

Design of Classroom Intelligent Feedback System Based on Deep Learning

Gong Yayun^{1,a}, Tang Xiaoyu^{1,b*}

¹School of Physics and Telecommunication Engineering, Key Laboratory of Brain, Cognition and Education Sciences, Ministry of Education, National Demonstration Center for Experimental Physics Education, South China Normal University, Guangzhou, Guangdong, China

^a 765388817@qq.com

^{b*} tangxy@scnu.edu.cn

ABSTRACT

With the advancement of education informatization, artificial intelligence technology has injected new vitality to improve teaching quality. Under the current traditional classroom pattern, teachers pay more attention to students' knowledge mastery level, academic performance and other cognitive achievements instead of learning emotional state, which is not conducive to stimulate students' learning motivation and improve teaching efficiency fundamentally. In this regard, this paper puts forward the classroom intelligent feedback system based on deep learning. Artificial intelligence technology is used to calculate and analyze students' facial expression and behavior posture, and combined with the analysis of teaching evaluation model, teachers are able to get feedback from the students' classroom learning status in real time, which provides a feasible solution for the fine-grained process evaluation.

Keywords: educational informatization, deep learning, classroom status, sentiment analysis

基于深度学习的课堂智能反馈系统设计

龚雅云^{1, a} 唐小煜^{1, b*}

¹华南师范大学物理与电信工程学院, 脑认知与教育科学教育部重点实验室, 物理国家级实验教学示范中心, 广州, 广东, 中国

^a 765388817@qq.com

^{b*} tangxy@scnu.edu.cn

摘要

随着教育信息化进程的推进, 人工智能技术为教学质量的提升注入了新的活力。传统的课堂模式下, 教师多关注学生的知识掌握水平、学业成绩等认知成果, 而忽视了对学生学习情感状态的关注, 不利于激发学生的学习动机以从根本上提高教学效能。对此, 本文提出了基于深度学习的课堂智能反馈系统, 通过人工智能技术对学生的面部表情、行为姿态样本进行计算分析, 并结合教学评价模型分析将学生的课堂学习状态实时反馈给教师, 为实现细粒度的过程性评价提供可行方案。

关键词: 教育信息化; 深度学习; 课堂状态; 情感分析

1. 前言

随着信息技术的飞速发展, 在教学中融入信息技术是未来教育发展的创新前沿。国务院最新印发的《中国教育现代化 2035》中明确指出要加快信息

化时代教育变革, 利用现代技术实现规模化教育与个性化培养的有机结合。一系列智慧课堂产品极大改变了传统教育的模式, 对教学领域产生变革性的影响, 智能化是当前教育发展的趋势。同时, 教育改革也越来越重视课堂质量的提升。教育部印发了

《关于深化教育教学改革全面提高义务教育质量的意见》，明确了要强化课堂主阵地的作用，切实提高课堂的教学质量。课堂是学生学习活动的主要场所，从学生的课堂学习情况入手，更有利于教师及时发现学生的学习问题并调整教学，保证课堂有效开展，从根本上提升教学质量。

传统课堂教学缺乏量化的分析手段，无法及时发现从“教”转换到“学”的过程中存在的问题。课堂上对学生状态的即时评价不仅能够实时掌握学生的课堂状态，还为教师对学生个性化辅导提供了重要依据。在实际的课堂教学实践中，课堂即时评价的作用常常被弱化甚至忽略，达不到其应有的评价效果^[1]。

基于上述背景，本文提出了利用人工智能技术来探测学生课堂学习状态的评价方法，并基于深度学习设计了一套课堂智能反馈系统，为促进学生个性化成长、提高课堂效能提供一条新的探索之路。

2. 教学评价研究现状

2.1 教学评价的发展趋势

新课标理念提出教学评价不仅仅是一种考核学生和教师的方式，更重要的是一种引导和促进教师和学生能力不断提升的关键途径。为提高教学评价的有效性，教育改革在教学评价方面也出现了较大的变化，主要有以下几个方面：评价方式上，教学更注重对学生进行形成性评价，重视其日常学习过程的努力。评价内容上，教学评价更关注学生的学习体验。学生的情感、态度等非智力因素从学习动机、状态的角度影响着知识的构建，学习情况可通过学习兴趣、参与投入程度等情感表现出来。有效的课堂中，学生应当是兴趣浓郁、精神饱满、思维活跃、互动积极的^[2]，学生课堂学习状态应作为评价的关注重点。评价功能上，教学评价应充分发挥其反馈课堂效果、引导调整教学的作用，实现师生共同发展的效果。评价效果上，教学评价应具有及时性。当前阶段性、总结性的评价结果反馈与其对应的教学活动存在较大的滞后，且评价角度单一，直接影响了评价的效果与干预的时效性。寻求能够实时、高效反馈的评价方法成为当前课堂评价亟待解决的问题。

2.2 课堂评价工具的研究现状

课堂教学是一种信息交往与传播过程，目前的课堂教学评估大多基于学生的面部情感进行识别。在国内，^[3]陈盛等采用 Gabor 小波变换和 MLP 情绪分类器方法识别学生的课堂情感，并分析情绪波动曲线得出学生的上课效率；^[4]梁利亭则利用卷积神经网络对人脸进行特征提取，使用朴素贝叶斯分类

器对人脸特征进行分类，结合表情分类结果建立课堂表情评分机制。在国外，^[5]加拿大软件公司 Nural Logix 已开发了一种用以检测隐藏情感的透皮光学成像(Transdermal Optical Imaging)专利技术，基于学生的学习能力和方式，通过分辨学生的表情来自动调整适合的学习内容和环境，使老师能够提供高度个性化的内容来激发学生的学习兴趣以提高课堂教学质量。

综上所述，学生课堂学习状态是当前教学评价的重点，其不仅反映在面部表情中，还体现在行为姿态上。目前的研究者们很少关注学生的课堂姿态，融合学生面部情感与姿态特征的评分方案目前还没统一定论。本系统采用数学建模思想，运用 PAD 三维情感模型构建基于面部表情和姿态特征的学生课堂投入度公式用于评价学生课堂状态。

3. 课堂智能反馈系统的构建

3.1 系统功能

心理学研究表明，学生在学习时的快乐、兴奋、满足等积极状态能够促进学习兴趣、动机及认知活动的发展，学习效率大大提升；而困惑、烦躁、厌恶等消极情绪则会导致智能发展下降且学习效率低^[6]。在课堂中关注学生的情绪变化，使其尽量保持积极正向的情绪，有助于提高教学效果。完整的课堂活动是由全体学生的课堂行为组成的，学生外显的面部表情与动作姿态是教师察觉学生课堂情感、投入状态的主要依据。

基于深度学习的课堂教学智能反馈系统是应用于课堂环境中对学生课堂学习状态进行监测并实时反馈的智能教学管理辅助系统。通过面部表情识别与姿态识别技术对全体学生的课堂情感状态、学习行为跟踪记录，实现教学过程多维度的评价，对促进教学效率的提升有着重要价值。该系统通过记录学生课堂状态的变化，不仅使得教师能够根据学生的不同状态及时调整课堂进度与授课方法，缓解学生的不良学习情绪，还能让教师充分了解每个学生的行为特征、学习习惯等，便于提供个性化的学习支持。除此之外，学生的学习状态也可以直接反映出教师的授课质量，将课堂教学设计的关键活动环节与系统在课堂对应时间内反馈出的学生参与度与投入度联系起来，可用于评价教师教学设计效果，从而促进其有针对性地改进教学环节，更直接、有效地反馈教师的教学效果。

3.2 系统组织架构

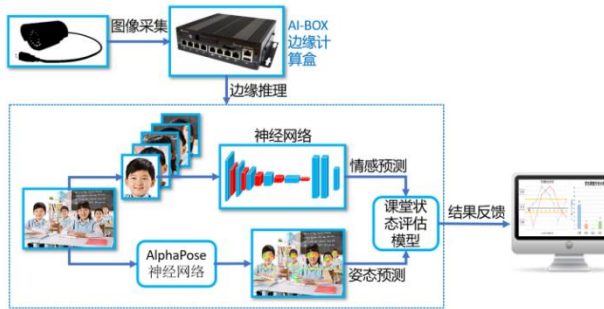


图 1 系统组织架构图

本系统的组织架构如图 1 所示，主要由摄像头模块、推理分析模块和显示模块组成。教室中配备的高清数字摄像头用于采集课堂各个阶段学生的面部表情、行为姿态信息等，流用于后续的模式推理；以 AI-Box 为核心部件的边缘推理模块对所收集的图片进行预测推理，其中包括情感预测模型及姿态预测模型两大模型，面部表情所得的各类情感投射到 PAD 三维情感模型中，可计算出学生个体以及班级整体的课堂情感状态；而对各姿势类别进行分析归类能够反映出学生的课堂参与状态。课堂情感状态和参与状态共同构成了课堂教学评估模型的主要分析指标，经加权计算后输出的学生课堂投入度将以变化曲线、投入值等统计方式呈现于显示终端上以供教师实时查看，同时也可传输至云端及通信接口，以辅助教学管理及学生档案生成。

4. 课堂智能反馈系统的实现

4.1 情感分析模型设计

情感分析模型包括人脸数据预处理、网络的训练以及利用网络预测情感三部分，首先采用 VGG16 作为模型的骨干网络将面部图像抽象为含有情感信息的特征向量。VGG(Visual Geometry Group)是以 Alex-Net 网络为基础改进得到的，其包含 16 层，其中 13 个为卷积层，3 个全连接层，对复杂函数有很强的拟合能力。整个网络只使用 3*3 的卷积核和 2*2 的池化核，网络结构如图 2 所示：

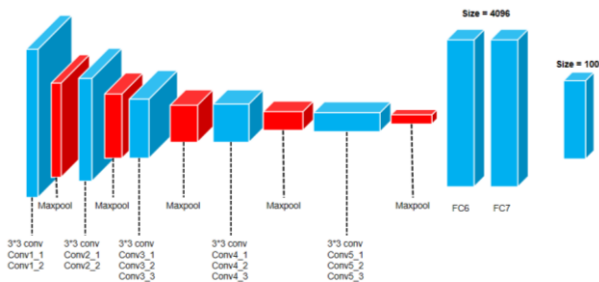


图 2 VGG16 网络结构图

为实现更好的预测效果，模型骨干采用 VGG-16，激活函数采用 ReLU，最后一层全连接的激活函数采用线性激活(Linear)。为防止过拟合，增加模型泛化能力，在网络添加 Dropout 机制，即在网络的训练期间根据一定的概率将神经元暂时从网络中失活，并引入了提前停止的机制。当性能达到最佳预测并且损失区域稳定时，模型将被保存。

预测得到的面部表情情感标签要量化成课堂评价指标，需通过 PAD 三维情感模型将情感借由愉悦度、激活度和优势度三个维度来描述^[7]。在表情识别领域，研究者们主要将人类的表情分为高兴、愤怒、厌恶、恐惧、悲伤、惊讶及中立七种基本表情，它们在 PAD 三个维度上的权重值不同，将各个情感标签输入 PAD 模型进行投影，并根据基本表情的各维权重值表^[8]计算可得到愉悦度、激活度和优势度的情感得分。训练部分则通过训练数据集提取和筛选面部情感特征，以此构建情感预测模型。

4.2 姿态识别模型设计

课堂上常见姿态有听讲、举手、起立、看书、趴桌子、玩手机，应用 AlphaPose+YOLO 姿态估计模型对以上 6 种姿态的识别与分析。AlphaPose 模型是 RMPE 模型的改进版，采用自顶向下方法，用 SSD-512 检测人+stacked hourglass 姿态估计^[9]。目前该模型得到了在 MPII 数据集上最高的 mAP(平均的平均精度)值，由三部分组成：SSTN (Symmetric Spatial Transformer Network) 对称空间变换网络用于在不准确的 bounding box 中提取单人区域；PP-NMS (Parametric Pose Non-Maximum-Suppression) 参数化姿态非最大抑制用于解决冗余；PGPG (Pose-Guided Proposals Generator) 姿态引导区域框生成器用于增强训练数据。

姿态识别模型首先通过目标检测算法，得到人体的区域框，将其输入到 STN+SPPE 模块中以自动检测人体姿态，最后通过 PP-NMS 进行姿态提取。在训练过程中，使用 Parallel SPPE 来避免局部最优并进一步提升 SSTN 的效果，并设计 PGPG 结构来增强已有的训练集。

单纯依靠人体姿态检测模型进行姿态识别容易出错，如看书和玩手机姿态十分相似，可结合目标检测辅助姿态特征进行判断。该系统结合 YOLO 辅助姿态识别，YOLO 核心思想是将目标检测看作单一的回归问题，直接在输出层回归边界框坐标和所属类别。设计判断策略如下：先识别是否有手机，若有，则进一步定位到手部，结合相关关节的位置信息，以这些关节点为中心生成边长为 R 的正方形框，最后计算这几个方形框与利用 YOLO 算法检测出的矩形框的交并比，若大于 0，则说明手机与这些关键区域有重叠，判断为玩手机状态。通过类似方法便可实现对学生不同姿态的识别。



图3 识别效果图

4.3 课堂教学评估模型设计

学生的课堂投入度主要由其愉悦度、激活度和优势度体现，但三个维度对学生整体课堂投入度的贡献值会随科目、课堂形式等变化而有所差异。 w_p 、 w_a 、 w_d 分别为 PAD 三维情感空间中对应维度的权重值， k 为情感类别数， P_i 为每类情感的概率，则综合三个维度的整体投入度公式可表示为：

$$I = \alpha \sum_k^i W_p P_i + \beta \sum_k^i W_a P_i + \delta \sum_k^i W_d P_i \quad (1)$$

其中 $\sum_k^i W_p P_i$ 、 $\sum_k^i W_a P_i$ 、 $\sum_k^i W_d P_i$ 分别表示学生课堂上的愉悦投入度、激活投入度和优势投入度， α 、 β 、 δ 分别为三种投入度所占的权重，上述投入度作为学生学习状态的参数在一定程度上能反映课堂教学效果。

此外，学生上课姿态也一定程度反映其课堂状态，如抬头、举手、看书等能够体现学生的参与积极程度，因此在上述整体投入度计算的基础上引入姿态评估得分，姿态权重用 W_s 表示，参照投入度公式可得姿态反映的参与投入度为 $\sum_k^i W_s G_i$ 。最终投入度公式修正如下：

$$I = \alpha \sum_k^i W_p P_i + \beta \sum_k^i W_a P_i + \delta \sum_k^i W_d P_i + \sigma \sum_k^i W_s G_i \quad (2)$$

利用投入度公式计算多个课堂关键节点学生的投入度情况，并用各节点学生的课堂投入度计算出每位学生在整堂课中的平均投入状态 (ave1)，用于评估学生个体的课堂投入度，进而评价课堂对个别学生的教学效果；综合所有学生的个体投入度可计算全体学生的学习状态 (ave2)，用于评估课堂教学的整体效果。投入度计算由公式 (3) (4) 所示，其中 k 表示学生个数， n 表示课堂中截获的图片数量，由此构建课堂状态评估模型。

$$ave1 = \frac{\sum_{n=1}^{j-1} I_j}{n} \quad (3)$$

$$ave2 = \frac{\sum_{n \times k}^j I_j}{n} \quad (4)$$

5. 系统模型实验分析

为验证课堂智能反馈系统的可行性，研究者在佛山某小学的一节科学课上采集了一个小组 4 名学生的表情与姿态样本，运用该系统进行分析计算，并对小学科学课堂评价指标体系中的学生学习状态进行评分（如表 1 所示），该体系制定依据主要来源于现有的情感计算理论和教育专家的意见，权重由多位一线教研员、高校教师和科学教师商讨修改而成。

表1 小学科学课堂学生学习状态评价指标

一级指标	二级指标	三级指标	权重
学生学习状态	学生情绪状态	面部表情	0.221
		动作表情	0.153
	学生参与状态	抬头听课情况	0.139
		举手交流情况	0.487

课堂视频时长为 40 分钟，每 5 分钟确定一个数据采集时间节点，系统共获得 4 名学生在关键时刻的面部表情、姿态信息，通过模型计算评出的学生学习状态分数与一线科学教师运用结构化观察法所评分数相互交叉验证，学习状态指标评分以百分制加权换算后所得结果如表 2 所示：

表2 两种评分方式的学生课堂状态评分对比表

评分对象	学生 1	学生 2	学生 3	学生 4	小组整体
教师评分	98	86	70	92	90
系统评分	96	82	78	88	86

由表可看出，不同学生在同一课堂的学习状态有所差异，这可能与学生个体的心理状态、学习习惯等因素有关，这些分数差异能让教师快速筛选出可能存在学习困难的学生，为后续有针对性地进行个性化辅导提供参考依据。但从同一学生的评分结果来看，教师与课堂智能反馈系统评出的分数基本相似，二者之间的相互印证表明，基于深度学习的课堂智能反馈系统具有较高的准确度与课堂实践可行性。

6. 结论

本文提出了一种基于深度学习的课堂智能反馈系统设计新思路，创新性地将行为姿态的识别结果与面部表情信息进行决策级融合的手段进行学生状态的综合评分。针对小学科学课堂的真实视频，分别采用传统教师课堂评价与智能反馈系统评估的方式对学生的课堂学习状态进行评分，初步验

证了该系统应用于课堂的准确性与可行性。

这一系统设计相比起传统教师评价更客观、更细粒度地实现对每位学生的状态评估，且不受人力资源的限制。在后续教学实践中，该设计不仅能高效落实到每一堂课中实现学生长期的过程性评价，还能及时反馈出教学设计、课堂活动与学生状态之间的变化关系，从课堂状态效果的角度探索提高教学效能的教学方法。

项目基金

本文为广州市高校创新创业教育项目（2019HD206）、教育部高校思想政治工作精品项目（华南师范大学）的阶段性成果之一。

REFERENCES

- [1] Wang, X.M. (2019) A immediate evaluation study of classrooms pointing to deep learning [D]. Southwest University.
- [2] Wang, B.J. (2020) Evaluation Dimension of Students' Effective Classroom Learning Status in Physics [J]. *Journal of Teaching and Management*, 04:70-72.
- [3] Chen, S., Dai, J.B., Gao, X., Yan, Y.Z., Wang, Q. (2019) Classroom Teaching Research Based on Students' Emotional Dynamic Recognition [J]. *The Chinese Journal of ICT in Education*, 13:33-36.
- [4] Liang, L.T. (2020) Application of Face Detection and Facial Expression Recognition in Classroom Teaching Evaluation [J]. *Journal of Jincheng Institute of Technology*, 13(02):40-44.
- [5] Wei, J., Luo, H., Wu, S.J., Zheng, P., Fu, G.Y., Lee, K. (2018) Transdermal Optical Imaging Reveal Basal Stress via Heart Rate Variability Analysis: A Novel Methodology Comparable to Electrocardiography [J]. *Frontiers in Psychology*, 9:98.
- [6] Sun, B., Liu, Y.N., Chen, J.B., Luo, J.H., Zhang, D. (2015) Emotion Analysis Based on Facial Expression Recognition in Smart Learning Environment [J]. *Modern Distance Education Research*, (02):96-103.
- [7] Mehrabian, A. (1995) Framework for a Comprehensive Description and Measurement of Emotional States [J]. *Genetic, Social & General Psychology Monographs*, 121(3):339-361.
- [8] Mehrabian, A. (1995) Framework for a Comprehensive Description and Measurement of Emotional States [J]. *Genetic, Social & General Psychology Monographs*, 121(3):339-361.
- [9] Newell, A., Yang, K., Deng, J. (2016) Stacked Hourglass Networks for Human Pose Estimation [J] In: *European Conference on Computer Vision*. Amsterdam. pp. 483-499.