

基于多源数据层次分析的数学课堂教学评价 ——以高等数学为例*

曾勋勋 陈 飞 吕书龙 薛美玉 朱玉灿 陈晓星
(福州大学 数学与计算机科学学院, 福建 福州 350116)

摘 要 高等学校数学公共基础课程的教学评价通常以督导组专家和学生评价为主,存在主观性强、成本高、难推广等局限性。文章结合数学类课程的学科特点和教学特点,利用互联网、移动终端和智能监控技术获取课堂教学的相关视频、音频、图像等多源数据,结合人工智能技术和层次分析法,构建基于多源数据分析的教学质量评价指标,克服传统评价方法中的主观随意性,提高评价效率,实现无人教学评价。

关键词 教学评价; 层次分析法; 人工智能; 数学公共基础课程

中图分类号 G642.475 文献标识码 A

Mathematics Classroom Teaching Evaluation Based on Analytic Hierarchy of Multisource Data —Taking Higher Mathematics as an Example

ZENG Xun-xun, CHEN Fei, LYU Shu-long, XUE Mei-yu, ZHU Yu-can, CHEN Xiao-xing
(College of Mathematics and Computer Science, Fuzhou University, Fuzhou, 350116, China)

Abstract: The teaching of mathematics public basic courses in universities is usually evaluated by undergraduates and the supervising commission of teaching experts, which has the limitations such as strong subjective, high-cost and difficult promotion. This paper combines the subject and teaching characteristics of the mathematics public basic courses to obtain the multi-source data of classroom teaching, such as video, audio, image and so on, by using the Internet, mobile terminal and intelligent monitoring technology. Based on the obtained multi-source data, the evaluation indexes of teaching quality are constructed by combing artificial intelligence and analytic hierarchy process. These indexes overcome the subjective randomness of the traditional evaluation methods, improve the efficiency of teaching evaluation and realize the unmanned teaching evaluation.

Key words: teaching evaluation; analytic hierarchy process; artificial intelligence; public basic courses of mathematics

* 收稿日期 2018-06-25
资助项目 福建省本科高校教育教学改革项目“融合工科人才培养理念的数学公共基础课集群化构建研究与探索”(项目编号: FBJG20170021); 福建省本科高校教育教学改革项目“数学公共基础课创新发展与精准服务的探索与实践”(项目编号: FBJG20180086); 2018年福州大学一流本科教学改革建设项目。
作者简介 曾勋勋(1981-)女,福建永春人,讲师,主要从事计算数学、图像处理与智能计算研究。

一、引言

高等学校数学公共基础课程通常包含高等数学、线性代数、概率论与数理统计等，是理工类、经济类专业学生必修的基础理论课程。该类课程课时多，受众面广，具有很强的抽象性、逻辑性和应用性等特点，与其他课程相比，教师讲授压力大，学生学习任务重^[1]，教学效果争议大。衡量数学公共基础课程的教学效果不能仅仅从期中、期末成绩的高低来判断，而应该落实到每一堂课。传统的以督导组专家主观经验为主的定性考核方式主观随意性较强。另外，作为学校公共课程，数学公共基础课覆盖面广，很多教师是同一时段上课，所以专家进课堂听课还存在分身乏术、成本高、效率低等问题。

课堂教学质量评价一直是研究热点^[2-3]。从教与学的角度出发，课堂教学是教师与学生的互动过程，学生评教和教师自评可以看做是课堂教学质量评价的重要途径^[4]。从评价主体的角度出发，质量评价应该包括教师课堂教学、学生课堂表现和探究效果检测的评价^[5]。从评价的运行模式来看，问卷调查和填表打分是主要手段，这种定性与定量相结合的方式可以降低主观随意性。

随着无线互联网和移动终端的快速发展，融合信息化智能技术的课堂教学质量评价，是值得探索和思考的问题^[6]。据中国移动互联网发展报告统计，高校智能手机的普及率达到 100%，绝大部分的本科院校都部署了校园无线网络系统，能够满足学生在校园内快捷方便地使用网络资源，智能手机已经开始融入课堂教学^[7]。另一方面，人工智能近年来得到快速发展^[8]，尤其是神经网络在视频、音频理解领域取得了很大的突破，其中人脸识别^[9]、语音识别^[10]都超过了人类的认知水平。同时随着网络带宽升级的加速和价格的降低，高清摄像头已经在大学课堂得到普及。以福州大学为例，已于 2017 年 2 月完成了教学楼西区多媒体教室的改造，包含了音频系统、影像系统、电脑设备、中控面板、LED 时钟的全新升级，教师的上课过程以及课堂情况

都可以实现自动录像。因此，移动互联网和智能技术足以为课堂教学质量评价提供新的解决方案^[11]。本研究通过互联网、移动终端和智能监控技术收集学生与教师课堂交互的视频、音频、图像等多源数据，结合现有人工智能技术给出课堂教学的主要评价指标，利用层次分析法构建课堂教学量化评价方法，以便为课堂教学质量评价提供一种新的思路。

二、多源数据获取与指标设计

(一) 多源数据获取

把无线互联网和智能技术引入课堂，将更加方便、快速、精确地实现师生的现场交互，有助于提高教与学的互动。以师生为课堂教学的主体，构建由教学平台、移动终端与智能技术等组成的线上线下、多方位课堂教学评价。

图 1 是信息化课堂教学中多源数据获取的示意图。教师可以通过讲台计算机或移动终端（平板）实现课堂提问、课件演示、教学讨论和问题互动。学生通过移动终端（手机、平板）登录教学平台，回答课堂问题和匿名提问，并现场给教师打分，教学平台将自动统计与分析师生问答情况。利用面向讲台的摄像机和录音设备，记录教师授课的视频和音频数据，同时利用面向学生的摄像机记录学生上课时的学习情况。最后学生完成与该节课相关的网上习题，教学平台将自动统计学生的作业完成情况。教学平台能够收集到关于课堂教学的视频、音频、图片、文本等多源异构数据。

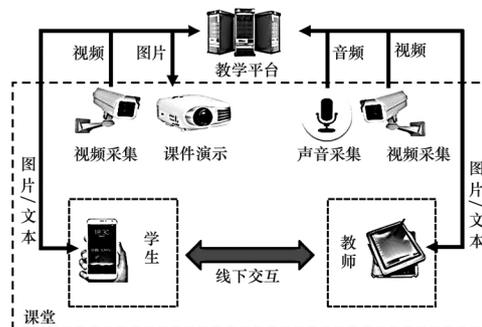


图 1 信息化课堂教学中多源数据获取的示意图

(二) 指标设计

为了得到数学公共基础课程课堂教学的主要评价指标,以高等数学为例,邀请了5名具有丰富教学经验的专家教师一起讨论主要指标、计算公式和等级标准。根据数据的来源,可以分为:课堂视频、课堂音频、课堂移动终端交互数据和互联网题库数据。

1. 课堂视频

通过多角度摄像机采集视频(面向讲台、教室全景等),可以记录教师和学生上课的全过程。以福州大学为例,面向讲台的摄像机可以记录教师上课的情景,包括教师行为举止、面部表情、板书情况、课件演示等。面向教室全景的摄像头可以记录学生的课堂学习情况,包括学生的个体行为和群体行为。为了从视频数据中反映师生的交互情况,结合现有的视频处理技术,选出4个指标:教师活动率、板书频率、讲台关注度和学生出勤率。

教师活动率在这里指平均每分钟教师面向学生时身体位置变化次数。该指标能够刻画教师课堂活动的范围,可以识别教师是否坐着上课(如无特殊情况,教师站着上课与学生的互动效果更好)。活动率越高体现教师上课越活跃。

板书频率是指板书时长与课堂时长之比。板书对于高等数学课堂是非常必要的。板书频率高通常体现出教师备课充分,且上课精力集中,有利于引导和启发学生思考。

讲台关注度指在教师讲话期间每分钟每位学生关注讲台的平均次数。讲台关注度越高说明学生听课注意力越集中。学生出勤率指学生出勤人数与学生总数之比。该指标与课程受欢迎程度正相关。

2. 课堂录音

课堂录音主要针对讲台录音,记录教师的授课声音与学生回答问题情况。结合现有的语音识别技术,能够对语音进行分词与归类,判断教师语言是否围绕主题,重复语言是否过多,语速是否过快,是否有问答情况等。从音频数据中反映的师生交互情况,结合课件选出4个指标:围绕主题、语句重复率、授课语速和线下答题率。

围绕主题指教学大纲中本节课每个知识点的词汇及其相近词汇在教师语音(次数/分钟)和课件(次数/页)中出现的总频率。数学类课程具有较固定的专业术语,其出现频率达到设定的阈值,说明教师授课围绕教学大纲。

语句重复率统计教师平均每分钟授课语句重复的次数,其中语句重复指存在与之前语句重复的句子(连续8个汉字以上)。一般情况下,重复率高是教师口头语多、普通话不标准的一种反映。

授课语速指教师每分钟念多少个汉字。语速偏快或者偏慢都会在一定程度上影响学生的听课效果。

线下答题率是指在课堂上教师提问与学生回答的总次数,这里包括学生群体和个体回答。线下答题率与师生互动频率正相关。

3. 课堂移动终端交互数据

课堂教学是一个教与学的互动过程,教学互动情况可以反映出学生学习的兴趣与热情,学生参与课堂的积极性。学生可以利用移动终端在课堂上与教师实时互动,回答教师课堂上提出的问题,也可以在网上匿名向教师提出问题和给教师课堂教学评价。这部分的交互数据通常包括图片与文本信息。线上答题的优势是教师可以精确收集到所有学生答题的情况,及时解答学生学习存在的问题。选出2个主要指标:线上问答率和学生满意度。

线上问答率指每个学生利用移动终端在线上问答的平均次数。学生满意度指学生利用移动终端在课堂上给教师满意度打分的平均值,分值大小反映了教师受欢迎的程度。

4. 互联网题库数据

建立课堂题库是考查学生对课堂内容掌握情况的一种有效方法。教师将每次课堂的知识点分层分解,建立对应知识点的基础题库和多个知识点的综合题库,同时将这些知识点进行提升,建立扩展题库。基础题和综合题可以考查学生对知识点的掌握情况和对多个知识的综合分析能力。扩展题目可以考核学生掌握内容的深度情况,反映学生解决问题、举一反三的能力。选出

3 个主要指标: 基础题库的平均成绩、综合题库的平均成绩和扩展题库的平均成绩。

(三) 指标分析

在评价指标中, 体现教师表现的指标最难定量。为了验证所提评价指标的有效性, 选取 2018 年第四届全国高校青年教师教学竞赛中关于高等数学的 8 个教学视频做统计分析。这 8 个视频由来自不同省份的 8 位青年教师讲授, 教学内容基本不同, 教学设计、教学思路也不同。

从表 1 数据可以看出, 所提出的相关评价指标有一定的波动, 其中教师活动率、围绕主题和语速波动范围较小, 而板书频率相对较大。该统计数据为指标的评分提供了依据, 从变异系数看, 设置合理的波动范围, 可以降低不同的教师、不同的教学设计对指标的影响。

表 1 8 个高等数学教学视频的数据统计

教学内容	教师活动率	板书频率	围绕主题	语速 (百字/分钟)
1. 定积分的概念	5.5	0.21	9.10	2.0
2. 多元函数的极值	3.5	0.11	11.30	1.9
3. 函数的微分	2.9	0.24	11.10	1.7
4. 高斯公式	4.6	0.21	6.96	1.8
5. 曲率	6.1	0.15	10.50	2.1
6. 二重积分的概念	5.9	0.05	10.10	1.9
7. 曲率	5.8	0.10	7.55	2.0
8. 导数的定义	5.4	0.05	7.43	2.1
平均值	4.96	0.14	9.26	1.94
标准差	1.19	0.07	1.75	0.14
变异系数	0.24	0.53	0.19	0.07

三、基于多源数据的层次分析评价模型

科学地评价课堂教学的实施效果, 需要建立符合信息化教学理念的评价指标体系。为了避免主观因素影响, 笔者以教师课堂表现、学生课堂表现和课堂反馈为评价主体, 提出一个结合多源数据分析和层次分析法的教学质量评价模型。

(一) 层次分析模型

层次分析法是美国运筹学教授 T. L. Satty 提出的一种简便而又实用的多准则决策方法^{[12]18}。在多源数据分析的基础上, 层次分析法应用于高等数学课堂教学评价中的步骤如下:

(1) 根据高等数学课堂教学评价的性质, 把问题分解为 4 个层次, 最上层的课堂教学评价作为目标层, 准则层为课堂上教师表现、学生表现和课堂反馈, 指标层包含多源数据分析的 13 个指标, 将待评价的课堂教学作为方案层, 见图 2。(2) 构造两两比较判断矩阵, 确定各项具体指标在综合评价中的相对权重。根据层次分析法计算原理, 为得到两两比较矩阵, 对指标体系按

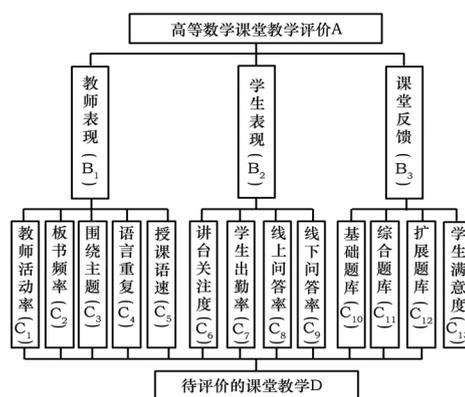


图 2 评价课堂教学质量的层次结构

1~9 权重进行成对打分。构造出若干个两两比较判断矩阵, 确定各项具体指标在综合评价中的相对权重, 并进行一致性检验。其中 C. R. 为随机一致性指标, 这个指标越大矩阵的不一致程度越严重, 通常 C. R. 值 < 0.1 时, 可以认为矩阵的不一致程度在容许范围内^{[12]18}。从表 2~表 5 可以看出, C. R. 值均 < 0.1, 因此由 5 名专家讨论后所构造的判断矩阵全部通过一致性检验。(3) 将指标层对准则层的权重及准则层对目标层的权重进行综合, 最终确定指标层对目标层的权重 (见表 6)。把人的主观判断用数量形式进行表达和处理, 将教学过程量化, 得到的结果更为客观和精确。(4) 通过对课堂视频、音频等多源数据进行智能计算, 得到指标层的各项等级分数, 将各个等级分值乘以各指标在综合评价中的总权重并求和, 即为这节高等数学课堂教学评价的分

值。

表2 准则层对目标层A的判断矩阵(C.R.=0.046)

A	B ₁	B ₂	B ₃	W
B ₁	1	1/2	2	0.311
B ₂	2	1	2	0.493
B ₃	1/2	1/2	1	0.196

表3 指标层对准则层B₁的判断矩阵(C.R.=0.086)

B ₁	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	W
C ₁	1	2	1/3	2	3	0.213
C ₂	1/2	1	1/4	2	5	0.169
C ₃	3	4	1	5	3	0.455
C ₄	1/2	1/2	1/5	1	1/2	0.077
C ₅	1/3	1/5	1/3	2	1	0.086

表4 指标层对准则层B₂的判断矩阵(C.R.=0.006)

B ₂	C ₆	C ₇	C ₈	C ₉	W
C ₆	1	5	4	3	0.555
C ₇	1/5	1	1	1/2	0.112
C ₈	1/4	1	1	1/2	0.119
C ₉	1/3	2	2	1	0.214

表5 指标层对准则层B₃的判断矩阵(C.R.=0.017)

B ₃	C ₁₀	C ₁₁	C ₁₂	C ₁₃	W
C ₁₀	1	2	3	1	0.359
C ₁₁	1/2	1	2	1/2	0.193
C ₁₂	1/3	1/2	1	1/2	0.123
C ₁₃	1	2	2	1	0.325

表6 高等数学课堂教学评价各层次指标权重和排序

目标层	准则层	准则层权重	指标层	指标层权重	总权重	总排序
-----	-----	-------	-----	-------	-----	-----

高等数学课堂教学评价A	教师课堂表现B ₁	0.311	教师活动率C ₁	0.213	0.0662	5
			板书频率C ₂	0.169	0.0526	9
			围绕主题C ₃	0.455	0.1415	2
			语句重复率C ₄	0.077	0.0239	13
			授课语速C ₅	0.086	0.0267	11
	学生课堂表现B ₂	0.493	讲台关注度C ₆	0.555	0.2736	1
			学生出勤率C ₇	0.112	0.0552	8
			线上答题率C ₈	0.119	0.0587	7
			线下答题率C ₉	0.214	0.1055	3
	课堂反馈B ₃	0.196	基础题库C ₁₀	0.359	0.0704	4
			综合题库C ₁₁	0.193	0.0378	10
			扩展题库C ₁₂	0.123	0.0241	12
			学生满意度C ₁₃	0.325	0.0637	6

(二) 模型分析

传统教学评价模式通常以填表的方式对教师表现和学生满意度做出评价结论，这些数据比较主观和抽象，很难衡量出数学公共基础课程课堂教学的效果。本研究依据数学类课程的特点，以知识点为基础单元，构建分层课堂教学内容，包含基础、综合和扩展三个部分，在合理评定学生知识和能力的同时，利用信息化技术，给出了课堂教学的评价指标及其量化方法，并构建了基于层次分析法的评价模型。

从评价结果看，在师生互动过程中，该模型更侧重学生在课堂教学中的地位(占49.3%)；在“学生表现”指标中，学生“讲台关注度”最能体现课堂效果(占55.5%)；在教师表现中，“围绕主题”占45.5%，说明模型更侧重教师教学内容。从表6中的指标总权重可以看出，学生“讲台关注度”在数学公共基础课程课堂教学评价指标体系中占有绝对的重要性(占27.36%)，这一结果也是符合客观事实的，因为如果课堂上学生不关注教师的课堂活动，教学效果显然不好。在课堂教学效果中，评价指标更关注客观的数据分析，如“围绕主题”“线下答题率”和“基础题库”，而“学生满意度”在教学效果评价体系中的地位并没有传统方式那么突出。同时可以看出，教师的语速和语句重复率并不是主要影响因素。

从应用推广看，利用基于多源数据层次分析的教学评价模型还可以统计出一个学校一学期每

一门课程的教学评价,从而分析出该门课程的教学情况,可以实现同类课程间的横向比较。该模型也可以统计每个教师一学期所有讲授课程的教学评价,实现同个教师在同个阶段所授不同课程的教学情况的纵向比较,帮助教师不断提升自身授课水平、改进教学效果。

总之,该模型以视频、音频等多源数据为基础,利用信息化智能技术,提取课堂教学质量的主要评价指标及其相关的统计数据。整个评价步骤明确、规则简单,指标量化和数据处理部分全部由计算机软件实现,大大降低教学评价成本,无需督导组专家现场评价,也使得评价结果更加客观。当然,这种方法也存在局限性,比如很难刻画教师的教学思路、教学方案设计等。一种有效的解决途径是通过本文的模型作为基础教学评价,针对分值较低和较高的课程,再结合督导组专家现场评价,通过定量与定性结合,使得教学评价更合理。

四、结束语

本文从智能技术观点,结合高等数学的特点,给出了数学公共基础课程课堂教学评价的基本指标,这些指标覆盖了课堂教学互动、学生知识掌握情况以及教师课堂表现。从量化考核观点,结合视频理解、语音识别、人脸检测等智能技术,给出了各个基本指标的等级标准。这些等级标准涉及了课堂上可以获取的视频、音频、图片与文本等多源异构数据。为了综合分析各指标因素对教学质量的影响,运用层次分析法量化权重构建数学公共基础课程课堂教学质量评价模

型,大大降低了教学督导的工作量,也在一定程度上实现了教学评价的公平性、客观性。

参考文献:

- [1]尤慧,朱文芳.我国高等数学教学现状的研究述评[J].高等理科教育,2017,133(3):91-95.
- [2]高宏.课堂教学评价的科学化探析[J].高等理科教育,2008,78(2):111-114.
- [3]薛辉,徐文彬.近20年来我国教学评价研究的知识图谱[J].高等理科教育,2018,140(4):1-8.
- [4]陈富,杨晓丽.论大学生评教现实困境及破解之策:基于双重评教模式的合理性与优越性[J].高等理科教育,2017,131(1):34-49.
- [5]邱文教,赵光,雷威.基于层次分析法的高校探究式课堂教学评价指标体系构建[J].高等工程教育研究,2016(6):138-143.
- [6]张磊.基于翻转学习的高等数学课程教学模式探究[J].高等理科教育,2017,135(5):87-94.
- [7]苏佩尧.微信公众平台支持下混合式学习活动探讨[J].实验技术与管理,2015,32(6):177-180.
- [8]李悦,苏成,贾佳,等.基于科学计量的世界人工智能领域发展状况分析[J].计算机科学,2017(12):183-187.
- [9]严严,陈日伟,王菡子.基于深度学习的人脸分析研究进展[J].厦门大学学报(自然科学版),2017(1):13-24.
- [10]戴礼荣,张仕良,黄智颖.基于深度学习的语音识别技术现状与展望[J].数据采集与处理,2017(2):221-231.
- [11]邵振峰,蔡家骏,王中元,等.面向智能监控摄像头的监控视频大数据分析处理[J].电子与信息学报,2017,39(5):1116-1122.
- [12]王莲芬,许树柏.层次分析法引论[M].北京:中国人民大学出版社,1990:18.

(责任编辑 李世萍)