建筑设计教育中可持续生成式人工智能集成的人机交互视角

Alex Binh Vinh Duc Nguyen
alexbvd.nguyen
@uantwerpen.be 安特卫普大学 比
利时安特卫普 鲁汶大学 比利时鲁汶

arXiv:2603.03059v1 [cs.CY] 3 Mar 2026

摘要
生成式人工智能（genAI）正日益影响建筑设计实践，预计将影响甚至改变这一职业，尽管其益处与代价仍未明晰。对此，设计院校正日益将 genAI 纳入课程。然而，这种集成造成了一个悖论：批判性地参与 genAI 往往需要更多地使用相关工具，尽管目前缺乏在教学情境中估算其环境成本的方法。本文认为，人机交互提供了一个有益的方法论视角，可用于应对这一矛盾。我们提出三个以人机交互为依据的方向，以推动生成式人工智能在建筑教育中的可持续集成：情境化生态反馈、参与式利益相关者范围界定，以及将数据中心重新构想为跨学科关注焦点。因此，我们认为，genAI 不应仅被视为一种新型建筑设计工具，还应被理解为一种社会技术过程；建筑教育以及一般设计教育都必须对此进行批判性探讨。

关键词
生成式人工智能（genAI）、以人为本的人工智能（HCAI）、建筑设计、建筑教育、可持续性、生态反馈、参与式设计、人工智能伦理

1 生成式人工智能在建筑设计中的应用：最新进展

1.1 实践

生成式人工智能（genAI）技术为建筑师提供了旨在支持设计任务的新工具。近期研究表明，这些工具能够在早期概念阶段提供与具体情境相关的灵感 [17, 21], ，自动完成非创造性任务 [6, 10], ，并在某些情况下学习建筑师设计风格的某些特点，以提出合理的替代方案 [12]。随着生成式人工智能的能力持续快速发展，其对建筑实践的影响愈发不容忽视。

与此同时，生成式人工智能也被视为一种颠覆性力量，可能会挑战设计与建造流程中一些根深蒂固的角色 [16]。例如，近期一项经济分析估计，建筑与工程行业中多达 37% 的任务可能受到生成式人工智能自动化的影响 [7]。然而，许多建筑师认为，这些工具仍无法取代建筑设计所需的批判性判断、共情、文化敏感性和情境化直觉 [19]。对人工智能生成的建筑成果的研究还指出了伦理与职业方面的担忧，包括训练数据中的社会文化偏见 [18], 、有限的可靠性以及设计决策的可解释性不足 [20], ，还有尚未解决的安全与质量控制责任问题 [13]。此外，尽管生成式人工智能的环境影响在公共讨论和学术论述中受到广泛关注，但在实践中仍难以衡量 [8, 9, 14]。综上，这些发展表明，尽管生成式人工智能很可能会对建筑设计产生重大影响，但其益处与成本之间的权衡仍未有定论。

1.2 教育

为应对这些发展，建筑与设计院校已开始通过研讨会、选修课程和工作室练习，将生成式人工智能相关内容纳入课程 [15]。这些举措旨在帮助学生了解生成式人工智能在设计实践中的机遇与局限 [11, 22]。鉴于生成式人工智能具有社会技术复杂性，随着教育工作者努力培养未来的建筑师，使其能够批判性地使用生成式人工智能工具，或在理解其伦理、社会和环境影响的同时，有意识地抵制这些工具，这种整合很可能会日益普遍 [1]。

然而，这种整合带来了一个实践层面的悖论。要教会学生批判性地评估生成式人工智能，往往也需要他们更频繁地使用生成式人工智能工具，而这不可避免地会加剧这些工具带来的环境影响。目前，仍没有广泛采用的方法来指导建筑教育工作者估算以生成式人工智能为重点的课程或研讨会所产生的环境成本 [9, 14]。因此，教育工作者往往只能依据个人对这项技术的信念和态度来做出课程决策，而研究表明，建筑师和设计专业人士对此的看法差异很大 [1, 4]。

2 人机交互作为可持续生成式人工智能建筑教育的方法论视角

在此背景下，人机交互研究为指导生成式人工智能建筑教育提供了有益的方法论视角，也能更广泛地助力塑造建筑职业领域的未来。这是因为人机交互提供了成熟的方法，用于分析社会技术系统、设计支持反思性决策的交互方式，以及通过参与式方法让受影响社区参与其中。例如，下面提出三个方向，说明人机交互知识如何助力生成式人工智能建筑教育。

2.1 提供主动且情境化的生态反馈

目前，生成式人工智能在建筑设计中最常见的用途之一是图像生成 [15]。由于建筑图像必须符合概念、结构和情境方面的预期，设计师往往需要反复编写提示词并调整配置，才能获得满意的结果 [17]。这种迭代工作流程可能产生大量计算开销，但在设计过程中，这种成本往往并不明显。

人机交互研究可以通过开发主动生态反馈机制来弥补这一不足 [5]。此类机制不仅应在执行生成任务之前直观呈现其预估环境成本，还可以帮助设计师减少不必要的迭代，例如帮助他们在早期阶段更有效地完善提示词。重要的是，这种反馈应结合具体情境呈现，而非作为孤立的指标。例如，应将生成式人工智能图像工作流的环境成本与建筑实践中的常见替代方案进行比较，例如手动三维建模和渲染工作流，同时考虑可能的迭代次数、输出质量要求以及设计发展阶段。缺乏这种背景信息，生态反馈就可能沦为有参考价值却无法指导行动的信息。

2.2 让利益相关者参与界定教育责任

将生成式人工智能融入建筑教育，往往是以其将对职业领域产生重大影响这一假设为依据。然而，这种影响正以何种方式、在多大程度上逐步显现，仍不明确。这种不确定性削弱了生成式人工智能教育的依据，也可能导致课程设计过度依赖个别教育工作者的态度或短期技术趋势。

人机交互领域的参与式方法可以通过邀请利益相关者共同界定负责任且可持续的生成式人工智能教育应包含哪些内容，来帮助解决这一问题。这些工作不仅应纳入建筑领域的利益相关者，如建筑师、工程师、承包商和客户，还应包括以人为本的人工智能研究人员、人工智能开发者、学生和教育工作者。参与式方法有助于明确哪些价值观岌岌可危、具体的教育选择会影响哪些人，以及课程应优先培养哪些能力。责任范围仍有一个重要的悬而未决问题：目前尚不清楚，在建筑设计中融入生成式人工智能，会直接或间接影响哪些利益相关者和群体。确定这一范围的问题本身应被视为一个研究课题，而不应预先假定答案。

2.3 将数据中心设计重新界定为跨学科重点

关于建筑学领域生成式人工智能的讨论，往往聚焦于人工智能工具可能如何改变设计实践，却很少关注建筑实践与教育如何为人工智能基础设施本身创造更可持续的未来作出贡献。数据中心是生成式人工智能系统的核心组成部分 [8],，但在许多建筑课程中仍处于边缘地位。这限制了建筑师发挥实质性作用的能力，无法参与将这些设施设计为环境、城市和社会基础设施。

尽管目前已有一些更负责任的数据中心设计倡议，例如回收废热、更谨慎地管理用水，或将数据中心融入城市公共空间 [2, 3]；但建筑师往往仍缺乏参与此类项目所需的跨学科知识。因此，我们认为，人机交互与建筑学可以在此实现富有成效的交汇。人机交互可以为利益相关者参与、运营透明度以及向受影响社区传达基础设施影响提供方法，而建筑教育则可以贡献空间、材料和城市设计方面的专业知识。随着数字基础设施与实体基础设施日益交织，这种跨学科视角很可能会变得更加重要。

3 结论

生成式人工智能的发展已经重塑建筑实践，并开始改变建筑教育。然而，这些进程的发展方向及其后果仍不确定。当前建筑领域针对生成式人工智能采取的教育应对措施固然必要，但也会加剧其环境影响，因为对生成式人工智能进行批判性探讨，往往依赖于更多地使用相关系统。在此背景下，人机交互研究提供了一套适用的方法和设计方法来应对这一矛盾，尤其是通过情境化生态反馈、以参与式方式界定教育责任，以及围绕人工智能基础设施开展跨学科工作。建筑教育或可不再将生成式人工智能视为一种可采纳或拒绝的新设计工具，而是将其视为一个必须接受批判性分析、设计和治理的社会技术过程。

参考文献

[1] Adejimi Adebayo、Tunbosun Oyedokun、Olayiwola Oladiran、Marjia Hossain 和 Zainab Jagun。2025。《分析建筑环境领域学者对生成式人工智能技术在教学实践中应用的看法》。*Cogent Education* 12, 1 2025 2511034 10 1080 2331186 2025 2511034 （12月），。[2] 2024 https://doi.org/。/ X.。Arup。。如何让数据中心更具可持续性？https://www.arup.com/insights/issues/how-can-data-centres-become-more-sustainable/ 最后更新于2024年6月。[3] Arup。2024。水资源与可持续数据中心。https://www.arup.com/insights/water-and-the-sustainable-data-centre/ [4] Phillip Fernberg 和 Zihao Zhang。2024。《景观建筑中人工智能无处不在的问题化》。《数字景观建筑学期刊》2024，9（6月 2024 10 14627 537752069 ）。https://doi.org/。/ Jon Froehlich、Leah [5] Findlater 和 James Landay。2010。生态反馈技术的设计。载于*SIGCHI*人机交互系统因素会议论文集（美国佐治亚州亚特兰大）*(CHI '10)*。计算机协会，纽约州纽约市， 1999 2008 10 1145 1753326 1753629 –。[6] 2024 https://doi.org/。/。Zhuo Han 和 Yongquan Chen。。基于 Stable Diffusion 自动生成综合医院标准护理单元平面图。*Buildings* 14，9（8月 2024 2601 10 3390 14092601 ），。https://doi.org/。/ [7] 2023 buildings Jan Hatzius 等。。人工智能对经济增长可能产生的重大影响（Briggs/Kodnani）。高盛1，5（2023），268–296。[8] 国际能源署。2025。《能源与人工智能》。https://www.iea.org/reports/ energy-and-ai [9] 国际电信联盟（ITU）。2025。《衡量重要事项：如何评估人工智能的环境影响》。技术报告。ITU。http://handle.itu.int/11.1002/pub/826b1b30-en [10] Suhyung Jang、Ghang Lee、Jiseok Oh、Junghun Lee 和 Bonsang Koo。2024。使用 NADIA 自动设计外墙细部：通过与人工智能交互实现基于自然语言的建筑细部设计。*Advanced Engineering Infor- matics* 61（2024年8月），102532。https://doi.org/10.1016/j.aei.2024.102532 [11] Shitao Jin、Huijun Tu、Jiangfeng Li、Yuwei Fang、Zhang Qu、Fan Xu、Kun Liu 和 Yiquan Lin。2024。通过人工智能提升建筑教育：人工智能辅助建筑编程与

设计课程案例研究。*Buildings* 14, 6 2024 10 3390 14061613 ( )。

[12] https://doi.org/。/buildings Jin-Kook Lee、Youngjin Yoo 和 Seung Hyun Cha。。生成式早期建筑可视化：融入经建筑师风格训练的模型。*Jour- nal of Computational Design and Engineering* 11, 5（2024年07月），40–59。https: //doi.org/ 10 1093 065 。/jcde/qwae 2024

[13] Ci-Jyun Liang、Thai-Hoa Le、Youngjib Ham、Bharadwaj R.K. Mantha、Marvin H. Cheng 和 Jacob J. Lin。2024。建筑、工程与施工行业中的人工智能与机器人技术伦理。《建筑自动化》 162 2024 105369 10 1016 2024 105369 （6月），。

[14] https://doi.org/。/j.autcon.。经济合作与发展组织。。《衡量人工智能计算与应用的环境影响：人工智能足迹》。技术报告341。经济合作与发展组织。 2022 https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2022/11/measuring-the-environmental-impacts-of-artificial-intelligence-compute-and-applications_3dddded5/7babf571-en.pdf

[15] Damilola Onatayo、Adetayo Onososen、Abiola Oluwasogo Oyediran、Hafiz Oyediran、Victor Arowoiya 和 Eniola Onatayo。2024。《生成式人工智能在建筑、工程与施工中的应用：趋势、对实践与教育的影响及技能提升的必要性——综述》。建筑学4，4（2024），877 902 10 3390 4040046 –。

[16] https://doi.org/。/architecture Gozde Basak Ozturk 和 Fatih Soygazi。。生成式人工智能在建筑行业中的应用。载于生成式人工智能的应用，Zhihan Lyu（编）。施普林格国际出版，查姆， 2024 161 187 10 1007 978 3 031 46238 2_8 –。

[17] https://doi.org/。/ - - - - Ville Paananen、Jonas Oppenlaender 和 Aku Visuri。。使用文本转图像生成进行建筑设计构思。《国际建筑计算 22, 3 (2024年9月), 458–474. https://doi.org/10.1177/14780771231222783

[18] Joern Ploennigs 和 Markus Berger. 2024. 生成式人工智能与建筑史。载于解码文化遗产，Fernando Moral-Andrés、Elena Merino-Gómez 和 Pedro Reviriego（编）。施普林格自然瑞士，查姆， 2024 23 45 10 1007 978 3 031 57675 1_2 – 。https://doi.org/ . / - - - -

[19] Karla Saldana Ochoa. . 人工智能能否开启下一场建筑革命？生成式算法与搜索引擎领域中的设计探索。载于解码文化遗产，Fernando Moral-Andrés、Elena Merino-Gómez 和 Pedro Reviriego（编）。施普林格自然瑞士，查姆， 2024 3 22 10 1007 978 3 031 57675 1_1 – 。https://doi.org/ . / - - - -

[20] Muammer Semih Sonkor 和 Borja García De Soto. 2025. 在建筑项目中使用 ChatGPT：通过文献计量分析揭示其网络安全风险。《国际建筑管理期刊》25, 7 (2025年5月), 741 749 10 1080 15623599 2024 2355782 – 。

[21] https://doi.org/ . / . . Elien Vissers-Similon、Theodoros Dounas 和 Johan De Walsche. 2025. 建筑设计早期阶段人工智能技术的分类。《国际建筑计算期刊》23, 2 (2025年6月), 387–404. https://doi.org/ 10 1177 14780771241260857 . /

[22] Güliz Özorhon、Dilara Nitelik Gelirli、Gülbin Lekesiz 和 Can Müezzinoğlu. 2025. 人工智能辅助建筑设计工作室（AI-a-ADS）：人工智能如何融入建筑设计工作室? 《国际技术与设计教育期刊》35, 5 (2025年11月), 1999–2023. https://doi.org/10.1007/s10798- 025-09975-0