

人工智能赋能的计算机网络实践教学模式探索

刘进** 高悦 杨力 王宗武

西安电子科技大学计算机学院，西安 710071

摘要 针对传统计算机网络实践教学中存在的协议分层教学导致的认知隔离、跨层协作与整体性系统思维缺乏,以及复杂网络工程问题解决能力薄弱等问题,研究人工智能在构建系统性、立体化网络认知中的作用机制,提出以“复杂网络工程问题分析一分层解析—知识融合应用”为主线,以人工智能作为“系统思维引导者”的计算机网络实践教学模式。结合典型教学案例,展示该教学模式在培养学生复杂问题分析、系统分解、故障诊断等综合能力方面的有效性。

关键字 计算机网络实践教学, 复杂网络工程问题, 人工智能, 系统思维引导

Exploring an AI-Empowered Teaching Model for Computer Network Practical Education

Liu Jin Gao Yue Yang Li Wang Zongwu

School of Computer Science and Technology
Xidian University,
Xi'an, Shaanxi 710071, China;

Abstract—Addressing issues in traditional computer network practical teaching such as cognitive compartmentalization due to layered protocol instruction, lack of cross-layer collaboration and holistic systems thinking, and insufficient ability to solve complex network engineering problems, this study examines the role of artificial intelligence in constructing a systematic and multi-dimensional understanding of networks. It proposes a practical teaching model for computer networks centered on the framework of “analyzing complex network engineering problems – layered parsing – integrated application of knowledge,” with artificial intelligence serving as a “systems thinking guidance.” Using typical teaching cases, the effectiveness of this model in cultivating students’ comprehensive abilities, such as complex problem analysis, systematic decomposition, and fault diagnosis, is demonstrated.

Keywords—computer network practical teaching, complex network engineering problems, artificial intelligence, systems thinking guidance

1 引言

随着人工智能(AI)技术的飞速发展及数字化转型的深入推进,计算机网络已逐步由基础信息设施演进为支撑社会经济发展的核心神经中枢。在这一背景下,计算机网络教育迎来了重要机遇,也面临诸多挑战。当前,传统实践教学模式主要依托物理设备配置与静态实验环境,普遍存在设备更新成本高、实验场景局限、难以模拟复杂网络问题等瓶颈^[1-2]。此外,该类模式多侧重于对单一知识点的验证和操作训练,学生在整体把握网络体系结构、解决复杂工程问题及发展创新能力方面存在明显不足^[3-5]。

近年来,人工智能技术的革新为重构计算机网络实践教学提供了新动力。尤其是在教学改革推进、课程知识图谱构建、个性化学习路径推荐以及教学评价体系设计等方面,人工智能展现出广泛的应用潜力^[6-11]。因此,系统探索人工智能赋能的新型实践教学模式,

对推动实验形态创新、深化对网络体系结构的认知、培养学生应对复杂工程问题的能力及创新思维具有重要现实意义。本研究将重点围绕以下关键问题展开:人工智能如何帮助学生建立对TCP/IP网络体系结构的系统性认知?如何塑造学生的复杂工程问题解决能力与创新能力?

2 人工智能赋能的计算机网络体系结构的整体认知

2.1 形象化的网络体系结构整体认知

电子商务的蓬勃发展使现代物流系统日益深入人心,其高效运作已成为日常生活中不可或缺的一部分。值得注意的是,物流系统的分层运作模式与计算机网络体系结构之间存在着深刻的相似性。借助人们对物流体系的熟悉程度,可以构建一个易于理解的类比认知框架,从而形象地阐释计算机网络体系结构的分层与协作原理。该框架有助于学生形成对计算机网络体系结构的整体认识。图1展示了基于物流系统类比所

* 通讯作者 刘进 jliu0227@xidian.edu.cn

构建的形象化网络体系认知架构。

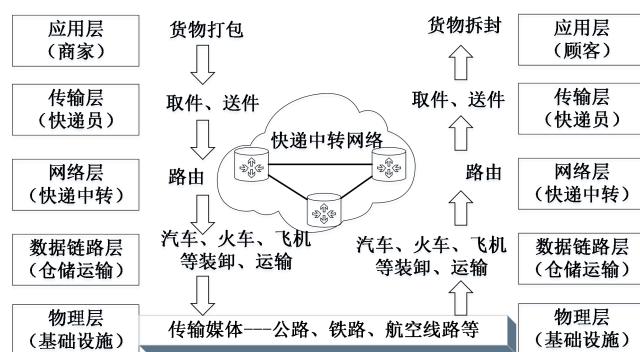


图 1 形象化的网络体系整体认知架构

表 1 融入 AI 赋能要素的认知框架

分层体系	物流系统类比（形象化整体认知）	人工智能技术赋能的角色（智能化深度认知）
应用层	商品本身与订单（如衣服、书本等及其订单信息）	智能需求预测与个性化推荐引擎：分析海量订单数据，预测流量高峰，个性化推荐商品
传输层	包裹打包/拆箱与物流公司（如顺丰、邮政：提供端到端货物运输服务）	智能调度与无人车队管理：动态规划运输车队路径，拥堵规避（拥塞控制）和零差错分拣（可靠传输）。
网络层	分拣中心与运输网络（决定包裹是走空运、陆运，如何中转、选择运输路径）	全局智能路由规划引擎：实时分析天气、全网交通路况（流量、延迟/丢包等），为包裹（IP 数据包）动态计算最优路径。
数据链路层	本地配送货车（负责一段具体道路的运输，下一站货物运送地点）	自动驾驶货车与智能交通信号：在局部路段（本地链路），自动驾驶货车（交换机）通过 V2X 技术通信，智能协商路权（避免 MAC 冲突），实现本地链路上高效、可靠通行。
物理层	街道、公路、铁路、航空线路等（实际的物理道路等运输基础设施）	智慧基础设施与 IoT 监控：所有道路（光纤）、车辆（网卡）、仓库（服务器）内置传感器，AI 监控其健康状态（误码率、信号强度），实现故障发生前预警及维护。

2.2 人工智能赋能的网络体系结构深度认知

物理层如同公路、铁路和机场等交通基础设施，负责比特流的实际传输。AI 赋能后的物理层可依托物联网（IoT）监控实现故障预警与智能维护。

数据链路层类似于本地物流管理系统，保障相邻节点间数据帧的无差错传递；其智能化的表现类似于实时调度信号的交通系统，可动态优化信道分配，确

保可靠传输。

网络层充当全局路由中心，类似于物流中转枢纽。AI 赋能后，它能够综合分析网络状态（如流量、延迟），预测拥塞，并为每个数据包动态规划最优路径，实现高效、自适应的分组转发。

传输层则像是提供端到端服务的物流公司，负责数据的分段、按序送达、重传与重组。智能化的传输层可动态规避拥塞、调整速率，并优先处理重要数据，保障端到端的可靠传输。

应用层直接面向用户，如电商平台与商品。AI 赋能的应用层能够智能理解用户请求、调度最近的内容分发网络（CDN）节点交付内容，显著提升访问体验。人工智能正使得整个网络系统变得高度智能与直观，如表 1 所示。

人工智能技术的深度融入，为计算机网络系统赋予了“智慧大脑”与“无人化运维”的能力，推动其从自动化向智能化跃升，逐步演进为一个具备自优化、自修复与自防御能力的有机体系。借助物流系统的形象类比，学生能够更直观地建立对计算机网络分层架构的整体理解，并深入体会人工智能如何作为一套贯穿始终的“智能神经系统”，显著提升网络系统的高效性、可靠性与智能化水平。

3 人工智能赋能的解决复杂网络工程问题能力培养

3.1 人工智能赋能的网络实践知识图谱构建

（1）构建目标

支撑高阶能力培养：不仅辅助知识检索，更着力强化复杂问题分析、系统分解、方案设计与故障诊断等综合能力的训练。

衔接理论与实战：搭建抽象协议原理与具体配置、调试及排错实践之间的关键桥梁。

推动个性化教学：基于学生个体的“知识-能力”动态画像，实现自适应学习路径的精准推荐。

（2）核心原则

以问题为导向：知识组织应聚焦真实网络工程问题（例如“园区网设计”或“网络速度慢的排查”）。

强调关系价值：知识点的意义不仅在于其自身，更在于它与其他知识点之间的丰富关联。

实现多维关联：每个知识点可对接理论概念、配置命令、报文结构、故障现象、设计原则等多个维度。

支持持续演化：知识图谱应与网络技术（如 SDN、

P4 可编程网络、时间敏感网络、零信任网络安全技术等)同步演进，并借助教学反馈持续优化。

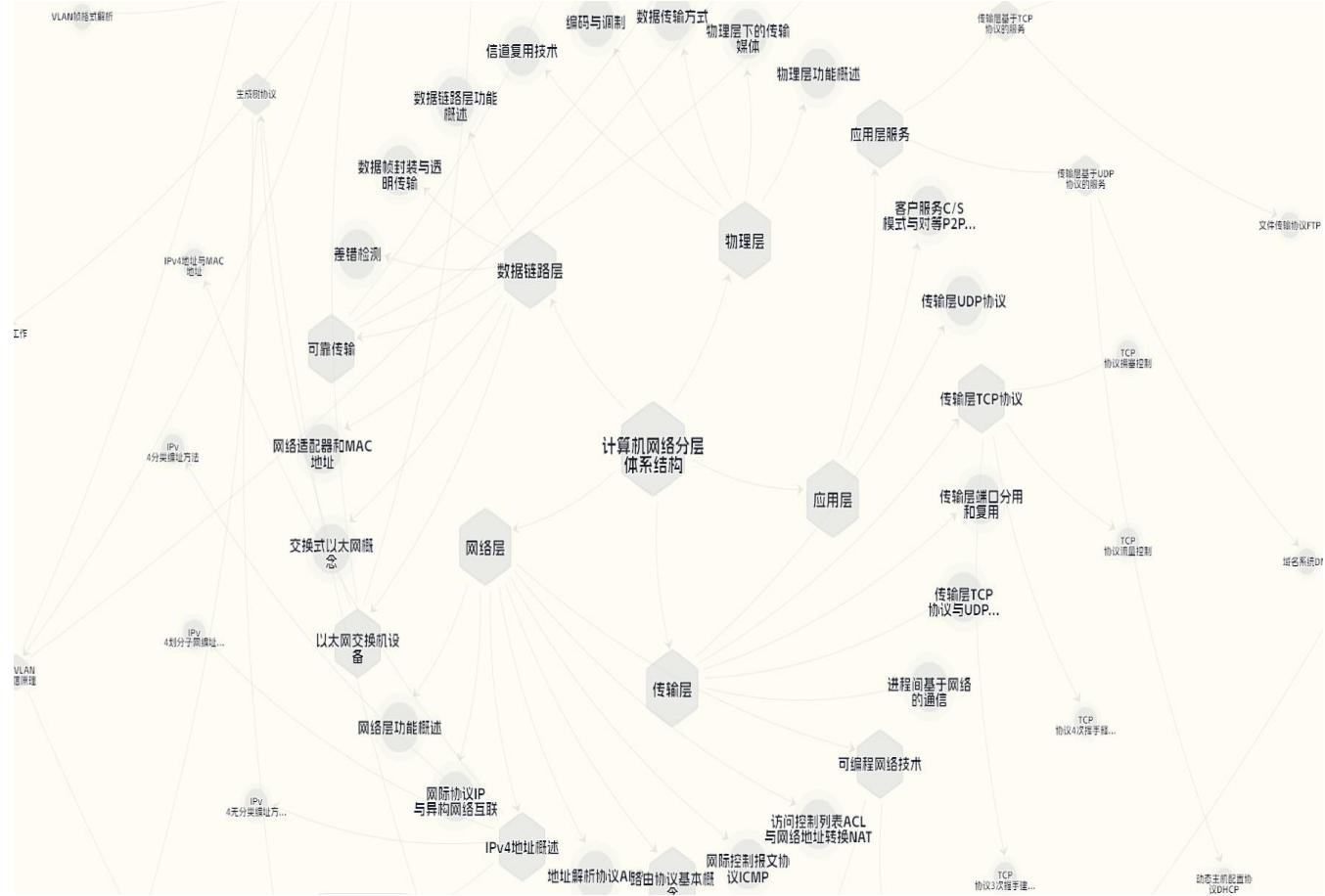


图 2 人工智能赋能知识图谱构建

3.2 人工智能赋能的网络设计与优化仿真沙盒

针对具体需求(例如“为一家拥有总部和两个分公司的企业设计网络”),AI能够自动生成多种备选方案,涵盖不同拓扑结构、协议选择与设备选型。学生可在AI驱动的沙盒环境中部署并验证自身设计方案。该系统实时模拟网络流量、设备性能及故障场景,并输出多维度评估报告,包括延迟、吞吐量、收敛时间和成本估算等关键指标。此外,AI还可扮演“高级对抗方”,主动发起多样化流量负载与网络攻击,全面检验所设计网络的韧性与安全性。

3.3 人工智能赋能的智能运维实战训练

通过引入真实网络监控数据(如NetFlow、SNMP和日志),AI引导学生构建异常检测模型(例如采用孤立森林算法识别流量异常)、开展时间序列预测(如带宽扩容规划)和实施根因定位。在此过程中,学生从被动的配置执行者转变为能够主动预测、基于数据驱动的网络管理者,从而培养起应对复杂运维问题的综合决策能力。

AI赋能计算机网络复杂工程能力训练的核心价值在于构建完善的网络实践知识图谱,进一步提供低成本、零风险的“数字沙盒”与智能运维实战训练平台,使学生能够在高度真实的复杂环境中反复进行“试错-学习-优化”的高阶训练,有效培养其系统工程思维与复杂网络工程问题的分析、分解与解决能力。

4 人工智能赋能创新能力培养

创新能力源于对现有技术局限的深刻理解和想象力的突破。AI在学生的创新能力培养过程中扮演“创新催化剂”和“研发加速器”。

4.1 AI 支持的协议创新模拟平台

如果学生对现有TCP拥塞控制算法性能不满意,可在AI构建的协议创新模拟平台中编写或修改自有算法(如调整拥塞窗口增长函数),并在模拟环境中与标准TCP及其他学生的算法同台竞争。AI还可自动生成涵盖公平性、效率与友好性等多维指标的对比评估报告,有效激发学生对底层协议探索与改进的兴趣。

4.2 AI 辅助协议设计与创意激发

借助大语言模型（LLM），学生可输入模糊需求（例如“设计一个极低延迟的数据中心网络”），AI 将生成创新设计思路、技术选型建议甚至部分配置模板。学生还可与 AI 就不同技术路径的优劣展开辩论，从而锻炼批判性思维，激发创造性的解决方案。

4.3 AI 定义网络（AI-Defined Networking） 前沿实践

AI 帮助学生实践如基于强化学习（RL）的流量调度等前沿理念。通过训练以最大化网络利用率为目地的 AI 智能体，使其自主观测网络状态并做出路由决策。学生通过设计奖励函数、训练模型和评估效果，深入参与网络范式演进的前沿探索，实现高层次创新能力培养。AI 将学生从“技术使用者”转变为“协议与架构的探索者与创造者”，为其提供修改乃至创新协议与架构的工具与实验环境，使创新从概念走向可实践的实验。

5 人工智能赋能计算机网络实验教学 案例设计与效果分析

人工智能赋能计算机网络实验教学案例设计，以学生常见问题“服务器无法访问”为例。通过构建知识图谱，将排查思维结构化、可视化，引导学生逐步进行逻辑推理，帮助学生形成清晰的故障排查路径。

5.1 AI 辅助计算机网络实践知识图谱构建

(1) 定义本体：确定“节点”与“边”的类型

实体类型	实例
故障	服务器不可达，DNS 解析失败，TCP 连接拒绝
现象	ping 超时，浏览器显示‘无法连接’，telnet 端口失败
协议	HTTP, DNS, TCP, ICMP, ARP
命令	ping <IP>, telnet<IP> 80, nslookup <域名>
设备	客户端, 交换机, 路由器, 防火墙, Web 服务器
配置	IP 地址, 默认网关, ACL 规则, DNS 服务器
概念	三次握手, 端口, 路由, NAT

(2) 定义关系类型：建立不同知识之间的联系

关系类型	含义	示例
症状表现	故障表现为某种现象	Web 服务器不可达 症状表现为 ping 超时
经诊断	使用某命令可诊断某现象/故障	ping 超时 经诊断 ping <IP>
相关的	一般性关联	HTTP 相关的 TCP 端口 80
导致	原因导致结果	错误 ACL 导致 TCP 连接拒绝
取决于	依赖关系	DNS 解析 取决于 IP 连通性

(3) 知识抽取与融合：填充图谱内容

进一步，从实验手册、设备文档、故障案例库中抽取知识，形成以下核心子图（图 3）。

① 故障与现象关联子图

- Web 服务器不可达 症状表现为 ping 超时
- Web 服务器不可达 症状表现为 浏览器显示‘无法连接’
- Web 服务器不可达 症状表现为 telnet <IP> 80 失败

② 诊断命令子图

- ping 超时 经诊断 ping <IP 地址>
- TCP 连接拒绝 经诊断 telnet <IP> <端口>
- DNS 解析失败 经诊断 nslookup <域名>

③ 协议依赖子图（体现分层思想）：

- HTTP 访问 取决于 TCP 连接建立 取决于 IP 连通性 取决于 ARP 解析 取决于 物理链路连通性
- HTTP 访问 取决于 DNS 解析 取决于 IP 连通性 (DNS 解析本身依赖于 IP 网络)

④ 常见原因子图（融入专家经验）

- 客户端无 IP 地址 导致 IP 连通性失败
- 客户端错误网关 导致 IP 连通性失败
- 防火墙 ACL 拒绝 导致 TCP 连接拒绝
- 服务器 Web 服务关闭 导致 TCP 连接拒绝
- DNS 服务器设置错误 导致 DNS 解析失败

5.2 AI 赋能复杂问题解决的思维链构建

当学生在实验中遇到“Web 服务器无法访问”的问题时，知识图谱平台可充当智能教练，提供智能问答引导、图形化诊断决策辅助和上下文敏感的知识推送，具体包括以下方面：

(1) 智能问答初始引导

- ① 学生输入：“Web 服务器无法正常访问”。

② AI 基于自然语言处理（NLP）识别实体 Web 服务器和故障无法访问，从图谱中检索出关联的诊断路径，并以对话形式引导：

- AI 回答：“请先使用 ping <服务器 IP> 命令，检查基础 IP 连通性。”
- AI 回答：“如果 ping 不通，请检查客户端的 IP 地址和默认网关配置（ipconfig /all），然后检查网络设备路由。”
- AI 回答：“如果 ping 通但无法访问，请使用 telnet <服务器 IP> 80 命令，检查 TCP 端口是否被拒绝。”

(2) 图形化诊断决策树

知识图谱平台能够自动可视化该问题的诊断决策树(如图3所示),帮助学生清晰把握整个排查流程,明确当前所处阶段,从而系统理解故障诊断的逻辑结构。

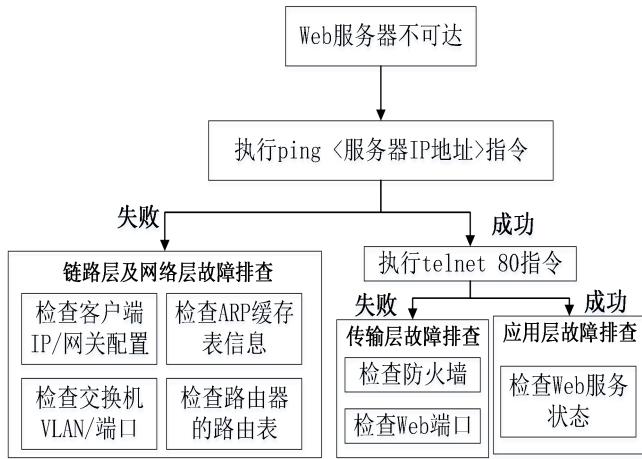


图3 自动可视化该问题的诊断决策树

5.3 上下文敏感的知识推送

当学生执行ping命令时,系统自动推送节点ping的详情:概念(ICMP协议)、用法、结果解读(超时可能意味着链路、路由、ARP、防火墙问题)。

当学生检查路由表时,系统推送节点路由的详情:概念(路由原理)、命令(display ip routing-table)、相关配置(如何配置静态路由、RIP、OSPF、IS-IS、BGP等路由)。

5.4 实践效果分析

为验证人工智能在计算机网络实践教学中的应用效果,本研究对2024年春季学期(采用传统教学模式)与2025年春季学期(采用人工智能赋能模式)的教学效果进行了问卷调查对比分析。其结果分别如图4与图5所示。

通过上述教学效果对比可以看到,一个精心构建的计算机网络实践知识图谱,能够将原本分散而静态的知识点整合为动态、可推理的智能“专家系统”,真正成为培养学生高阶思维、复杂工程问题解决能力与创新能力的有力引擎:

(1) 深度认知

学生不再机械记忆“ping不通怎么办”,而是通过知识图谱所呈现的协议依赖与因果关系,深入理解分层模型之间的内在联动(例如HTTP依赖TCP,TCP依赖IP)。

(2) 整体认知

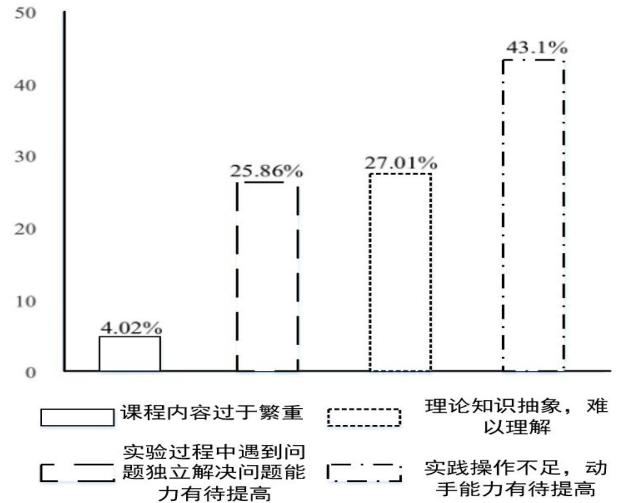


图4 传统网络实验课后学生问卷调查

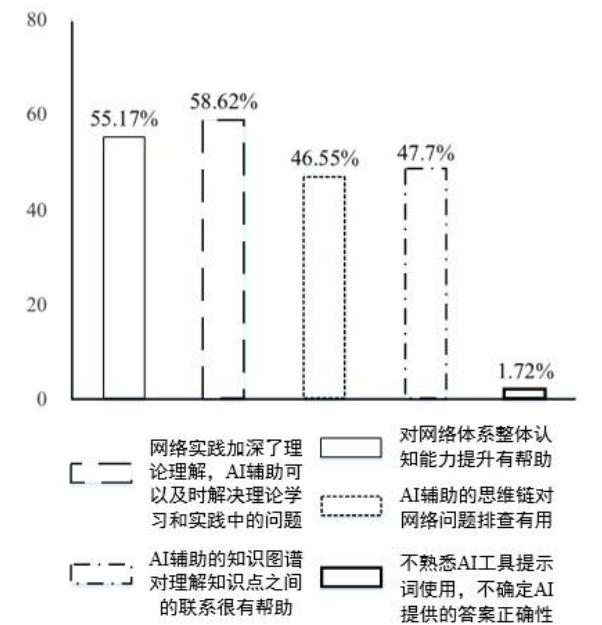


图5 AI赋能的网络实验课后学生问卷调查

诊断决策树帮助学生建立起系统化的排查框架,从物理层到应用层,从客户端到服务器,形成全局视野,避免“盲人摸象”式的片面分析。

(3) 解决复杂问题

将“服务器无法访问”这类复杂故障,分解为“IP连通性”“TCP连接”“DNS解析”“服务状态”等一系列子问题,并系统组合ping、telnet、nslookup等命令与多层级知识进行逐项验证,完整演练复杂问题解决的标准化流程。

(4) 创新能力

在仿真沙盒环境中,学生可反复开展“假设—验证—分析”式探索,由于试错成本为零,极大鼓励大胆猜想与实践,有效培养探索精神和创新思维。

此外,问卷调查结果显示,部分学生对AI大模型工具的操作尚不熟练,并对其生成答案的准确性存疑。针对上述问题,后续教学实践可从两方面着手:在技能培养上,需系统总结提示词使用技巧,引导学生高效利用大模型提升学习效率;在思维塑造上,则应鼓励学生与AI进行思辨,以此进一步激发学生的批判性思维与创新意识。

6 结束语

本研究旨在构建一种人工智能赋能的新型计算机网络实践教学模式,探索如何借助人工智能技术创新实验教学形态、深化对网络体系结构的认知、提升学生解决复杂工程问题的能力并激发其创新思维,推动计算机网络实践教学实现从“知识传授”向“能力培养”的教育范式转型。本研究为智能时代背景下高素质网络人才的培养提供了新思路与可借鉴的路径。随着人工智能技术的持续演进和网络环境的日趋复杂,这种深度融合AI的实践教学模式,将成为培养面向未来的网络工程师与创新者的关键途径。

参 考 文 献

- [1] 杨文阳.数字化转型背景下计算机类工程技术人才培养路径探索[J].计算机教育,2025,(01):34-38.
- [2] 高悦,杨力,马小科,等.面向能力培养的拔尖人才实验体系设计研究[J].计算机教育,2025,(07):103-109.
- [3] 张会兵,潘芳.面向创新与复杂问题求解能力培养的计算机网络实验教学改革[J].教育现代化,2019(06):62-64.
- [4] 符发,程杰仁,黎才茂,等.面向综合创新能力培养的计算机网络实验教学改革[J].计算机教育,2025,(07):137-143.
- [5] 罗玉川,柳林,徐明.基于问题导向和深度学习的计算机网络课堂教学实践研究[J].计算机技术与教育学报,2021(1):70-74.
- [6] 刘俊霞,卞琛.AI赋能的应用型本科计算机网络课程教学改革与实践探索[J].高教学刊,2024(10):148-151.
- [7] 彭建涵.人工智能技术背景下计算机网络教育创新研究[J].电脑知识与技术,2021(17):165-166.
- [8] 刘江,聂秋实,王星月,等.生成式人工智能背景下的弱监督学习教学法探索[J].计算机教育,2025,(01):198-203+209.
- [9] 李明穗.人工智能的个性化学习在计算机信息技术教学中的应用[J].信息与电脑(理论版),2024 (36):254-256.
- [10] 郑智泉,张乾,张文勇.计算机网络课程混合式教学评价体系设计[J].计算机教育,2025,(05):232-236.
- [11] 荣蓉.人工智能技术在计算机网络教学中的运用[J].数字技术与应用,2023(41):75-77.