计算流体力学中的智能体人工智能：综述 Applied Mechanics

作者：writer 来源：科学网

本文原地址：https://www.iikx.com/news/progress/43040.html

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

计算流体力学中的智能体人工智能：综述 Applied Mechanics。论文标题：Agentic AI for Computational Fluid Dynamics: A Review

论文链接：https://www.mdpi.com/2673-3161/7/4/81

期刊名： Applied Mechanics

期刊主页：https://www.mdpi.com/journal/applmech

一、引言

计算流体力学（CFD）已成为分析和设计涉及流体流动、传热及相关输运现象系统的重要工具。然而，完整的CFD流程仍然高度依赖专家干预。早期阶段的不当选择会在后续计算中传播，此外，求解器成功执行并不能证明网格无关性、模型充分性或与物理系统的一致性。传统脚本可以重复预定的网格划分、求解器执行和后处理序列，但当问题或执行状态发生变化时，它们通常无法重新组织工作流。预测性人工智能（AI）模型和神经代理模型能够以较低成本估计流场或性能指标，但仅凭预测并不构成能动性。相比之下，智能体系统会观察其环境，根据目标和决策机制选择动作，通过CFD环境或外部工具执行动作，并利用产生的反馈指导后续决策。强化学习（RL）和大语言模型（LLM）智能体为这种交互提供了不同但可能互补的方法。不过，RL智能体的可靠性通常仍受训练分布和预定义任务接口的限制。LLM智能体则不能独立保证正确的模型选择、数值收敛或物理有效性。

以往综述已对流体力学中RL和深度强化学习（DRL）的应用进行了广泛综合，包括流动控制、形状优化和新兴的CFD自动化。与此同时，更广泛的综述考察了基于LLM的自主智能体、增强语言模型、推理、记忆和工具使用。然而，基于RL的CFD智能体和新兴的基于LLM的CFD系统通常被作为独立的研究流进行讨论。因此，仍然需要一个统一框架，以区分决策范式与CFD角色和自主性，比较专用执行与基于语言的编排，并评估已完成的工作流是否产生了数值和物理上可信的结果。

二、方法

相关文献通过Scopus、Web of Science核心合集和Google

Scholar检索，时间范围为2019年至2026年8月。检索组合将computational fluid dynamics或CFD与reinforcement learningdeep reinforcement learninglarge language modelLLM agentagentic AI和multi-agent配对，并补充了针对网格生成、设计优化、工作流自动化和求解器设置的定向检索。对代表性研究进行后向和前向引文追踪，以识别数据库查询未直接捕获的相关出版物。纳入标准是：研究涉及CFD相关任务中的智能体决策，并提供关于决策机制、动作或工具、反馈和自主程度的充分信息；独立的预测器和代理模型被排除，除非它们参与决策 – 行动 – 反馈过程。较早的基础性参考文献被保留用于智能体定义和方法论背景。基于直接相关性、方法细节以及对主要CFD角色和决策范式的覆盖，共选出30项代表性CFD智能体研究。

三、结论与展望

本综述区分了智能体如何决策、在CFD工作流中何处行动以及行使多少决策权，考察了面向CFD的智能体式AI。RL智能体在预定义接口内提供快速、任务特定且物理感知的执行；LLM智能体则支持灵活的目标解释、知识获取、规划和工具编排。二者具有潜在互补性，但集成RL – LLM CFD系统的直接实证证据仍然有限。

基于此，本综述提出一种分层自主CFD工程师架构，结合LLM编排器、领域专用智能体和传统CFD工具。数值与物理验证必须独立于规划和执行层，人类工程师保留对目标、约束、验收标准和最终批准的权力。此类系统不应仅以工作流完成情况评估，而应看其能否在有界人类干预下产生正确、高效、可复现且可审计的结果。

将该架构扩展至假设提出、数值实验设计和迭代模型发现，可通向AI CFD科学家。但当前证据支持的是有界工程自动化和早期科学协作，而非独立科学判断。更高自主性取决于更强的泛化能力、不确定性意识、安全且可追溯的执行，以及在多样CFD问题上的严格验证。在此基础上，智能体式AI可增强人类专业知识，并逐步扩展可靠CFD自动化和科学探究的范围。

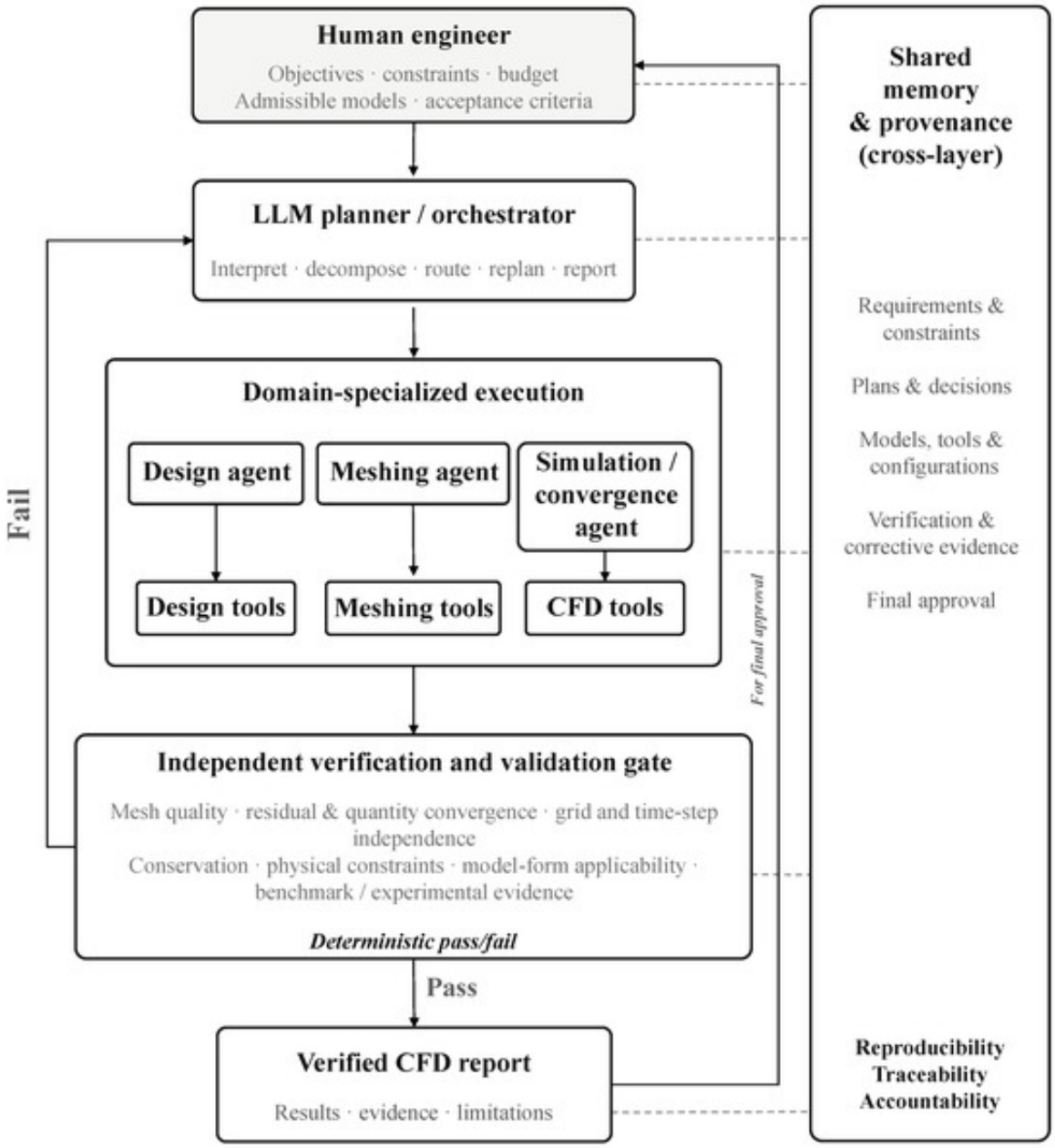


图10. 所提出的可信自主CFD工程师分层架构，集成了人类定义的需求、基于LLM的工作流编排、领域专用执行、独立验证与确认，以及共享记忆与溯源。

Lee, K.; Kim, I. Agentic AI for Computational Fluid Dynamics: A Review. Appl. Mech. 2026, 7, 81.

期刊介绍

副主编：Prof. Dr. Guoxin Xie, Tsinghua University, China

Applied Mechanics (ISSN 2673-3161) 创刊于2020年，是一个开放获取的国际应用力学科学研究期刊。主要领域包括：经典连续介质力学；数学建模与计算机方法；固体力学、结构静动态力学、材料工程；以及应用于土木工程、机械工程和航空航天结构的力学理论。目前，期刊已被Scopus、ESCI (Web of Science) 等数据库收录。

2025 Impact Factor：1.8

2025 CiteScore：3.5

Time to First Decision：25.6 Days

Acceptance to Publication：5.5 Days

期刊介绍：https://www.mdpi.com/journal/applmech

特别声明：本文转载仅仅是出于传播信息的需要，并不意味着代表本网站观点或证实其内容的真实性；如其他媒体、网站或个人从本网站转载使用，须保留本网站注明的“来源”，并自负版权等法律责任；作者如果不希望被转载或者联系转载稿费等事宜，请与我们接洽。
来源： Applied Mechanics

更多 科学进展 请访问 https://www.iikx.com/news/progress/

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，爱科学iikx.com转发