

吴志强 WU Zhiqiang

人工智能辅助城市规划

Artificial Intelligence Assisted Urban Planning

摘要 城市规划中的人工智能应用是城市规划学科的时代标志性变革。文章阐述了人工智能与城市规划两个学科在发展中的关系、互为推动力的切入点、未来价值取向的发展方向等认知要点,预测了下一代人工智能的技术突破将为城市研究和城市规划带来的巨大变革。作者以其工作小组在智能数据捕捉、城市功能智能配置、城市形态智能设计等方面的实际应用案例,对人工智能辅助城市规划的前沿动态做出了诠释。

关键词 下一代人工智能(2.0);城市规律;群机学习;人机共智;大数据;大智移云;捕捉;智能配置

ABSTRACT The application of Artificial Intelligence AI

in urban planning is a significant and historical revolution in the discipline of urban planning. This article elaborates on the key aspects of the relationship between AI and urban planning in their development, breakthrough points for both AI and urban planning as each other's impetus, and value orientation of future development. The article predicts that the breakthrough findings in the next generation of AI will generate major transformation and revolution in urban study and urban planning. The author illustrates the frontier development of AI-assisted urban planning methods with case studies of practical

application conducted by the working group, especially in intelligent data capturing, intelligent allocation of urban functions and intelligent urban design.

KEY WORDS Next Generation AI (2.0); City Development Laws; Swarm Intelligence; Human-machine Hybrid-augmented Intelligence; Big Data; Artificial Intelligence/Mobile Communication/Cloud Computing; Capturing; Intelligent Allocation

中图分类号: (TP18: TU984); TU17; TP274

文献标识码: A

文章编号: 1005-684X(2018)01-006-006

2017年7月,国务院印发了《新一代人工智能发展规划》,提出三步战略目标:第一步,到2020年人工智能总体技术和应用与世界先进水平同步,人工智能产业成为新的重要经济增长点,人工智能技术应用成为改善民生的新途径,有力支撑中国进入创新型国家行列和实现全面建成小康社会的奋斗目标;第二步,到2025年人工智能基础理论实现重大突破,部分技术与应用达到世界领先水平,人工智能成为带动中国产业升级和经济转型的主要动力,智能社会建设取得积极进展;第三步,到2030年人工智能理论、技术与应用总体达到世界领先水平,成为世界主要人工智能创新中心。在城市建设领域,《新一代人工智能发展规划》特别指出,以人工智能“推进城市规划、建设、管理、运营全生命周期智能化……”等各方面。2017年11月,科技部在北京召开“新一代人工智能发展规划暨重大科技项目”启动会,笔者作为核心专家组成员参会,汇报三年来参与新一代人工智能项目筹划准备中有关城市规划的若干问题。本文要点基于此整理。

1 人工智能辅助城市规划的切入点

人工智能与中国的城市规划学科目前都处于初级阶段,二者发展过程中的互动关系前景,以下述三点尤为重要。

(1) 城市规划学科的成熟,基于城市规划的思想

理论、技术方法和学科发展史这三块基石¹。大数据时代的到来使城市研究及城市规划受到前所未有的影响和冲击²。这些冲击一方面挑战了传统的城市研究和规划方法,另一方面“大智移云”³的技术巨大地推动了人工智能辅助的城市规划方法技术的发展和进步。

(2) 我们必须认识到,人工智能技术本身尚处于兴起阶段,是快速拓展、尚不稳定的技术。科学技术界,尤其是人工智能界对以单机的机器学习(Machine Learning)和深度学习(Deep Learning)为标志的第一代技术的超越正在紧锣密鼓地推进中。下一代的人工智能技术,即人工智能2.0的主要技术突破将在可见的未来出现。

(3) 2017年11月启动的中国“新一代人工智能发展规划暨重大科技项目”表明,未来5年里,人工智能辅助城市规划技术将依托新一代人工智能技术的诞生,而得以大幅度提升,并为下一步城市规划技术改革带来极大的可能性,甚至带来整个城市规划思想方法的变革。

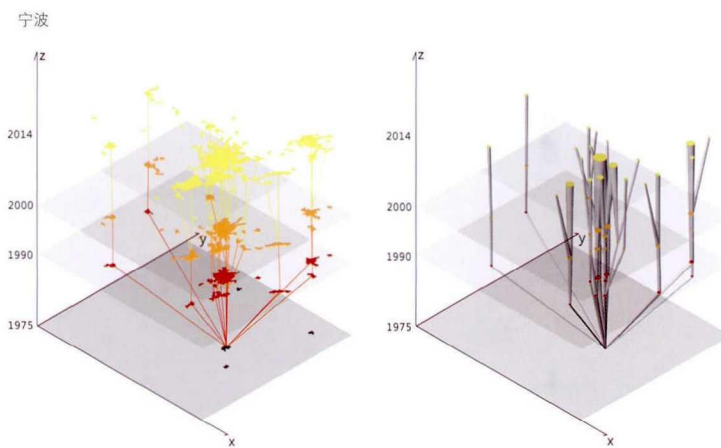
2 人工智能与城市规划的互动增长

(1) 城市研究与城市规划实践为人工智能研发提供了巨大的应用平台和发展思路。2016年“人居三”大会(联合国第三次住房和城市可持续发展大会)发布的《新城市议程》强调了城市规划科学性和协同上下的作用,重新定义了其在城市可持续发展中多方面

的重要地位。⁴城市规划的思想方法和决策模式为人工智能发展提供机器学习的未来攻关方向,规划的运行模式成为下一代人工智能技术攻关的主攻方向之一。规划的运作是高度智慧的运作,人工智能可解析并借鉴规划的复杂系统,继而推动人工智能技术自身在规划、建设、管理运营方面的复杂智能提升。

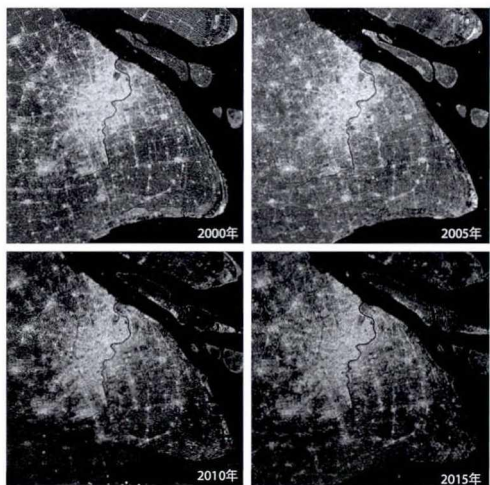
(2) 迄今为止,人工智能技术在城市规划方面的应用,主要集中于对城市生长规律和城市空间规律的机器学习(ML)和深度学习(DL)。由于城市的复杂性,对于这一人类在地球上创造的最大的复杂生命体的研究和探索,至今因其复杂性阻碍了其规划学科的科学性发育。人工智能在世界范围内兴起,尤其在中国,城市规划和人工智能得到了全球规划学界少有的最佳结合。人工智能技术在中国的城市规划学科上的运用,虽然从历史长远的角度看是初步的,但从全球范围来看,却是领跑者。人工智能主要运用于对城市数据的大规模挖掘,并大规模提升了中国城市规划界对世界城市增长规律和空间规律的认识。笔者及工作小组已经完成了10000多个全球城市的建成区的卫星图像挖掘,已经展示了大量城市空间增长类型学的规律。

(3) 城市规划未来将依托新一代的人工智能技术发展,发育出对城市感知、城市认识、城市分析、城市模拟、城市决策全新的技术可能。下面从三个方面指出未来城市规划领域人工智能技术发展的可能性。



1. 上海市不同年份建成区影像识别提取结果
2. 已绘制的全球城市树地图
3. 宁波城市树

1. Image recognition of built areas of Shanghai in different years
2. City Trees on World Map
3. The "City Tree" of Ningbo city



第一，人工智能的下一代群体智能技术，可大规模应用于城市发展管理。因为城市规划师的工作模式从来就不是单机运作，规划成果几乎都是群体智慧。一项规划的编制，需要团队的智慧和协同运作，下一代群体智能很好地切合了这一特征，将对规划及时产生强有力的群体运作模式支持。

第二，人工智能的下一代多媒体智能技术，可将城市规划大规模使用的来自卫片、航片、统计数据、地面感知、专访和实地调研等渠道的信息和数据进行综合使用、协同认知和共同支撑决策。规划决策中的领导讲话也可以轻松通过多媒体人工智能将其语义分析纳入城市规划信息的分析系统，各方讲话将被快速分析、分解，并汇聚到城市大数据库内。

第三，人工智能的下一代人机共智技术，可以将城市规划的技术感知、理性学习的机器学习技术和机器人人工智能与人的决策系统综合，达到决策意志和机器理性的优化结合。规划的决策过程从来都没有离开过决策者的个性，城市的发展也从来不是通过纯理性的推理现在人机共智的技术就可以很好地契合城市规

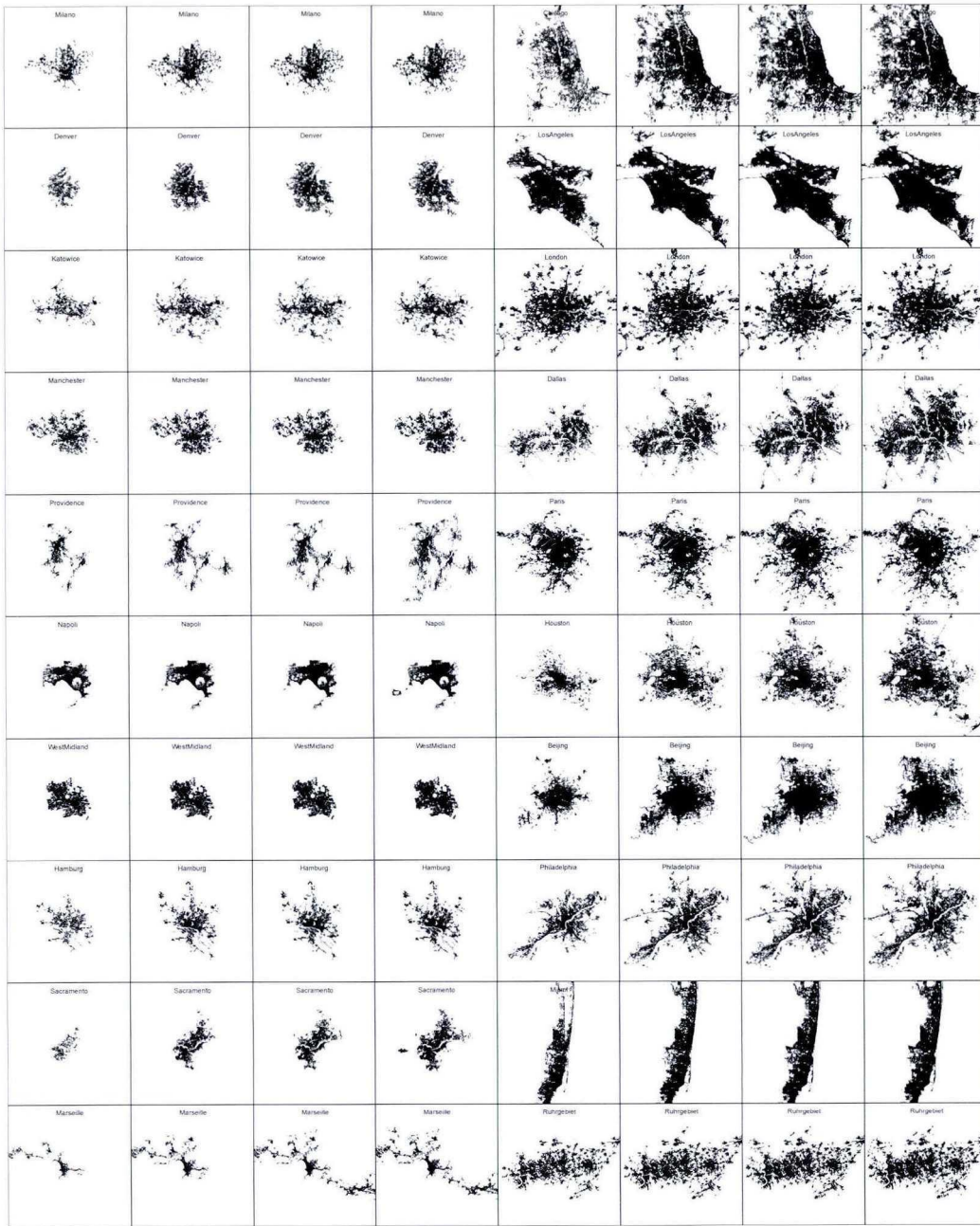
划的模式，没有决策者意志的决策，几乎不是现实的城市规划，没有理性的科学的规律支撑城市决策，从来都会违反城市的发展规律，造成城市病的泛滥。

(4) 人工智能技术正在大规模推进，5年后的人工智能学科的技术进展正是未来城市规划特别需要的。当前要学习的，不仅是如何直接应用人工智能技术，还应学习人工智能如何更多地为城市规划服务，为城市科学健康地发展服务。坚持推进人工智能应用于城市规划领域，是中国城市规划在世界规划界的前沿的跟跑、并跑和领跑的重要技术手段，也是未来持续创新领跑内合式发展的内生性力量。

3 三种规划思路

(1) 中世纪开始的乌托邦城市规划是理想导向的，是要把一个国家的理想体现到一个城市的规划中。这是第一种规划思路：以理想导向编制规划。

(2) 1950年代后，在科学社会主义影响下的近现代的城市规划是以当下城市问题为导向。这就是第二种规划思路：以问题导向编制规划。



4

(3) 而今天的城市规划依托人工智能大规模感知城市、认知城市、认识城市规律,为城市规划提供了第三种规划思路:以城市规律导向编制城市规划。城市规划的编制思路趋于理性,尊重城市生命规律。而这种规律不是过去的简单逻辑可以模拟的,是一种复杂生态理性。

4 人工智能辅助城市研究实例

4.1 智能数据捕捉辅助发掘城市规律

笔者及工作小组的“城市树”城市研究项目,通过 $30\text{ m} \times 30\text{ m}$ 精度网格,在 40 年时间跨度内对全世界所有城市的卫片进行智能动态识别,如影像识别(图 1),建构了“城市树”概念,截至 2017 年 10 月,已高速完成了精确到建成区 9 km^2 以上的 9 516 个全球城市的描绘(图 2)。如通过宁波的城市树(图 3),

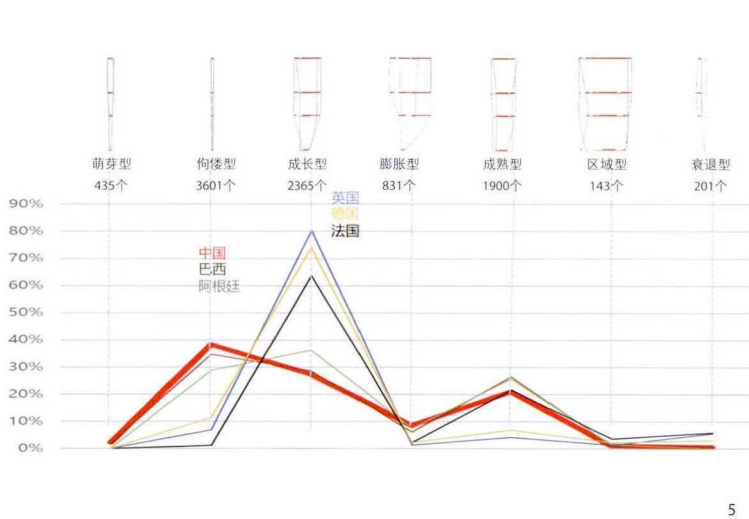
可直观观察城市增长的过程,辨识其增长点。

通过对已绘制的城市树的曲线边缘进行统计(图 4),归纳出 7 大类城市发展的类型:萌芽型城市、侷型城市、成长型城市、膨胀型城市、成熟型城市、区域型城市、衰落型城市(图 5)。如英国、德国和法国的城市,60%~80% 的城镇呈现稳定的增长,属于增长型城市;发展中国家,包括中国小城市的增长曲线接近衰落型;过去 40 年内始终保持在 10 km^2 以下几乎没有增长的城市属于侷型城市,大量集中在发展中国家的城市;城市面积达到 100 km^2 以上的膨胀型城市,在全球范围内比较少见,但在新兴经济体国家出现。

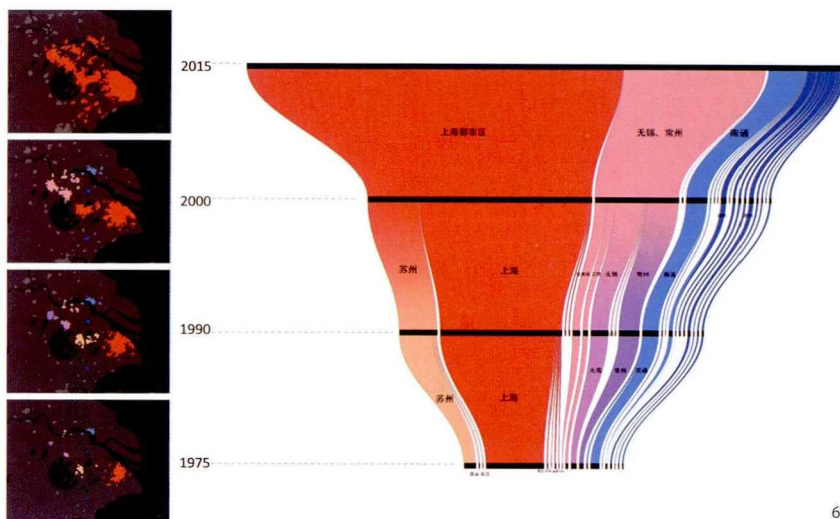
除城市增长类型和城市增长趋势,在城市研究中运用人工智能的技术,可更快速、准确地观察城镇群汇聚的规律。以长三角城镇群汇聚的历程为例(图 6),

4. 世界城市增长边缘图例
5. 七大城市发展类型及分布
6. 苏州、上海、无锡、常州、南通城镇群集聚历程

4. The growth edge of world cities
5. 7 Types of urban development and their distribution in the world
6. The process of the forming of Suzhou, Shanghai, Wuxi and Natong Urban Agglomeration



5



6

可看到自 1975 年到 2015 年的 40 年间，其汇聚呈现了一定均匀度，但各城市增长的中心具有有规律的 6 个定点，形成一个管理网络。从发展进程上可以看到，在改革开放初期，这些定点彼此相距 40 km 左右，在城市高度发展之后，6 个定点周围又发展出更小的 6 个定点，如苏南地区已成为了一个新的定点，整个网络更为密集，但仍然保持着这一增长律动。具体到城市，可以看到，江苏省和安徽省，相对于苏南地区来说，城市没有得到很好地发育；安徽省的发展都集中在省会城市，可以看到合肥的大规模生长，这是安徽的行政动力造成的；武汉的发展问题在于其周边 300 km 之内没有可比的大城市；长三角城镇群的总量在扩大，苏州、上海联动，中心逐步连进（图 7）。

从世界范围上看，美国的城市总体上新增长率较低，但湾区的建设量非常大；日本是发达国家中唯一城镇化率达到 95% 的国家，东京湾有极大的纵深发展。

4.2 城市功能的智能配置

运用人工智能的类型学技术，笔者及团队构建了博弈模型（CityGo）⁵。首先将城市利益相关体分为政府、规划师、投资商、市民四方，提取反映四方需求和决策特点的信息。其模型假设：政府决策短期整体目标导向；规划师注重长期整体配置目标导向；投资商决策短期个体市场目标导向；市民决策长期个体目标导向。四方按照各自的目标导向，对职业、居住、商业、医疗、教育、休闲这六元功能进行各自的决策。由此构成了四方六元的决策智能配置。配置过程中还需考虑从过去到未来的时间进程，以及上节所述的不同城市发展类型和阶段需求。复杂的计算和设计过程，都借助人工智能得以快速完成和及时模拟。

4.3 城市形态智能设计

笔者及团队研发了城市智能模拟平台（CIM），进行城市形态的智能设计，为城市规划提供数据支撑。如在北京副中心的设计中，应用 CIM 支持系统，在覆盖的 155 km² 内，可快速读取任一区域内的天气、

人口成分、人流汇聚规模和速度、建筑高度、建成材料，在生态学和精确理性的支撑下，进行个体化的精准计算，从而高效完成设施的最佳配置量和配置地点等的布局（图 8，图 9）。

5 结语

只有当城市被作为独立生命体、作为城市规划的职业对象而尊重时，城市规划才能尊重城市复杂的生命规律，寻求其复杂生命的生态理性。而在这个过程中，随着人工智能的不断导入，人工智能自身的快速发展和提升，以及人工智能不断被导入城市规律学习和城市规划决策的过程中，城市规划将变得更加强大。

人工智能辅助城市研究和城市规划在中国各地存在巨大的发展差异，需要城市规划新技术学术委员会、各地的城市规划一线管理机构、城市规划局信息中心等实务机构，城市规划技术机构，如规划设计院、规划设计团队，以及每位规划师从规划的实务中间发现规划自身的问题，并以问题为导向，不断地吸纳人工智能新技术的发展成果，才有可能让人工智能辅助城市规划健康发展。

注释：

- 参见：吴志强. 城市规划方法 [M]. 北京：中国建筑工业出版社，2017：1.
- 参见：吴志强，叶锺楠. 基于百度地图热力图的城市空间结构研究——以上海中心城区为例 [J]. 城市规划，2016，40（4）：33-40.
- 大智移云，为大数据、人工智能、移动网络、云计算技术的简称。参见笔者部分演讲；同济规划. 吴志强：规划新时代与生态理性内核 [EB/OL]. <http://mp.weixin.qq.com/s/oksik8yedmaYgsto-zWQSQ>, 2017-11；中国城市规划. 重磅！2017 中国城市规划年会大会报告观点集锦 [EB/OL]. <https://mp.weixin.qq.com/s/oksik8yedmaYgsto-zWQSQ>, 2017-11.
- 参见：吴志强.“人居三”对城市规划学科的未来发展指向 [J]. 城市规划学刊，2016（6）：7-12.
- CityGO 的原型是由同济大学吴志强教授最先提出，根据潘云鹤院士的指示，由宁波智城院、浙江大学、同济大学、宁波市规划局、

宁波云计算中心联合攻关，结合宁波现有智慧城市大数据的基础，在宁波首先投入试点实验并设计原型系统。

参考文献：

- 国务院. 新一代人工智能发展规划 [R]. 北京：人民出版社，2017.
- Pan Yunhe. Heading toward Artificial Intelligence 2.0 [J]. Engineering, 2016(2): 409-413.
- 吴志强，陈锦清，杨婷，叶启明. 中国第一部现代城市规划著作——郑肇经先生《城市计画学》 [J]. 城市规划学刊，2016（3）：93-97.
- 同济规划. 吴志强：规划新时代与生态理性内核 [EB/OL]. <http://mp.weixin.qq.com/s/oksik8yedmaYgsto-zWQSQ>, 2017-11.
- 中国城市规划. 重磅！2017 中国城市规划年会大会报告观点集锦 [EB/OL]. <https://mp.weixin.qq.com/s/oksik8yedmaYgsto-zWqsq>, 2017-11.
- 吴志强，李欣. 城市规划设计的永续理性 [J]. 南方建筑，2016（5）：4-9.
- 吴志强. 城市规划方法 [M]. 北京：中国建筑工业出版社，2017.
- 吴志强，叶锺楠. 基于百度地图热力图的城市空间结构研究——以上海中心城区为例 [J]. 城市规划，2016，40（4）：33-40.
- 吴志强.“人居三”对城市规划学科的未来发展指向 [J]. 城市规划学刊，2016（6）：7-12.
- 李力，林懿伦，曹东璞，郑南宁，王飞跃. 平行学习——机器学习的一个新型理论框架 [J]. 自动化学报，2017，43（1）：1-8.
- 何哲. 通向人工智能时代——兼论美国人工智能战略方向及对中国人工智能战略的借鉴 [J]. 电子政务，2016（12）：2-10.
- 赵冬斌，邵坤，等. 深度强化学习综述——兼论计算机围棋的发展 [J]. 控制理论与应用，2016，33（6）：701-717.
- 贾根良. 第三次工业革命与工业智能化 [J]. 中国社会科学，2016（6）：87-106+206.

Synopsis

In July 2017, the State Council of China issued the "Plan for the Development of the New Generation Artificial Intelligence". In the three-step strategic goals of the Plan, it puts forward that in urbanization construction field, AI should be applied to promote the full-life-circle processes of urban planning, construction, administration and operation. In



November, the Ministry of Science and Technology launched the "New Generation of Artificial Intelligence Development Plan and National Major Science and Technology Projects". The author attended the launching conference and reported to the conference several urban planning related issues in the 3-year preparation work of the new generation AI application. This article is based on the report.

1 Understanding the Significance of AI Assisted Urban Planning

Both Artificial Intelligence technologies and Urban Planning science in China are still undergoing their elementary phases and are interactively related to each other in their development. Three aspects are of special importance in understanding AI assisted urban planning:

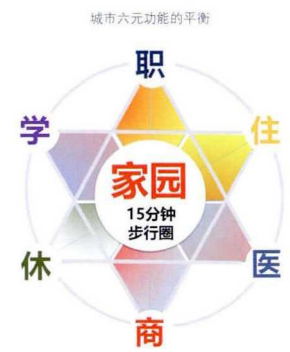
- (1) The technologies of big-data, artificial intelligence, mobile communication and cloud-computing would accelerate the further development of the discipline of urban planning, which relies on the development of researches on its ideology and theory, methodology and development history.
- (2) AI technology is still emerging and undergoing a rather rapidly developing yet unstable phase. Major breakthroughs of next generation AI (2.0) are expected in the foreseeable future.

(3) AI assisted urban planning brings huge possibilities for technological revolution in urban planning, which could further trigger the ideological transformation in the whole field of urban planning.

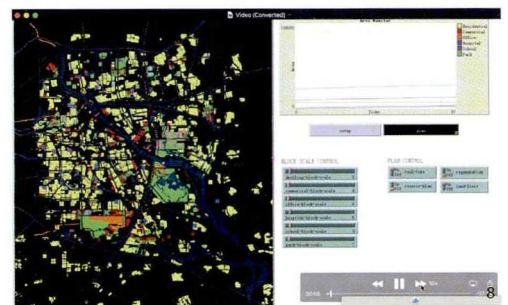
2 The Interactive Relation between the Development of AI and Urban Planning Science

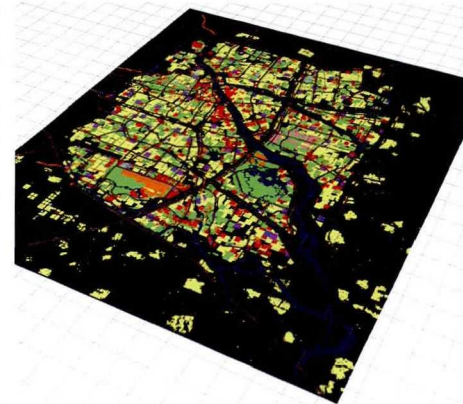
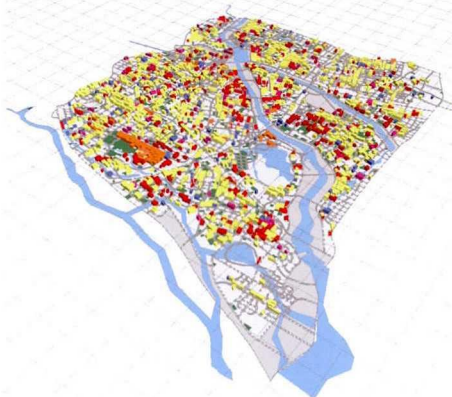
Urban studies and urban planning practices provide wide platform of the application and development strategy for AI technologies.

Currently, AI technologies, especially Machine Learning and Deep Learning, are mainly employed in discovering the development laws of cities and spatial development laws of urban spaces. In future, urban planning, with AI technologies, would achieve more technological innovations in urban sensing, urban cognition, urban analysis, urban simulation and urban decision-making. For instances, the swam intelligence technologies in AI 2.0 could be widely applied in urban development management; the multi-media technologies in AI 2.0 could comprehensively process information and data from satellite films, aerial photos, statistics data, ground sensing field surveys and public medias, and conduct synergistic cognition and provide support for decision-making; human-machine hybrid-augmented intelligence in AI 2.0 could combine and optimize the results of machine learning, machine



考虑多种约束条件: 道路、水体、绿地、历史保护、现状用地、已批建项目





9

rationality and human wills in decision-making systems in cities. Urban planning professionals should not only grasp the ways of AI application in urban planning, but seek to understand how AI could better serve urban planning and the rational and healthy development of cities.

3 Three Orientations of Urban Planning

Urban planning has gone through phases of ideal-oriented urban planning and problem-oriented urban planning through its developmental history. With AI technologies, large-scale sensing of cities, cognition of cities and capturing of city development laws could be realized, and the third orientation emerges: the city-development-law-oriented urban planning.

4 Cases of AI Assisted Urban Planning

(1) Using intelligent data capturing in discovering city development laws. The author and his team have profiled the developmental "trees" of 9,516 cities with areas exceeding 9 km² over the world, based on which, 7 major types of urban development have been concluded. This approach is further applied in the studying of the forming, growing and gathering of urban agglomerations.

(2) The intelligent allocation of urban functions. The author and his team develops "CityGO" simulation

mode to simulate the decision-making process of 4 stakeholder groups of cities, i.e. governments, urban planners, investors and citizens in deciding the allocation of 6 major urban functions, i.e. jobs, housing, commerce, health care, education and recreation, which is depended on the interest of 4 stakeholder groups. This approach is applied to support the urban decision-making.

(3) Intelligent urban morphology design. The author and his team develops an intelligent city simulation platform, CIM, to support major urban design projects. CIM reads the data of climate, population composition, the speed and scale of people's flows, building heights, built materials and etc. of the targeted area of 155km², with unprecedented precision and rapidity, which is a strong support for optimal allocation of infrastructures and space layouts in urban planning.

- 7. 各城镇群增长网络图例
- 8. 北京某城区智能配置图例
- 9. 三维城市空间的智能展现

- 7. The growth networks of urban agglomerations in China and the world
- 8. Intelligent allocation of urban functions in a district in Beijing
- 9. The intelligent 3D visualization of urban space

作者单位：同济大学

作者简介：吴志强，男，城市规划教授、博导，同济大学副校长，中国工程院 院士，德国工程院 院士，瑞典皇家工程科学院 院士，美国建筑师学会荣誉院士（Honorary Fellow of AIA）

收稿日期：2017-11-15

基金项目：国家社会科学基金重大课题（国际创新城市构建与城市圈发展战略规划研究 12&ZD202）