

# 信任协议重构：基于TAS三元交互视域下的 《计算机网络》教学范式改革研究

于 蕾<sup>1</sup>, 仇 涵<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>西安理工大学计算机科学与工程学院, 陕西 西安

<sup>2</sup>西安工程大学计算机科学学院, 陕西 西安

收稿日期: 2026年4月18日; 录用日期: 2026年5月15日; 发布日期: 2026年5月22日

## 摘 要

生成式人工智能(AIGC)技术的深度渗透,正在从底层逻辑重塑高等工程教育的生态系统,传统教学模式面临结构性失效的风险。在《计算机网络》课程教学中,知识获取渠道的泛在化导致传统课堂的知识垄断地位被撼动,迫使既有的“师生二元”单向传授关系必须进行重构。本文提出一种“教师-AI-学生”(TAS)三元交互视域下的教学新范式,其核心在于重新界定AI的角色——即从单纯的工具升级为具备交互能力的“认知协作代理”。针对网络协议抽象难解及工程配置高精度要求的特征,本研究设计了包含“对抗式验证”与“动态认知脚手架”的教学实施路径。研究通过确立提示词交互规范,并整合GNS3与Batfish建立“生成-仿真-形式化校验”闭环工具链,同步革新过程评价机制。该范式旨在推动教学目标从知识记忆向高阶工程思维的实质性跃迁。

## 关键词

教学改革, TAS三元模型, 计算机网络, 形式化验证, 对抗式学习

# Reconstruction of Trust Protocols: Research on Teaching Paradigm Reform in *Computer Networks* Based on the Perspective of TAS Ternary Interaction

Lei Yu<sup>1</sup>, Han Qiu<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Faculty of Computer Science and Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an Shaanxi

<sup>2</sup>School of Computer Science, Xi'an Polytechnic University, Xi'an Shaanxi

\*通讯作者。

文章引用: 于蕾, 仇涵. 信任协议重构: 基于 TAS 三元交互视域下的《计算机网络》教学范式改革研究[J]. 教育进展, 2026, 16(5): 1353-1360. DOI: 10.12677/ae.2026.165996

## Abstract

The profound penetration of Generative Artificial Intelligence (GenAI) technology is reshaping the ecosystem of higher engineering education from its fundamental logic, exposing traditional teaching models to the risk of structural failure. In the instruction of the Computer Networks course, the ubiquity of knowledge acquisition channels has dismantled the knowledge monopoly of the traditional classroom, compelling a necessary reconstruction of the conventional unidirectional "teacher-student" binary relationship. This paper proposes a novel pedagogical paradigm within the framework of a "Teacher-AI-Student" (TAS) ternary interaction. The core of this paradigm lies in redefining the role of AI: elevating it from a mere tool to an interactive "cognitive collaborative agent". Addressing the highly abstract nature of network protocols and the rigorous precision required for engineering configurations, this study designs an instructional implementation pathway that incorporates "adversarial validation" and "dynamic cognitive scaffolding". By establishing prompt interaction specifications and integrating GNS3 with Batfish, the research constructs a "generation-simulation-formal verification" closed-loop toolchain, while simultaneously innovating the process evaluation mechanism. Ultimately, this paradigm aims to drive a substantive transition in educational objectives, shifting from rote knowledge retention to the cultivation of higher-order engineering thinking.

## Keywords

Teaching Reform, TAS Ternary Model, Computer Networks, Formal Verification, Adversarial Learning

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

传统的高等教育长期沿袭“师-生”二元模式,以《计算机网络》课程为例,这种二元模式体现为教师对 OSI 七层模型及 TCP/IP 协议族的静态解构,以及学生对交换机路由器实验指令的机械式复刻。但是,随着人工智能的普及使用,知识获取的边际成本呈指数级下降,学生能够利用 AI 瞬间生成配置代码或解析 RFC 文档,这种技术赋权在客观上撼动了教师作为唯一知识输出端的权威地位。

面对这一技术变革,简单的屏蔽或禁用并不符合工程教育的发展趋势,因为“人机协同”[1]已成为未来网络工程师的必备素质。教育者的核心任务应转变为重新定义 AI 在教学系统中的角色,构建适应智能时代的教学新范式。

## 2. 教学互动的结构性变迁: TAS 三元模型

### 2.1. “教师 - AI - 学生” (TAS)三元关系的构建

TAS 模型并非是对传统二元关系的简单延伸,而是把“非确定性”属性的 AI 作为第三方认知主体,重塑了教学交互的拓扑结构[2]。在现阶段,生成式 AI 表现出了“创造性生成”与“概率性幻觉”并存的二元悖论特征。本研究的核心思路是肯定 AI 在教学中的地位,重新构建了“教师 - AI - 学生”三元协同模型(图 1),并重新定义了三种关系的内涵(表 1)。

课程是解决“培养人”这一根本问题的核心微观载体，也是补齐高等教育短板、落实“以学生为中心”理念及“立德树人”任务的关键环节[5]。在 TAS 模型中，教师转型为“认知引导者”，负责制定工程伦理边界及评估标准。学生转型为“校验工程师”，在利用 AI 提高效率的同时，必须具备辨识其逻辑漏洞的能力。AI 则充当不可靠的助手，提供方案草稿但需接受严格的形式化审查。

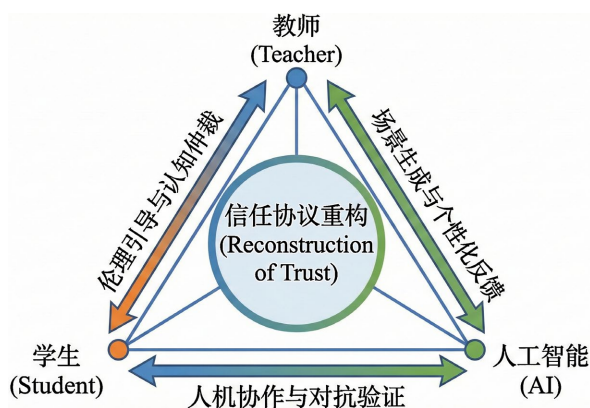


Figure 1. Model of TAS  
图 1. TAS 模型

Table 1. The construction and intrinsic definition of ternary relations in TAS

表 1. TAS 三元关系的构建及其内涵

关系	传统二元模型对应物	TAS 三元模型的新内涵	关键能力培养
教师 - 学生	知识讲授与考核	教师不再单纯讲授课程，而是引导学生如何向 AI 提问、如何辨别 AI 的“幻觉”，以及正确认知工程伦理边界。	批判性思维、工程伦理
学生 - AI	工具使用	学生将 AI 视为不可靠的助手，必须通过形式化工具验证其生成内容的正确性。	提示词工程、验证能力
教师 - AI	教案编写	教师利用 AI 生成海量的、非重复的故障案例、网络拓扑场景及个性化评价量表，实现规模化因材施教。	课程设计、数据驱动教学

## 2.2. 理论视角的修正

在传统的认知中，教师或优秀同伴通常是作为“更懂行的人” (More Knowledgeable Other, MKO)，能引导学生跨越“最近发展区” [3]。在 TAS 视域下，AI 成为了一个随叫随到的、具备全能视角的 MKO。然而，这个 MKO 却具有致命的缺陷——结构性幻觉[4]。AI 可能会自信地编造一个不存在的 Cisco IOS 命令，或者错误地解释 BGP 路由选择原则。但是，在我们看来，这种“不可靠性”恰恰是 TAS 模型的教学价值所在。利用这种特性设计的教学模式可迫使学生不能只“获取答案”，而必须上升到“评估答案”的认知高度。学生必须比 AI 更懂原理才能驾驭 AI。这种“利用 AI 的能力差来反向训练学生”的机制，是本教学改革的核心逻辑。

## 3. 课程痛点与改革逻辑

### 3.1. 抽象性的迷雾：不可见的协议交互

在现实网络中，数据包在光纤中以光脉冲形式传输，在网卡中变为电信号，在操作系统内核中变为缓冲区的字节流，在应用层变为 HTTP 报文，而学生很难在脑海中建立从物理层到应用层的完整流程，

这导致了《计算机网络》课程存在高度的抽象性, 也成为该课程的教学难点。传统教学往往仅依赖 PPT 图示和 Wireshark 抓包数据[7], 对于初学者而言, 面对成千上万行的十六进制代码, 往往感到无从下手。

### 3.2. 配置的机械化: CLI 命令的枯燥记忆

更大的痛点存在于实验教学中, 绝大多数的实验任务常退化为机械的“全键盘录入训练”。学生按照实验指导书, 在路由器命令行界面(CLI)中输入一串串枯燥的 Cisco 或 Huawei 命令。这种教学方式存在明显的缺陷。首先是教学与认知的脱节, 学生记住了命令, 却不理解背后的协议状态机变化。其次是教学与产业的脱节, 现代网络工程正在向意图驱动网络和自动化运维转型[8], 工程师要编写 Ansible Playbook 或 Python 脚本, 而非手动敲击 CLI。

### 3.3. TAS 模型下的课程重构目标

基于上述痛点, 我们将课程改革目标重新定义为以下两个方向。

- 1) 从记忆转向交互, 利用 AI 的自然语言处理能力, 将抽象的协议交互转化为苏格拉底式的对话与类比。
- 2) 从配置转向意图, 利用 AI 生成配置脚本, 学生专注于定义网络意图和架构设计。

## 4. 教学内容的重构实践

### 4.1. 协议原理: 基于隐喻的辩论式学习

针对 OSI 七层模型等理论难点, 我们的 TAS 重构方案是改变死记硬背的模式, 设计“隐喻构建与找茬”环节[6]。该方案要求学生通过 AI 设计出用生活场景(如物流系统)类比网络协议的案例, 随后教师引导学生寻找该类比的逻辑漏洞(如 IP 协议无重传机制与物流丢件赔付的区别)。通过驳斥 AI 的不严谨类比, 使得学生深入理解协议的严格定义。

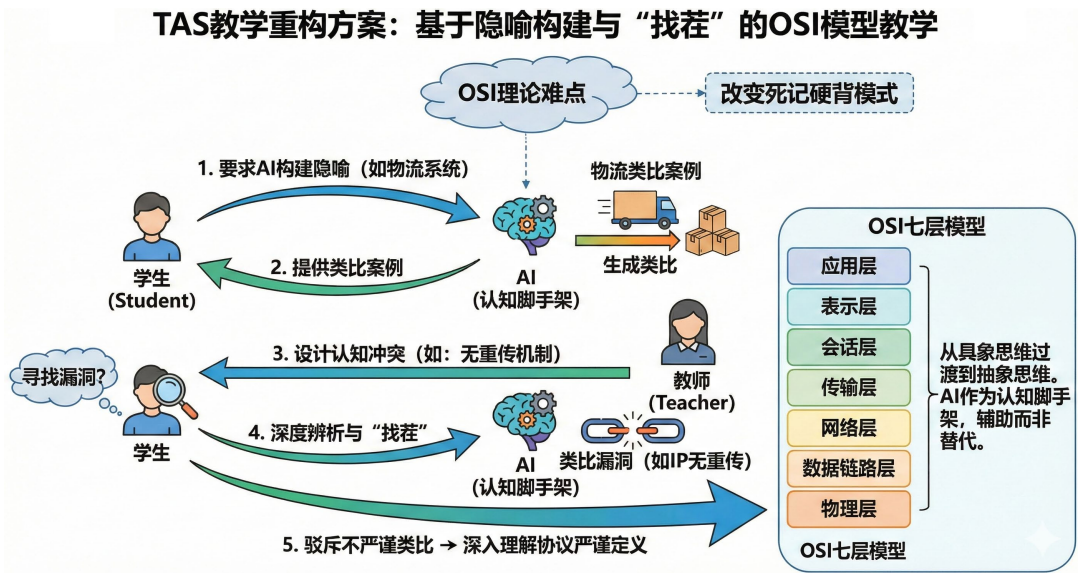


Figure 2. An OSI teaching model based on metaphorical construction and error detection  
图 2. 基于隐喻构建与“找茬”的 OSI 教学模型

图 2 展示了基于隐喻构建与找茬的 OSI 教学模型。在该模型中设计了学生与 AI 的交互, 学生要求 AI 用生活中的例子(如“快递物流系统”、“公司管理层级”)来解释 TCP/IP 四层模型; 还包含了认知冲突设计, 教师引导学生向 AI 提出挑战性问题, 例如: “如果取消表示层, HTTP 协议还能工作吗?” 或

者让 AI 比较“快递系统丢失包裹”与“UDP 丢包”的异同；最后是深度辨析模块，教师要求学生找出 AI 类比中的不恰当之处(例如快递系统通常有重传机制，而 IP 层没有)。

通过“找茬”，学生被迫深入理解协议的严谨定义，以反驳 AI 的粗糙类比。AI 在这里充当了“认知脚手架”，帮助学生从具象思维过渡到抽象思维。

## 4.2. 网络编程：从代码编写到代码审计

在 Socket 编程教学中，允许学生使用 Trae 或者 DeepSeek 生成基础代码，但考核重点转移至“代码审计”。例如，AI 生成的代码常忽略 TCP 流式传输的边界问题(粘包/拆包) [9]。学生需在代码中明确标注 AI 的缺陷并补充消息长度解析逻辑，从而掌握高并发下的错误处理机制。

新的教学范式不再排斥 AI 工具，反而将利用 DeepSeek 或 Trae 生成基础代码框架确立为标准 workflow。以“设计支持断点续传的 P2P 文件传输协议”这一任务为例，学生被允许首先利用 AI 快速构建代码原型，但考核的重心随之发生了根本性转移：教师不再仅关注代码是否能够运行(这被视为最低门槛)，而是聚焦于学生能否识别并修复 AI 代码中的隐患。

这一过程被称为“对抗式审计”。在实践中，AI 生成的 Socket 代码常表现出理想化特征，例如错误地假设一次 recv()调用即可接收完整的应用层消息，而忽略了 TCP 流式传输在网络拥塞环境下必然出现的粘包或拆包现象。针对此类缺陷，学生必须展现出超越 AI 的工程洞察力，明确在代码注释中指出：“此处 AI 未处理 TCP 边界问题，导致数据完整性风险”，并补充消息长度头部解析等逻辑以增强系统的鲁棒性。通过这种“生成 - 审计 - 修正”的闭环训练，学生的学习焦点从底层的语法细节成功转化为协议设计、并发控制及错误处理等高阶工程能力[5]。

## 4.3. 路由与交换：自动化工具链与形式化验证

针对传统网络实验教学中大规模 BGP/OSPF 拓扑配置耗时过长、学生难以接触复杂架构的困境，本研究构建了集成 LLM、GNS3 与 Batfish 的自动化工具链，其具体实施流程如图 3 所示。

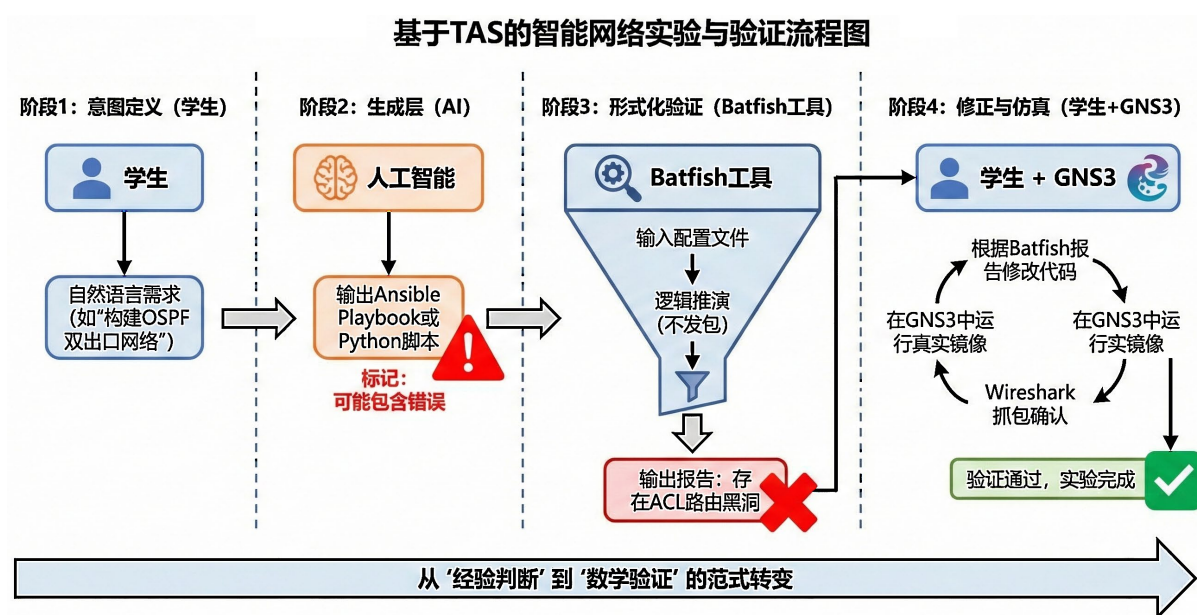


Figure 3. TAS-based network experiment and verification workflow

图 3. 基于 TAS 的网络实验与验证流程

图3展示了从“经验判断”向“数学验证”转型的完整实验范式,其主要包含了四个关键阶段。

1) 意图定义阶段: 学生首先使用自然语言定义任务意图,明确业务需求而非具体语法。

2) 生成层阶段: 学生利用生成式 AI 将自然语言转化为 Ansible Playbook 或 Python 脚本,由于 AI 生成内容存在“可能包含错误”的风险,因此,此阶段产出的脚本将被视为不可信的草稿。

3) 形式化验证阶段: 学生将 AI 生成的配置文件直接投喂给形式化验证工具 Batfish。该工具不发送数据包,而是通过逻辑推演建立数学模型,对“是否存在 ACL 路由黑洞”等关键问题进行查询,并输出确定性的逻辑漏洞报告。

4) 修正与仿真阶段: 根据 Batfish 的反馈,学生对 AI 生成的代码进行精准修正,随后在 GNS3 图形化环境中加载真实镜像进行运行。最终,配合 Wireshark 抓包分析完成双重确认,实现从逻辑验证到物理仿真的闭环。

这一流程不仅高保真地复刻了现代互联网企业的 NetDevOps 运维范式,更通过严格的“验证漏斗”设计,促使学生从单纯掌握路由协议,进阶为具备高阶可靠性工程思维的复合型人才。

## 5. 评价体系改革:从“结果评价”到“过程审计”

在 TAS 模式下,一份完美的实验报告或代码已不足以证明学生的能力,因为那可能是 AI 在一秒钟内生成的。评价体系必须从关注结果转向关注过程。

### 5.1. 提示词档案袋制度

为了将隐性的思维过程转化为可评估的教学凭证,本课程建立了“提示词档案袋”制度。该制度要求学生提交最终代码或实验报告的同时,必须完整回溯并提交与 AI 交互的全过程日志。这一档案袋不仅记录了学生如何向 AI 下达指令,更关键地记录了当 AI 生成错误或次优方案时,学生是如何通过多轮对话进行纠偏与调试的。通过这种方式,考核的重点从单一的“代码正确性”延伸到了“交互质量”与“验证深度”。具体的评分维度如表 2 所示,该评分标准旨在引导学生从单纯的工具使用者向具备批判性思维的创造者转型。这一评价导向明确传达了新的评分规则:在 TAS 视域下,使用 AI 工具不再被视为作弊,缺乏验证机制的盲目采信才是真正的失职。

Table 2. Prompt interaction log scoring criteria

表 2. 提示词交互日志评分标准

评价维度	权重	评分标准	TAS 体现
意图清晰度	20%	初始提示词(Prompt)是否准确描述了网络需求?是否使用了正确的专业术语(如 VLAN Trunking, OSPF Area)?	学生->AI
迭代修正能力	30%	当 AI 生成错误代码时,学生是如何引导修正的?是否展示了调试过程?	学生<->AI
验证深度	30%	学生提供了什么证据证明 AI 的结果是正确的?(如 Batfish 的 pass 报告、Wireshark 的握手截图)	学生->教师
最终成果	20%	网络是否连通?代码是否鲁棒?	教师->学生

### 5.2. “图灵测试”式答辩

为了在课程评价中彻底区分“人机协作”与“AI 代写”的界限,期末考核引入了“图灵测试”式答辩机制。与传统答辩关注整体功能演示不同,该环节采用“随机抽样与假设验证”的策略,教师会随机选取学生代码库中的高风险片段——例如一段复杂的正则表达式、特殊的路由策略配置或异常处理逻辑——作为切入点进行质询。在答辩中,教师通过构建“What-if”假设性场景来测试学生对代码的掌控度。

例如,在本学期的路由器配置实验考核中,针对学生提交的 AI 辅助脚本,课题组特意设置了逻辑冲突质询。要求学生具体分析“若将 ACL 规则中的 permit ip any any 错误置于 deny 条目之上,为何会导致原本应阻断的特定 TCP 流量依然能够穿透网络?”这类问题无法通过记忆 AI 生成的解释来回答,它要求学生必须真正理解每一行 AI 生成代码背后的运行机理与逻辑陷阱。只有经过严密代码审计的学生才能准确应对此类挑战,从而有效地将“人的主体性”从 AI 生成的代码海洋中剥离出来,这种设计旨在强调人的主体地位,确保在 AI 辅助的环境下,工程评价的终点始终落在学生个体的理解与逻辑思辨能力上。

### 5.3. 过程性数据的 AI 辅助分析

教师也可以利用 AI 来分析学生的交互日志。例如,使用 AI 分析全班学生的 Batfish 验证报告,自动识别出“VLAN 划分”是全班的共同薄弱点,从而在下一堂课进行针对性讲解。这体现了 T-AI 轴线在教学反馈中的作用。

## 6. 讨论与反思

大语言模型的“幻觉”通常被视为技术瑕疵,但在工程教育视域下,这种不确定性恰恰具有独特的教学价值。网络工程的职业素养核心在于对确定性的极致追求与对异常的审慎怀疑。网络协议是基于严格逻辑的确定性系统,而 AI 本质上是基于统计概率的生成模型。两者之间的张力——例如 AI 自信地给出一个错误的子网掩码——实际上为训练学生的“确定性思维”提供了最佳演练场。TAS 模型的核心任务,即在于训练学生利用网络协议的刚性逻辑去约束并修正 AI 的概率性输出,从而在人机博弈中确立人在技术系统中的仲裁地位。

随着“人机协同”成为常态,学术诚信的内涵迫切需要从传统的“独立完成”向“透明责任”转型。在新的教学评价体系中,红线不再是是否使用了 AI,而是如何使用 AI。我们提出两条明确的学术不端判定标准:一是“认识论层面的懒惰”,即直接提交未经人工校验与实证的形式化验证的 AI 生成内容;二是“程序层面的隐瞒”,即未能清晰标注 AI 在代码生成或方案设计中的具体贡献边界。这种重构标志着工程伦理教育从单纯的“防剽窃”转向了更深层次的“技术责任伦理”构建。

## 7. 结论

从二元到三元的演进,本质上是教育生产关系的调整。在 TAS 模型中,教师的角色从知识的垄断者转向认知的架构师,学生则从知识的复现者进化为驾驭智能工具的工程验证者。对于《计算机网络》课程而言,通过引入工业级验证工具与重构评价体系,不仅解决了传统教学中理论与实践脱节的问题,更重要的是让学生在 AI 的博弈与协作中,建立了对技术确定性的敬畏与对工程严谨性的坚守。这或许是智能时代工程教育改革的可行范式。

## 基金项目

西安理工大学 2024 年教育教学改革研究项目“人工智能赋能课程思政改革研究——以‘计算机网络’课程为例”(项目编号 xjy2468)。

2025 年度陕西省教师教育改革与教师发展研究项目“数智赋能的‘动态适配型’教学范式创新与实践”(项目编号 SJS2025YB021)。

## 参考文献

- [1] 祝智庭,戴岭,赵晓伟.“近未来”人机协同教育发展新思路[J]. 中国电化教育, 2021(9): 72-78.
- [2] 顾小清,李世瑾. ChatGPT/生成式人工智能对教育的影响探析及应对策略[J]. 华东师范大学学报(教育科学版),

2023, 41(7): 26-37.

- [3] 杨宗凯. 教育数字化转型的本质: 从技术整合到人机融合[J]. 华东师范大学学报(教育科学版), 2023, 41(3): 1-9.
- [4] 李艳, 怡悦. 生成式人工智能对教育的挑战与应对——基于 ChatGPT 的分析[J]. 国家教育行政学院学报, 2023(3): 18-26.
- [5] 吴岩. 建设中国“金课” [J]. 中国大学教学, 2018(12): 4-9.
- [6] 李海峰, 王炜. 人机争论探究法: 一种争论式智能会话机器人支持的学生高阶思维能力培养模式探索[J]. 电化教育研究, 2024, 45(3): 106-112.
- [7] Fogel, A., Fung, S., Pedrosa, L., *et al.* (2015) A General Approach to Network Configuration Analysis. *12th USENIX Symposium on Networked Systems Design and Implementation (NSDI 15)*, Oakland, 4-6 May 2015, 469-483.
- [8] Becker, B.A., Denny, P., Finnie-Ansley, J., Luxton-Reilly, A., Prather, J. and Santos, E.A. (2023). Programming Is Hard - Or at Least It Used to Be. *Proceedings of the 54th ACM Technical Symposium on Computer Science Education V. 1*, 500-506. <https://doi.org/10.1145/3545945.3569759>
- [9] Wu, D., Wang, X., Qiao, Y., Wang, Z., Jiang, J., Cui, S., *et al.* (2024). NetLLM: Adapting Large Language Models for Networking. *Proceedings of the ACM SIGCOMM 2024 Conference*, 661-678. <https://doi.org/10.1145/3651890.3672268>