

算力网络赋能下智慧教学资源的协同调度与优化研究

傅学军

(华南师范大学, 广东 广州 510631)

摘要: 随着教育数字化转型的深入推进, 智慧教学资源呈现出异构化、海量性、高动态性的特征, 传统教学资源调度模式已难以满足多场景、多用户的个性化学习需求。算力网络作为融合算力、网络、存储资源的新型基础设施, 为智慧教学资源的高效协同调度提供了全新技术路径。本文基于智慧教学资源、算力网络及协同调度的相关理论与技术, 构建算力网络赋能下智慧教学资源协同调度模型, 设计针对性的优化策略, 解决当前智慧教学资源调度中存在的算力分配不均、资源利用率低、网络时延较高等问题, 实现智慧教学资源与算力资源的动态匹配、高效协同, 为智慧教育的高质量发展提供理论支撑与实践参考。

关键词: 算力网络; 智慧教学资源; 协同调度; 资源优化; 动态分配

中图分类号: G642.0

文献标识码: A

文章编号: 3106-2709 (2025) 08-0004-05

DOI: 10.62022/NCAR.issn3106-2709.2025.08.002

Research on Collaborative Scheduling and Optimization of Smart Teaching Resources Empowered by Computing Power Networks

Fu Xuejun

(South China Normal University, Guangzhou, Guangdong 510631)

Abstract: With the deepening of digital transformation in education, smart teaching resources have shown characteristics of heterogeneity, massive quantity, and high dynamism. The traditional teaching resource scheduling mode is no longer able to meet the personalized learning needs of multiple scenarios and users. The computing power network, as a new infrastructure that integrates computing power, network, and storage resources, provides a new technological path for efficient collaborative scheduling of smart teaching resources. This article is based on the relevant theories and technologies of smart teaching resources, computing power networks, and collaborative scheduling. It constructs a smart teaching resource collaborative scheduling model empowered by computing power networks, designs targeted optimization strategies, and solves the problems of uneven computing power allocation, low resource utilization, and high network latency in current smart teaching resource scheduling. It achieves dynamic matching and efficient collaboration between smart teaching resources and computing power resources, providing theoretical support and practical reference for the high-quality development of smart education.

Keywords: computing power network; Smart teaching resources; Collaborative scheduling; Resource optimization; dynamic allocation

一、相关理论与技术基础

(一) 智慧教学资源相关理论

智慧教学资源是教育数字化背景下, 依托信息技术生成、传播与应用的, 能够满足个性化、智能化教学需求的各类教学要素的集合, 涵盖数字课件、虚拟仿真实验、在线课程、教学数据、师资资源等多种形态。其核心特征体现为异构性、可复用性、动态性和交互性: 异构性表现为资源格式、存储方式、应用场景的多样化, 如视频资源、文本资源、交互式课件等形态差异显著; 可复用性指资源可通过标准化处理, 在不同教学场景、不同教学主体间重复使用, 降低教学资源建设成本; 动态性体现在资源会随教学需求、技术发展不断更新迭代, 同时用户对资源的访

问需求也存在时段性波动; 交互性则强调资源能够支持师生、生生之间的实时互动, 打破传统教学的时空限制。

智慧教学资源的分类可从多个维度展开, 按资源功能可分为教学内容资源、教学工具资源和教学支持资源; 按资源形态可分为静态资源(如课件、文档)和动态资源(如直播课程、虚拟实验); 按访问权限可分为公开资源、校内共享资源和个性化定制资源。当前, 智慧教学资源的应用已广泛覆盖课前预习、课堂教学、课后复习、在线测评等全教学流程, 但资源分散存储、调度效率低下、与教学需求匹配度不足等问题, 制约了其育人价值的充分发挥。

(二) 算力网络相关技术

算力网络是一种以算力为核心, 融合网络、存储、计

作者简介: 傅学军, 硕士研究生, 研究方向为思想政治教育。

算等资源,通过智能化调度与协同管理,实现算力资源按需分配、高效流转的新型基础设施,其核心目标是打破算力资源的地域壁垒,构建“算力像水电一样可按需取用”的服务模式。算力网络的核心技术体系主要包括算力感知与调度技术、网络传输与适配技术、算力虚拟化技术三大类。

算力感知与调度技术是算力网络的核心,负责实时采集全网算力资源(包括服务器算力、边缘节点算力、云端算力)的负载状态、可用容量、响应速度等信息,结合用户需求进行算力分配与调度决策,确保算力资源的高效利用。网络传输与适配技术则聚焦于解决算力与资源传输过程中的时延、带宽、可靠性等问题,通过软件定义网络、网络功能虚拟化等技术,实现网络资源的动态调整,保障智慧教学资源传输的流畅性,尤其适用于高清视频、虚拟仿真等对网络要求较高的教学场景。算力虚拟化技术则通过将物理算力资源抽象为虚拟算力池,实现算力资源的灵活拆分与组合,满足不同智慧教学场景的差异化算力需求,如大规模在线课程的并发访问需要云端算力支撑,而线下课堂的实时交互则可依托边缘算力降低时延。

与传统网络相比,算力网络具有算力协同化、调度智能化、服务一体化的优势,能够实现算力、网络、教学资源的深度融合,为智慧教学资源的协同调度提供了技术支撑,推动智慧教育从“资源供给”向“精准服务”转型。

(三) 协同调度与优化相关理论

协同调度是指通过对多个关联资源进行统筹规划、动态分配与协调控制,实现资源利用效率最大化、服务质量最优化的一种管理方式,其核心思想是“协同联动、按需匹配”。在智慧教学资源调度场景中,协同调度主要涉及智慧教学资源、算力资源、网络资源三者之间的协同,核心目标是解决资源分散、调度脱节、供需失衡等问题,确保教学资源能够在合适的时间、以合适的方式,传输到合适的用户端,满足个性化教学需求。

协同调度与优化的核心理论包括系统协同理论、资源调度理论和多目标优化理论。系统协同理论强调系统内各要素之间的相互作用、相互配合,通过构建协同机制,实现系统整体功能大于各要素单独功能之和,为智慧教学资源与算力资源的协同调度提供了理论框架;资源调度理论聚焦于资源的分配策略与方法,包括静态调度与动态调度、集中式调度与分布式调度等,为调度模型的设计提供了方法论支撑;多目标优化理论则用于解决调度过程中存在的多目标冲突问题,如资源利用率最大化与用户体验最优化、算力分配效率与网络时延降低之间的平衡,通过多目标决

策方法,实现各目标的协同优化。

当前,协同调度与优化技术已广泛应用于工业互联网、云计算等领域,将其应用于智慧教学资源调度中,能够有效解决传统调度模式的弊端,提升教学资源的利用效率和服务质量。

二、算力网络赋能下智慧教学资源协同调度模型构建

(一) 调度模型构建前提与假设

为简化模型构建过程,确保模型的合理性与可操作性,结合算力网络与智慧教学资源的实际应用场景,提出以下构建前提与假设:

1.算力网络环境稳定,云端、边缘节点、终端设备之间的网络连接正常,算力资源、网络资源的状态可实时采集与监测,不存在大规模网络中断或算力故障等极端情况;

2.智慧教学资源已完成标准化处理,资源的类型、大小、格式、访问需求等信息可被算力网络精准识别,资源可根据教学场景需求进行灵活调用与流转;

3.用户需求可量化,即用户对智慧教学资源的访问请求(如资源类型、访问时间、服务质量要求)可转化为具体的调度参数,包括时延要求、算力需求、带宽需求等;

4.算力资源与智慧教学资源均具有可调度性,算力资源可在云端、边缘节点之间动态分配,教学资源可根据算力分布与用户需求,在不同存储节点之间迁移;

5.调度过程中忽略极端异常情况(如用户恶意访问、资源损坏等),重点关注正常教学场景下的资源协同调度问题,确保模型的通用性与实用性。

(二) 智慧教学资源与算力资源的协同感知机制

协同感知是协同调度的基础,其核心是实现智慧教学资源状态、算力资源状态与用户需求的实时采集、分析与匹配,为调度决策提供数据支撑。基于算力网络的技术优势,构建“三层感知、双向交互”的协同感知机制,涵盖资源感知层、需求感知层和协同分析层三个层面。

资源感知层主要负责采集智慧教学资源与算力资源的实时状态信息。其中,智慧教学资源感知聚焦于资源的存储位置、资源类型、可用状态、访问热度等信息,通过资源索引技术与状态监测模块,实现对海量异构教学资源的全面感知;算力资源感知则针对云端算力池、边缘算力节点、终端算力设备,采集其算力负载、可用算力、响应时间、能耗等参数,通过算力探针技术,实现全网算力资源的实时监测。

需求感知层主要负责采集用户的个性化教学需求与服务质量要求。通过用户行为分析、需求反馈收集等方式,获取用户的资源访问偏好、访问时段、时延容忍度、算力需求等信息,将用户需求转化为可量化的调度指标,如高时延容忍度对应云端算力调度,低时延需求对应边缘算力调度。

协同分析层负责对资源感知层与需求感知层采集的数据进行整合、分析与匹配,构建资源-需求映射关系。通过数据挖掘与智能分析技术,识别教学资源的访问规律、算力资源的负载变化趋势,预测用户的访问需求,为后续的协同调度决策提供精准支撑,确保算力资源与教学资源能够与用户需求实现动态匹配。

(三) 协同调度模型设计

基于协同感知机制,构建算力网络赋能下智慧教学资源协同调度模型,模型以“资源利用率最大化、用户体验最优化、调度成本最低化”为核心目标,实现智慧教学资源、算力资源、网络资源的协同调度。模型整体分为资源接入层、调度决策层和执行层三个部分,各层协同工作,完成资源的调度与分配。

资源接入层是模型的基础,负责接入各类智慧教学资源与算力资源,包括云端存储的教学资源、边缘节点缓存的热点资源、各类算力节点(云端、边缘、终端)的算力资源,以及用户终端设备。通过标准化的接入接口,实现不同类型、不同格式资源的统一接入与管理,打破资源分散的壁垒,构建统一的资源池。

调度决策层是模型的核心,负责根据协同感知层提供的资源状态、用户需求等信息,制定最优的调度决策。调度决策层采用集中式与分布式相结合的调度模式,集中式调度负责全局资源的统筹规划与整体分配,确保全网资源的均衡利用;分布式调度负责局部资源的实时调度与调整,提升调度的响应速度。调度决策的核心是建立资源分配函数,根据用户需求的优先级、资源的可用状态、网络时延等参数,确定教学资源的传输路径、算力资源的分配方案,实现资源的最优配置。

执行层负责执行调度决策层制定的调度方案,具体包括算力资源的动态分配、智慧教学资源的传输与迁移、网络资源的调整与适配等操作。通过算力调度模块,将用户需求分配给合适的算力节点;通过资源迁移模块,将热点教学资源迁移至边缘节点,降低访问时延;通过网络适配模块,调整网络带宽与传输路径,保障资源传输的流畅性。同时,执行层实时反馈调度结果,为调度决策层的动态调

整提供依据。

(四) 模型求解算法设计

针对协同调度模型的多目标优化问题,结合模型的特点与实际应用场景,设计一种基于改进启发式算法的模型求解算法,兼顾求解效率与解的最优性,能够快速处理海量教学资源与算力资源的调度问题,满足实时调度需求。

算法的设计思路如下:首先,对用户需求进行优先级排序,根据教学场景的重要性、用户的访问紧急程度,将用户需求分为高、中、低三个优先级,高优先级需求(如实时课堂交互、虚拟实验操作)优先分配资源,确保核心教学需求的满足;其次,基于协同感知得到的资源状态数据,构建资源分配的约束条件,包括算力资源约束、网络带宽约束、时延约束等,确保调度方案的可行性;最后,以资源利用率最大化、用户体验最优化、调度成本最低化为目标,通过改进启发式算法,搜索最优的资源分配方案,实现多目标的协同优化。

该算法的核心优势在于,能够快速适应算力资源与教学资源的动态变化,通过自适应调整搜索策略,提升求解效率,避免陷入局部最优解。同时,算法具有较强的通用性,可适用于不同规模、不同场景的智慧教学资源调度需求,能够有效解决传统算法求解速度慢、适配性差的问题。

三、智慧教学资源协同调度优化策略

(一) 基于算力动态分配的优化策略

算力资源的合理分配是提升智慧教学资源调度效率的关键,针对当前算力分配不均、资源浪费与算力不足并存的问题,提出基于算力动态分配的优化策略,实现算力资源与教学需求的精准匹配。

首先,建立算力资源动态监测与预测机制,实时采集全网算力资源的负载状态、可用容量等信息,通过时间序列分析等方法,预测不同时段、不同教学场景的算力需求,提前进行算力资源的预分配,避免算力资源的闲置与短缺;其次,采用差异化算力分配策略,根据用户需求的优先级与算力需求大小,将算力资源分配给不同的教学场景与用户,高优先级需求分配充足的算力资源,低优先级需求合理分配算力资源,实现算力资源的分级管控;最后,构建算力资源弹性调度机制,当某一算力节点负载过高时,将部分算力任务迁移至负载较低的节点,当算力需求下降时,释放闲置算力资源,实现算力资源的动态调整,提升算力资源的利用率。

此外,针对边缘算力与云端算力的协同分配,提出“边

缘优先、云端兜底”的策略，对于时延要求较低的教学场景（如线下课堂交互、本地虚拟实验），优先分配边缘算力资源，降低访问时延；对于大规模、高算力需求的场景（如大规模在线课程并发访问、大数据教学分析），结合云端算力资源，实现边缘与云端算力的协同联动，兼顾时延与算力供给。

（二）基于教学资源异构性的协同优化策略

智慧教学资源的异构性的是导致资源调度效率低下的重要原因，针对不同类型、不同格式的教学资源，提出基于教学资源异构性的协同优化策略，实现异构资源的高效调度与复用。

首先，对智慧教学资源进行标准化与分类管理，建立统一的资源分类标准与索引体系，对不同形态、不同格式的教学资源进行规范化处理，实现资源的统一识别与调用；其次，针对不同类型教学资源的特点，设计差异化的调度策略：对于静态资源（如课件、文档），采用缓存优化策略，将热点静态资源缓存至边缘节点，减少重复传输，提升访问速度；对于动态资源（如直播课程、虚拟实验），采用实时传输优化策略，优先分配高带宽、低时延的网络与算力资源，保障资源传输的实时性与流畅性；对于个性化资源（如定制化课件、专属学习资料），采用精准推送策略，根据用户需求，将资源直接推送至用户终端，提升用户体验。

同时，构建异构资源协同复用机制，通过资源整合与共享技术，实现不同教学场景、不同用户之间的资源复用，减少资源冗余，降低资源建设成本。例如，将某一学科的虚拟实验资源进行标准化处理后，可在不同学校、不同班级之间共享使用，通过算力网络的协同调度，实现资源的高效流转。

（三）基于网络时延优化的协同调度策略

网络时延是影响智慧教学资源访问体验的关键因素，尤其是对于高清视频、虚拟仿真等对时延敏感的教学资源，过高的时延会严重影响教学效果。针对这一问题，提出基于网络时延优化的协同调度策略，通过优化资源传输路径与网络配置，降低网络时延，提升资源访问体验。

首先，建立网络时延实时监测机制，实时采集不同传输路径的时延、带宽、丢包率等参数，构建网络时延地图，精准识别时延较高的传输路径与节点；其次，采用路径优化算法，根据资源存储位置、用户终端位置、网络时延状态，选择最优的资源传输路径，避免时延较高的节点与路径，缩短资源传输时间；例如，对于边缘节点缓存的热点

资源，优先选择边缘节点到用户终端的直接传输路径，避免经过云端中转，降低时延。

此外，通过网络资源动态调整策略，对时延敏感的教学资源传输，优先分配高带宽资源，限制非关键数据的带宽占用，保障教学资源传输的带宽需求；同时，采用数据压缩与传输优化技术，对教学资源进行压缩处理，减少数据传输量，降低网络时延与带宽消耗，实现网络资源与教学资源的协同优化。

（四）多目标协同优化协调机制

智慧教学资源协同调度过程中，存在多个相互冲突的优化目标，这是制约调度效果提升的核心瓶颈之一。在实际教学场景中，各类优化目标往往难以同时实现，例如，为提升智慧教学资源利用率，可能需要将资源集中存储于云端算力节点，却会导致边缘用户访问时延增加，进而降低用户体验；为追求调度效率、快速响应用户需求，可能需要预留更多算力与网络资源，这又会造成资源闲置、增加调度成本；为降低网络时延，优先使用边缘算力节点缓存资源，又可能因边缘节点算力有限，无法支撑大规模并发访问，影响资源利用率。这些目标之间的相互制约的关系，使得单一的优化策略难以兼顾所有需求，无法实现调度效果的整体最优，因此，构建科学合理的多目标协同优化协调机制，平衡各类目标的优先级，实现各目标的均衡优化，成为提升智慧教学资源协同调度水平的关键。

首先，建立多目标权重分配机制，这是实现多目标协同优化的基础前提。权重分配需紧密结合智慧教学的实际场景需求与各类目标的优先级，避免“一刀切”的分配模式，确保权重设置的针对性与合理性。在核心教学场景中，如实时课堂交互、虚拟仿真实验操作、在线考试测评等，用户体验与服务质量是首要目标，需赋予其最高权重，优先保障这类场景下的资源访问流畅性、时延稳定性，确保教学活动的顺利开展；在非核心教学场景中，如课后自主复习、资源下载缓存等，可适当降低用户体验的权重，优先提升资源利用率、降低调度成本，实现资源的高效利用。同时，权重分配需建立动态调整机制，根据教学时段、用户规模、资源类型的变化，实时优化各目标权重，例如，在上课高峰期，用户访问需求激增，可提高用户体验与调度效率的权重；在夜间低峰时段，用户需求减少，可提高资源利用率与成本控制的权重，通过差异化权重分配，实现各目标的动态协调。

其次，构建多目标冲突协调策略，有效化解各类目标之间的矛盾冲突。当不同优化目标之间出现冲突时，

需摒弃“非此即彼”的决策模式,采用科学的折中优化方法,在保障核心目标实现的前提下,尽可能提升其他目标的优化效果,实现“次优解”向“最优解”的逼近。例如,在算力资源有限的情况下,核心目标是保障高优先级用户(如正在进行实时课堂学习的师生)的体验,需优先为其分配充足的算力与网络资源,确保访问时延控制在合理范围;同时,针对低优先级用户的资源访问需求,可通过错峰调度、资源压缩、边缘缓存复用等方式,合理分配剩余算力资源,避免资源闲置,兼顾资源利用率的提升。此外,可建立冲突预警机制,通过实时监测各目标的实现情况,提前识别目标冲突的潜在风险,主动调整调度策略,减少冲突带来的负面影响,确保调度过程的稳定性与高效性。

最后,建立动态协调调整机制,保障多目标协同优化的适应性与灵活性。智慧教学场景具有较强的动态性,算力资源负载、用户访问需求、网络状态等均会实时变化,固定的协调策略难以适应场景变化的需求。因此,需实时监测调度效果与各目标的实现情况,建立完善的监测指标体系,包括资源利用率、用户访问时延、调度成本、服务故障率等,全面掌握调度过程中的各类动态信息。根据监测数据,分析各类目标的实现偏差,结合资源状态、用户需求的变化,动态调整优化策略与目标权重,例如,当监测到某一边缘节点算力负载过高,导致用户时延增加时,可调整算力分配策略,将部分任务迁移至负载较低的节点,同时适当提高时延优化的权重;当发现资源利用率过低时,可调整资源缓存与调度策略,整合闲置资源,提升资源利用效率。通过动态协调调整,确保多目标优化能够适应场景变化,实现智慧教学资源协同调度的整体最优,为各类教学场景提供稳定、高效、优质的资源服务。

四、结束语

本文围绕算力网络赋能下智慧教学资源的协同调度与优化问题,系统梳理了智慧教学资源、算力网络、协同调度的相关理论与技术基础,构建了算力网络赋能下智慧教学资源协同调度模型,设计了模型求解算法,并提出了基于算力动态分配、资源异构性、网络时延优化的协同优化策略,以及多目标协同优化协调机制,为解决当前智慧教学资源调度中存在的资源利用率低、时延高、供需匹配不足等问题提供了新的思路与方法。算力网络作为教育数字化转型的核心基础设施,为智慧教学资源的高效协同调度提供了强大的技术支撑,其与智慧教育的深度融合,将推动智慧教学资源从“分散供给”向“精准服务”转型,提升教育教学的质量与效率。本文的研究仍存在一定的局限性,例如,模型构建过程中忽略了部分极端异常情况,求解算法的优化效果仍可进一步提升,后续研究可结合实际教学场景,完善模型假设,优化算法性能,同时探索算力网络与智慧教学资源协同调度的实践应用,为智慧教育的高质量发展提供更有力的支撑。未来,随着算力网络技术的不断迭代与智慧教育的深入推进,智慧教学资源的协同调度与优化将朝着更智能、更高效、更精准的方向发展,为个性化、智能化教学提供更坚实的保障。

参考文献:

- [1] 毕伟楠.智慧教学背景下跨文化交际课程的思政设计研究[J].教育教学研究前沿,2026,4(4):10-12.
- [2] 毛灿.智慧课堂环境下高校德语混合式教学模式构建与实践研究——以重庆移通学院为例[J].教育进展学刊,2025,2(6):101-103.
- [3] 黄佳宁.基于超星智慧教学系统的中职数学行动导向教学模式实践研究[J].国家通用语言文字教学与研究,2024,(11):69-71.