

基于大语言模型的建筑平面图结构生成

张百慧

南京大学建筑与城市规划学院

DOI:10.12238/bd.v9i3.4386

[摘要] 随着大语言模型(Large Language Model,LLM)在智能推理与自然语言理解方面能力的持续突破,建筑平面图的数字化生成正迎来新的范式转变。本文提出一种基于大语言模型驱动的平面图结构生成方法,旨在模拟建筑师的思维过程,实现从用户自然语言需求到建筑空间图结构的自动化转换。通过引入思维链方法与建筑知识注入机制,大语言模型能够从非结构化文本中学习提取房间功能、空间关系与设计逻辑,并生成结构化的功能拓扑图。本研究不仅拓展了建筑生成设计的技术边界,也为多轮交互式设计工具的开发提供了新思路。

[关键词] 大语言模型; 建筑平面生成; 图结构; 思维链

中图分类号: G278 文献标识码: A

Structured Floor Plan Generation Based on Large Language Models

Baihui Zhang

School of Architecture and Urban Planning, Nanjing University

[Abstract] With the rapid advancement of Large Language Models (LLMs) in intelligent reasoning and natural language understanding, the digital generation of architectural floor plans is undergoing a paradigm shift. This paper proposes a novel LLM-driven approach for structural floor plan generation, aiming to simulate the cognitive process of architects and achieve automatic conversion from user natural language requirements to structured spatial graphs. By incorporating chain-of-thought prompting and architectural knowledge injection mechanisms, the LLM can extract room functions, spatial relationships, and design logic from unstructured textual inputs and generate a structured functional topology graph. This research not only expands the technical boundaries of generative architectural design but also offers new insights for developing interactive, multi-turn design tools.

[Key words] big language model; Building plan generation; Figure structure; Chain of Thinking

1 建筑设计数字化的背景

随着人工智能与深度学习技术的快速发展,建筑设计正逐步迈入以数据驱动与模型生成特征为特征的智能化阶段。建筑设计数字化已从传统的几何建模、图纸绘制,扩展到设计逻辑表达、参数生成与智能交互等多个维度^[1]。然而,当前大多数自动化工具在空间布局的推理与生成方面存在显著瓶颈。

1.1 平面布局自动生成的意义

建筑平面图结构,即布局图,作为建筑方案设计的核心环节,承载着功能组织、流线优化、空间品质等多维设计目标。在实际设计实践中,建筑师往往基于模糊需求,在不断试探与调整中完成从构思到构图的思维跳跃。因此,如何将设计意图数字化、如何让计算系统“理解”空间逻辑与人类推理,是实现高质量平面自动生成的关键难点^[2]。尽管现有方法在房间划分、几何布置等方面取得了一定进展,但对于“功能—空间—语义”三者之

间的深层映射关系仍缺乏有效建模。

1.2 基于大模型的设计思维模拟

本文提出一种基于大语言模型(Large Language Model, LLM)驱动的数字平面图结构生成方法,核心在于模拟建筑师的语言表达与空间推理过程,实现“自然语言→结构图”的转换机制。与传统规则匹配或图像预测方法不同,LLM具备强大的语义理解与上下文推理能力,能够对用户描述的功能需求进行语言解析与语义联想,并进一步形成具有建筑逻辑的空间关系图。通过引入思维链与建筑知识注入机制,系统可高效提取房间节点、识别功能连接,并生成可使用的图结构。

本研究的创新之处不在于替代建筑师的专业判断,而在于赋予大语言模型可以类同“建筑师”的思考能力,使其能够在语言理解基础上完成空间构图,从而建立起语言、语义与空间结构之间的桥梁。这一思路为实现多轮交互、智能协同的

建筑设计系统奠定了基础,也为数字建筑设计方法论提供了全新范式。

2 相关研究综述

2.1 建筑平面布局生成技术的演进历程

建筑平面图生成问题最早可追溯至20世纪中期的空间分配算法研究,彼时研究者多采用图划分、矩形拼合等方式对房间功能与布局关系进行建模。随着计算机图形学和优化技术的发展,规则驱动与启发式方法逐渐成为主流,例如基于形状语法、物理建模、多目标优化的生成方法^[3],这些方法具备良好的可控性和可解释性,但往往依赖繁复的人工规则设定,难以适应多样化与不确定性的设计输入。

2.2 数字生成技术与大语言模型的研究进展

近年来,在数字生成领域,深度学习技术作为新兴的前沿预测模拟数字技术,在图像理解、空间建模与生成式设计等领域表现出强大能力,并逐步被引入到建筑平面生成任务中。在早期应用中,研究者多采用卷积神经网络(CNN)对平面图像进行特征提取,并通过编码器-解码器结构或多阶段预测网络完成房间位置、边界与类型的识别^[4]。为进一步提升多样性与精度,生成对抗网络(GAN)与变分自编码器(VAE)等也被引入,形成基于图像的端到端生成方法,如HouseGAN^[5]、LayoutGAN等^[6]。但这类方法通常以像素为基本单位建模,尽管图像外观真实,却难以从语义层面控制房间之间的逻辑关系与拓扑约束。

在数字生成方法中,为解决空间结构合理性问题,引入图神经网络(GNN),以节点(房间)和边(连接关系)建模空间结构,将房间属性、邻接关系、连接模式编码为图结构向量。一些典型方法中,会通过GNN预测房间关系图,再用其他神经网络还原几何边界与栅格图像,实现“结构—图像”双重控制。这类方法有效提升了空间逻辑的一致性,但仍依赖于预设的结构化输入(如节点数目、房间标签等)。

与此相比,大语言模型(LLM)在自然语言处理领域展示出强大的泛化能力和上下文理解能力,近年来被逐步尝试引入建筑设计领域。已有研究使用GPT类模型自动生成设计描述,但这些探索仍主要停留在文本层面的“语言任务”中,缺乏对空间结构的映射与建模。

2.3 当前研究存在的问题与挑战

当前的研究空白主要体现在两个方面:一是缺乏机制化的方法将自然语言转化为建筑空间的拓扑结构,二是缺乏对建筑师设计推理过程的建模能力,无法模拟其从模糊需求到空间构图的思维路径。因此,如何利用大语言模型的语义能力,引导其完成语义到空间的转换,并实现空间生成,是本研究试图回答的关键问题。

3 大语言模型驱动方法

本研究提出一种基于大语言模型(LLM)自然语言理解能力的建筑平面图结构生成方法,核心在于模拟建筑师的语言理解与设计推理流程,实现从自然语言需求到空间拓扑图结构的自动化转换。本节将从语言推理机制、语义结构映射方法两个方

面详细阐述该系统的核心原理。

3.1 大语言模型(LLM)的设计推理方法

主要方法包括采用OpenAI类GPT模型作为语言解析核心,结合建筑平面生成知识注入方法,在提示语中内置多个典型设计与图结构样例。通过对这些样例的联想迁移,模型能从输入的自然语言中捕捉空间意图与功能需求。相较于单轮问答方式,该方法更易激发LLM的知识联想能力,提升对建筑语义的识别能力^[7]。

此外,引入思维链(Chain-of-Thought Prompting)策略^[8],鼓励模型进行逐步推理,即在生成图结构前,先显式输出对输入文本中各空间元素、关系、功能逻辑的分析过程。此过程增强了模型推理透明度,也为后续用户反馈提供结构化信息基础。

模拟建筑师设计逻辑的推理过程,实现大语言模型生成平面图结构的关键在于训练大模型模拟建筑师“由意图导向空间”的认知过程,借助大语言模型在自然语言理解和上下文推理中的能力,重建建筑师在前期设计中基于模糊需求构建空间结构的思维链条。

首先,模型需要完成对“设计要素”的识别,即从非结构化的文本中抽取所有可能涉及的空间功能单元,如“主卧”“书房”“厨房”等,并记录其词频、位置、修饰语等信息,为后续推理提供锚点。其次,理解房间语义的基础上,进一步构建空间关系网络。例如,当用户描述“厨房靠近餐厅”时,LLM能够建立厨房—餐厅之间的邻接边,并以图结构方式表示边约束。在此过程中,模型依赖建筑常识完成语言到拓扑的转换。

更进一步,模型还能够根据上下文语义和已有连接关系推理补充隐含规则,如“主卧应具备私密性”“儿童房应靠近卫生间”“厨房不宜靠近卧室”等,这些属于“设计规则推断”范畴。

这种从自然语言到设计意图再到结构构图的三阶段路径,可以使得大语言模型不仅具备语言理解能力,更展现出在特定专业场景中执行推理与生成的潜力,是实现“类建筑师思维”的关键机制。

3.2 从自然语言到图结构的转化方法

引入语义提取与空间结构映射策略,自然语言输入中所蕴含的空间需求往往具有高度的非结构化与模糊性,使得直接转换为图结构成为一项具有挑战性的任务。为应对这一问题,需针对建筑专业语境采取语义抽取策略,结合大语言模型的上下文理解能力,从原始文本中识别出具有结构化潜力的空间要素。该策略通过范例驱动与提示模板,引导模型聚焦于文本中的空间功能表达、位置关系等核心信息。

在这一过程中,模型首先识别文本中的空间功能单元,例如卧室、厨房等,并判断其数量与出现频率,为后续构图提供节点依据。随后,模型对语言中的空间修饰词与连接词进行解析,提取出表示空间逻辑关系的语义成分,例如“邻接”、“靠近”等。这些词汇被转化为边的类型与方向,进而构成图结构中的边关系。与此同时,系统还会识别文本中体现用户偏好或限制性需求的语句,如“主卧朝南”“儿童房靠近卫生间”“避免厨房与卧室

相邻”,并将其映射为节点属性或边的权重,用于在图生成与后续位置预测中指导约束调整。最终,所有由语言模型输出的结构化信息会被映射为一个“房间节点+空间连接”组成的图结构,其中节点包含功能类型、面积偏好等属性,边则表达空间上的相邻性和方向性。通过这一策略,模型不仅能解析显性语义,还具备一定的推理与泛化能力,将自然语言输入高效转化为具备建筑语义的空间组织结构。

在完成初步图结构构建后,系统需进行规范化处理,以确保其可用性、完整性与语义一致性。首先,在节点层面,系统会识别并清除名称重复、语义冲突或无效的房间单元,避免结构重复或表达歧义。随后,系统会检查图的连通性,防止生成孤立节点、断裂空间或缺失主通路等常见问题。

此外,由于自然语言描述中可能存在表意不清、约束冲突等情况,模型还引入语义冲突检测机制,对图中的边关系进行冲突分析。例如,若某一房间被同时要求“靠近”与“远离”另一个房间,系统将记录并反馈此类逻辑矛盾,为用户修正提供依据。

4 研究结论与展望

本文提出了一种基于大语言模型的建筑平面图结构生成方法,试图模拟建筑师在前期概念构思阶段的空间组织逻辑与语言表达路径,从而实现自然语言到图结构的自动转换。通过建筑知识注入与思维链机制,大语言模型不仅能够理解用户输入中的显性空间需求,还能够基于建筑常识进行推理补全与语义抽象,实现对设计意图的结构化表达。在图结构生成阶段,系统进一步完成语义约束的规范化与拓扑优化,输出具有建筑功能逻辑与空间合理性的平面图初步草案。该研究在构建“语言-空间”映射机制方面提供了一种新路径,不仅拓展了语言模型在建筑领域的应用边界,也为设计辅助系统注入了更多智能推理能力。

从整体上看,本研究提出的方法突破了传统自动布局方法对结构化输入的依赖瓶颈,首次将自然语言视作完整的设计输入信号源,并依托语言模型在语义抽象与逻辑建构方面的能力,建立起一种端到端、可交互、具备认知模拟特征的建筑平面生成机制。该方法尤其适用于设计初期阶段对空间意图快速草绘与反复迭代的需求,有望在未来嵌入面向用户的建筑生成式设计平台中,成为新一代人机协同设计工具的关键组件。

当然,目前系统仍面临诸多挑战与限制。首先,大语言模型的空间理解能力仍较依赖提示设计,其生成质量对语料质量与上下文稳定性敏感。其次,语言描述中存在固有的模糊性与歧义性,可能导致图结构中存在语义冲突或生成误差。此外,目前该方法主要服务于住宅类小型建筑空间,尚未覆盖更复杂的公共

建筑、多层建筑等情境。

未来的研究将重点从三个方向展开:一是结合多模态输入,如草图、语音与自然语言的融合,提升系统对复杂场景的理解能力;二是引入更强的结构控制机制与建筑规范约束模型,实现从语言到图形的精细表达;三是探索基于用户反馈的自适应生成机制,使得设计过程真正具备“共创”能力。通过以上路径的持续推进,语言驱动下的建筑设计过程将从辅助走向协同,从静态建模走向智能演化,进一步推动人工智能在建筑设计领域的深度融合与落地实践。

【参考文献】

- [1] Lobos D, Donath D. The problem of space layout in architecture: A survey and reflections[J]. *Arquitetura Revista*, 2010, 6(2): 136-161.
- [2] Parente J, Rodrigues E, Rangel B, et al. Integration of convolutional and adversarial networks into building design: A review[J]. *Journal of Building Engineering*, 2023, 76: 107155.
- [3] 李雅. 建筑平面布局的自动生成方法综述[J]. *安徽建筑*, 2021, 28(8): 158-161, 182.
- [4] Zhang H, Zhang R. Generative artificial intelligence (AI) in built environment design and planning: A state-of-the-art review[J]. *Progress in Engineering Science*, 2025, 2(1): 100040.
- [5] Nauata N, Chang K H, Cheng C Y, et al. House-GAN: Relation al generative adversarial networks for graph-constrained house layout generation// *Proceedings of the European Conference on Computer Vision (ECCV)*. Cham: Springer, 2020.
- [6] Li J, Xu T, Zhang J, et al. LayoutGAN: Generating graphic layouts with wireframe discriminator [C]// *Proceedings of the International Conference on Learning Representations (ICLR)*. New Orleans: OpenReview, 2019.
- [7] Yang L, Zhang Z, Song Y, et al. Diffusion models: A comprehensive survey of methods and applications[J]. *ACM Computing Surveys*, 2023, 56(4): Article 79.
- [8] Yang L, Zhang Z, Song Y, et al. Mastering text-to-image diffusion: Recaptioning, planning, and generating with multimodal LLMs[EB/OL]. (2024-01-22)[2025-05-05].

作者简介:

张百慧(2000--),女,汉族,江苏南京人,硕士研究生在读,研究方向:数字建筑与CAAD。