

基于 5G 技术的教育信息化应用研究

卢向群¹, 孙禹²

(1. 北京邮电大学计算机学院, 北京 100876; 2. 中国电信集团有限公司 5G 创新中心, 北京 100033)

摘要: 教育信息化日益普及, 智慧学习空间不断出现, 学生对学习内容的个性化、便捷化、多样化需求也日益凸显, 而第五代移动通信 (5G) 技术以其大带宽、超高可靠、超低时延、大规模物联等特征, 将成为教育网络甚至教育现代化建设的使能技术。本文重点探索 5G 技术的教育信息化应用, 在梳理教育信息化主要特征的基础上, 分析了我国教育网络面临的技术挑战, 从教学、教研、教育管理三方面着手, 论证提出相应的 5G 应用场景, 形成 5G 教育信息化总体视图。面向 2035 年, 5G 的技术普及与应用拓展, 将不断丰富教育场景的内涵, 推动教育场景的变革, 成为我国教育信息化创新的原生动力。

关键词: 教育; 信息技术; 教育信息化; 5G 技术; 应用场景

中图分类号: TN929.5 **文献标识码:** A

Application of 5G Technology in Education Informatization

Lu Xiangqun¹, Sun Yu²

(1. School of Computer Science, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;
2. 5G Innovation Center of China Telecommunications Corporation, Beijing 100033, China)

Abstract: The popularity of educational informatization and the emergence of smart learning spaces have significantly increased students' demand for personalized, convenient, and diversified learning content. The fifth generation mobile communication (5G) technology, with its characteristics of large bandwidth, ultra-high reliability, ultra-low time delay, large-scale connection of things, is becoming an enabling technology for perfecting the education network and even realizing education modernization. This paper focuses on the application of 5G technology in education informatization. After the analysis of major characteristics of education informatization, this paper analyzes the technical challenges faced by the education network of China, and demonstrates corresponding 5G application scenarios from the aspects of teaching, teaching research, and education management, thereby forming an overall view of education informatization based on 5G technology. By 2035, the 5G technology will be further promoted, which will constantly enrich the connotation and promote the reform of education scenes; and thus it will become the driving force for the innovation in China's education informatization.

Key words: education; information technology; education informatization; 5G technology; application scenarios

收稿日期: 2019-09-05; 修回日期: 2019-11-18

通讯作者: 卢向群, 北京邮电大学计算机学院高级工程师, 主要研究方向为物联网和创新创业教育; E-mail: luxq@bupt.edu.cn

本刊网址: www.engineering.org.cn/ch/journal/sscae

一、前言

教育信息化是教育现代化的核心动力。发达国家率先将信息与通信技术应用于教育领域,掀起了教育信息化的潮流 [1]。美国分别于 2000 年和 2004 年发布了国家教育技术计划,推动了教育技术的普及与应用 [2]; 教师应有效运用信息技术 (IT) 来促进学生的学习, 学生要具备运用 IT 的素养和技能; 通过教师培训来促进教学创新应用, 提升 IT 的教育应用效能。我国在教育信息化方面补齐短板、迎头赶上, 2018 年 4 月教育部发布了《教育信息化 2.0 行动计划》, 2019 年 2 月中共中央、国务院印发《中国教育现代化 2035》, 均强调了教育信息化在推动教育现代化过程中的地位和作用 [3,4]。面向未来, 教育信息化以信息环境建设、软硬件支持为基础, 紧密结合教育理论, 探索新技术应用的潜力和层次, 寻求多应用场景、多实践领域、宽技术场域相结合的实施路径。在此过程中, 智能技术, 特别是 5G、大数据、人工智能 (AI)、云计算等, 有助于创新推动教育服务的智能化、教育应用的情境化和普及化, 进而为教育革命性转型提供关键支撑 [5,6]。

从我国教育事业的角度、而非 IT 产业的角度来审视, 以 5G 为代表的前沿技术, 拥有较大的技术使能潜力, 有望在未来相当长一段时期内, 成为国家教育信息化建设的基石。随着教育信息化 2.0 进程的加速推进、社会各界对 5G 关注程度的持续升温, 两者的对接和融合, 将促进教育及教育信息化的重大变革, 对传统的教育、学习方式带来显著冲击。在 5G 技术和网络环境的支持下, 各种教育信息、音 / 视频等资源的共享和交互更加便捷, 可以实现教育教学中诸多要素的全新组合, 构建全新的教学方式与教育内容呈现形式, 甚至推动形成新的教育生态系统。

目前, 5G 方向的研究侧重于通信领域的关键技术、网络架构演进、网络部署方案等 [7], 关于 5G 技术对教育的影响研究相对较少, 而 5G 与教育信息化相结合的前瞻应用研究仍有待开展。在“5G + 教育”的全新领域中, 如何推动信息化技术在教学、管理中的深度融合应用, 提供智慧化的教学服务和精细化的管理手段, 进而满足教育现代化建设需求、实现《中国教育现代化 2035》愿景? 这需要教育实践者、管理者与决策者未雨绸缪、深度

参与。以此为研究切入点, 本文重点分析 5G 技术为教育信息化创造的新机遇, 以及探讨如何在 5G 网络环境下实现教育应用场景的创新, 以期在教育与信息的融合发展研究提供基础性参考。

二、对我国教育信息化的基本认识

(一) 教育信息化建设的主要特征

教育信息化重在实践。这一过程中, IT 的进步带来了显著影响 [8~10], 如 3G/4G 移动通信、固定宽带等网络技术迅速普及, 支撑了信息化应用的拓展。在各类高速通信网络的支持下, 云计算正在重构信息产业竞争格局; 大数据、AI、语义网络等智能技术正在重构教育服务的组织方式; 各类教育公共服务系统正向大众普遍参与、形成群体智慧方向发展; 云网端一体化是大势所趋。此外, 智能服务正在加速普及, 信息设备以“不可见”方式嵌入到用户环境与日常工具中, 形成了以泛在感知网络为支撑、自然沉浸式的智能教育体验。

基于上述背景可以预判, 当前及未来一段时期, 教育信息化建设的主要特征将有 [11~13]:

(1) 教育环境将更加智慧化, 主动适应学习个体的需求。通过无处不在的通信网络和传感设备, 智能感知学习个体的场景和特征, 主动为其营造学习环境、规划学习路径、推送适宜学习资源, 将“人找信息”切换到“信息找人”。

(2) 教育的各类数据和信息将实现无缝流通。数据分析是实现智能教育服务的基础, 而教育信息化建设将为各类数据的采集和分析建立规范和标准。通过对物理环境的感知, 实现数据的汇聚和跨域传输, 强化教育服务的调节功能, 打破时间、空间、内容、媒介的限制。

(3) 教育业务将实现智能协同。基于智能技术和泛在高速通信环境, 各类教育业务将实现近全时 / 全域、多模式的连通与协同, 突出便利、快捷、高效、智能。教育领域的管理、教学、培训、服务等环节具备智能协同能力, 促进业务流程重组并创新服务形态。

(4) 优质教育资源更好实现按需供给。传统模式下的学习资源供给“千人一面”, 而智能时代的网络传输技术, 促成全过程学习数据的高效传输。智能学习服务系统通过精准分析学习个体, 针对其

特定需求提供优质、专业的教育资源和服务。

(5) 学习机会均等供给成为可能, 促进教育公平。教育信息化使得优质的教育资源和服务可以通过网络进行互通, 将学习嵌入到正式教育之外的日常生活中, 创造“当技术无处不在, 学习也就无处不在”的学习机会人人平等的良好局面, 由此可从 IT 技术层面辅助化解教育公平问题。

(二) 教育网络面临挑战

目前, 学校同时部署了多个网络, 如有线网、无线网 (Wi-Fi)、校园网、物联网、电视网等, 用于承载科研信息共享、多媒体教学、电子阅览、资料存储等校园业务, 以及行政管理、教师办公、学校论坛生活及社交等其他业务 [14]。随着数字化转型深入, 智能网络终端和越来越多的创新应用正在推动教育信息化的转型升级。学生和教师期望获得更好的网络服务、更丰富的多媒体体验, 包括在线学习、沉浸式虚拟环境教学、线上备课、智慧化管理等; 也希望在校园内随时随地实现高效便捷的网络体验 [15]。

对比现状供给和期望需求, 教育网络面临着诸多方面的挑战: ①教育信息系统资源共享难, 教学、科研、管理、技术服务、生活服务等信息化系统通常采用“烟囱式”建设模式, 导致出现信息孤岛现象, 业务流程整合度低; ②新型教育业务承载能力不足, 超高清 (4K/8K) 直播课堂、虚拟/增强现实 (VR/AR) 课堂、全息教育、4K 高清监控、学校移动巡逻车等新型业务对网络带宽提出更高需求; ③数据安全风险大, 跨校区的共享资源、学生家长信息等存在泄漏风险, 教育大数据的汇聚有可能进一步加剧数据安全风险; ④建设与运维成本高, 教育信息系统建设以及多网融合带来的直接建设、运行维护、后续升级的费用高昂。

教育信息化的诸多新型应用, 对信息通信技术的基础设施功能提出了更高要求。现有的网络接入手段, 如固定宽带、Wi-Fi、3G/4G 移动网, 因其组网便利性、网络时延、安全管理、终端成本等方面的性能滞后, 难以满足未来的高清直播、VR/AR 教学、全息课堂、高清监控等教育教学创新应用场景。例如, 现有的 4G 教育云应用虽然可以基本满足单路全高清 (1080p) 教育视频内容采集、传输的需求, 但是无法满足多路全高清视频的同时回传,

以及超高清视频甚至 VR 全景视频等更优质教学资源的回传和双向互动的应用需求。教育创新应用需求、新型 IT 能力两方面存在着巨大的“互动”空间, 精准适配、深度融合, 有望破解现有教育网络面临的挑战。

(三) 5G 技术“使能”教育信息化

面向未来的教育信息化, 将密切关联以 AI、VR、大数据等为代表的前沿技术的成熟化和实际应用。运用和发挥 5G 技术优势, 克服传统网络在教育创新过程中速度、延迟、传输容量等方面的掣肘, 为教育领域的变革提供基础性、关键性支撑, 从而“使能”未来的教育信息化。5G 网络环境的大带宽、超高可靠、超低时延、大规模物联等特点, 结合切片技术、边缘云技术 (MEC)、AI 等 IT 前沿技术, 使得智慧校园、智慧课堂的创新应用成为可能 [16]。

传统智慧课堂的数据网络承载依赖于校园网内的有线网络、Wi-Fi 覆盖, 物联层面则通过蓝牙、紫蜂协议 (ZigBee) 等实现。相比之下, 5G 智慧课堂通过各组成硬件终端的 5G 化, 充分利用 5G 网络与生俱来的技术和业务优势, 为校园用户解决实际教育需求、带来更好教育体验: ①网络承载统一, 学校不再需要部署多种网络; ②超高网络带宽, 使得智慧课堂中的交互显示终端设备、信号传输及处理终端设备, 能够承载 4K/8K 级别画面效果; ③速率更快、延时更低, 支持智慧课堂的常态化录播, 远程授课的远端会场可以无延迟地感知、体验到“名师优课”课堂画面; ④支撑教育教学新的应用场景, 如游戏化课程、VR 实验环境、VR 控制环境、高清立体显示、远程考试监测、学习行为追踪和挖掘、智能实验系统和智能教学系统等。

三、5G 教育应用总体设计

(一) 需求场景

国际电信联盟 (ITU) 明确了 5G 技术 3 类主要的应用场景 [17,18]: ①增强型移动宽带 (eMBB), 满足需要峰值速率、高速移动中接入、密集区域接入通信网络需求的业务场景需求; ②海量物联 (mMTC), 满足需要低成本、低功耗、小流量通信网络需求的业务场景需求; ③高可靠低时延连接

(URLLC), 满足需要超低时延、超高可靠通信网络业务场景需求。立足 5G 技术能力, 对接教育信息化需求, 经过研究梳理, 明确了主要类型的教育机构对 5G 技术的应用场景需求 (见表 1)。

在中、小学校及校外培训机构方面, 近期需求集中在远程互动教学、远程听评课、教学效果 AI 评测类应用。职业院校、军事院校方面, 近期需求集中在 VR/AR 教学和智慧校园管理类应用。普通高校方面, 近期需求集中在教学效果 AI 评测和智慧校园管理类应用。

(二) 总体视图

从教育信息化的三大领域 (教学、教研 (含教育评价)、教育管理) 出发, 探索提出了 5G 教育信息化的总体视图 (见图 1)。在教学领域, 5G 技术支撑的主要场景需求包括远程互动教学和 VR/AR 教学。在教研领域, 5G 优先应用的场景包括远程听评课和教学效果 AI 评测。在教育管理领域, 5G 技术主要应用在以物联网为特征的智慧校园管理。

四、5G 教育应用场景创新

个人计算机 (PC) 融入互联网, 使传统教育形态发生了显著变化, 出现了多样化的网络学习资源、多类别的在线学习网校。5G 作为 IT 基础设施, 在催生教育形态进一步更新方面潜力巨大。5G 的技术使能, 让学习者不再受 PC、Wi-Fi、学习场地的约束, 几乎随时随地借助物联网和 VR 技术, 获得和真实教室相似的学习体验: 优质学习场域“无处不在”, 权威教育专家“触手可及”, 精品课堂互动“活泼多样”。为有效应对 5G 技术变革及其与教育行业的深度耦合, 我们前瞻开展 5G 技术的教育信息化的应用研究, 突出应用场景创新, 探索 5G 可能重构的教育核心业务。

(一) 远程互动教学

困扰中国教育改革的一大问题是教育资源分布不均、师资水平参差不齐, 而教育信息化作为国家信息化建设的重要组成部分, 一直被视为缓解上述

表 1 教育机构需求场景分类

教育机构	增强型移动宽带	海量物联	高可靠低时延连接
中、小学校 培训机构	远程互动教学 教学过程 AI 评测 远程听评课	教学过程 AI 评测	远程互动教学 远程听评课
职业院校 军事院校	VR/AR 教学	智慧校园管理	VR/AR 教学
普通高校	教学过程 AI 评测	智慧校园管理 教学过程 AI 评测	—



图 1 5G 教育信息化总体视图

问题的有效措施。通过远程实时直播互动教学系统，让教育资源贫乏地区也能均衡获得线上名师课堂内容，并最大化地还原线下教学场景。远程互动教学最典型的应用场景是双师课堂，尽管不是新的教学模式，也不是新技术，双师课堂普及程度较低状况的根源在于有线网络的性能受限。多数学校以及培训机构为保证多地远程教学效果，通常采用专线连接，这就导致：在网络不发达的地区，很难将优质的教学资源共享；即便是网络较发达地区，也面临专线传输带宽不足、传输延时、稳定性差、灵活性差等情况，进而影响课堂的互动效果；在实际应用中往往将双师课堂模式“降级”成为视频播放教学模式。

5G 网络的高带宽、低时延等特性，支持实现具有移动性的灵活开课，按需随用，有效缓解传统双师课堂的交互体验问题，为双师课堂的优化发展提供技术保障。基于 5G 网络的远程互动教学场景视图如图 2 所示：在多地远程教学场景下的设备终端部署 5G 通信模块，使得教师侧的教学场地更加灵活，而学生侧摆脱了传统专线模式的束缚。相比于传统有线网络以及 Wi-Fi 环境，5G 构建的远程互动教学解决方案具有以下优势：① 5G + 云端部署，满足双师课堂所需的低延时、大带宽和高可靠性，具备课堂的互动实时性，根本性地解决音 / 视频延迟、卡顿等问题，提升学生的课堂参与度和学习效果；② 5G 网络相比有线网络，可以适应教学场地的各种变化，灵活性、便捷性良好；③ 据测算，5G

进入规模化部署应用后，无线代替线缆，教育信息化建设成本降低 50% 以上。

（二）VR/AR 教学

基于 5G 的大带宽、低时延等特性，将 VR/AR 教学内容部署在云端，利用云端的计算能力实现 AR 应用的运行、渲染、展现和控制，并将 VR/AR 画面和声音高效地编码成音 / 视频流，通过 5G 网络实时传输至终端 [18]。为了满足教学的低时延需求，采用边缘云部署架构，将对时延要求高的渲染功能部署在靠近用户侧，有效解决传统方案中网络连接速率和云服务延时的突出问题。

基于 5G 技术的 VR/AR 教学场景视图如图 3 所示。建设 VR/AR 云平台，开展 VR/AR 云化应用，包括虚拟实验课、虚拟科普课、虚拟创课等寓教于乐的教学体验。将知识转化为数字化的、可以观察和交互的虚拟事物，让学习者可以在现实空间中深入了解所要学习的内容，并对数字化内容进行可操作化的系统学习。

相对于传统教育，VR/AR 教学具有以下特点：① 三维直观的教学内容和教学方式，学生们的课堂体验从二维（2D）跃升到三维（3D），将那些抽象或肉眼不可见的内容进行形象可视化的展示，有助于提升认知和理解；② 互动性和参与性强，学生在 VR/AR 学习实践中直观体验学习内容，紧密参与教学过程，学习热情得以充分调动；③ 主动的交互



图 2 基于 5G 网络的远程互动教学场景

式学习, 在学习的过程中学生可以随时暂停, 或重复其中任何一个步骤, 不用过多地考虑间断或反复学习给施教者所带来的干扰; ④游戏化教学, 基于 VR/AR 的可视化、互动性特征, 可以设计出非常吸引人的游戏化教学内容, 从而提升学生的学习乐趣; ⑤减少教学中的风险, 通过 VR/AR 技术进行虚拟实验, 降低化学、物理、机电等学科动手操作和试验的安全风险; ⑥ VR/AR 可以实现不同地区的老师、学生聚集在同一个虚拟课堂中, 达到体验真实、实时互动的效果, 从而促进教育资源平等化、共享化。

(三) 远程听评课

传统的听评课需要专家进入教室, 可能影响到老师现场教学、学生听课状态, 因而评价对象可能失真。远程听评课是近端教室进行名师授课, 远端教室进行互动、旁听、点评的一种全新的教学模式, 较好规避了传统模式的不足。

设计的 5G 远程听评课的场景视图 (见图 4), 其核心是 5G 常态化录播终端、5G 强大计算能力和 AI 分析能力。将传统录播终端 5G 化, 依托 5G 移动网络来进行远端教室互动、旁听和点评, 打造近实时、双向互动、智慧化的听评课环境。相对于有线网络、Wi-Fi 网络环境下的远程听评课, 5G 网络所具备的超高带宽、超低延时特性, 可以充分保障远端的听课教师能够感知流畅、高清的教学音/视频, 保障评价的客观性和准确性。整合 AI 能力实

现课堂实时分析和评测, 可以针对教师和学生的教学行为进行智能分析, 生成课堂教情大数据; 综合课堂现场数据和专家远程评课的内容, 通过 AI 算法生成听评课反馈, 直观反映教师在教学过程中需要改进的内容。

(四) 教学过程 AI 评测

教育教学领域的 AI 应用是未来发展方向, 涉及了对海量教学数据的多维度、多层面智能采集与处理分析, 其趋向实用化仍存在挑战。5G 网络环境凭借高带宽、高速率、低时延、边缘计算等特性, 使得在单位时间和网络单元中可以采集和传输更全面的学习过程数据, 这赋予了教育 AI 的灵活运用可能性。典型的 5G 教学过程 AI 评测的应用场景如图 5 所示, 在教室中布置多个 AI 摄像头采集视频并抓取图像信息: 进行脸部朝向检测, 判断学生是否面向讲台正前方; 分析脸部上下左右角度、正面的时间占比; 对学生五官及微表情进行检测分析; 监测学生的非学习性行为; 通过专注度分析模型, 自动分析学生个人和班级整体的学习专注度。据此, 利用 5G 网络高速实时地将各种行为统计结果回传给授课老师以及学校管理系统, 实现教学的实时互动以及教学管理联动。AI 技术在教育应用过程中也应高度关注潜在的风险和威胁, 如可能泄漏学生隐私、涉嫌技术使用的伦理风险等。

AI 技术融入教育教学过程的收益有: ①将教学过程中老师和学生的上课状态数据化, 便于深

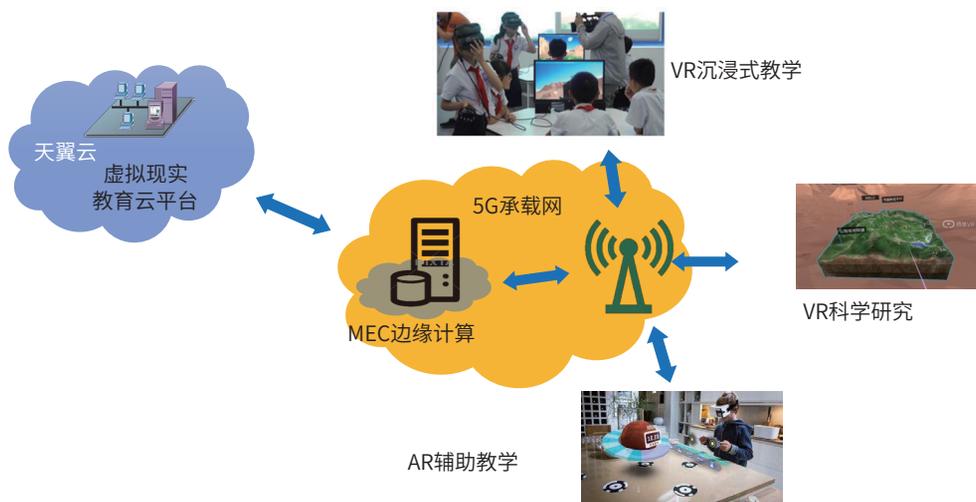


图 3 基于 5G 网络的 VR/AR 教学场景

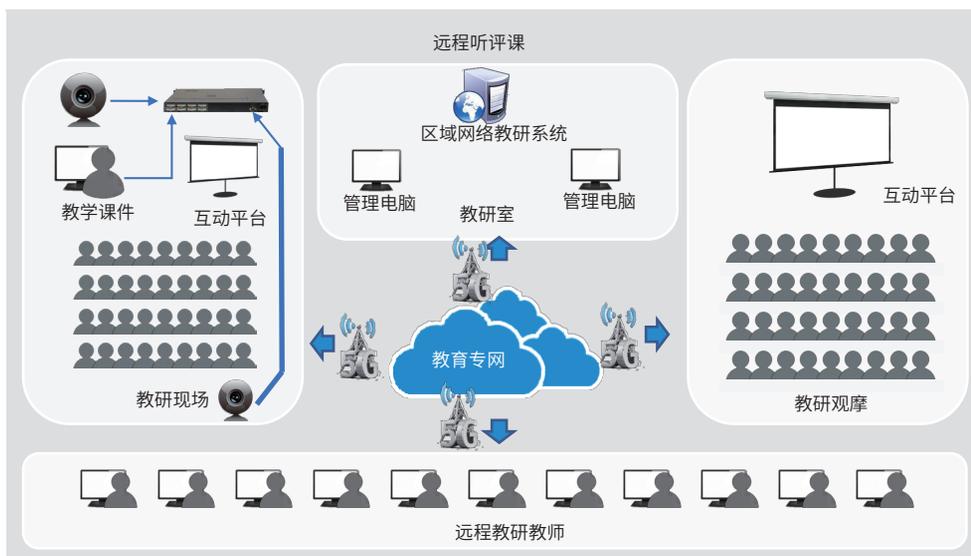


图 4 5G 远程听评课教学场景

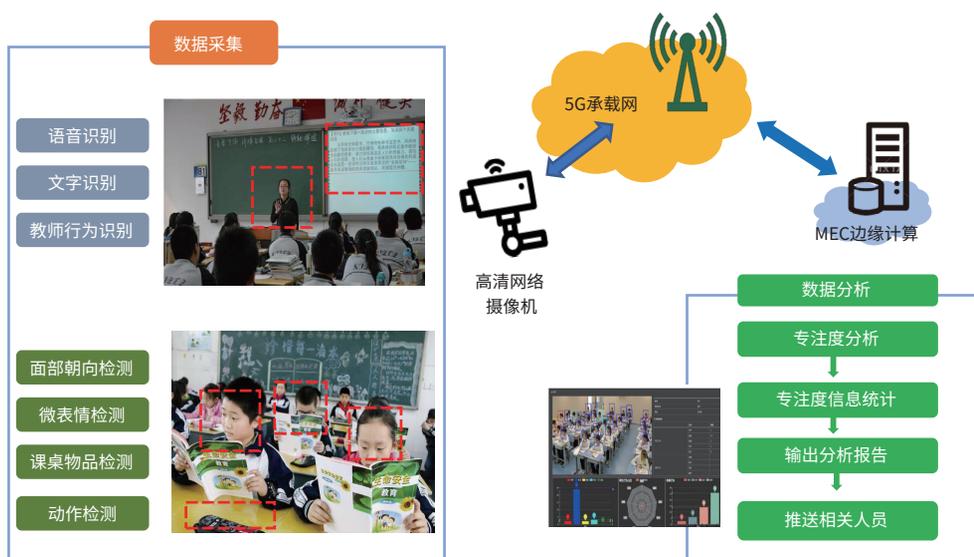


图 5 教学过程 AI 评测场景

度挖掘教学过程监管、个性化教学等应用价值；
 ②自动分析学生上传作业照片和文本，自动关联相应的要点和难点，为自主学习提供了更多可能性；
 ③在个人学习过程中，根据知识点的相互关联性，制作知识图谱，制定学习计划；
 ④准确判断学生的学习水平，推送与之相匹配的学习计划，提供个性化的指导方案。

(五) 智慧校园管理

智慧校园管理主要指校园各类设备的智能化管

理。利用智能感知以及物联网技术，通过摄像头、传感器等各类采集设备全面采集校园环境 and 人群的信息，对采集到的海量数据进行智能分析，将分析结果应用到学校的教学、科研、管理服务工作中，实现能耗管理、状态监测、资产管理、设备控制、环境监测、安防监控、车辆管理等功能，由此保障校园智慧化运营（见图 6）。

5G 时代的智慧校园管理的应用收益有：①实现电教设备的互通互联，不同资源、服务、平台之间的互通互联，可开展本地直接管理或远程间接管



图 6 基于 5G 网络的智慧校园管理

理；②实现物联网设备的智慧化管理，构建人与环境互相感知的信息化环境，全面提高学校的信息化程度并实现智慧化节能减排；③实现数据采集和管理优化，通过对所有设备使用数据的长期采集、挖掘和深入分析，优化智能监测、控制和管理水平，提高校园整体管理效率。

五、面向 2035 年的教育信息化展望

5G 教育应用的顶层设计，在遵循教育客观规律、融入教育行业发展的基础上，以创新应用场景为抓手来推动落地建设、发挥预期成效。教育信息化下一阶段的发展重点在于 IT 推动的教育应用创新：①当前，教育应用的范围主要包括教育管理平台、教学资源平台、家校互动平台、校园监控平台等，IT 主要作用是改变了教育教学环境；②中期（2025 年），IT 的作用要渗透并融入到教学过程中，通过 5G、云计算、大数据、AI 人工智能、VR 等技术，更精细、更显著地提升教学效果，促进教育现代化发展；③远期（2035 年），5G 技术充分发挥本质优势，合理融入更新一代通信技术，奠定智能校园网络基础，协同诸多先进 IT 技术支撑一体化智能应用系统的构建，促进更多颠覆性教育应用。

面向 2035 年，随着 5G 的普及应用甚至升级换代，教育信息化建设将进入全新阶段：①在校园

环境层面，实现人文关怀与先进技术的和谐共存；②在校园治理层面，以“5G + 大数据 + AI”为依托，规范治理主体，优化治理结构，充分发挥 IT 服务教育的作用；③在具体应用模式方面，传统的远程广播教学升级为远程高清视频互动教学甚至是全息视频互动教学，传统的多媒体音 / 视频教学升级为 VR/AR 虚拟现实教学，传统的教学统计分析系统升级为基于 AI 能力的全方位的教育教学评价系统，传统的校园内部分散的考勤 / 监控 / 安防系统升级为基于物联网技术和 AI 技术的智慧校园管理系统。

参考文献

- [1] 李海霞. 国外教育技术主要研究内容及成效分析 [J]. 内蒙古财经大学学报, 2017, 15(3): 103–107.
Li H X. Main contents and effectiveness analysis of foreign ET research [J]. Journal of Inner Mongolia University of Finance and Economics, 2017, 15(3): 103–107.
- [2] 胡永斌, 龙陶陶. 美国基础教育信息化的现状和启示 [J]. 中国电化教育, 2017 (3): 36–43.
Hu Y B, Long T T. Implications draw from the current situation of ICT in K-12 education in the U.S. [J]. China Educational Technology, 2017 (3): 36–43.
- [3] 中华人民共和国教育部. 教育部关于印发《教育信息化 2.0 行动计划》的通知 [EB/OL]. (2018-04-18) [2019-08-12]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html.
Ministry of Education of the PRC. Notice of the Ministry of Education on printing and distributing the education informatization 2.0 action plan [EB/OL]. (2018-04-18) [2019-08-12]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html.

- moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201804/t20180425_334188.html.
- [4] 国务院. 中共中央、国务院印发《中国教育现代化2035》[EB/OL]. (2019-02-23) [2019-05-23]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-02/23/content_5367987.htm.
State Council. The Central Committee of the Communist Party of China and the State Council issued the “China education modernization 2035” [EB/OL]. (2019-02-23) [2019-05-23]. http://www.gov.cn/zhengce/2019-02/23/content_5367987.htm.
- [5] 杨宗凯, 吴砥, 陈敏. 新兴技术助力教育生态重构 [J]. 中国电化教育, 2019 (2): 1-5.
Yang Z K, Wu D, Chen M. Education ecological reconstruction under the fusion of emerging technologies [J]. China Educational Technology, 2019 (2): 1-5.
- [6] 雷朝滋. 教育信息化: 从1.0走向2.0——新时代我国教育信息化发展的走向与思路 [J]. 华东师范大学学报 (教育科学版), 2018, 36(1): 98-103.
Lei C Z. Education informatization: From 1.0 to 2.0 [J]. Journal of East China Normal University (Educational Sciences), 2018, 36(1): 98-103.
- [7] International Telecommunication Union. IMT vision—Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond [R]. Geneva: International Telecommunication Union, 2015.
- [8] 姚志敏. 以教育信息化带动教育现代化 [J]. 中国高等教育, 2018 (20): 52-54.
Yao Z M. Promoting education modernization with education informatization [J]. China Higher Education, 2018 (20): 52-54.
- [9] 马和民, 王德胜, 尹晗. 信息技术时代的教育学是一门“娱乐学” [J]. 华东师范大学学报 (教育科学版), 2019, 37(5): 56-66.
Ma H M, Wan D S, Yin H. Pedagogy in the information technology age is an “entertainment science” [J]. Journal of East China Normal University (Educational Sciences), 2019, 37(5): 56-66.
- [10] 张熙, 潘志松. 智能化进程中课程改革的现状、问题与展望 [J]. 上海教育科研, 2019 (9): 87-90, 52.
Zhang X, Pan Z S. The situation, problem and prospect of curriculum reform in the process of intelligentization [J]. Journal of Shanghai Educational Research, 2019 (9): 87-90, 52.
- [11] 吴筱萌, 魏戈, 徐月, 等. 教育治理视角下的学校信息化建设研究 [J]. 中国电化教育, 2019 (8): 50-56, 71.
Wu X M, Xu G, Xu Y, et al. The research on the construction of K-12 school informatization in the perspective of educational governance [J]. China Educational Technology, 2019 (8): 50-56, 71.
- [12] 林鑽, 陈龙. 高校教学信息化建设实践和思考 [J]. 实验室研究与探索, 2019, 38(8): 236-239.
Lin H, Chen L. Practice and thinking on the construction of teaching informatization in colleges and universities [J]. Research and Exploration in Laboratory, 2019, 38(8): 236-239.
- [13] 闫寒冰. 我国信息化促进教育公平的演进特征与路径研究 [J]. 中国教育学报, 2019 (9): 22-26.
Yan H B. Research on the evolution characteristics and path of China's informatization promoting education equity [J]. Journal of the Chinese Society of Education, 2019 (9): 22-26.
- [14] 王竹立, 李小玉, 林津. 智能手机与“互联网+”课堂——信息技术与教学整合的新思维、新路径 [J]. 远程教育杂志, 2015, 33(4): 14-21.
Wang Z L, Li X Y, Lin J. Smartphones and the “internet + class”: A new thinking and new pattern of information technology integrated into curriculum [J]. Journal of Distance Education, 2015, 33(4): 14-21.
- [15] 任友群, 冯仰存, 郑旭东. 融合创新, 智能引领, 迎接教育信息化新时代 [J]. 中国电化教育, 2018 (1): 7-14, 34.
Ren Y Q, Feng Y C, Zheng X D. Integration and innovation, intelligent lead — Greeting the new era of educational informatization [J]. China Educational Technology, 2018 (1): 7-14, 34.
- [16] 杨振东. 5G移动通信技术的特点及应用探讨 [J]. 通讯世界, 2017 (9): 42-43.
Yang Z D. Discussion on the characteristics and application of 5G mobile communication technology [J]. Telecom World, 2017 (9): 42-43.
- [17] Yu H, Lee H, Jeon H. What is 5G? Emerging 5G mobile services and network requirements [J]. Sustainability, 2017, 9(10): 1848-1869.
- [18] 刘洁, 王庆扬, 林奕琳. 5G网络中的移动VR应用 [J]. 电信科学, 2018, 34(10): 143-149.
Liu J, Wang Q Y, Lin Y L. Mobile VR application in 5G network [J]. Telecommunications Science, 2018, 34(10): 143-149.