

顾思佳¹ 王日新¹ 武雨菲¹ 许心慧¹ 闫超¹ 高天轶¹ 袁烽^{1*}

1. 同济大学建筑与城市规划学院; 2230081@tongji.edu.cn

Gu Sijia¹ Wang Rixin¹ Wu Yufei¹ Xu Xinhui¹ Yan Chao¹ Gao Tianyi¹ Yuan Feng^{1*}

1. College of Architecture and Urban Planning, Tongji University; 2230081@tongji.edu.cn

基于 FUGenerator 平台的 AI 启发式建筑生成设计流程探索

Exploration of AI-inspired Architectural Design Generation Process Based on FUGenerator Platform

摘要:人工智能技术通过拟合大量设计数据,为建筑设计的迭代过程提供高效而精确的计算。在此背景下,人工智能生成技术与建筑迭代式设计的结合模式与方法策略成为后人文时代下人机协作的关键议题。本文从建筑学本体视角,探索了以建筑师为主导的迭代式设计流程。该工作流程体现于 FUGenerator 的交互方式,并被实际应用于同济大学的设计课程。最后的结果表明,该流程启发了既定主题下建筑设计初期方案的多重可能,为设计带来极大帮助与便利。

关键词:人工智能;建筑设计;FUGenerator

Abstract: Artificial intelligence technology provides efficient computing and precise calculations for the iterative process of architectural design by fitting a large amount of design data. In this context, the combination mode and methodological strategy of AI generation technology and iterative architectural design have become a key topic of human-computer collaboration in the post-humanities era. This paper explores an architect-led iterative design process from an architectural ontology perspective. The workflow is embodied in the interaction process of FUGenerator and is practically applied in the design course of Tongji University. The final results show that the process inspires multiple possibilities for the initial program of architectural design under the given theme, which brings great help and convenience to the design.

Keywords: AI; Architectural Design; FUGenerator

1 引言

近年来,人工智能通过数据驱动的方式实现了重大突破^[1]。随着大数据、云计算等概念和技术的出现和成熟运用,人工智能已经在全球范围内掀起一场深刻的技术革命^[2]。在建筑领域,结合计算机的强大内存和处理能力,人工智能可以通过定义样本内部关系的归纳方式,实现大量设计数据的拟合,从而为建筑设计的迭代过程提供高效而精确的运算。在此背景下,人工智能生成技术与建筑迭代式设计的结合模式与方法策略成为后人文时代下人机协作的关键议题。

在传统意义上,建筑设计可以分为概念设计、设计深化、施工图设计三个阶段。作为建筑设计的起点,早期概念设计阶段至关重要。在此阶段,设计师需要对建筑方案中最基本和最重要的特征进行确定^[3]。Caitlin

T. Mueller 和 John A. Ochsendorf 在其 2015 年的研究中指出,设计师在概念设计中必须同时考虑定量的性能目标和定性的要求^[4]。但这些定量和定性的目标均不足以构成整个设计方案的确切且完整的面貌。Mary Lou Maher 等指出,在概念设计阶段,设计师对于问题通常不会形成完整的描述^[5]。在此过程中,他们倾向于通过不断地思考来尝试明晰与理解问题。换言之,在建筑概念设计阶段,设计师通常所做的事情是“探索问题”而非“解决问题”。

基于上述理论,M. Luz Castro Pena 等认为,建筑概念设计是一个寻找设计问题空间和解决方案空间的迭代过程。为实现这一目标,就需要一个能够帮助设计师的计算机探索模型^[6]——这恰恰是 AI 所擅长的事。

人工智能的崛起增强了设计师的感知和分析能

力。在此语境下,人如何与数字工具进行人机协作,成为另一个需要思考的问题。面对数字技术的进步,基于“数字工匠”理念,“意图—生形—模拟—迭代—优化—建造”的建筑产业新流程曾被提出^[7]。这一模式擅长的是处理数字设计后期的迭代优化问题。在人工智能的介入下,数字工具可以赋能前期设计,成为一个同时具有先验性和创造性的灵感来源。基于这一理念,袁烽等在 2022 年提出了“意象—生成—优化—建造—评估”的智能增强设计与建造流程^[8]。

在此基础上,本文基于该智能增强设计与建造流程,依托 FUGenerator 平台,试图探索其中“意向—生成—优化”的阶段,对 AI 启发建筑前期概念设计的流程进行具体方法上的明确与探索,形成以建筑师为主导的 AI 迭代式设计流程。

2 FUGenerator 平台

本研究依托 FUGenerator 平台(图 1)展开,FUGenerator 平台基于 Diffusion Model、GAN、CLIP 等多种算法模型,支持语义描述、草图生成、控制生成等多种应用场景。该平台依据建筑设计工作流程建立 AI 与建筑师的交互方式,以建筑词汇库的形式生成交互界面。在此过程中,AI 与建筑师相互启发,对生成目标进行迭代渐进优化,以适配不同任务需求。



图 1 FUGenerator 功能版块示意图

2.1 算法实现

FUGenerator 平台基于扩散模型的架构实现图像生成。其中,从语义到图像的转换使用的是 Stable Diffusion 算法;对潜在空间进行建模使用的是潜 Latent Diffusion Models;处理和编码语义信息则使用了 Transformer。通过对潜在空间的向量进行表征,FUGenerator 将语义信息置入图像生成过程,从而生成具有特定语义的图像。同时,FUGenerator 通过不同图像特征的组合,实现了从图像到图像的转换。

2.2 交互方式

与 MidJourney、Stable Diffusion、Dalle 等其他平台不同,FUGenerator 面向的用户群体为建筑师。因而其旨在从建筑学本体视角,开发适应于建筑设计流程的 AI 控制流程。这在它与用户的交互方式上有所体现。

FUGenerator 在交互方式上整体采用了“训练—模型推理—生成—结果优化—训练”的循环策略(图 2)。

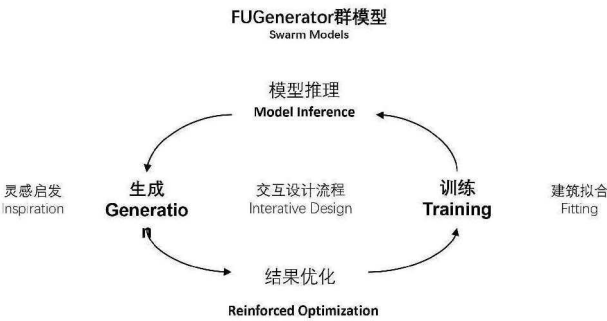


图 2 FUGenerator 交互设计流程示意图

用户在用 AI 进行图像生成后,根据对结果的判断指导语义的调整优化,并再次输入 AI,进行模型推导,从而完成一次迭代。这种多次迭代的方式适用于建筑设计推演过程。

此外,FUGenerator 采取节点回溯式的工作方法。平台将输入、处理到输出图像的过程细分为多个节点。把每个节点参数的定义作为输入,与输出图像建立联系。这一工作方法类似于参数化设计,通过建筑各参数大小和参数之间的关系定义来完成整体建筑的定义。由此带来的使用优势有两点:①生成过程的细分使得最终生成图像的控制更为精准;②节点可见的方式便于设计师追溯每个节点,同时可根据需要进行调整。

平台将节点分为文本(text)、图像(image)、控制(control)三个大类。三者之间可以组合形成对输入语义的定义。此外,对于文本节点,平台结合建筑师的工作习惯与 AI 生成图片的要求,在提示栏中将文本进一步细分为空间(space)、组成(composition)和描述(description)三类,并对这三类继续细分(表 1)。

表 1 文本节点分类

Space	Composition	Description
Main	Proporties	Style
Space	Laypout	Perspective
Form	Ratio	Atmosphere

通过节点回溯式的工作方式,FUGenerator 赋予用户精确定义和无限追溯的能力。用户可以记录所使用的参数,观察生成图片质量的差别,选择性地调整各节点参数,从而高效地生成大量图片作为设计参考。

3 实验开展

3.1 实验设置

基于 FUGenerator 的已有框架,该研究以同济大学本科生四年级的设计课程为平台,进行了为期两个

月的 AI 辅助建筑设计实验。研究将课程中的 16 名同学分为三个设计小组,各小组主题分别为动物之家(6 人),城市营地(4 人)和碳达峰塔(6 人),每个小组中各成员需在同一母题的基础上独立完成个人方案设计(图 3)。

组别	方案1	方案2	方案3	方案4	方案5	方案6
动物之家						
城市营地						
碳达峰塔						

图 3 实验整体情况概览

3.2 典例分析

论文选取了以动物之家为主题的小组的人工鱼礁设计作为分析对象,对 AI 辅助建筑设计的流程进行分析(图 4)。

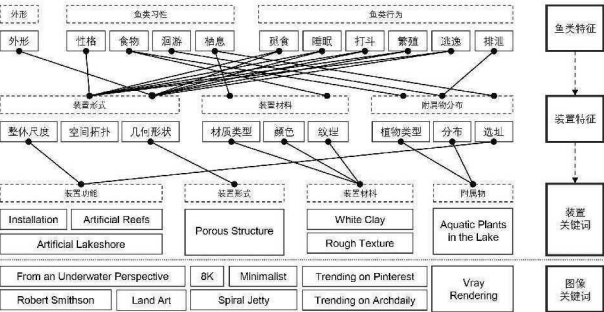


图 4 案例关键词生成示意图

在设计中,设计者首先调研鱼类习性,将其分类转化为建筑特征,并最终生成建筑和图像的关键词库(图 5)。

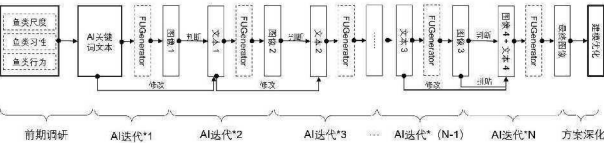


图 5 案例工作流程示意图

随后,设计者将关键词文本输入 FUGenerator 平台进行意向图产出。通过对产出的图像进行判断,设计者修改文本、输入 AI 并迭代设计。最后一次迭代后,设计者提取多张生成图片中对设计有启发的部分,在 Photoshop 中进行拼贴,并将拼合图像输入 FUGenerator,得到最终的渲染意向图。在此之后,设计者通过 Rhino 和 Grasshopper 进行建模优化,得到最

终设计(图 6)。

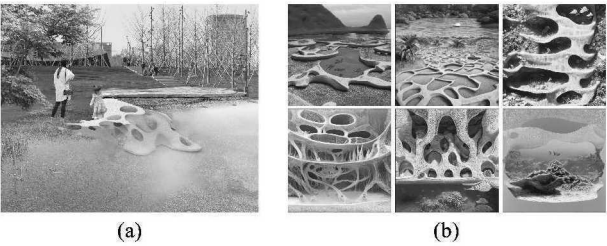


图 6 案例最终效果图和 AI 迭代过程渲染图

(a)案例最终效果图;(b)AI 迭代过程渲染图

3.3 结果分析

3.3.1 设计全过程分析

从整体上看,16 位设计者的设计过程基本遵循前期调研、语义总结、AI 迭代、优化建模的设计顺序(图 7)。

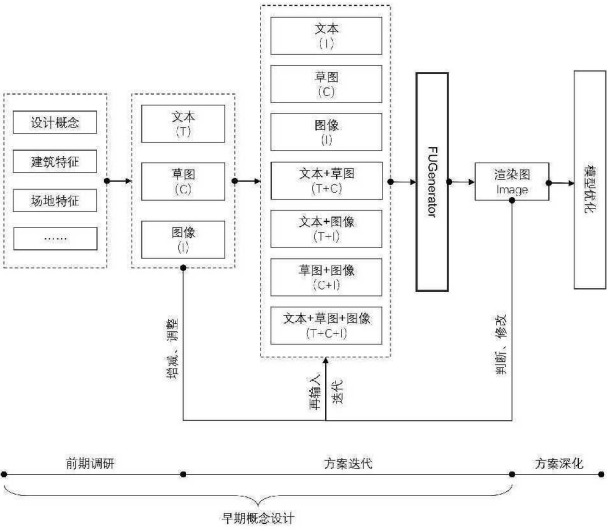


图 7 AI 辅助早期概念设计的流程

在方案设计前期,设计者通常针对任务书进行调研,转化为语义库,可以归纳为本文、草图、图像三类。随后将语义赋予 AI 生成,结合生成的结果对语义库进行修改,并反复迭代。最终在得到接近理想建筑方案的图像之后,设计者根据建造要求进行几何建模。

3.3.2 AI 迭代过程分解

16 位设计者的设计过程都体现了语义和 AI 不断交互的迭代特质,但在具体策略上表现得有所不同。研究通过语义模块的使用情况对此进行分析。

在 FUGenerator 中共有 3 种语义输入方式:文本(标记为“T”)、草图(标记为“C”)和图像(标记为“I”)。各语义可以组合输入,由此形成 7 种类型的语义模块: T、C、I、T+C、T+I、C+I、T+C+I。

实验对 16 位设计者的设计过程依据语义模块进行分解统计,最终得到各语义模块的使用情况如表 2 所示。

表 2 AI 迭代工作流程分解

编号	步骤 1	步骤 2	步骤 3	步骤 4	步骤 5	步骤 6	步骤 7
A1	T	T+I	T+C	T+I	I		
A2	T	C	T+C	I	T+I	C+I	T+C+I
A3	T	T+C	T+I				
A4	T	T+C	C+I	T+C+I	T+I		
A5	T	T+I	T+C	C	I	T+C+I	C+I
A6	T+I						
B1	T	T+I	T+C+I				
B2	T	T+C	T+I				
B3	T	T+C	T+I	C+I			
B4	T	T+C+I					
C1	T	I					
C2	T	C	T+C	T+C+I			
C3	T	T+C	I				
C4	T	C	T+I	T+C			
C5	T+C	T+C+I	T	I			
C6	T	T+C	T+I				

根据上述统计,得到以下结论:①面对高自由度的语义选择,各设计者倾向于自由寻找符合个人习惯的设计工作流,呈现出各不相同的工作模式;②在方案设计初期,工作流往往从抽象的文本开始,让 AI 启发建筑形式的多重可能,避免具象化的草图和图像的额外局限;③在方案设计后期,方案已初具雏形,AI 迭代往往以图像结束,便于设计者基于确定的方向深化设计。

4 结论与反思

人工智能凭借其数据处理功能,赋予建筑师前所未有的多数据整合与分析能力。在这一语境下,建筑师如何与 AI 进行人机协作,进行“智能增强设计与建造”流程,成为新的研究问题。本文探索了以建筑师为主导的迭代式设计流程。该工作流程体现于 FUGenerator 的交互方式,并被实际应用于同济大学的设计课程。

课程设计结果表明,在建筑早期概念设计阶段,前期调研、语义总结、AI 迭代、优化建模的整体流程范式有利于 AI 辅助进行建筑设计。同时,研究认为在个人具体操作层面,AI 应具有高自由度以适应不同设计师个性化需求。而 FUGenerator 中的多选择语义输入、可回溯式节点的交互方式较好地适应了这一要点。

此外,在设计过程中,也发现人工智能存在一定局

限性。作为数据驱动的人工智能能够通过迭代优化来解决问题,但在建筑设计中,并非所有的特征和关系都能够被数据量化。在更复杂的空间关系层面,仍需建筑师的组织。因而,将复杂的建筑任务分解,利用人工智能执行片段式任务,由建筑师执行最终的整合、决策与优化,是一个可能的解决方案。

5 致谢

本研究受国家重点研发计划“政府间国际科技创新合作”项目(2022YFE0141400)、上海市级科技重大专项-人工智能基础理论与关键核心技术(2021SHZDZX0100)和中央高校基本科研业务费专项资金、教育部第二批产学研合作协同育人项目“数字化设计与建造教学实验平台”(202102560007)资助。

参考文献

[1] WANG Z, ZHANG X. AI-Assisted Exploration of the Spirit of Place in Chinese Gardens from the Perspective of Spatial Sequences [C]//TURRIN M, ANDRIOTIS C, RAFIEE A. Computer-Aided Architectural Design. Interconnections: Co-computing Beyond Boundaries. Cham: Springer, 2023, 1819: 287-301.

[2] 黄晓然,王艺丹,马库斯·怀特,等. 逻辑与黑箱——人工智能与计算机辅助技术在未来建筑和城市设计中的展望[J]. 城市建筑, 2022, 19(23): 1-6, 18.

[3] HSU W, LIU B. Conceptual design: issues and challenges[J]. Computer-Aided Design, 2000, 32(14): 849-850.

[4] MUELLER C T, OCHSENDORF J A. Combining structural performance and designer preferences in evolutionary design space exploration [J]. Automation in Construction, 2015(52): 70-82.

[5] MAHER M L, POON J, BOULANGER S. Formalising Design Exploration as Co-Evolution[C]//GERO J S, SUD-WEEKS F. Advances in Formal Design Methods for CAD. Boston: Springer, 1996: 3-30.

[6] CASTRO P M L, CARBALLAL A, RODRÍGUEZ F N, et al. Artificial intelligence applied to conceptual design. A review of its use in architecture [J]. Automation in Construction, 2021, 124: 103550.

[7] 袁烽,周渐佳,闫超. 数字工匠:人机协作下的建筑未来[J]. 建筑学报, 2019(4): 1-8.

[8] 袁烽,许心慧,李可可. 思辨人类世中的建筑数字未来[J]. 建筑学报, 2022(9): 12-18.