

智能规划的挑战与路径：理论与技术视角的思考*

Challenges and Pathways for Smart Planning: Dual Perspectives from Planning Theory and Technology

晏龙旭 刘 苏 张 桢 张 皓

YAN Longxu, LIU Su, ZHANG An, ZHANG Hao

关键词 智能规划；规划支持科学；人机协同；棘手问题；规划理论

Keywords: smart planning; planning support science; human-AI collaboration; wicked problems; planning theory

中图分类号 TU984 文献标志码 A
DOI 10.16361/j.upf.202603004
文章编号 1000-3363(2026)03-0029-08

作者简介

晏龙旭，同济大学建筑与城市规划学院副教授，国土空间智能规划技术自然资源部重点实验室成员，yanlongxu@tongji.edu.cn

刘 苏，同济大学建筑与城市规划学院硕士研究生

张 桢，同济大学建筑与城市规划学院硕士研究生

张 皓，同济大学建筑与城市规划学院助理教授，通信作者，zhanghao1054@tongji.edu.cn

提 要 从理论与技术相结合的视角，探讨智能规划的核心挑战与实现路径。辨析“规划中的智能技术”与“智能规划技术”的差异，指出后者因涉及未来判断、价值权衡和行动选择而面临根本性挑战。通过对欧美规划理论与技术互动演进历史的梳理，分析规划技术应用屡次陷入“高期望—低成效”的深层原因，提出“可预测—可解释—可优化”三维挑战框架。在此基础上，结合我国空间规划发展背景，认为智能规划发展具有补齐“应用科学”短板、促进空间治理向协作式转型、构建开放共享技术生态等三重使命。提出“人—AI—专业模型”协同（HAIMC）的技术路径，强调以价值判断和公共协商界定“可优化”方向，以专业模型提供“可预测、可解释”的模拟评价能力，以AI增强模型调度和沟通表达能力，从而形成面向真实规划决策的智能规划技术。

Abstract: This paper examines the core challenges and pathways of smart planning from an integrated perspective that combines planning theory and technology. It first distinguishes between "AI in Planning" and "AI for Planning", arguing that the latter presents fundamental challenges as it involves future-oriented judgment, value-based trade-offs, and action-oriented decision-making. By reviewing the historical interplay between planning theory and technology in Europe and North America, the paper explains why planning technologies have repeatedly experienced a cycle of "high expectations and limited outcomes". It then proposes a three-dimensional framework integrating predictability, interpretability, and optimization potential. Against the backdrop of China's territorial spatial planning reform, the paper identifies three key missions for smart planning: strengthening planning as an applied science, promoting collaborative spatial governance, and fostering an open technological ecosystem. Finally, it proposes a Human-AI-Model Collaboration (HAIMC) pathway, emphasizing smart planning that integrates authentic value articulation, domain-specific models, and artificial intelligence to support more effective planning decision-making.

* “十四五”国家重点研发计划“面向建成环境空间优化的智能化城市设计关键技术”（项目编号：2024YFC3807900）；国家自然科学基金青年项目（项目编号：52408089）“‘关系产权’对历史地区更新中社会空间演变的影响机制及优化模式研究——以上海为例”

近年来,以深度学习、大语言模型(LLM)为代表的新一代人工智能技术(AI)取得重大突破,在自然语言处理、图像生成、知识表达和复杂推理等方面展现出强大能力。作为典型的数据密集型和知识密集型领域,城市规划面临AI带来的巨大机遇和挑战^[1]。从城市认知、规划设计到情景模拟、公众参与和决策支持,人工智能为规划工作提供了新的技术可能,并引发学界与业界对“智能规划”的广泛讨论^[2]。

围绕智能规划的理念、技术框架与实现路径,国内外学者开展了大量探索。吴志强院士团队^[3]提出“规划智能体”概念并进行了系统建构,即以多源城市数据为感知基础,以规划知识、法规标准、模型方法、案例经验和实施反馈为支撑,以公共价值、空间秩序和治理目标为判断依据,参与规划全过程的专业智能系统。甘惟等^[4-5]系统总结了国内外智能规划技术,提出了AIGC辅助城市设计的理论模型。柴勋等^[6]认为智能技术能够赋能“规划编制—规划审查—规划实施—公众参与”,在规划全生命周期中提升工作效率和科学性。还有研究^[7-12]从智能规划框架、规划知识嵌入、应用场景、建模技术等方面进行了探索。Peng等^[13]进一步展望AI与城市规划的关系将有望从辅助(assisted)、增强(augmented)向自动化(automated)乃至自主规划(autonomized)演进。总体来看,研究普遍认为人工智能将显著增强人类认识、模拟和干预城市的能力,为利用技术解决复杂城市与规划问题提供了新的可能性,也为规划行业的数字化与智能化转型带来了重要机遇。

然而,既有讨论多聚焦技术能力提升及应用前景,对其面临的根本性约束和历史经验关注相对不足。回顾欧美历史,技术主导的规划解决方案早有前车之鉴。自20世纪中叶以来,从“城市模拟”热潮到规划支持系统(Planning Support System, PSS),再到近20年互联网、大数据驱动的智慧城市愿景,技术在规划中的地位持续提升,却屡次陷入“高期望—低成效”的循环^[14]。新技术往往一开始被寄予解决城市问题的厚望,但在实践过程中问题逐渐暴露,并不断引发规划理论与方法论的反思和调整。更

重要的是,城市规划从来不是一个纯粹技术过程,欧美规划理论从理性规划和应用科学向沟通式、协作式规划的转型,不仅改变了规划师的角色定位,也深刻影响了规划技术的发展目标和应用方式^[15]。因此,重新审视欧美规划理论与技术互动演进的历史,对于理解智能规划面临的核心挑战、思考发展路径具有重要意义,也有助于避免新一轮技术乐观主义再次陷入既有循环。

基于此,本文从规划理论与规划技术相结合的视角,系统讨论智能规划的概念、挑战与技术路径。首先辨析智能规划概念,区分“规划中的智能技术”与“智能规划技术”;继而梳理欧美七十余年规划理论与技术互动演进历程,并在此基础上提出智能规划面临的“可预测—可解释—可优化”三维挑战框架;最后结合我国国土空间规划改革背景,讨论智能规划发展的历史使命,提出“人—AI—专业模型”协同的技术路径,以期为我国智能规划发展提供理论参考。

1 智能规划概念辨析:“规划中的智能技术”与“智能规划技术”

当前研究对智能规划(以及智慧规划、智慧国土空间规划、城市规划AI等相近概念)的定义较为宽泛,通常将规划过程中使用的各类数智技术运用均纳入其中。例如:甘惟^[4]提出智能规划是“通过多种智能技术辅助城市规划理性分析和科学决策的过程”,涵盖计算机辅助设计、城市定量分析、城市动态模拟、城市智能交互等技术。Peng等^[13]则将智能规划定义为由AI智能体部分参与或全部完成规划制定的过程,既包括知识检索、文本分析、效果图生成,也包括方案生成、情景模拟和政策影响评估。这种广义理解有助于认识智能技术对规划工作的赋能潜力,但也容易模糊不同应用之间的差异。尤其当图像识别、图文生成、可视化表达等环节取得明显进展时,容易进一步强化技术乐观主义想象,让人认为AI也能完成问题诊断、推演、方案评价与空间优化等更复杂的规划决策。

因此,有必要进一步辨析“智能规划”概念,区分智能规划的不同层次。

借鉴城市规划理论中“规划中的理论”(theories in planning)与“规划的理论”(theories of planning)的经典区分^[16],笔者将智能规划相关技术划分为“规划中的智能技术”和“智能规划技术”两类。前者是规划过程中使用的智能工具,主要提升工作效率、分析精度和表达能力;后者则面向规划问题本身,对城市发展趋势、空间绩效、政策影响和规划方案进行理解、推演、评价与优化。二者的关键差异不在于是否使用人工智能,而在于是否直接进入规划决策过程,是否涉及未来判断、价值权衡和行动选择。

“规划中的智能技术”主要发挥辅助性和工具性作用,服务于数据获取、信息整理、知识表达、成果生成和管理监督等环节。例如,利用地理智能识别国土空间要素,利用多源数据感知城市动态,利用LLM归纳公众意见和政策文本、撰写研究报告,利用AI生成效果图和沟通材料,或利用数字平台提升规划管理和实施监测效率等,均属于这一类型。此类技术通常不直接决定规划目标和行动方案,而是通过提升信息处理能力、降低工作成本、拓展表达方式,为规划工作提供技术支撑。其评价标准也相对明确,主要体现为数据是否更准确、流程是否更高效、表达是否更清晰、管理是否更及时等等。

“智能规划技术”则具有更强的决策相关性。例如,利用模型预测人口、就业、活动和交通需求的空间变化,模拟不同布局方案的多维影响,评价现状和方案的空间绩效,在多目标约束下生成优化方案等,均属于这一范畴。与一般工具性技术不同,“智能规划技术”并不只是回答“是什么”和“如何做”,而是不可避免地进入“应当如何”的规范性判断,这是规划与“规范持续斗争”的本质体现^[17]。未来推演如何面对高度不确定的城市发展,问题诊断和方案评价依赖何种价值标准,空间优化设定何种目标函数,均不是单纯技术问题,而是与价值判断紧密交织的规划问题。

“规划中的智能技术”与“智能规划技术”并非彼此割裂,而是相互支撑:前者为后者提供数据、信息和表达基础;后者则进一步进入规划决策核心,支持问题识别、情景判断、绩效权衡和行动

选择。区分二者并不是否定数智技术的价值，而是避免将工具性进步直接等同于决策智能化。更高精度的空间感知并不必然带来更可靠的未来预测；更高效率的文本生成并不等同于公共利益和多元诉求的充分表达；更复杂的算法优化也不意味着能够自动生成更合理的规划方案。本文所讨论的智能规划挑战与技术路径，主要指向后一类“智能规划技术”，即当人工智能真正进入规划问题的理解、推演、评价与优化过程时所必须面对的问题。

2 欧美规划理论与技术互动演进的经验与反思

2.1 欧美规划理论与技术应用的互动演进历程

欧美规划技术的发展并不是单纯由模型、数据和算法进步推动的技术史，而是与规划理论、社会问题和治理理念的变化相互交织。不同历史阶段技术介入规划决策的方式，往往对应着不同的城市规划理念和理论范式（图1）。

20世纪中叶以前，欧美城市规划以设计为总体导向，强调空间秩序、形态组织与物质空间安排。1950—1960年代，随着工业化、郊区化和城市扩张带来的交通、住房、污染与社会公平等问题日益突出，规划的关注点逐渐从空间形态转向社会经济问题。受理性规划、系统

分析和控制论等思想影响，规划理论重心转向“应用科学”（planning as an applied science）^[15]。同时，计算机技术开始进入规划领域，大尺度城市模型和集成信息系统相继出现，往往试图通过系统建模求得最优方案^[18]。这一阶段集中体现了一种理性规划想象：只要具备足够的数据、科学的模型，城市发展便可以客观认识、预测和优化。

然而，到了1970年代，这种技术乐观主义受到系统性反思。一方面，大尺度城市模型和政策相关计算机建模在实践中并未取得预期成效，暴露出数据需求过高、模型结构复杂、结果难以解释、成本高昂和难以服务具体决策等问题^[19-20]。另一方面，理论研究逐渐认识到，这些复杂模型与分析工具在应对“棘手”问题时，作用相当有限^[21]。理论界开始反思理性规划、技术治国论（technocracy）、控制论等理论和思想^[22]，关注点逐渐从技术理性转向权力关系、价值判断与社会公平，形成“规划作为政治过程”（planning as politics）的重要转向^[15]，提出如“倡导式规划”等新的理论与方法。

进入1980年代以后，规划理论和实践重心进一步转向公众参与、协商过程和社会学习，“沟通式规划”（planning as communication）逐渐成为重要理论方向^[23]。同时，微型计算机的普及使得计算工具更为易得，开始涌现出一批旨在

支持规划协作的新工具^[24-25]。1990年代，规划支持系统（PSS）和决策支持系统成为重要技术形式^[26]。与早期试图包罗万象的大尺度模型不同，PSS更多面向具体问题和具体场景，服务于城市增长、环境评价、交通规划、公共健康分析和公众参与等专项任务^[27]。然而，在实践中PSS的推广受到模型复杂性、数据约束、专业门槛、制度环境和规划师接受度等因素制约，规划技术与规划实践之间仍存在明显距离^[28-30]。

进入21世纪以后，规划理论并未形成单一的新范式，而是在沟通式规划的基础上，向正义规划、协同治理、韧性、与可持续转型、复杂适应系统等方向叠加和分化。相应地，规划技术也不再只服务于传统的空间分析和方案表达，而是进一步嵌入城市治理、风险应对、公众参与和动态决策过程，形成基于网络的PSS等新的技术形式。智慧城市、大数据、开源众包、数字孪生等技术迅速发展，使规划支持技术再次进入活跃阶段，并推动“新城市科学”和“规划支持科学”（planning support science）等新理论的形成^[31-32]。但与此同时，相关批评^[33-34]也持续存在：智慧城市可能延续控制论式的治理想象，过于依赖数据驱动技术可能强化技术治国论，黑箱算法也可能削弱公共决策的透明度和责任归属。

欧美规划理论与技术应用的互动历

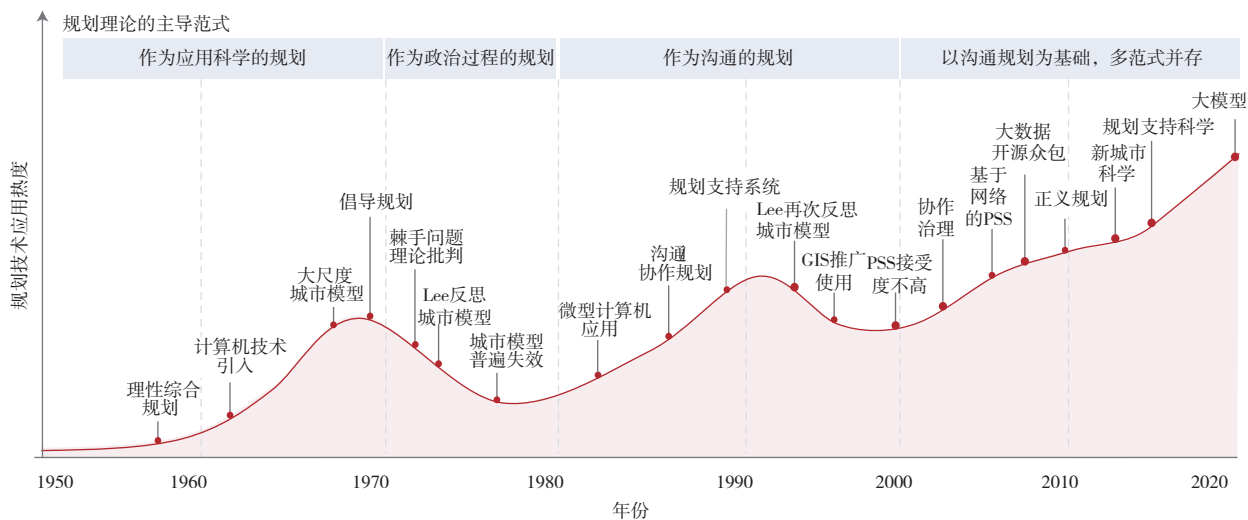


图1 欧美规划理论范式与规划技术的互动演进示意

Fig.1 Evolution of planning theory and technology in Europe and North America

程表明,规划技术的发展始终受城市观、问题观和规划师角色认知的影响。当技术被寄望于全面建模、精准预测和系统优化城市时,往往会受到城市复杂性、价值冲突和制度环境的限制;而当技术被定位为支持问题理解、沟通协商和方案权衡的工具时,则更容易嵌入规划实践。由此,智能规划的核心挑战不只是提升算法能力,而是如何在预测、解释和优化过程中处理城市复杂性价值判断之间的关系。

2.2 欧美规划技术演进中的经验和教训

从欧美规划技术演进历程看,影响最为深远的经验是两类根本性反思:一类来自规划理论对“规划问题”性质的重新认识,另一类来自规划技术实践对城市模型失败原因的总结。

第一类反思以 Rittel 等^[21]关于“棘手问题”(wicked problems)的论述最具代表性,他们指出,规划问题不同于自然科学和工程技术中边界相对清晰、可以通过标准化方法求解的“良性问题”(tame problems),而往往具有独一无二、难以明确定义、相互交织、解释多元、无唯一正确答案、难以试错且后果不可逆等特征。这一论断从根本上动摇了将规划理解为理性技术过程的理论基础。也就是说,规划并不是在给定目标函数下寻找最优解的单纯技术活动,而是包含价值判断、利益协调、责任承担和达成共识的社会过程。因此,欧美规划理论后来转向倡导式、沟通式和协作式等方向,并非对技术的简单否定,而是对技术理性边界的重新界定。

第二类反思来自 Lee^[19]对大尺度城市模型的系统反思。在他看来,早期大尺度模型失败的原因包括过度追求综合性、结构过于复杂、数据需求过高、空间尺度粗糙、模型逻辑僵化、缺少人机交互以及开发成本高昂等。Lee^[35]第二次反思城市模型时指出,其批判的重点并不只是模型技术本身,而是模型背后的“命令—控制”(command-and-control)式治理思维和不透明性。这些问题至今仍具有启示意义:模型越是复杂、黑箱,越难以被决策者、规划师和公众理解;模型越试图包罗万象,越可能脱离具体规划问题;模型越强调自动生成决策,

越容易忽视规划过程中的价值冲突和协商需求。

放在当代人工智能背景下看,这两类反思并未过时。大数据、深度学习和大语言模型显著提升了城市感知、模式识别、文本生成和方案表达能力,但并没有改变规划问题的棘手属性。许多大尺度城市模型仍主要服务于知识发现,难以直接支持具体规划决策^[36];理论基础较强的活动模型也因复杂度和数据需求较高而难以推广^[37];大语言模型虽然能够生成连贯的规划文本和解释性叙述,但其结果仍依赖训练数据、语料分布和对齐机制,难以替代对城市运行机理和公共价值的结构性判断。由此可见,“规划中的智能技术”可以随着模型、数据和算法进步而快速发展,而“(智能)规划技术”一旦遇到不确定性和价值判断,就必须同时面对规划问题的棘手性和模型技术的局限性。这正是规划技术运用长期陷入“高期望—低成效”循环的深层原因。

3 智能规划技术的核心挑战

历史经验表明,智能规划的核心挑战并不是数据、模型和算法能力不足,而是规划问题本质属性在技术系统中的体现。作为面向未来的公共行动,规划需要判断不确定的城市发展,形成可被多元主体理解和接受的理由,并在冲突目标之间做出权衡。因此,“智能规划技术”便不可避免地面临“可预测、可解释、可优化”3个方面挑战。

3.1 可预测的挑战

预测未来是规划逻辑的起点。规划不只是对未来的描述,而是将有关未来的知识转化为空间行动的过程^[38]。可预测的挑战首先来自规划问题的“棘手”特性,即每个问题都具有一定的独特性。规划问题总是嵌入特定的空间格局、发展阶段、制度环境、利益关系和历史路径之中,并不存在可以直接复制的标准问题和标准答案。一个城市过去的发展规律未必适用于其未来;一个地区的规划经验也未必能够外推到另一个地区。尤其在技术变革、人口结构转变、产业重组和治理方式变化复杂背景下,规划

所面对的未来并不是既有趋势的简单外推,而是多种不确定因素共同作用的过程。

规划预测还具有明显的反身性:预测会影响行动者选择,并进一步改变未来本身,即社会科学中的“自证预言”^[39],在规划领域则体现为通过影响行动、预期和资源配置而参与未来建构^[40]。例如,对人口增长、交通拥堵或设施短缺的预测,会影响土地供给、交通投资和公共服务配置,而这些行动又会重新塑造人口、交通和活动分布。因此,规划预测不是对既定未来的被动描述,而是参与未来建构的行动环节。这也意味着,模型即使在历史数据中表现良好,也难以证明其能够准确预测未来,因为未来会被政策、市场、技术和社会行为持续改写。最终,预测可靠性更多来自理论基础和经验说服力,而非模型复杂度本身。

从技术层面看,智能规划还面临规律不稳定、模型泛化困难等问题。We-gener^[41]指出,不同城市要素的变化规律差异很大,并不存在一个普适的“终极模型”。就业、人口、出行等“快变量”在宏观层面具有一定可预测性^[42],但在个体行为和活动链层面仍高度不确定^①。土地利用、建筑环境等“慢变量”则受制度、市场和路径依赖影响,呈现非线性演变。例如,我国当前人口结构逆转、房地产逻辑重构,也使过去高速扩张时期形成的用地开发规律面临适用性挑战。由此,复杂模型(如动辄亿级参数的深度学习模型)可以提高对数据的拟合能力,却未必能够提升面向新情境的预测可靠性(模型泛化能力低);相对简单的传统计量模型如果理论假设清晰、结构稳定,往往更适合规划决策中的问题追溯和风险判断。

因此,应对可预测的挑战,关键不在于追求对未来的精准预测,而在于形成面向决策的“可用预测”。智能规划应更多服务于情景推演、风险识别和方案比较,帮助规划师和决策者理解不同空间行动可能带来的后果及其不确定性边界。预测结果不应被视为唯一正确的未来愿景,而应成为公共讨论和方案权衡的基础。只有将“精准预测”转向“揭示可能性与风险”,智能规划才能在不确

定未来中发挥真正的决策支持作用。

3.2 可解释的挑战

如果说可预测的挑战在于智能规划能否做出有用判断,那么可解释的挑战则在于这些判断能否被理解、质询和接受。规划不是封闭的技术计算,而是面向多元公共利益的决策过程,往往涉及资源分配、空间权利和发展机会的重新安排^[43]。对模型而言,模拟推演和优化求解只是特定指标体系和参数设定下的计算结果;但对受影响的社区、部门或群体而言,它意味着资源重新分配、空间权利调整和发展机会变化。因此,规划中的“解释”并不只是模型可解释性问题,更是规划决策的正当性问题:技术系统不仅要给出结果,还必须说明结果为何可信、假设是否合理、利益影响如何分布以及风险和责任边界在哪里。

从技术层面看,新一代人工智能的“黑箱效应”加剧了这一挑战。深度学习模型和大语言模型能够生成看似合理的判断、文本和方案,但其内部机制、训练数据偏差和推理过程并不透明。当模型结果与经验判断或利益诉求相冲突时,决策者和公众很难判断应当相信、修正还是拒绝模型^[9]。大语言模型虽然可以生成流畅的推理过程,但这种解释更多是基于语料概率形成的叙述性说明,并不等同于对城市运行机制、因果关系和价值判断的结构性解释,往往只是以有说服力的语言包装不充分的判断。

相比之下,传统城市建模技术虽然不够“智能”,却在解释性上具有优势。土地利用与交通交互模型、活动模型、空间相互作用模型、绩效评价模型等,通常建立在区位理论、随机效用理论、行为假设或规划评价逻辑之上,变量和参数往往具有明确的物理或者经济含义,计算过程也相对透明和稳健。它们同样可能出错,也受数据和假设限制,但规划师可以追溯问题来源,并在讨论中修正模型。可解释性并不意味着模型简单或完全正确,而是意味着模型能够被理解、检验和持续改进。

因此,应对可解释的挑战,关键在于将解释性嵌入智能规划过程。面向决策者,需要说明情景的风险、收益和责任边界;面向公众,需要说明数据来源、

评价标准和情景结果的差异;面向规划师和技术人员,则需要说明模型假设、变量机制、参数敏感性和适用范围。大语言模型等AI可以在解释模型结果、组织公众意见、生成沟通材料方面发挥作用,但恐怕无法替代规划师对模型机制和公共价值的判断。智能规划需要的不仅仅是流畅的解释,而是能够支撑质询、协商和责任追溯的解释。

3.3 可优化的挑战

如果说可预测关注“未来可能怎样”,可解释关注“判断为何可信”,那么可优化则进一步回答“应当选择什么方案”。优化是智能规划的终极目标,但所谓的“最优解”在理论与技术层面都面临巨大挑战。其最大的理论难点在于:如何定义最优,又由谁来定义最优?在科学实验或工程问题中,优化目标通常具有相对明确的客观标准,如能量最低、误差最小或成本最低。但规划所面对的“棘手问题”没有简单的对错标准。空间布局优化通常涉及多个相互冲突的目标,这些目标之间不仅存在绩效上的负相关关系,也常常在价值和伦理层面难以调和^②。规划优化本质上是社会集体行动所内生的政治过程,目标函数并非预先给定,而是在有限信息、多元利益和价值冲突中被不断协商和修正^[44]。而智能优化算法通常需要将不同指标加权合并为单一标量函数,将复杂的规划博弈压缩为表面中立的技术计算,也就偏离了规划的初衷。

技术上,城市空间优化还面临状态空间爆炸与实施扰动敏感的挑战。强化学习的成功,例如AlphaGo,使人们对AI的优化能力产生了较高期待。然而,城市布局优化的复杂性远超围棋:围棋的胜负判定规则明确,而空间规划的价值判断高度复杂;围棋棋盘是封闭且离散的19×19空间,而城市空间则是连续、多维且边界开放的;围棋中的每一步主要影响局部格局,而规划中的空间调整往往会通过人群活动、交通流、土地市场、行政条块关系及其他复杂机制产生连锁影响。城市空间优化中的状态空间规模远超一般封闭系统,使所谓“最优解”不仅难以求得,而且极不稳定。更重要的是,规划实施过程中还会受到土

地产权、工程条件、财政能力或政策调整等影响。一旦“最优方案”的某个环节无法落地,就可能让整个方案偏离最优预期,甚至落入绩效较差的解域。因此,对于无法一劳永逸解决且难以试错的规划问题而言,优化不仅在计算上困难,在实施层面也对过程扰动高度敏感。

应对可优化的挑战,首先需要理解规划优化本质上的集体行动与政治过程属性。其目标函数应来自真实的利益诉求和价值判断,更理想的方式是将利益表达、价值协商与优化过程相结合。其次,优化过程应充分纳入产权条件、实施可行性、政策要求和公众接受度等现实约束,减少脱离实施条件的“纸面最优”。最后,对优化结果的使用也应从寻求“最优解”转向输出一组可供权衡的备选方案,如帕累托前沿或多情景方案集,以充分呈现不同目标之间的取舍关系和规划实施的不确定性。换言之,空间规划中的优化不应被理解为算法对规划判断的替代,而应成为支持价值权衡、方案比较和协商决策的工具。

4 我国智能规划发展的使命与路径

4.1 我国“智能规划技术”发展的使命

以欧美规划技术演进历程为参照,我国智能规划具有不同的历史条件和现实背景。欧美规划范式经历了从空间设计、应用科学、政治过程、沟通规划、规划支持科学的长期演进^③,是规划理论、社会问题、技术、制度和实践共同作用的结果。相比之下,我国城市规划刚刚告别空间设计时代,城市模型、循证分析和情景推演等“应用科学”基础相对薄弱,建设规划的思维方式与内容始终占据主导地位,综合协调作用被不断扼制^[45],单向管控治理模式不断被强化,而参与协作机制又尚未完全建立。因此,我国智能规划并不是在成熟的规划支持体系上自然升级,而是在规划范式转型、治理体系重构和人工智能技术快速突破的多重背景下展开的。

这使我国智能规划发展同时面临机遇与风险。机遇在于,AI显著降低了规划师理解和运用技术的门槛,增强规划决策的循证基础。风险在于,如果对智

能规划的理解停留在“规划中的智能技术”层面，容易将人工智能的生成、拟合和优化能力等同于决策能力，把复杂城市与国土空间想象为可以被精密计算、预测和调优的对象，试图通过“命令—控制”思维来实现高质量发展。这不仅可能重演欧美规划技术发展中“高期望—低成效”的循环，更会削弱规划作为公共政策所必需的价值表达、协商过程和责任追溯。

因此笔者认为，我国“智能规划技术”发展的历史使命，并不只是引入更先进的算法和平台，而是以技术提升规划应对不确定性、支撑公共决策和促进协作治理的能力，从而服务国家空间治理现代化的根本目标。具体而言，其使命至少包括3个方面。

一是补齐规划作为“应用科学”的能力短板。智能规划不能停留在文本生成、图像表达和实施监管等“规划中的智能技术”层面，而应推动循证分析、政策/绩效评价、情景推演等科学方法进入规划决策过程。面对城市/国土空间发展的复杂问题，规划需要建设具有可用预测能力、可解释性和可追溯性的专业模型体系，以支持不确定条件下的情景比较、风险判断和方案评估，推动我国规划从经验判断和蓝图管控走向证据支撑、过程反馈和动态适应。

二是促进空间治理从“命令—控制”走向协作治理范式^[46]。智能规划不应以算法替代公共讨论，而应成为多主体表达诉求、理解问题、比较方案和形成共识的媒介。我国国土空间治理强调“纵向”五级三类、“横向”编管结合、全生命周期实施的架构^[47]，需要上下级政府、部门之间及与社会各利益主体进行协调，因此智能规划不仅要关注公众参与，还需要将政府部门和各利益主体的真实价值判断纳入规划决策过程，使多元价值判断成为规划优化的真实目标，而不是被预设权重和单一目标函数所替代。其目标不在于生成看似最优的技术答案，而在于帮助形成可接受的共识和行动方案。

三是构建开放共享的技术生态。专业模型建设和协作式规划决策都离不开高质量数据、开放透明的技术环境和可持续迭代的工具体系。基础地理信息、

统计调查、规划政策边界、公共服务、交通活动和生态环境等数据，是城市认知、模型建构和规划评价的重要基础；模型接口、指标标准、数据规范和结果表达方式，则决定了不同主体能否共同理解、使用和改进智能规划工具。因此，应推动数据开放、标准统一、模型共享和过程透明，为专业模型迭代和协作式规划决策提供基础支撑。

4.2 “人—AI—专业模型”协同(HAIMC)的智能规划技术路径

面对上述挑战和使命，我国智能规划不宜走向AI自主决策的模式，而应强调“人—AI—专业模型”协同(Human-AI-Models Collaboration, HAIMC)的技术路径。“人”是价值输入、问题定义和方案评判的主体，包括决策者、利益主体和规划师，主要保障优化目标来自真实价值判断和公共协商。“专业模型”是基于城乡规划学、地理学等领域知识和经验构建的专门化模型，承担特定的模拟、推演、评价等功能，如人口、活动、土地利用与交通等模型，以及公共服务、风貌品质、运行效率等评价方法，其形式既可以是传统计量模型，也可以是基于前沿AI技术和领域知识构建的专门化工具，关键在于具有一定预测能力、可解释性和可追溯性，避免“黑箱”式模型。“AI”则指以大语言模型和智能体技术为代表的通用人工智能能力，主要承担自然语言交互、模型调用、结果表达与辅助沟通等功能，用以降低专业模型使用门槛，并增强问题和价值判断的归纳、模拟评价结果的解释、优化方案权衡之间的衔接。

以典型情景规划为例，HAIMC可以被理解为“价值输入—情景构建—情景模拟—评价协商”的循环过程。在“价值输入”阶段，决策者和利益相关者提出关键问题、评价指标和争议清单，明确“优化”所依据的价值目标，AI可辅助整理诉求、归纳共识与分歧。在“情景构建”阶段，可由规划师主导识别关键不确定性，构建专业模型并设定多种情景的参数和边界。在“情景模拟”阶段，AI可以反复地调用专业模型开展模拟推演和评价指标计算，或基于优化算法识别可供权衡的备选方案，并将结果

转化为可解释的表达材料。在“评价协商”阶段，决策者和利益主体对模拟结果和备选方案进行讨论，判断是否达成共识，并决定是否进入下一轮循环，AI则继续发挥结果解释和辅助沟通作用。由此，HAIMC试图以人的价值判断和公共协商界定“可优化”的方向，以专业模型提供“可预测、可解释”的模拟评价能力，以AI增强自然交互、模型调度和沟通表达能力，从而在人机协同的迭代过程中形成面向真实规划决策的智能规划路径(图2)。

需要强调的是，HAIMC并不意味着所有规划问题都可以被模型化和自动化。它更适用于具有一定结构化基础、能够建立评价指标和专业模型并需要多情景比较的规划任务。对于高度政治化、价值冲突强烈或数据基础薄弱的问题，AI只能提供辅助理解和协商支持，更无法替代公共决策。因此，HAIMC的关键不在于追求算法自主规划，而在于通过人、AI与专业模型协同，使智能规划在不确定预测、可解释推演和多目标权衡之间形成更稳健、透明、可讨论的技术路径。

5 结语

在人工智能快速发展背景下，规划俨然又进入了一个“技术乐观主义周期”，而对其面临的根本性约束和历史经验关注相对不足。本文在辨析智能规划概念的基础上，回顾了欧美规划理论与技术应用的互动演进历程，提出智能规划面临的“可预测—可解释—可优化”三维挑战框架，并据此分析其反复陷入“高期望—低成效”循环的深层原因。在此基础上，结合我国空间规划发展背景，提出智能规划发展的三重使命，以及“人—AI—专业模型”协同(HAIMC)的技术路径，以期为我国规划智能化转型提供理论参考。

总体来看，智能规划源于人类对理性决策和科学规划的不懈追求，但规划并不是单纯的技术问题，而是面向不确定未来的公共行动过程。规划问题所固有的“棘手”特性和价值依赖，决定了智能规划不应该也不可能由技术主导。对于决策者、规划师和公众而言，更合

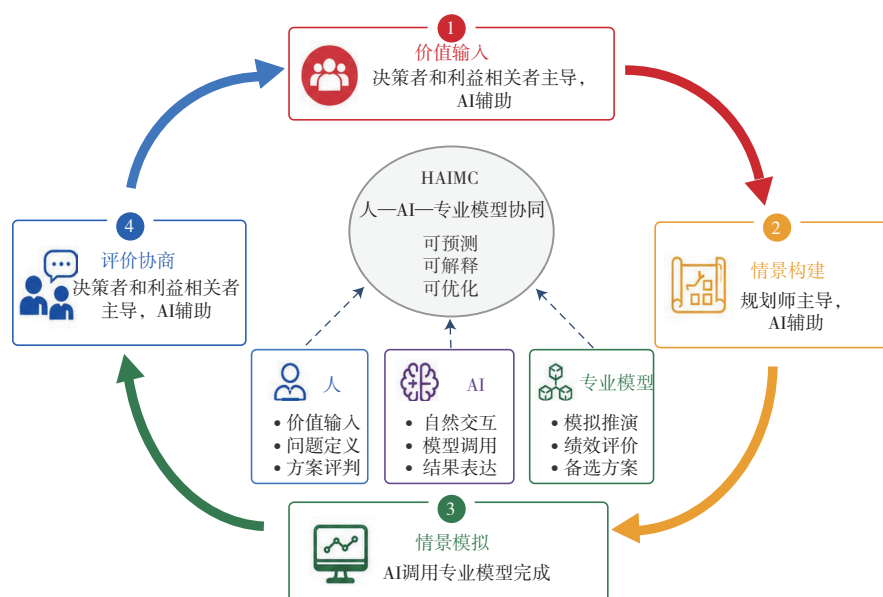


图2 “HAIMC”智能规划技术路径示意图

Fig.2 A "Human-AI Collaboration" pathway for smart planning

理的态度并不是相信模型能够精准预测未来,或将城市视为可以被算法精密调优的机器,而是借助智能规划技术,更清楚地理解不同行动方案可能带来的收益、风险和价值取舍,并在此基础上形成更透明、更充分的公共讨论和共识行动。智能规划的意义不在于提供所谓精准管控和最优解,而在于帮助规划更好地揭示边界、呈现权衡和支持决策。

本文仍存在一定局限。所提出的HAIMC路径主要是一种概念框架和技术路径,未来研究可结合规划实践,进一步探索人、AI与专业模型协同的具体机制、应用边界和方式方法。在国土空间规划背景下,规划议题、技术方法、治理手段日趋多样,如何实现广泛可用的智能规划技术还需要在实践中寻求突破。

注释

- ① 例如在出行预测领域,集合预测准确率可以轻松达到90%,但先进模型的个体预测准确率却只有约30%。
- ② 负相关目标如:多中心结构有提高通勤效率的潜力,但会弱化集聚效应;设施布局小而散能够提高可达性但建设维护成本高,大而疏具有规模效用但公平性差;高密度开发有利于节能但可能恶化微气候。空间规划仅在少数情况下具有静态、公认

的目标函数,例如开发商拿地前期对建筑强排的要求。

- ③ 仅规划过程对技术的理解与接受就花了20多年,从1998年Harris发现规划师对于复杂计算机模型的普遍敌视,到2020年Geertman乐观地认为“PSS将成为规划过程中不可或缺的工具”。

参考文献

- [1] 龙瀛,赵慧敏.城市空间重构:人工智能背景下的规划机遇[J].城市规划,2025,49(10):2-11.
- [2] 吴志强,黄晓春,李栋,等.“人工智能对城市规划的影响”学术笔谈会[J].城市规划学刊,2018(5):1-10.
- [3] 吴志强,吴涛,周咪咪,等.规划智能体:概念、系统建构与实践反思[J].城市规划学刊,2026(2):9-17.
- [4] 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.
- [5] 甘惟,吴志强,王元楷,等.AIGC辅助城市设计的理论模型建构[J].城市规划学刊,2023(2):12-18.
- [6] 柴勋,张珊珊,侯静轩,等.人工智能赋能智慧国土空间规划的技术框架与业务应用[J].规划师,2025,41(2):1-9.
- [7] 李金鑫,张艺方,方辰昊,等.AI城市规划的概念框架、演进脉络与未来展望[J].城市发展研究,2025,32(6):65-76.

- [8] Liu K, Yigitcanlar T, Mehmood R, et al. Large language models in urban planning: a systematic review and conceptual framework[J/OL]. Journal of Urban Technology, 2025. <https://doi.org/10.1080/10630732.2025.2556551>.
- [9] Zheng Y, Xu F, Lin Y, et al. Urban planning in the era of large language models[J]. Nature Computational Science, 2025, 5(9): 727-736.
- [10] 钮心毅,刘思涵,林诗佳,等.大模型融入城市规划专业工作的技术范式与模型构建[J].城市规划学刊,2026(1):21-28.
- [11] 王世福,李永豪,黄铎,等.面向公众参与的控规信息检索智能体构建方法与善治场景应用[J].城市规划学刊,2026(2):26-33.
- [12] 车冠琼,仇保兴,王倚天,等.融合离散选择与主体建模的生活圈时空智能体仿真:理论模型构建与研究框架[J].城市规划学刊,2026(2):18-25.
- [13] Peng Z R, Lu K F, Liu Y, et al. The pathway of urban planning AI: from planning support to plan-making[J/OL]. Journal of Planning Education and Research, 2023. <https://doi.org/10.1177/0739456X231180568>.
- [14] Townsend A. Cities of data: examining the new urban science[J]. Public Culture, 2015, 27(2): 201-212.
- [15] Klosterman R E. Planning support systems: a new perspective on computer-aided planning[J]. Journal of Planning Education and Research, 1997, 17(1): 45-54.
- [16] 孙施文.现代城市规划理论[M].北京:中国建筑工业出版社,2007.
- [17] Wolman H, Barnes W, Clark J, et al. The state of urban research: views across the disciplines[J/OL]. Journal of Urban Affairs, 2022. <https://doi.org/10.1080/07352166.2022.2080073>.
- [18] Conference on Urban Development Models (1967: Dartmouth College). Urban development models: proceedings of a conference (special report 97) [C]. Washington, D.C.: Highway Research Board, National Research Council, 1968.
- [19] Lee D B. Requiem for large-scale models[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1973, 39(3): 163-178.
- [20] Greenberger M, Crenson M A, Crissey B L. Models in the policy process: public decision making in the computer era[M]. New York: Russell Sage Foundation,

- 1976.
- [21] Rittel H W J, Webber M M. Dilemmas in a general theory of planning[J]. Policy Sciences, 1973, 4(2): 155-169.
- [22] Savas E S. Cybernetics in city hall: an understanding of the principles of cybernetics can guide fundamental improvements in urban government[J]. Science, 1970, 168 (3935): 1066-1071.
- [23] Healey P. Planning through debate: the communicative turn in planning theory[J]. Town Planning Review, 1992, 63(2): 143.
- [24] Klosterman R E. The what if? collaborative planning support system[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1999, 26(3): 393-408.
- [25] Simonovic S P, Bender M J. Collaborative planning-support system: an approach for determining evaluation criteria[J]. Journal of Hydrology, 1996, 177(3/4): 237-251.
- [26] Harris B, Batty M. Locational models, geographic information and planning support systems[J]. Journal of Planning Education and Research, 1993, 12(3): 184-198.
- [27] Geertman S, Stillwell J. Planning support systems in practice[M]. Berlin: Springer, 2003.
- [28] Vonk G, Geertman S, Schot P. Bottlenecks blocking widespread usage of planning support systems[J]. Environment and Planning A, 2005, 37(5): 909-924.
- [29] Harris B. Optimization and design[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1998, 25(7): 23-28.
- [30] Harris B. Computing in planning: professional and institutional requirements[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1999, 26(3): 321-331.
- [31] Geertman S, Stillwell J. Handbook of planning support science[M]. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2020.
- [32] Batty M. The new science of cities[M]. Cambridge: MIT Press, 2013.
- [33] Zheng Z, Sieber R. Planning support systems and science beyond the smart city [M]//Geertman S, Stillwell J. Handbook of planning support science. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2020: 199-212.
- [34] Goodspeed R. Smart cities: moving beyond urban cybernetics to tackle wicked problems[J]. Cambridge Journal of Regions, Economy and Society, 2015, 8(1): 79-92.
- [35] Lee D B. Retrospective on large-scale urban models[J]. Journal of the American Planning Association, 1994, 60(1): 35-40.
- [36] Wegener M. Are urban land-use transport interaction models planning support systems? [M]//Geertman S, Stillwell J. Handbook of planning support science. Cheltenham: Edward Elgar Publishing, 2020: 153-160.
- [37] Castiglione J, Bradley M, Gliebe J. Activity-based travel demand models: a primer [R]. Washington, D. C.: Transportation Research Board, 2015.
- [38] Friedmann J. Planning in the public domain: from knowledge to action[M]. Princeton: Princeton University Press, 1987.
- [39] Merton R K. The self-fulfilling prophecy [J]. The Antioch Review, 1948, 8(2): 193-210.
- [40] Hopkins L D. Urban development: the logic of making plans[M]. Washington, D. C.: Island Press, 2001.
- [41] Wegener M. Operational urban models: state of the art[J]. Journal of the American Planning Association, 1994, 60(1): 17-29.
- [42] Schlöpfer M, Dong L, O'Keeffe K, et al. The universal visitation law of human mobility[J]. Nature, 2021, 593(7860): 522-527.
- [43] Davidoff P. Advocacy and pluralism in planning[J]. Journal of the American Institute of Planners, 1965, 31(4): 331-338.
- [44] Lindblom C. The science of "muddling through"[M]. London: Routledge, 2018: 31-40.
- [45] 孙施文. 解析中国城市规划: 规划范式与中国城市规划发展[J]. 国际城市规划, 2019, 34(4): 1-7.
- [46] 孙施文, 程天炀, 曾鹏, 等. “新规划之‘新’: 新命题、新内涵与新实践”学术笔谈[J]. 城市规划学刊, 2026(1): 1-11.
- [47] 张尚武. 国土空间规划编制技术体系: 顶层架构与关键突破[J]. 城市规划学刊, 2022 (5): 45-50.

修回: 2026-06