

# AIGC 辅助城市设计的理论模型建构

甘 惟 吴志强 王元楷 徐浩文 严 娟 何 珍 赵紫辰

**提 要** 2016年以来,深度学习的重大突破推动了人工智能(AI)的研究热潮,在城市规划和设计领域也有较多应用。2022年以ChatGPT为代表的生成式模型展现了在创作方面的巨大潜力,然而在城市设计领域仍然缺乏一个有效的AI辅助设计理论。从城市设计的视角出发,提出城市设计智能化的核心任务及其4个方面的挑战,建构了一个通过引入AI生成内容(AIGC)来促进创新思维活动、增强设计师创作能力的理论模型,从伦理、目标、框架及算法等4方面阐述如何在创作过程中为设计师创造一个AI助手,进而实现AIGC辅助城市设计。论述城市设计引入AIGC后的3个根本问题,包括技术回归设计的初心、促进创新迭代设计以及以最小代价创造未来体验。提出AI应向设计师学习,以设计需求引导AIGC的算法研发。

**关键词** 城市设计; AIGC; 人机混合; 机器创意; 计算机视觉

中图分类号 TU984 文献标志码 A  
DOI 10.16361/j.upf.202302002  
文章编号 1000-3363(2023)02-0012-07

## 作者简介

甘 惟, 同济大学建筑与城市规划学院博士研究生, 849766347@qq.com  
吴志强, 中国工程院院士, 长三角城市群智能规划协同创新中心主任, 同济大学建筑与城市规划学院教授, 通信作者, wus@tongji.edu.cn  
王元楷, 同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司工程师  
徐浩文, 同济大学建筑与城市规划学院博士研究生  
严 娟, 同济大学建筑与城市规划学院博士后  
何 珍, 同济大学建筑与城市规划学院博士研究生  
赵紫辰, 未来城市(上海)设计咨询有限公司工程师

## AIGC Assisted Urban Design: A Theoretical Model

GAN Wei, WU Zhiqiang, WANG Yuankai, XU Haowen, YAN Juan, HE Zhen, ZHAO Zichen

**Abstract:** The remarkable breakthrough in deep learning has propelled a research boom in artificial intelligence (AI) since 2016. Although AI tools have found extensive applications in the field of urban planning and design, limitations can still be perceived in many aspects. In 2022, the generative model represented by ChatGPT had exhibited great potential in data creation; however, an effective AI-assisted design theory is yet to be developed in the field of urban design. This paper analyzes the characteristics of urban design and proposes the core task of intelligent urban design along with its four challenges. On the basis of current applications of AI algorithm, this paper demonstrates a theoretical model that facilitates innovative thinking and enhances the creative ability of designers by availing AI generated content (AIGC). Additionally, this paper explains the methodology for creating an AI assistant for designers in the creative process that covers the aspects of ethics, goals, framework, and algorithms. The paper discusses three fundamental issues following the introduction of AIGC in urban design, including evaluating the original intention of design, promoting innovative iteration, and creating future experience with a minimum cost. It is suggested that AI should learn from designers, the research on algorithms and the development of AIGC should be led by designers' aspirations and needs, and a combination of approaches should be adopted to realize human-AI hybrid design.

**Keywords:** urban design; AIGC; human-AI hybrid system; machine creativity; computer vision

城市设计的智能化是在数字化、信息化基础上得到长期发展的过程,随着地理信息系统<sup>[1-2]</sup>、虚拟现实<sup>[3]</sup>、参数化设计<sup>[4]</sup>、计算机视觉<sup>[5]</sup>、人机交互平台<sup>[6-7]</sup>等技术的引入,设计师已能够有效地借助这些技术工具来处理、分析、模拟、呈现城市设计数据,进而提高设计效率、解决设计问题、提升设计品质。尽管学界对“城市设计的智能化”这一概念至今未形成统一共识,但其相关的理论方法、技术体系在2010年以后就开始逐步形成,主要可以概括为3个方面:①提升城市设计的理性。例如2006年在上海世博园区规划设计中首次采用的大规模人流模拟技术<sup>[8]</sup>。②改进城市设计的过程。例如在城市设计的过程中建立一种即时的“反馈(response)”机制,实现“设计过程的智能化”<sup>[9]</sup>。③创新城市设计的模式。例如出现了空间句法(space syntax)、数据增强设计(data augmented design, DAD)<sup>[10]</sup>、基于人机互动的数字化城市设计<sup>[11]</sup>等多种针对城市设计的创新理论和方法。

然而,尽管辅助工具迭出,城市设计的过程仍然需要大量依靠设计师手工完成,从

总体上看,不得不说城市设计仅处于智能化探索的初期。2016年以来,人工智能(artificial intelligence, AI)技术在城市规划领域得到了较多的关注<sup>[12-15]</sup>,特别是在采用机器学习(machine learning)挖掘城市的生长规律与空间规律、推演城市人口与土地的发展<sup>[16]</sup>、预测设施选址影响评估<sup>[17]</sup>等方面的性能已较为成熟,这些研究很好地解决了城市规划中的一些关键问题,但是对于城市设计仍显不足,技术工具对产生设计方案即创作过程的贡献十分有限,设计师仍然难以通过这些工具创造出理想的设计作品。笔者从2016年开始在城市设计中引入生成式AI算法<sup>[14-15]</sup>,2022年出现的ChatGPT进一步验证了生成式模型的有效性。生成式AI模型能够很好地弥补既有工具在城市设计的决策及创造方面的短板。在这样的背景下,再一次反观城市设计领域的AI应用,构建一种借助AI算法辅助城市设计的理论模型十分必要。

## 1 城市设计特性及其智能化的挑战

### 1.1 城市设计的特性

城市设计的特性是指其能够区别于其他城市规划工作的关键性特点。城市的“规划(planning)”和“设计(design)”存在区别,在一般性的认识中,前者服务于理性,强调根据规律进行外推,注重宏观和整体;而后者则更多服务于感性,强调基于感性的创新,关注人的尺度。然而在实际工作中,这一边界较为模糊。城市规划,特别是在编制详细规划时,往往也会将微观空间作为其关注内容;而在城市设计中,也借鉴了系统性的规划理性分析方法以增加对结构特征的整体性考虑。从设计学的角度认识城市设计,具有以下4个主要特性<sup>[18-23]</sup>。

#### 1.1.1 创作驱动性

相比于城市规划注重“目标”驱动<sup>①</sup>,设计学更注重“创作”驱动。设计首先需要避免“重复”,创作者通常十分忌讳其作品被评价为“与另一个作品很像”。在城市设计中凡是设计结果与前人已完成的作品相同,或是经过推理可以得出的必然结论,都难以称之为“设计”。追求独特而新颖的结果是城市设计

共性的、贯穿始终的追求。设计师根据其设计场地的感知与理解,采用特定形式、功能、材料、技术的组合完成设计,设计结果不存在唯一解或是最优解。创作的多元化是体现城市设计魅力和价值的重要因素。

#### 1.1.2 情智合一性

创作主体,即设计师的意愿往往是城市设计的决定性因素,这与规划活动中强调通过系统论控制要素关系不同。人类认知世界包含理性和感性两个方面,两者对立统一。前者要求在处理问题时按照事物发展的客观规律,后者则要求非逻辑的感知与创造。城市设计需要在创作过程中达到感性和理性的合一,既符合科学认识及其推导,也需要设计师注入个人的情感和意志。

#### 1.1.3 人本导向性

人本的设计思想可以追溯到工艺美术运动时期。20世纪以来“设计以人为本”成为城市设计的共识。经过现代主义城市设计、生态城市设计、数字化城市设计等思想与理论发展,人本导向性具有更丰富的内涵,例如人与自然和谐共生、满足城市个体的多元需求、为人创造更好的场景体验等。其共性特征是,优秀的城市设计方案通常以最少的建设代价让人产生最多的舒适感和愉悦感,因此美学、细部品质、合理的功能配置以及易识别、有特色的城市形象等等,都是设计师十分关注的内容。

#### 1.1.4 空间具象性

城市设计的对象是具象的三维城市空间。空间形态的塑造是城市设计的核心问题,包括空间位置(position)、尺度(scale)、内容构成(content)以及从属特征(attribute)。在城市设计中,对各类空间要素的安排不是随机的,而是按照设计师的创作理念进行有机整合而形成的对未来城市物质空间的形态及其相关的非物质要素状态的一种具象表达。

### 1.2 城市设计智能化的核心任务

与城市的智能化不同,“城市设计的智能化”(intelligent urban design)的对象是“城市设计”,即智能技术服务于创造更有价值的设计方案。智能化的本质在于应用智能技术承担一部分过去城市规划和设计过程中必须由人脑完成的思

维工作。需要特别指出,城市设计中的思维活动除了逻辑分析、推理,还应当包括创造性的思维。对城市设计而言,辅助设计师的感性认知和创造也应是智能化的目标。城市设计智能化的核心任务是在各设计环节,通过采用特定的智能技术辅助设计师的思维过程,使设计师更有效地完成从“现状”到“未来”的映射,进而提升设计师的创作能力、促进设计作品的优化。

### 1.3 城市设计智能化的技术挑战

城市设计已经进入了一个全面数字支撑的时代。已有较多研究<sup>[9, 24-25]</sup>关注以解决特定设计环节的具体问题而出现的智能技术方法(图1)。既有的城市设计智能化技术按其任务目标的差异划分,总体上可分为4类应用。

其一,现状认知。指对场地真实要素的信息获取,其技术价值是辅助对现状问题、特征及规律的认识,例如经典的量化分析模型、大数据分析以及近年来借助AI挖掘城市发展规律的方法等<sup>[10, 26-28]</sup>。

其二,推演预测。指根据客观条件得到未来的知识,其技术价值是辅助对发展规律、趋势、潜在问题等信息的预判,例如系统动力学模型、元胞自动机模型、代理人模型以及借助AI算法的博弈推演、预测模型等<sup>[7, 14-16, 29]</sup>。

其三,方案生成。指根据知识产生规划、设计方案的过程,其技术价值是解决设计方案的产生问题,例如参数化设计方法以及一些借助AI生成设计方案的软件工具等<sup>[30-31]</sup>。

其四,评价优化。指对设计方案性能的反馈,其技术价值是解决设计方案是否符合设计师的价值取向问题,例如形态参数评估模型、社会经济影响评估模型、环境性能模拟等<sup>[6, 10-12]</sup>。

相比于传统城市设计中依靠设计师人工完成城市设计不同层面的任务,智能工具的使用能够有效地为设计师提供辅助。然而,这些迄今取得了令人瞩目成就的技术,是否真正实现了城市设计的智能化?城市设计的问题解决了吗?智能技术能否很好地适应城市设计的特性?这些问题仍值得更深入地探讨。当下城市设计智能化的挑战可概括为4个

方面。

挑战之一，机器创作能力有待提升。目前，技术应用未作用于设计创作的核心环节。典型事例包括：在现状认知层面，主要解决了增强设计师对于设计场地的理性认知，但是没有直接作用于创作过程；评价优化层面亦如此。

挑战之二，技术不足以激发设计创新。技术应用于预测及推理，追求必然（高或然性）结果，不能解决设计创新的问题。典型事例包括：在推演预测层面，不论是采用各类城市模型或是机器学习进行预测，都强调理性推导而忽视了创作性；早期的方案生成技术也存在此类问题。

挑战之三，难以服务于人的创作过程。追求由计算机程序直接生成设计结果，忽视了人的创作。典型事例包括：以参数化生成以及基于机器学习的预测性生成方法，尽管性能强大，可以短时间内生成多个形态布局方案，却很难得到专业设计师的价值认同。

挑战之四，无法主动向人提供建议。计算机程序被动服务于人的指令。典型事例包括：尽管已经出现一些方案评价

平台帮助设计师检查/评价设计方案的优劣，其评价过程仍然可以概括为“人为输入指令，AI被动执行任务”，没有充分发挥智能化的价值。

## 2 城市研究领域中的AI算法应用

### 2.1 经典AI算法的应用与局限

人工智能（AI）经历了波动上升的发展过程，总体上可分为符号主义、连接主义和行为主义等3个流派（如表1所示），并由此衍生出不同理论和算法。

其一，符号主义（symbolicism）<sup>②</sup>。认为人工智能源于数理逻辑，其原理主要为物理符号系统假设和有限合理性。典型技术包括1970年代兴起的专家系统以及2010年代出现的知识图谱技术。前者通过建构专业知识库来模仿人类对一些简单问题的问答，在城市规划领域，特别是社区发展和可持续规划中借助规划支持系统（planning support system, PSS）或基于知识库的问答系统处理城市项目选址、土地评估以及土地利用的情景分析等问题已有较多应用<sup>[32-35]</sup>，体现了辅助城市规划设计理性决策的价值。

知识图谱改进了大型数据集，使搜索引擎能够获取用户输入字符的语义信息，从而返回更精准的结构化数据，提升搜索引擎返回答案的质量及用户查询的效率<sup>[36-37]</sup>。知识图谱主要应用在城市规划相关的文献知识检索中<sup>[38]</sup>，缺乏对城市大数据知识图谱的建构，仍有更多的探索空间。

其二，连接主义（connectionism）<sup>③</sup>。产生于人工神经网络（artificial neural network, ANN），认为人工智能源于仿生学，特别是对人类大脑运行机制的研究，其原理是将简单模型（神经元）按不同的连接方式组成神经网络进行复杂推理、运算、学习的模型。典型技术包括1980年代兴起的由反向传播算法推动的机器学习（machine learning, ML）以及2010年代兴起的由深度置信网络（deep belief net, DBN）推动的深度学习（deep learning, DL）。常用的机器学习算法包括：决策树、朴素贝叶斯、人工神经网络、支持向量机等<sup>[26, 39-40]</sup>，其主要的贡献在于使计算机程序可以因其所处理数据的增加而产生改进，可以用于城市生态效益评估、城市功能区的识别等

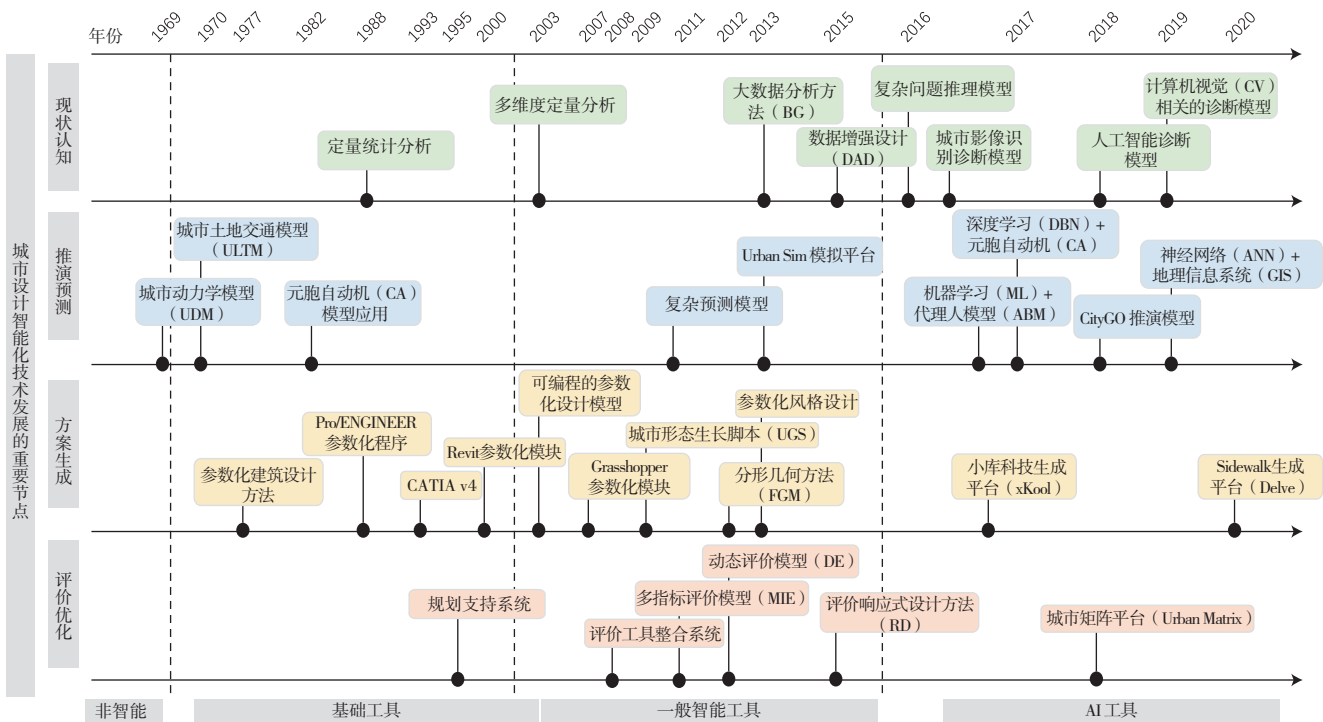


图1 基于代表性文献归纳的城市设计领域智能技术发展的主要成就

Fig.1 Main achievements in technological development in the field of urban design based on literature review

基于多维信息的决策任务中。深度学习通过建立多隐层的人工神经网络提升特征学习能力,并通过“逐层预训练”(layer-wise pre-training)来克服训练难度,包括判别型、生成型和混合型深度学习结构,在城市图像信息感知与识别方面已得到了一些应用<sup>[14, 27]</sup>。以深度学习为主的AI算法掀起了第三次人工智能研究的热潮并持续至今。由于神经网络具有非线性、非局限、自适应和学习、多方向性的特征,能够很好地处理复杂情景中的不确定性因素,在城市问题研究中潜力较大。

其三,行为主义(actionism)<sup>④</sup>。认为人工智能源于控制论,其目的是建构一套感知—动作型控制系统,即将人工智能置于与环境的交互过程中,而非经过知识表示和推理的智能行为。典型技术包括:元胞自动机(cellular automata, CA),用于预测城市土地增长机制<sup>[29]</sup>;智能体模型(agent-based model, ABM),主要用于城市土地演变过程的动力机制分析、城市人口分布的动态模拟、城市居住区等功能的智能选址<sup>[14, 41]</sup>;进化算法(evolutionary algorithms, EA)以及强化学习(reinforcement learning, RL),用于针对特定目标的策略优化<sup>[42-43]</sup>;等等。

从总体上看,目前研究中AI应用于城市领域的主要切入点可以归纳为3个方面,包括:①认知城市特征。挖掘数据背后隐藏的分布特征,称之为“学习”。②归纳城市规律。从海量的历史数据或是同类样本数据中学习规律。③预测城市问题。发现并刻画城市问题内部复杂结构特征,并建构更具综合性的系统动力学和智能体模型来预测城市问题。借助经典的AI工具已有能力通过挖掘复杂城市数据背后的规律并预测未来情景<sup>[44]</sup>。见表1。

## 2.2 AIGC在设计领域的应用

2022年11月出现的大型语言模型ChatGPT,体现了生成式预训练模型在处理自然语言、图像以及视频流方面的有效性<sup>[45]</sup>。AI生成内容(AI generated content, AIGC)大规模增长,引起了全球范围新的研究热潮。AIGC工具远不止ChatGPT,全球范围内出现的AIGC工具涉及文本、代码、图像、视频、助手、

表1 经典AI理论与模型在城市研究中的应用及分析

Tab.1 Application of classical AI theory and model in urban research

流派	相关模型	典型的的城市研究应用	应用价值	主要不足
符号主义	专家系统	规划支持系统 <sup>[32, 34]</sup> ; 土地评估与规划选址 <sup>[33-34]</sup> ; 社区发展和可持续规划 <sup>[32]</sup>	解决规划重要议题的 决策支持问题	依赖人为设定的规则 和系统设计者的专业 能力
	知识图谱	知识搜索和问答 <sup>[36-37]</sup> ; 专业领域知识可视化 <sup>[38]</sup>	解决规划知识的网络化 和系统化问题	仅提供有限知识的检 索,缺少知识创造能力
连接主义	机器学习	专业领域的预测 <sup>[39]</sup> ; 生态空间、功能区识别及土地增长预测 <sup>[26, 40]</sup>	解决针对特定领域的 认知、诊断和预测问题	可解释性较弱,缺少 专业依据
	深度学习	土地非线性增长预测 <sup>[41]</sup> ; 街景风貌评价 <sup>[27]</sup>	解决城市要素非线性 变化预测问题	可解释性较弱,缺少 专业依据
行为主义	元胞自动机	城市土地使用规划的情景 <sup>[29]</sup>	解决基于规则的城市 演化过程模拟的问题	难以支持复杂模型的 演算
	智能体系统	城市空间演变 <sup>[7, 14-16, 41]</sup> ; 城市人口分布的动态模拟 <sup>[8, 15]</sup> ; 城市居住区智能选址 <sup>[17]</sup>	解决城市复杂系统中的 博弈与协同决策问题	依赖人为设定的规则 和系统设计者的专业 能力
	进化算法	最优化的土地配置	解决城市规划中存在 最优解的求解问题	难以解决多目标的 优化问题
	强化学习	结合目标的发展路径学习 <sup>[43]</sup> ; 特定目标导向的形态自动寻优 <sup>[44]</sup>	解决城市规划中存在 目标解的求解问题	难以解决不确定目标 的优化问题

数字人(avatar)、声音、音乐、博弈对抗(game)9种类型约600余项工具,这些工具的兴起已经打破了传统分析工具难以完成创造性任务的壁垒,在一些创作领域,例如文案、平面、广告、绘画、摄影、电影,甚至是建筑设计等多个领域中已经表现出了可以媲美设计师的创作能力<sup>[46]</sup>,对人类设计师提出了更高的要求。但是目前仍然缺乏直接应用于城市设计的AIGC工具。不同于一般的文艺创作,由于城市的复杂性、工程性和社会性,仅仅依靠AI进行生成难以满足真实社会、经济、环境的需要,但是AIGC工具对推动高层次的城市设计智能化提供了更多技术可能却是确凿无疑的。在此背景下,本文从城市设计的特性出发建构一个AIGC辅助城市设计的理论框架。

## 3 城市设计中引入AIGC的理论模型

### 3.1 伦理:AIGC的技术准则

在城市设计中,使用AIGC的目的既不是取代设计师的工作,也不是充当一个简单的“工具”,而是为设计师的创作提供一个“助手”。AIGC本质上是对技术与人与人之间关系的一次革命性的调整。从“竞争者”“工具”到“助手”的转变,应遵循以下3条准则:

准则I,保留人的意志作为设计主体的核心价值。

准则II,弥补设计师的缺陷,在互动过程中创造更大价值。

准则III,具备主动为设计师提供建议的能力。

### 3.2 目标:城市设计的人与AI混合体

机器与人都不都是万能的。认知科学的研究认为,人脑局限性是因为有限的算力、有限的时间和有限的通信,体现在感知力、学习效率以及知识搭接能力等3个方面<sup>[47]</sup>。另一方面,目前的AI算法还处于弱人工智能阶段,仍存在诸多关键性问题未解决,例如在处理目标已知、规则已知、复杂而重复的工作中具有良好表现,但是在设计领域却表现乏力。相比于人类设计师,AI通常存在意志力、创造力、情感偏好和注意力机制<sup>⑤</sup>等方面的短板。在城市设计中,人与AI具有各自擅长的任务(表2)。完全依靠AI或是设计师进行创作都难以获得最理想的设计结果。本文认为应在城市设计中建构一个“人与AI混合体”,实现综合创作能力的突破以应对更复杂的设计任务。

### 3.3 框架:理论模型及其要素

在既有的研究中,在AI算法方面的探索通常被纳入城市设计的新技术研究领域,而没有形成专门的创作智能理论。本文提出一个AIGC辅助城市设计的理论模型。该模型的基本特征是建立一种在“探索性变化”和“选择性保留”<sup>[48]</sup>两个

过程中间交互迭代的机制。见图2、图3。

该框架包含以下要素：

其一，探索性变化的规则系统。传统的规则系统主要来源于建成地区的经验或是根据设计原理总结得出。

其二，激发因子。引入AIGC后，通过嵌入机器学习模块大幅提升了生成模型的灵活性和可信性。包括：①对客观规律的学习，包括对历史样本、同类地区样本以及目标样本规律的学习；②对人类设计师方案的学习。包括对优秀设计方案样本的学习。使生成结果更加个性化，具有特定设计样本的特征。

其三，选择性保留的评价系统。借助AI预测算法评估设计方案产生的影响，例如通过对城市功能、人口活力、碳中和、景观价值等不同维度的模拟数据验证并优化设计方案。

其四，人工干预系统。在一个用户界面（user-interface）中实现人与AI的对话，包括对AI训练样本的干预、对生成规则的干预、对结果形态的干预以及对评价标准的干预。

### 3.4 算法：面向设计的L-G-B算法系统

在城市设计中对AI算法围绕“学习（learn）—生成（generate）—突破（breakthrough）”3个层级进行模块重构。第一层级要求AI算法能够对城市设计中的场地信息以及设计师的创作手法进行学习，例如采用聚类、决策树、卷积神经网络从大数据样本中发现新的规律和特征；第二层级要求AI算法根据学习的结果重新组合城市设计的要素进行生成推演，例如采用循环神经网络、博弈强化学习、生成对抗网络等方法创造新的设计方案，为设计师提供参考；第

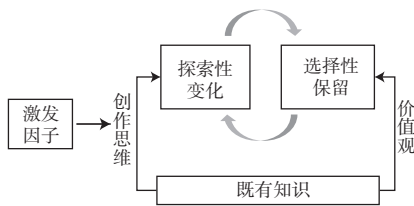


图2 城市设计创作过程的通用模型

Fig.2 A universal model for the creative thinking process

三层级要求AI算法可以在学习和生成的基础上对既定逻辑不断地进行否定，进而生成创新结果，例如采用迁移学习、相似性判定算法产生前所未见的新方案，进而启发设计师的创作灵感。由AI创造的结果也可以再学习，形成算法闭环。

## 4 AIGC辅助城市设计的3个根本问题

### 4.1 技术回归设计的初心

从设计学的视角出发引导技术工具

的研发，在过去的技术研究中往往被忽视。本文提出的AIGC辅助城市设计的理论模型特别关注了“人”在创作过程中的主导价值，体现在：①以增强设计师为目的搭建算法框架；②帮助设计师预判未来的可能性；③通过选取合适的训练样本充分认知与尊重设计师的意愿。AIGC的引入破除了城市设计中的机械与教条，方案生成不再只是一个技术议题，而是赋予了更多的创新性和人情味。应注意到城市设计作为一种整体性的创造活动，既无法遵循一个固定不变的逻辑

表2 城市设计活动中的AI能力与人脑能力矩阵

Tab.2 Matrix of AI and human cognitive capability in urban design activities

	设计师不擅长	设计师擅长
AI擅长	1. 大规模记忆、存储 2. 规律挖掘 高维数据中挖掘潜在规律要素识别和提取 3. 复杂计算 定量计算与评估推演预测 4. 设计生成和模拟 基于规则生成复杂结果产生新图案 5. 设计优化 多目标模型优化	1. 对优秀作品的学习模仿 2. 图像、数据中的特征归纳 3. 现象的因果推理
AI不擅长	1. 设计中把握人的情绪 与人沟通交流 在设计中注入情感要素	1. 创新性提升 提出新颖构思 设计创新解决方案 2. 凝练并提出设计构思 设计脉络叙事性 设计关键要素的提炼 3. 审美选择 人的审美偏好 4. 场景体验的设计与表达 假想空间场景效果

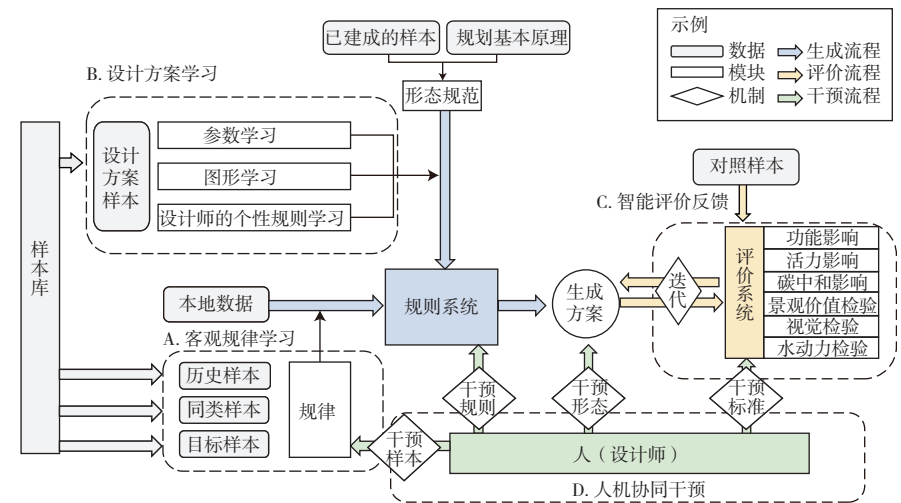


图3 AIGC辅助城市设计的理论框架

Fig.3 Theoretical framework for AIGC-assisted urban design

套路，也区别于经过特定先验公式的推演计算。设计作品是注入了设计师的原创构思、针对特定地区和特定问题提出的定制方案。以辅助设计创作为导向，挖掘不同类型算法对设计创新需求的满足，是AIGC在城市设计中得以应用的关键。见图4。

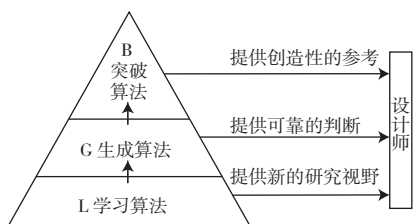


图4 AI算法满足城市设计创作者的多层需求  
Fig.4 AI algorithms that satisfy the multi-level needs of urban designers

#### 4.2 “设计师—AIGC” 创新迭代设计

AIGC的导入促进了人机循环迭代的设计进程。设计不再是设计师独立完成的工作，而是创造了一个AI镜像，建立“人在回路”的迭代循环机制（图5）。这一全新机制强调，在设计中既不完全依赖设计师的经验和偏好，也不过度依赖机器，即人和机器都能够“思考”，并且可以通过相互启发、共同完成设计过程，这是过去在城市设计领域的人机交互工具所不具备的能力。对专业设计师而言，不仅能够轻松地创作出更高水平的作品，也可以激发更好的设计想法，开拓设计思路。相比于既有技术支持的城市设计，AIGC辅助城市设计实现了从少量信息支

撑的创作到大量信息支撑的创作、从低智能化的工具到人与AI协同设计、从个体智慧到混合增强智慧、从生成结果到赋能过程创新的转变。

#### 4.3 以最小代价创造未来体验

人从真实世界中提取知识，并根据人的意志改造真实世界的环境，形成了城市设计的基本闭环。然而这一过程需要经历漫长而昂贵的建造过程。数字技术的普及在人和真实世界中间增加了一层“数字”，在城市领域，物质空间和数字空间的映射后被称为“数字孪生城市（digital twin city）”。数字空间将信息和知识以数据形式传递给设计师，而后者可以对数字空间进行干预。以AIGC为代表的新型智能技术同时增强了人和数字空间，形成了“人—智能技术（机）—数字空间（数）”新的三元结构（图6）。一方面AIGC与人的创作相互促进；另一方面，数字空间产生的数据为AIGC提供原料，而后者生成新的数字空间实现虚拟世界的迭代优化。这一过程无须经过建造即可实现，大幅节约了体验成本，并将体验过程提前到设计阶段，促进了更加精准的设计。

### 5 结语

纵观城市设计智能化的发展历程，可以概括为3个阶段：①人脑智能阶段；②初级智能阶段，由人操作计算机程序完成特定任务来辅助设计；③高级智能阶段，引入AI算法实现对复杂问题的感知、学习、推理和决策。AIGC进一步促

进了城市设计走向高级智能阶段，而事实上，也应当清楚地认识到，这3个阶段应是共存的，很难通过一种固定模式解决城市设计的所有问题。AIGC在学习能力、计算效率、发散程度等方面表现出对一般智能算法的优越性，同时也在数据需求、可解释性等方面存在劣势。仅仅依靠预训练模型，往往难以得出令人满意的设计结果，因此，在面对复杂的设计任务时，根据设计师的意愿和需求采用一种或多种方法的组合来实现“人—AI”混合设计，这将是未来城市设计的一条必不可少的路径。

#### 注释

- ① 规划学注重“目标”导向，城市规划的核心任务是针对城市未来发展的目标进行设置和布局，并且围绕目标制定合理、可行、有效的实现路径，“计划性”是其主要特征。规划的方法与路径的选择更关注科学、合理以及遵循特定规律。规划是可重复的，经过历史检验的路径更有利于保障目标的实现。
- ② 又称逻辑主义（logicsim）、心理学派（psychologism）或计算学派（computer-ism）。
- ③ 又称仿生学派（bionicsism）或生理学派（physiologism）。
- ④ 又称进化主义（evolutionism）或控制论学派（cyberneticism）。
- ⑤ 在认知科学中，由于信息处理瓶颈，人类会选择性地忽视大部分信息，而仅关注一部分信息。这被称为遗忘或注意力机制。在一些情景中，基于少量、关键信息的决策反而可以导致更有利的结果。

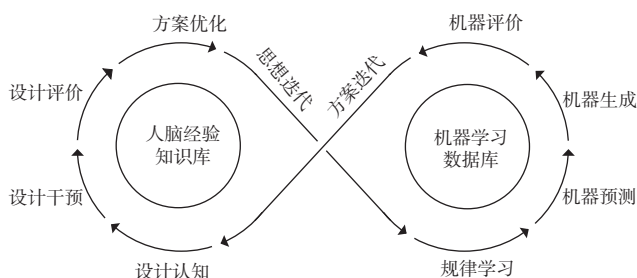


图5 AIGC辅助城市设计的“人在回路”机制  
Fig.5 AIGC-assisted urban design with the "human-in-the-loop" mechanism

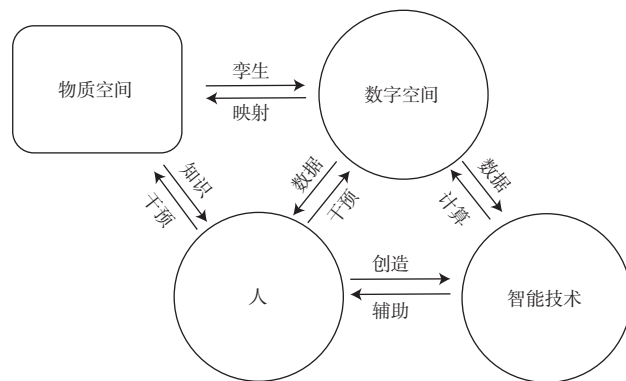


图6 “人—智能技术—数字空间”的三元互动结构  
Fig.6 Triadic reciprocal structure of "human-smart technology-digital space"

参考文献

- [1] BATTY M, DODGE M, JIANG B, et al. GIS and urban design[M]//Geographical information and planning: European perspectives: London, New York, Berlin: Springer-Verlag, 1999.
- [2] 钮心毅. 地理信息系统在城市设计中的应用[J]. 城市规划汇刊, 2002(4): 41-45.
- [3] 段学军. 虚拟城市: 技术方案与应用[J]. 测绘通报, 2001(12): 1-3.
- [4] 尼尔·里奇, 袁烽. 建筑数字化编程[M]. 上海: 同济大学出版社, 2012.
- [5] 叶宇, 戴晓玲. 新技术与新数据条件下的空间感知与设计运用可能[J]. 时代建筑, 2017(5): 6-13.
- [6] REID R L. MIT's CitySCOPE features 3-D models for urban planning[J]. Civil Engineering—ASCE, 2014, 84(7-8): 30-31.
- [7] WADDELL P, BORNING A, NOTH M, et al. Microsimulation of urban development and location choices: design and implementation of UrbanSim[J]. Networks and Spatial Economics, 2003, 3(1): 43-67.
- [8] 吴志强, 千靓. 上海世博会可持续规划设计[J]. 建设科技, 2010.
- [9] 甘惟. 国内外城市智能规划技术类型与特征研究[J]. 国际城市规划, 2018, 33(3): 105-111.
- [10] 龙瀛, 沈尧. 数据增强设计: 新数据环境下的规划设计回应与改变[J]. 上海城市规划, 2015(2): 81-87.
- [11] 王建国. 基于人机互动的数字化城市设计: 城市设计第四代范型刍议[J]. 国际城市规划, 2018, 33(1): 1-6.
- [12] 麦克·巴迪, 沈尧. 城市规划与设计中的人工智能[J]. 时代建筑, 2018(1): 24-31.
- [13] HINTON G E, OSINDERO S, TEH Y W. A fast learning algorithm for deep belief nets[J]. Neural Computation, 2006, 18(7): 1527-1554.
- [14] 吴志强. 人工智能辅助城市规划[J]. 时代建筑, 2018(1): 6-11.
- [15] 甘惟. 城市生命视角下的人工智能规划理论与模型[J]. 规划师, 2018, 34(11): 13-19.
- [16] 吴志强, 甘惟. 转型时期的城市智能规划技术实践[J]. 城市建筑, 2018(3): 28-31.
- [17] 刘小平, 黎夏, 陈逸敏, 等. 基于多智能体的居住区位空间选择模型[J]. 地理学报, 2010, 65(6): 695-707.
- [18] 吴志强. 论新时代城市规划及其生态理性内核[J]. 城市规划学刊, 2018(3): 19-23.
- [19] 崔愷. 城市更新中设计的转变[J]. 城市规划学刊, 2022(6): 58-61.
- [20] 韩冬青. 城市设计创作的对象、过程及其思维特征[J]. 城市规划, 1997(2): 3.
- [21] 边兰春, 陈明玉. 社会—空间关系视角下的城市设计转型思考[J]. 城市规划学刊, 2018(1): 18-23.
- [22] 运迎霞, 胡俊辉, 任利剑. 可持续城市形态的哲学思辨[J]. 城市规划学刊, 2020(3): 32-40.
- [23] 王一, 王颖. 时代性与城市性: 当代城市设计的理念、策略与议题[J]. 城市规划学刊, 2019(5): 51-58.
- [24] 杨俊宴. 从数字设计到数字管控: 第四代城市设计范型的威海探索[J]. 城市规划学刊, 2020(2): 109-118.
- [25] 杨俊宴, 朱晓, 邵典. 回眸历史: 基于知识图谱的百年城市设计技术演进脉络与趋势展望[J]. 城市规划学刊, 2021(6): 20-27.
- [26] 王德, 王灿, 谢栋灿, 等. 基于手机信令数据的上海市不同等级商业中心商圈的比较: 以南京东路、五角场、鞍山路为例[J]. 城市规划学刊, 2015(3): 50-60.
- [27] 江浩波, 卢珊, 肖扬. 基于街景技术的上海历史文化风貌区城市色彩评价方法[J]. 城市规划学刊, 2022(3): 111-118.
- [28] 田宝江, 钮心毅. 大数据支持下的城市设计实践: 衡山路复兴路历史文化风貌区公共活动空间网络规划[J]. 城市规划学刊, 2017(2): 78-86.
- [29] 黎夏, 叶嘉安. 基于神经网络的元胞自动机及模拟复杂土地利用系统[J]. 地理研究, 2005(1): 19-27.
- [30] ZHENG H, YUAN P F. A generative architectural and urban design method through artificial neural networks[J]. Building and Environment, 2021, 205(6): 108178.
- [31] 杨俊宴, 朱晓. 人工智能城市设计在街区尺度的逐级交互式设计模式探索[J]. 国际城市规划, 2021, 36(2): 7-15.
- [32] KIM T J, WIGGINS L L, WRIGHT J R. Expert systems: applications to urban planning[M]. Springer-Verlag, 1990.
- [33] KLOSTERMAN R E. The what if? collaborative planning support system[J]. Environment & Planning B Planning & Design, 1999, 26(3): 393-408.
- [34] 钮心毅. 规划支持系统: 一种运用计算机辅助规划的新方法[J]. 城市规划学刊, 2006(2): 96-101.
- [35] 吴志强, 李欣. 北京城市副中心规划工作思路创新[J]. 城市规划学刊, 2019(S1): 138-141.
- [36] 刘知远, 孙茂松, 林衍凯, 等. 知识表示学习研究进展[J]. 计算机研究与发展, 2016, 53(2): 1-16.
- [37] BENGIO Y, COURVILLE A, VINCENT P. Representation learning: a review and new perspectives[C]. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 2013, 35(8): 1798-1828.
- [38] 吴志强, 刘晓畅. 改革开放40年来中国城乡规划知识网络演进[J]. 城市规划学刊, 2018(5): 11-18.
- [39] GARRET J H. Where and why artificial neural networks are applicable in civil engineering[J]. Journal of Computing in Civil Engineering, 1994(8): 129-130.
- [40] KARIMI F, SULTANA S, BABAKAN A S, et al. An enhanced support vector machine model for urban expansion prediction[J]. Computers Environment and Urban Systems, 2019, 75(MAY): 61-75.
- [41] 张鸿辉, 曾永年, 谭荣, 等. 多智能体区域土地利用优化配置模型及其应用[J]. 地理学报, 2011, 66(7): 972-984.
- [42] KAEHLING L P, LITTMAN M L. Moore reinforcement learning: a survey[J]. Journal of Artificial Intelligence Research, 1996, 4: 237-285.
- [43] 刘全, 翟建伟, 章宗长, 等. 深度强化学习综述[J]. 计算机学报, 2018, 41(1): 1-27.
- [44] 孙澄宇, 宋小冬. 深度强化学习: 高层建筑群自动布局新途径[J]. 城市规划学刊, 2019(4): 102-108.
- [45] OUYANG L, WU J, JIANG X, et al. Training language models to follow instructions with human feedback[J]. Advances in Neural Information Processing Systems, 2022, 35: 27730-27744.
- [46] TAN W R, CHAN C S, AGUIRRE H E, et al. ArtGAN: artwork synthesis with conditional categorical GANs[C]. 2017 IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), 2017: 3760-3764.
- [47] GRIFITHS T L. Understanding human intelligence through human limitation[J]. Trends In Cognitive Sciences, 2020(11): 873-883.
- [48] 李亚丹. 情感影响创造性思维的认知神经机制[M]. 科学出版社, 2019.