \times S_9 \rightarrow S_9, G_5 \times S_5 \rightarrow S_5, G_3 \times S_5 \rightarrow S_3, G_3 \times S_3 \rightarrow S_2, G_1 \times S_3 \rightarrow S_1, G_2 \times S_1 \rightarrow 0$$

2.3.3 加法运算

加法运算主要应用在一个指标点被多门课程支撑时,当已求得每门课程的达成度时,需要对它们求和得到该指标点的最终达成度。

为定义加法运算,先给出以下预定义。向量贡献值:对于一个 n 维的向量,若向量中的元素在一个指定范围中可以区分大小,则向量中某一元素 n 等分后的值记为该元素的向量贡献值,向量中所有元素的向量贡献值之和即为该向量的贡献值。下面举例说明求向量贡献值的过程:设有在 10 个等级下的某达成度向量 $\mathbf{M} = (S_3, S_5, S_1, 0, S_6)$, 由于下标已表明该元素在等级中的位置,元素 S_3 在该范围中的大小可以直接定义为 3, 又因为 \mathbf{M} 的维数是 5, 则该元素的向量贡献值应为 $3/5 = 0.6$ 。同理 \mathbf{M} 中各元素的向量贡献值分别为 $(0.6, 1, 0.2, 0, 1.2)$, 则 \mathbf{M} 的向量贡献值为 3。

设定性化的指标点-课程对应矩阵中的某一指标点下的所有支撑课程的支撑等级依序构成的集合为向量 \mathbf{G} , 所有支撑课程对应的达成等级构成一个向量 \mathbf{R} , 并设其向量贡献值分别为 V_g 和 V_r 。

加法运算的约束规则有:1)求和的对象是达成度;2)求和的结果也是达成度;3) V_r 不大于 V_g , 且数值越接近表明达成效果越好;4) V_r 与 V_g 的比例 d 即为达成度;5)为防止某一指标点的达成情况被 V_g 扁平化,需采用统一的达成等级表达,应将 d 映射到整个指标点-课程对应矩阵的支撑等级体系。

由此,定义加法运算为:基于向量 \mathbf{G}, \mathbf{R} , 先求出其贡献值 V_g, V_r , 则 $d = V_r/V_g$, 为将 d 映射到整个指标点-课程对应矩阵的支撑等级体系,需再构建一个维数与 \mathbf{G} 相同、所有元素皆为最高支撑等级的向量 \mathbf{D} , 求出其向量贡献值 V_d , 将 $d \times V_d$ 的数值经过四舍五入后得到整数 i , 则以 i 为下标的支撑等级 S_i 即为所求达成度。举例如下:

设在 10 个等级下的 $\mathbf{G} = (S_8, S_5, S_7, S_4, S_6, S_3)$, $\mathbf{R} = (S_7, S_5, S_5, S_4, S_4, S_3)$, $\mathbf{D} = (S_{10}, S_{10}, S_{10}, S_{10}, S_{10}, S_{10})$, 则 $V_g = (8+5+7+4+6+3)/6 = 5.5$, $V_r = (7+5+5+4+4+3)/6 = 4.7$, $V_d = 10$, 计算 $4.7/5.5 \times 10 = 8.5$, 取整为 9, 即该指标点的达成度为 S_9 , 相当好。

为进行比较,假设 \mathbf{G} 不变,课程达成等级变差, $\mathbf{R} = (S_4, S_4, S_4, S_3, S_2, S_3)$, $V_r = 3.3$, $3.3/5.5 \times 10 = 6.0$, 取整为 6, 即该指标点的达成度为 S_6 , 中等稍好。

3 课程达成度定性化运算的完整示例

完整的定性化达成度示例的计算过程如下。设有某指标点被 5 门课程支撑,定性化过程中支撑等级分为 10 级,由低到高分别为 S_1, S_2, \dots, S_{10} , 师生主观评价等级为 5 级,由差至优分别为 G_1, G_2, \dots, G_5 , 其

具体定性化数据如表 4 所示。

表 4 某指标点支撑度及 2 个班级达成情况的定性评价(师生分别)

课程	支撑度	教师给出的 1 班的达成等级	1 班学生自评的达成均值	教师给出的 2 班的达成等级	2 班学生自评的达成均值
课程 1	S_9	G_4	G_4	G_3	G_3
课程 2	S_5	G_3	G_4	G_2	G_4
课程 3	S_6	G_4	G_3	G_3	G_3
课程 4	S_3	G_4	G_3	G_1	G_2
课程 5	S_5	G_4	G_4	G_3	G_2

表 4 为 2 个班级某门课程的教师达成度评级和学生自评均值,假设专业规定最终达成评级时师生评级占比为 6 : 4,则 1 班的课程 1 在该指标点上的综合评级为 $(4 \times 0.6 + 4 \times 0.4) = 4$,其他课程以此类推,得表 5。

表 5 某指标点支撑度及 2 个班级达成情况的定性评价(综合)

课程	支撑度	1 班综合达成等级	2 班综合达成等级
课程 1	S_9	G_4	G_3
课程 2	S_5	G_3	G_3
课程 3	S_6	G_4	G_3
课程 4	S_3	G_4	G_1
课程 5	S_5	G_4	G_3

从表 4 和表 5 可以看出,当师生评级不一样时,由于规定教师评级所占权重较大,因此综合后的结果更偏向于教师的评级;当然如果师生评级差别很大,也会得到一个介于两者之间的评级。另外,无论是教师评级或学生自评,1 班的达成情况都好于 2 班。

下面对 2 个班分别进行达成度的定性化计算。

2 个班的 $D = (S_{10}, S_{10}, S_{10}, S_{10}, S_{10})$, $G = (S_9, S_5, S_6, S_3, S_5)$,都是一样的。因此, $V_d = 10$, $V_g = 5.6$ 。其中 1 班的 $R = (G_4 \times S_9, G_3 \times S_5, G_4 \times S_6, G_4 \times S_3, G_4 \times S_5)$,即 $R = (S_7, S_3, S_5, S_2, S_4)$,由此可知 1 班的 $V_r = 4.2$,由 $V_r/V_g \times V_d = 4.2/5.6 \times 10 = 7.5$,可知 1 班达成度为 S_8 ,良好。

2 班的 $R = (G_3 \times S_9, G_3 \times S_5, G_3 \times S_6, G_1 \times S_3, G_3 \times S_5)$,即 $R = (S_5, S_3, S_4, S_1, S_3)$,由此可知 2 班的 $V_r = 3.2$,由 $V_r/V_g \times V_d = 3.2/5.6 \times 10 = 5.7$,可知 2 班达成度为 S_6 ,一般。

4 结 语

本文提出了定性评价课程达成度的方案,给出了具体运算规则并通过示例验证其有效性,解决了工程教育专业认证过程中的核心问题。此定性化评价体系充分信赖教师的职业素养,大幅提升了教师的参与积极性,也可以结合学生的定性自我评价,从而落实“学生中心”的核心理念。

参考文献:

- [1] 中国工程教育专业认证协会. 工程教育专业认证标准[EB/OL]. (2017-12-03)[2020-09-01]. <http://ceea.org.cn/main!newsList4Top.w?menuID=01010702>
- [2] 徐玉,施晓秋. 基于毕业要求渐进达成评价的学生成长与发展跟踪反馈机制[J]. 高等工程教育研究,2019(5):68-75
- [3] 孙晶,张伟,任宗金,等. 工程教育专业认证毕业要求达成度的成果导向评价[J]. 清华大学教育研究,2017(8):117-124
- [4] 蔡述庭,李卫军,章云. 工程教育认证中毕业要求达成度的三维度评价实践[J]. 高等工程教育研究,2018(2):71-76
- [5] 聂仁仕,陈雄. 论工程教育专业认证课程达成度评价体系之缺陷——以西南石油大学为例[J]. 西南石油大学学报(社会科学版),2017(1):74-81

(责任编辑:湛 江)