

# 城市信息学在规划科研实践与教育中的进展研究

## Progress of Urban Informatics in Urban Planning Research, Practice, and Education

刘超 吴志强  
Liu Chao, Wu Zhiqiang

**摘要:** 城市信息学拓展了城乡规划学科的理论与技术边界,是当前学科在教学、研究和实践的重要创新领域。如何将城市信息学与城乡规划进行深度融合,以推动学科进步与实践应用,已成为当前的重要议题。本文系统梳理了城市信息学在国内外的演变历程,重点阐释了城市感知、城市大数据、城市分析和规划决策这四项核心内容。通过对国内外代表性高校的学位和课程体系进行整理,进一步揭示了城市信息学对规划科研实践与教育产生的深远影响。然而我们也发现,我国的城市信息学实践与高校主导的教育科研之间存在一定的壁垒。研究提出两点启示,希望能为我国城乡规划学科的未来发展提供有益参考:一是城乡规划学应利用信息科学技术进行创新并在学科交叉中获得新知;二是重视在实践中解决实际问题,凝练科学问题。

**Abstract:** Urban informatics, a pivotal and innovative field within urban and rural planning, serves to broaden the theoretical and technological horizons across the domains of teaching, research, and practical implementation. The profound integration of urban informatics with urban planning has emerged as a significant endeavor, aiming to foster substantial disciplinary progress and enhance the practical applicability of urban planning endeavors. This scholarly paper undertakes a comprehensive review of the historical evolution of urban informatics, both domestically and internationally, with a primary emphasis on four fundamental areas: urban perception, urban big data, urban analytics, and planning decision-making. Through a rigorous collation of degree programs and curriculum frameworks from prominent universities worldwide, the study unveils the profound implications of urban informatics on planning research, practical applications, and educational paradigms. However, the study also identifies notable barriers that exist between the practical implementation of urban informatics in China and the predominantly educational-driven scientific research within universities. In recognition of these challenges, this paper offers two key insights to guide the future development of urban and rural planning disciplines in China: Firstly, an emphasis on innovative and interdisciplinary applications of information technology to enhance the efficiency and effectiveness of urban planning processes; secondly, a heightened focus on distilling and addressing scientific challenges emerging from practical contexts to ensure the relevance and applicability of urban planning.

**关键词:** 城市信息学; 城乡规划; 数字化; 城市数据; 规划决策; 智慧城市

**Keywords:** Urban Informatics; Urban and Rural Planning; Digitalization; Urban Data; Planning and Decision-making; Smart City

国家自然科学基金青年项目 (52108060), 上海市自然科学基金项目 (21ZR1466500), 上海市启明星人才项目 (22QB1404900), 住房和城乡建设部科研课题 (2021-K-008)

**作者:** 刘超, 同济大学建筑与城市规划学院, 助理教授; 自然资源部国土空间智能规划技术重点实验室, 研究员。liuchao1020@tongji.edu.cn  
吴志强 (通信作者), 中国工程院, 院士; 同济大学建筑与城市规划学院, 教授。  
wus@tongji.edu.cn

## 引言

信息化时代是技术发展的最新阶段,大数据、人工智能、移动互联网和云计算等信息技术的快速发展将对未来智慧城市的发展产生较大影响<sup>[1]</sup>。当前世界信息化和经济全球化相互促进,信息已经成为城市发展的重要资源之一,信息化也是驱动城市转型的重要力量。城市中无人驾驶、网络通信设施、物联网等一系列技术创新需要城乡规划的回应<sup>[2]</sup>,城市信息学由此逐渐进入了城乡规划学科视野。人们开始探索城市在信息时代的特征与规划模式;同时,在城乡规划学科的教育、科研及实践中创新融合城市信息学成为一种需求和趋势。

“信息学”(又称“信息科学”)诞生于早期情报收集、文献研究和知识传播中<sup>[3]</sup>。进入20世纪,随着电子通信技术和电子计算机的发展,信息学逐渐演绎出完善的理论框架和广泛的分支领域。1950年代,欧美相继提出 Informatics 这一概念。1970年代,结合计算机和网络技术的信息学不断发展,信息学理论与技术不断成熟,衍生出物理、社会、经济、环境、生态等一系列分支,为“城市信息学”的形成提供了土壤。其中,人机交互 (human-computer interaction)、泛在计算 (ubiquitous computing) 和城市计算 (urban computing) 等分支成为城

市信息学的演化前身。

城市规划师、管理者和相关学者也敏锐察觉到信息学在城市中的巨大潜力。早在1987年,赫普沃思(Hepworth)提出“信息城市”(the information city)和“城市信息学规划”(urban informatics planning)<sup>[4]</sup>, 关注到信息和通信技术(ICT: Information and Communications Technology)对大都市区的发展研究和政策的影响。福思(Foth)在2008年指出导航、无线通信和移动应用的位置感知技术对城市系统实时评估的作用,将城市信息学为“收集、分类、存储、检索和传播与城市有关的特征或组成城市的记录性知识/见闻”以及“城市中的记录”,将城市信息学的关注范围扩展到人、场所和技术<sup>[5]</sup>。更多学者进一步意识到大数据对城市信息学的推动作用,并由此拓宽了对城市的认知范围和精度<sup>[2]</sup>。随着城市数据量的不断增加和数据类型的多样化,越来越多的复杂系统和交叉学科问题被纳入城市信息学范畴;城市信息学的理论、方法和技术逐步完善,并在城市的建设、规划和管理等方面得到广泛应用,逐渐发展成为一门独立的学科。

脱胎于城市研究和信息科学的交叉领域,城市信息学的诞生和发展既是城市科学和信息科学研究的主动探索,也是信息技术发展的必然趋势。技术的进化催生了大量城市相关的应用场景,也促使城市相关工作者在技术实践中完成了从使用者到开发者的角色转换。这使得城市信息学自始就具有显著的技术和应用导向,致力于探索技术在城市中的应用场景,并运用技术手段解决城市中的复杂问题。

作为新兴学科领域,城市信息学的发展可大致分为三个阶段:萌芽阶段(2010年之前)、快速发展阶段(2010—2017年)和学科专业化阶段(2018年至今)。在2010年之前,城市信息学尚处于萌芽阶段,研究和实践活动往往限于

小范围的个人和团体中。2006年在昆士兰科技大学(QUT: Queensland University of Technology)成立的城市信息学研究实验室(Urban Informatics Research Lab)是第一个明确旨在城市信息学的研究团体,2009年出版了第一本城市信息学专著——《城市信息学研究手册》(*Handbook of Research on Urban Informatics*)<sup>[5]</sup>。这一阶段成果相对单调,并未形成统一的语汇。2010年之后,移动设备和传感器促进了大数据的“爆炸式”发展,基于位置的数据和行为数据海量涌现,物联网(IoT: Internet of Things)进一步沟通了城市中不同的系统,城市信息学进入快速发展阶段,从交通、城市设计到公共健康等方面被广泛实践,全球范围内成立了大量的“城市大数据”“城市分析”“城市信息”“城市计算和数据”等实验室。这一阶段主题多元,方法日渐规范,并逐渐达成城市信息学的共识。到2018年,麻省理工学院(MIT)开设首个城市和计算科学双学位,标志着城市信息学的专业化。此后,城市信息学迈入成熟的发展阶段,通过系统教育不断输出相关的专业人才,建立统一的语汇,完善学科的理论、方法和应用体系(图1)。

## 1 城市信息学理论演进

在计算机科学领域中,信息学由信息系统(information system)和信息技术(information technology)两部分构成,既包含数据、模型、计算、可视化、决策系统、优化等软件部分,也包含储存和计算的硬件系统。

信息学与城市学科群(城市科学、城市规划、城市管理)有机结合后,部分学者认为城市信息学是“城市可见基础设施与无形基础设施之间的无缝过渡”<sup>[5]</sup>,或是“大数据”的延伸;另有部分学者认为该领域是“将信息技术应用于城市地区”<sup>[6]</sup>。相较于城市科学、城市分析等类似领域,

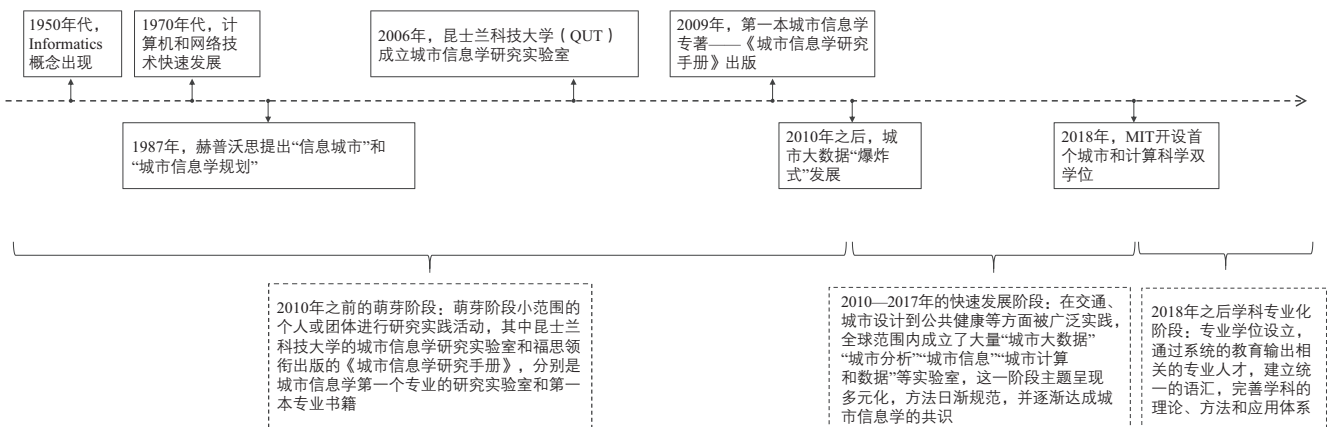


图1 城市信息学发展阶段

史文中提出“城市信息学与其他学科方法的不同和互补之处在于，计算是城市信息学的核心”<sup>[5]</sup>。现有的城市信息学文献大多侧重阐述城市计算和计算机科学技术，进而探索、描述、预测，并在一定程度上解释城市现象。康托科斯塔（Kontokosta）将城市信息学描述为通过城市传感、数据挖掘、建模分析和可视化的数据科学框架对城市现象进行研究，以便了解现象，同时推进计算科学方法并解决特定领域的城市问题<sup>[6]</sup>。国内学者提出“城市信息学是基于地球空间信息学、信息科学和城市科学的新兴交叉学科，是测绘与地理信息科学的重要发展方向”<sup>[7]</sup>。总的来说，城市信息学内涵多元，且在不断地发展变化。

同样，在其发展的不同阶段，理论和方法论也呈现多样化。在早期萌芽阶段，城市信息学的突破主要是技术主导的，即新的信息学技术引发城市领域的研究和应用，相关工具得到发展，但理论相对欠缺；在快速发展阶段，信息学理论引领城市信息学快速发展，工具体系也逐步得到完善；到学科专业化阶段，城市科学理论与信息学交叉支撑，逐渐成为一个独立的研究领域，与城市规划的结合应用更加成熟完善。

将城市信息学视为一门独立学科或科研领域，是基于学科发展的必要性和社会与人的需求导向性。其必要性在于，信息科学与城市研究交叉支撑产生新的内在理论体系、方法论和学科范式，同时外在的研究机构、学术刊物和著作出版、大学学系等也不断兴盛，出现了大量具有学科创新特征的专门研究者。其需求导向性在于，社会不断地快速发展变化，城市频频出现新的复杂问题，急需新技术来帮助研究者洞察新现象，解读复杂机制，从而推动人类社会可持续发展。这些新的复杂问题包括：城市复杂多维的要素和对象，更为模糊和普遍的相互关系，非线性的广义因果推论以及动态整体的系统思想。这无疑需要改变传统城市研究独立分析要素、明确对象关系、线性因果律和还原思想的倾向，推动了城市研究观念转变，打破了基于机械唯物主义自然观的禁锢，向基于控制论、系统论的辩证有机自然观发展，同时混沌、耗散、协同等理论的发展也使得自组织的、自调节的演化自然观逐步建立完善，获得更多的关注和认可。

## 2 城市信息学激发城市规划潜能

城市信息学的诞生和发展极大地激发了城市规划的能量，使得城市规划在研究尺度、精度和客体方面均有很大进展。尺度方面，传统的案例和抽样研究拓展至全样本大尺度；精度方面，物理空间和社会行为的分辨率大幅提高。这使得大尺度、高精度的城市研究和决策成为可能，城市规划能更高效地关注城市中个体的活动，同时兼容全球视野。客体范

畴更加丰富，传统的城市规划对象多聚焦在土地使用、经济、交通、生态、空间形态等物质环境，城市信息学则将对象扩展到人、社会、行为、健康、虚拟空间等。与此同时，城市规划的主体也发生变化，体现在多元性、广泛性和代表性等方面：多元性体现在除了传统的城市规划界，计算科学、物理学、生物学等专家学者也参与到城市规划决策中；广泛性体现为出现更加高效便捷的公众参与方式，城市中个体的声音被听到；代表性表现为城市信息学能更快地发现热点问题，捕捉关键民意，监测薄弱环节，使得核心决策者的认识、情感和价值判断更具代表性。

随之带来的是认知记录、研究分析和参与组织等方式的改变：认知记录方式更高效，科学仪器的发展提高了对城市不同要素的认知记录效率；研究分析方式更创新，计算技术的革新促进了对发展规律、归因探索更创新的分析研究；参与组织方式更智能，网络技术的升级推动了更广泛的参与和更智能的组织形式。这种从理论基础到方法论的影响是深刻且全面的。对信息学界，城市信息学是典型的成功应用；对城市规划界，城市信息学极大地提高其科学性，丰富学科理论，扩大研究主体和客体范畴，革新规划设计和治理的方式和决策过程：“规建管服”链条的融合是趋势，通过城市信息学，城市规划的动态性终成现实；同时，城市信息学帮助城市规划学科本身打破对复杂城市问题透彻认识的屏障，从而更好地感知城市运行，更有效地理解和分析城市运行规律和需求，促进城市更宜居、更公平、更高效、更可持续、更智能地发展。

## 3 城市信息学核心方向

不同科研团体对城市信息学给出了多样的分类和解释。从参与的主体和要素出发，昆士兰科技大学城市信息学实验室等指出城市信息学旨在探索人、地点和技术相互交织的城市环境中的现象和挑战，关注数字技术和互联网服务如何影响并塑造城市基础设施、居民生活和城市发展<sup>[8]</sup>；从涉及的理论与方法出发，国际城市信息学学会（ISUI: International Society for Urban Informatics）等提出城市信息学涵盖了城市科学、关键支持技术以及在城市设计、规划、交通等领域的应用<sup>[3]</sup>。总结上述概念并结合中国的发展特征，从城市研究的视角，结合实践和应用，城市信息学可定义为：利用复合方式全面感知城市，收集和處理数据信息，并利用数据信息对特定目标展开研究与实践<sup>[9]</sup>。因此，城市信息学主要内容可以分为城市感知（urban sensing）、城市大数据（urban big data）、城市分析（urban analytics）和实践应用（含规划决策）四个方面（图2）。其中，城市感知是基石和首要环节，城市大数据是中心和关键支撑，城市分析是核心和应用基



础,规划决策等应用是重要的实践部分。这四方面相互支撑、促进、反哺、约束,协同构建城市信息学的集合。

### 3.1 城市感知

城市感知指用一系列手段获取城市中物质环境和人类活动的信息<sup>[10]</sup>,并进行识别、收集和分类,是城市信息学的基石和首要环节。其中,感知的城市对象包括但不限于城市的土地覆盖、土地使用、建筑、道路、植被、车辆和人的活动等,为后续城市数据体系建立和分析提供多时空、多维度、多属性的信息。针对不同的对象特质和使用目的,感知的角度、设备和平台也不同,形成了包罗万象的技术体系。面向城市物质环境,传统的光学摄像机和全景摄像机、综合孔径雷达(SAR: Synthetic Aperture Radar)和干涉合成孔径雷达(InSAR: Interferometric Synthetic Aperture Radar)、激光雷达(LiDAR)、探地雷达(GPR: Ground-Penetrating Radar)等已广泛应用于全球城市,开发出地形测绘、建筑物和植被分类、3D地图、地下设施成像等众多实践场景。近年来快速兴起的物联网将多种设备联结到集合的网络,使得感知更全面、更综合。面向城市中的人类活动,手机轨迹记录、社交媒体监测和可穿戴移动设备等技术让实时动态感知成为可能。伴随着技术迭代和算法升级,城市感知的时空分辨率愈发精细,深度学习等人工智能算法进一步提升了数据识别、收集和分类的效率,并不断加深输出和决策的智能。

### 3.2 城市大数据

城市大数据泛指城市大数据、数据库以及实现数据管理分析的软件和硬件设施,是城市信息学的中心和关键支撑。

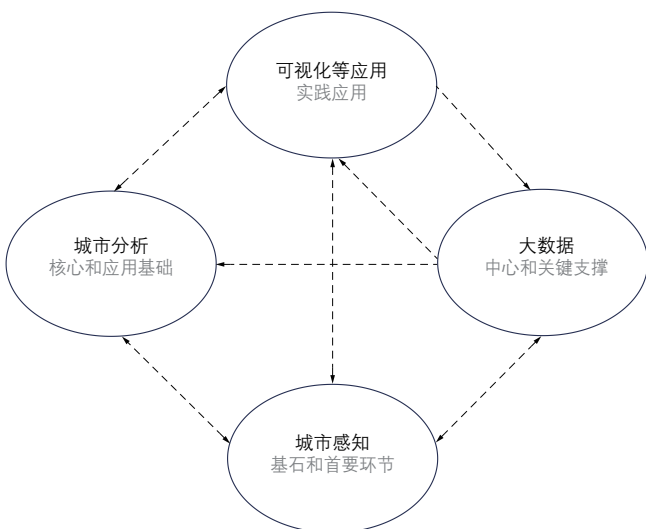


图2 城市信息学四个核心方向

大规模并行处理数据库、分布式数据库、云计算等技术快速发展,为处理城市中海量、多样、复杂的大数据提供了可能,并逐步构建起复合多元的城市大数据生态系统,联动设备端、网络端、数据端、决策端和应用端<sup>[23]</sup>。城市环境的日趋复杂使得数据更加多源异构,数据可以来自政府、企业、公共和个人,包含文本、影像、声音、网页等多种结构化、半结构化和非结构化类型,对数据的存储、处理、访问和安全提出新的、更高的要求。建筑信息模型(BIM: Building Information Modeling)、地理信息系统(GIS: Geographical Information System)、城市信息模型(CIM: City Information Model)等数字模型技术相继发展,应对多源数据和不同问题场景。在完善的城市大数据基础上,城市发展决策、问题挖掘、精细管理和服务优化的能力均得到了提升,为全面实时掌控城市发展变化,分析预测未来趋势提供了有力支持。

### 3.3 城市分析

城市分析可以被解读为通过多种技术和算法解决城市问题,辅助城市规划、治理和服务,是对数据的挖掘、计算和分析<sup>[11]</sup>,是城市信息学的核心和应用基础。为实现理解数据、解读规律、帮助决策和增强应用的多目标,城市分析通常包含数据挖掘、分析、建模和模拟等多维度内容。针对不同类型的数据,传统统计方法、时空分布分析、空间模型和网络分析等被运用到多种问题和场景中。随着人工智能的发展,机器学习模型,特别是深度学习,极大提高了模型的复杂度和分析能力,适用的数据和对象也更加多元。城市分析和城市大数据的发展是相辅相成、相互促进的关系,数据量和数据类型的增多带动分析方法的更新,而计算和分析技术的升级也产生新的数据需求。更多城市工作者和学者认识到城市分析的重要意义,并在城市规划、治理和服务的各环节予以实践。可以预见,城市分析的算法将更智能化和人性化,分析的决策能力、适应能力和互动能力将进一步提高。

### 3.4 规划决策等应用

在规划这一应用导向的学科领域,规划决策等应用是城市信息学的重要部分。城市信息学提供了强大的可视化工具,图表影像等静态和动态的可视化表达方式能够快速展示城市数据和分析结果,将复杂的数据和算法转译成生动的图面表达,从而辅助规划决策。城市信息学提供了多维度的数据和模型,数据分析的结果大量应用于降低城市风险,促进城市韧性和可持续发展,在诸如犯罪和安全、健康、污染、能源与碳排放等方面拥有广阔的讨论场景。城市信息学提供了多样的模拟和决策算法,更多AI决策和智能算法介入城市治

理,同时,大量前沿应用出现在移动和行为分析方面。未来,城市信息应用的范围和程度将进一步扩大,影响并塑造更多城市场景和系统。

## 4 城市信息学在规划科研与实践中的进展

### 4.1 国内外研究机构

国际上,与城市信息学有关的研究中心大多依托高等院校,主要分布于美国、英国等发达国家,如MIT媒体实验室(The MIT Media Lab)、可感城市实验室(MIT Senseable City Lab)、纽约大学城市科学与进步中心(CUSP: Center for Urban Science and Progress)、昆士兰科技大学城市信息学研究实验室(Urban Informatics Research Lab)、新加坡国立大学城市分析实验室(Urban Analytics Lab)等,并且主要以城市数据可介入的城市问题为研究对象。就架构而言,国际研究中心以跨专业合作、校企合作为主要工作方式,组成人员大多为校内教师,将实践项目、研究主题与教学有机结合。

国内城市信息学相关的研究中心方兴未艾。较有代表性的团体多依托高校和科研平台,如清华大学、同济大学、香港大学、深圳大学、香港理工大学等,一般依托于地理信息系统、城市规划、计算机信息与科学专业。与国外研究中心与项目相比较可以看出,我国的城市信息分析与我国现状较为贴切,科学性、指导性较强,与国际情况相同之处在于都对城乡规划学科起到了较好的互通互动、相互支撑作用。

### 4.2 四个主要方向在规划科研与实践中的进展

城市感知是规划的重要数据来源,用于辅助规划监测和决策的过程<sup>[12]</sup>。在城市规划领域,城市感知研究大量聚焦于监测城市发展和环境影响,其中生态指标如归一化差异植被指数(NDVI: Normalized Difference Vegetation Index)、个别斑块或离散分类等常出现在文献搜索中<sup>[13-14]</sup>;城市热岛是另一大热点话题,研究者多关注城市热岛效应对城市发展的影响,关注城市中气候变化趋势<sup>[15]</sup>,然而对于土地使用、公共信息和规划议程方面挖掘较少。但随着无人机和城市无限传感器网络的建立<sup>[16]</sup>,更低成本和更高分辨率的数据能帮助人们更精细地捕捉城市中的时空变化。认识到复杂系统变化,将进一步扩大对社会经济—建成环境—技术综合体系的考量,研究不再局限于单一维度的监测,而是对城市建立全面的感知体系,向综合感知方向发展。同时,数据来源更为多样,分辨率提高,研究方向和方法体系更加跨学科,在生态和环境监测的基础上纳入更多对社会和行为的感知,且由影响分析扩展到决策规划议程上,进一步促进透明治理和权利共享。体现在研究方法上,在离散分析、地理对象分析等传

统方法进一步发展的同时,机器学习等前沿方法将愈发普遍,数据融合方法重要程度不断提升,以结合不同的传感器时空范围,兼容多源数据<sup>[17]</sup>。

随着城市感知技术的发展,城市大数据也更为多样,传感器系统数据、用户生成内容、行政数据、私营部门交易数据以及混合数据源(包括链接数据和合成数据等)成为大数据重要来源<sup>[18]</sup>。新形式、大体量的数据将颠覆对经典城市问题的思考,也将拓宽城市研究范围,使得复杂系统研究成为可能。借助新形式的数据,研究者得以重新思考经典城市问题,实现小样本静态数据向多源时空数据、单一尺度向全域尺度、“物质空间”向“社会经济空间”的升级转变。传统研究多基于人口普查、土地测绘等静态数据,而新兴大数据使得模型和研究模式发生改变,比如用GPS数据估计人流量,用社交媒体数据衡量劳动力市场,用行政数据研究产业发展等<sup>[19-22]</sup>,极大提升了研究的科学性和可信度。同时,多维度城市模型的建立,有效地将过去难以量化的问题数据化和指标化<sup>[23]</sup>,诸如居民时空行为研究、城市交通网络研究、城市功能分区研究、区域联系和城市等级研究、城市生态环境治理研究、城市开发边界、生态红线划定研究等领域的科研实践迅速兴起并取得丰硕成果<sup>[24-27]</sup>。未来,更高性能的计算资源在处理实时动态数据和多源异构数据方面拥有更大优势,可结合数据驱动和理论探索帮助城市规划师发现更多有趣的城市议题,捕捉多维度动态数据。然而,数据也带来了更多关于安全和隐私的思考,因社会或个人原因被数字时代抛弃的“数字难民”进一步加剧了资源分配不公平的现象,因此,亟须建立对数据所有权、隐私和信息安全保护的完善体系,实现数据公平共享。

城市分析的核心是数据的融合、挖掘和分析,主要任务是发现城市问题,理解各种城市现象本质,预测城市未来,优化决策和规划政策<sup>[28]</sup>。基于上述任务,城市分析的科研实践覆盖多个领域,在智能交通、环境保护、能源和碳排放、经济和社会安全、健康和公平、气候景观等方向均有广泛的科研实践<sup>[29]</sup>。通过对城市复杂系统的研究,城市分析能快速发现和评估城市问题,比如发现路网缺陷、城市不合理分区,对城市噪声进行评估,分析城市健康隐患,识别情感地图等<sup>[30-33]</sup>;在历史数据和理论模型的基础上预测城市未来,比如预测交通状况、空气质量、房价,计算碳排放等<sup>[34-37]</sup>;同时,城市分析能模拟城市在不同情景下的发展,比如模拟车辆行驶、能源消耗、景区人流等<sup>[38-40]</sup>;进一步地,城市分析可揭示因果关系和机制,并通过动态规划等算法辅助决策,比如计算车辆的最佳行驶路线、最佳能耗方案、无人驾驶方案、最优出行路线等<sup>[41-44]</sup>。城市分析在城市规划各方面的广泛科研实践不仅提高了研究者对问题的分析理解能力,还更

多介入优化决策阶段，而技术的升级正是这一转变的关键动力，人工智能的发展降低了复杂动态城市过程研究的门槛。随着人们对更高算力的追求，诸如量子计算的革命式发展，识别复杂非线性关系，解读因果和机制，追踪动态实时变化，优化动态规划和决策将成为城市分析的新趋势。

城市信息学支撑规划决策中，一方面实现了四维时空上的动态规划与管控效果可视化，另一方面通过大数据和大模型提升了复杂规划决策的科学性与精准性。例如：当前国土空间规划正在建设的实施监测网络（CSPON）大量融入城市信息学要素，以求打通规划编制和实施环节，有效支撑全生命周期的规划决策。其中的城市决策模型体系涵盖土地、交通、能源、基础设施、社会、经济等复杂系统子模型与指标矩阵。在工程实践中，城市信息学直接应用于智慧城市建设，在城市规划、建设、管理、服务的全生命周期中，优化了城市的管理和服务<sup>[45]</sup>。在21世纪初期，欧美各国和日韩新加坡等国家相继展开城市信息模型发展计划，我国也推动多批智慧城市试点，杭州、上海等地建立“城市大脑”，提高了城市运营治理和服务水平，取得显著成果<sup>[46]</sup>。国外主要是企业和科技机构主导，针对单一或个别项目展开，没有整体规划，而我国是在政府领导支持下，展开总体全面的智慧城市布局，全方位实施智慧城市项目。城市信息模型（CIM）是以BIM、GIS和IoT等为基础的三维数字空间城市信息有机综合体，整合数据、方法和多种功能，为多尺度和场景的城市规划、建设、管理和服务应用提供信息支持，帮助城市“规建管服”向信息化、智能化、精细化和动态化方向发展<sup>[47]</sup>。完善的CIM将成为智慧城市建设的基础和核心。

基于上述对研究机构和科研实践的分析，可知城市信息学发展迅速，并且具有多样化的形式与内涵。学科之间的交互带来了对城乡规划学的新理解、新视角、新分析方法，使得城乡规划对城市问题的理解更为透彻，拓宽了对城市多要素系统认知的视角，丰富了基于多种数据和场景的分析方法，对学科理论的多样化和实践的多元化发展有着直接的指导意义。

## 5 城市信息学在国内外教育中的进展

国际上城市信息学的研究和实践始于英美，研究内容广泛且融合交叉。一方面表现为研究与分析文献丰富，基础扎实；另一方面表现为开放性、共享性高，从业者甚至普通居民可以利用大量开源数据对城市进行可视化感知与设计。这些成就有赖于教育、科研和实践的联合推动，综合提升了规划者的数据收集、处理、分析等技能，对我国城乡规划学科的教育体系完善有一定借鉴意义。

### 5.1 国内外计算机与规划交叉专业与学位项目的兴起

表1总结了国际上有代表性的院校开设的相关学位、辅修双学位、证书证明和研究方向等。在国外，麻省理工学院、伦敦大学学院、加州大学伯克利分校等率先发起与城市信息学有关的项目；在中国，香港大学和香港理工大学近年开设城市分析与城市信息学硕士学位，同济大学和深圳大学也设置了相关科研方向与博士点。这些项目一方面开设了专业化、跨学科的学位培养；另一方面课程内容丰富，架构合理有效，能够指导学生较为有效地探讨和应对新技术革命下的城市变革难题，在一定程度上将城市规划与公共政策、数据分析、机器学习、传感网技术等对现实有极强指导意义的领域整合。这种学科思维与方法的结合使得数据成为一种思维，而非简单的工具，也提供了解决互联网时代城市发展问题的新视角。

### 5.2 国际代表课程体现学科前沿方向

国际院校的城市信息学相关课程相较于学位项目有着更加多元、灵活的特点，呈现出与传统规划方法互补的现象。哈佛大学、麻省理工学院、加州大学伯克利分校和伦敦大学学院均推出了必修、选修相结合的城市信息学课程，内容涵盖原理介绍、软件使用、创新应用等方面，形成了较为丰富的城市信息学课程体系；在以Coursera、edX为代表的国际网课平台上也有大量相关的免费课程。其中，加州大学伯克利分校的保罗·沃德尔（Paul Waddell）教授主持的硕士课程“城市信息学与可视化”（Urban Informatics and Visualization）较有代表性。该课程时长16周，目标是为未来的城市规划者提供定量解决问题的技术技能工具包，不但讲授Python等编程语言的使用方法，还教学生分析城市数据，进行空间分析。课程中还包含工作坊（workshop），结合课程小组作业辅助推进。这对我国开展类似课程有三点启示：（1）课程名称与内容体现城市信息学特点，课程名称大多包含大数据、信息学、可视化、智慧等关键词，这也体现于课程内容中；（2）教学生掌握信息学相关工具与技术，包括GIS、Tableau、D3、Java、R语言等；（3）同时关注空间问题和信息技术，如空间分析、机器学习、智慧城市、数字孪生等。

### 5.3 国内代表性课程日渐丰富

国内的城市信息化课程最初并不依托城乡规划专业开设，而是以北京大学、浙江大学为代表的高校在计算机与信息化专业内设置。这些课程与城市研究相关，但主要基于信息思维和数据思维，并没有系统覆盖城市系统或城市规划内容。随着城乡规划专业对信息学的接纳和应用，规划学逐渐



表 1 城市信息学相关的学位和项目整理

学位类型	学位或项目名称	院校名称 (国别)
硕士学位	空间数据科学与可视化 Spatial data science and visualization	伦敦大学学院 (英) University College London
	城市信息化 Urban informatics	东北大学 (美) Northeastern University
	城市空间分析 Urban spatial analytics	宾夕法尼亚大学 (美) University of Pennsylvania
	城市与区域规划: 智慧城市 City regional planning: smart cities	
	数据科学 (应用城市分析) Data science (applied urban analytics)	曼彻斯特大学 (英) The University of Manchester
	城市分析 Urban analytics	格拉斯哥大学 (英) University of Glasgow
	城市分析与可视化 Urban analytics and visualisation	华威大学 (英) University of Warwick
	城市规划 (主修城市分析) Urban planning (urban analytics concentration)	哥伦比亚大学 (美) Columbia University
	地理信息科学与技术理学 Master of science in geographic information science and technology	佐治亚理工学院 (美) Georgia Institute of Technology
	城市分析 Master of science in urban analytics	香港大学 (中) The University of Hong Kong
	数据科学 Master of science in data science	香港城市大学 (中) City University of Hong Kong
	城市信息学和智慧城市 Master of science in urban informatics and smart cities	香港理工大学 (中) The Hong Kong Polytechnic University
	城市规划 (城市分析) Urban planning (Urban analytics)	纽约大学 (美) New York University
	应用城市科学与信息学 Master of science in applied urban science & informatics	
	学士学位	城市科学 / 规划与计算机学联合学士 Bachelor of science in urban science and planning with computer science
城市科学与计算机科学规划学士学位 Bachelor of urban science and planning with computer science		
双学位或辅修	统计学与数据科学 (本科) Minor in statistics and data science	麻省理工学院 (美) Massachusetts Institute of Technology
	统计学与数据科学 (研究生) Micro masters program in statistics and data science	
	信息可视化 (本科) Information and visualization	
	数字人文科学 (本科) Digital humanities	加州大学洛杉矶分校 (美) University of California, Los Angeles
	数据科学 (本科) Minor in data science	香港城市大学 (中) City University of Hong Kong
项目证书	大数据与城市规划 Big data for understanding urbanizing China	清华大学 (中)
项目方向	城乡可持续发展与智能规划 Urban and rural sustainable development and intelligent planning	同济大学 (中)
博士学位	城市空间信息工程 Doctor of urban spatial informatics	深圳大学 (中)

开始主导城市信息化类课程。表 2 列举了 4 所国内代表性高校的课程主题，大部分是在近 5 年内开设的。这些课程在形式和内容上基本与国际顶尖院校看齐，但就软件技术的教授而言，与国际一流水平还有一定差距。以清华大学、同济大学为代表的建成环境专业类课程系列中，基于城市大数据整体的认知、挖掘、科学分析方法，逐渐形成了系统的城市信息学介绍类课程，并且融入了国土空间规划、监测、评估与城市更新等我国特色应用。

## 6 总结与展望

### 6.1 城市信息学的热点集中于全球大都市

根据本文整理的城市信息学的研究、实践和组织进行空间分析，可以发现世界范围内城市信息学研究的热点地区基本分布在经济较发达的国家与城市，主要集中在美国、欧洲国家、日本、新加坡等国以及中国的大城市，澳大利亚等地有少数研究热点。从数量上看，美国的研究热点地区占大多数，体现了其在城市信息学领域的领先地位。在我国，研究热点主要集中在北京和长三角、大湾区等地区。

### 6.2 加强城市信息学研究与实践

目前我国在城市信息学方面的研究正在起步，一方面，国内的研究主要由少数高校以及研究中心牵头，整体产出有限；另一方面，研究成果难以运用于实践，与智慧城市的实施建设存在鸿沟。许多城市在大数据与信息系统建设方面投入了大量经费，但大众参与少，城市研究拓展性差，创新效益并不明显<sup>[47]</sup>。因此国内规划学科与教育体系一方面要加强城市信息学方面的产学研结合，促进形成良性循环；另一方面需重视实践牵引研究的导向性，促进学科的创新发展。

表 2 城市信息学相关课程整理

课程名称	院校机构	主要教授工具
大数据与城市规划	清华大学建筑学院	GIS、SPSS、极海等可视化工具、Python
新城市科学		
城市信息学*		
空间三维建模与仿真	深圳大学建筑与城市规划学院	GIS 开发、SuperMap、ENVI
数据科学与数据挖掘导论		
城市大数据分析方法与案例		
数据可视化		
城市数据可视化与计算*	同济大学建筑与城市规划学院	Tableau、Space Syntax、GIS、Python、sDNA
城市几何学*		
城市设计分析技术		
可持续智能城镇化		

注：\* 表示这门课程使用英语授课。

### 6.3 城市信息学不只是规划的工具和手段

尽管城市信息学有很强的技术性和应用倾向，但它不仅仅是规划师和研究学者的工具和手段，还代表着城市智慧发展、城市研究演进和城乡规划学科的新方向与新领域。在科研实践中，城市信息学为城市研究提供了新的数据和方法，拓宽了研究方向，提高了研究方法的效率和科学性，使得研究结论更加丰富多元。建立在大量多源数据的基础上，研究者可以运用新的方法对传统的城市问题进行新思考，解答以往的难题，提高研究的效率，使得研究结论更加科学、精准；同时，丰富的数据和智能化的工具让研究者解锁更多新的城市领域和场景，让多尺度、大范围、长时间和动态的研究成为可能，学科壁垒被逐步打破，跨学科的讨论越来越多，并逐渐成为主流，激发城市规划对全球化、全人类、人文性、社会性和未来性问题进行更深层次的思考，拓展了理论对动态、复杂、多维的探索。同样，研究到实践的距离被缩短，技术加速了对应用场景的开发。在城市的“规建管服”各方面，均有城市信息学理论和技术的广泛实践，它创造性地帮助规划者和管理者发现城市问题，分析现象原因，发掘事物本质，预测推演城市未来，并助力智能化决策管理。在此基础上，智慧城市得以快速发展，并在北京、广州、上海等地取得优异成果，使得城市步入真正的智能化时代。

### 6.4 对城市信息学教育发展的需求

科研实践的突破和贡献促进了城市信息学的学科建设和教育完善。在规划教育中，更多高校和机构意识到信息学的重要性，开设相关课程，成立相关实验室，并建立专业学位，培养专业人才，进一步推动了城市信息学体系化、专业化、多样化发展。

笔者对 35 名城市规划专业的高年级本科生进行了城市信息学相关的调研，发现绝大多数学生对城市信息化与可视化方面展现出了较强的兴趣，并且普遍认为其对于专业学习有益，是未来学科发展的导向之一。96.88% 的学生迫切需要了解数据处理分析方法，90% 学生希望了解国内外规划技术前沿。但大部分学生仅停留于少量了解、对数字孪生概念并无认知的阶段，并且缺乏除 SPSS、GIS 外的高级数据分析能力，整体认知水平较低，基础较薄弱。对于造成这种情况的原因，过半的学生认为是数理统计和编程语言学习困难，缺乏相应的学习资源。因此，加强城市信息化教育对于规划学科的发展和学生成长至关重要。

根据资料整理，国内规划相关的教育学科体系尚未对城市信息学给予足够重视。尽管目前增设城市信息类课程，但大多为选修课形式，更缺乏相关的教育项目认证或学位。



并且,国内城市信息学的发展土壤不足,社会发展对于城市信息学的运用还不够深入和广泛,例如公共信息数据库的建设基本不对外开放,也影响了城市信息学的传播与运用。未来可以借鉴国际办学形式,以多学科合作的形式开设相关项目与课程,培养学生的数据采集、集成、分析和智能决策技能。

信息化是衡量综合国力的重要标准之一,改变着社会组织体系,信息化技术和手段也能够进一步提升城市治理水平<sup>[48-50]</sup>。城市信息学是城市研究中较新的发展方向,也是国际上专业研究的重点领域之一。在当今的信息技术革命浪潮下,城市与社会的各方面都正在经历深刻变革。面对这样的时代背景,城乡规划专业面临着前所未有的挑战,同时技术发展的势头也亟须推动城市信息学的研究、应用和人才培养,以应对这一时代变革。尽管我国的城市信息学发展起步较晚,但是在当前“十四五”对数字城市和新基建高要求的背景下,可以预见将来对于城市信息学人才将有大量需求,因此我国城乡规划学科也应与时俱进,借鉴国际经验,探索适应我国实践的模式,完善我国规划领域与学科的建设,为未来的城市规划与建设提供更多人才。UPI

注:本文图表均为作者绘制。

感谢《国际城市规划》副主编孙志涛老师、匿名评审专家、同济大学建筑与城市规划学院孙施文教授对本文的建议与帮助。感谢纽约大学博士生刘泽润,同济大学建筑与城市规划学院研究生李思颖、陈泽胤对文章内容和图表绘制的贡献。

## 参考文献

- [1] 吴志强. 人工智能推演未来城市规划[J]. 经济导刊, 2020(1): 58-62.
- [2] LIM C, KIM K-J, MAGLIO P P. Smart cities with big data: reference models, challenges, and considerations[J]. *Cities*, 2018, 82: 86-99.
- [3] SHI W, GOODCHILD M, BATTY M, et al. Prospective for urban informatics[J]. *Urban informatics*, 2022, 1(1): 2.
- [4] HEPWORTH M E. The information city[J]. *Cities*, 1987, 4(3): 253-62.
- [5] FOTH M. Handbook of research on urban informatics: the practice and promise of the real-time city: the practice and promise of the real-time city[M]. IGI Global, 2008: 2-6.
- [6] KONTOKOSTA C E. Urban informatics in the science and practice of planning[J]. *Journal of planning education and research*, 2021, 41(4): 382-95.
- [7] 李清泉. 从 Geomatics 到 Urban Informatics[J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2017, 42(1): 1-6.
- [8] FOTH M, CHOI J H, SATCHELL C. Urban informatics[C] // Proceedings of the ACM 2011 Conference on Computer Supported Cooperative Work. Association for Computing Machinery, 2011: 1-8.
- [9] LIU C, YE X, YUAN X, et al. Roundtable discussion: progress of urban informatics in urban planning[J/OL]. *Frontiers of urban and rural planning*. (2023-12-11)[2023-12-25]. <https://doi.org/10.1007/s44243-023-00014-x>.
- [10] WENG Q, QUATTROCHI D A. Urban remote sensing[M]. Boca Raton: CRC Press, 2018: 3-6.
- [11] SINGLETON A D, SPIELMAN S, FOLCH D. Urban analytics[M]. London: Sage, 2017: 7-8.
- [12] XIAO Y, ZHAN Q. A review of remote sensing applications in urban planning and management in China[C]. IEEE 2009 Joint Urban Remote Sensing Event - Shanghai, China, 2009: 1-5.
- [13] LI W, SAPHORES J-D, GILLEPIE T W. A comparison of the economic benefits of urban green spaces estimated with NDVI and with high-resolution land cover data[J]. *Landscape and urban planning*, 2015, 133: 105-117.
- [14] YAN W Y, SHAKER A, EL-ASHMAWY N. Urban land cover classification using airborne LiDAR data: a review[J]. *Remote sensing of environment*, 2015, 158: 295-310.
- [15] GROVER A, SINGH R B. Analysis of urban heat island (UHI) in relation to normalized difference vegetation index (NDVI): a comparative study of Delhi and Mumbai[J]. *Environments*, 2015, 2(2): 125-38.
- [16] CHOWDHURY A, LEVORATO M, BURAGO I, et al. Urban IoT edge analytics[M] // RAHMANI A M, LILJEBERG P, PREDEN J-S, et al, eds. Fog computing in the internet of things: intelligence at the edge. Cham: Springer, 2018: 101-120.
- [17] WELLMANN T, LAUSCH A, ANDERSSON E, et al. Remote sensing in urban planning: contributions towards ecologically sound policies?[J]. *Landscape and urban planning*, 2020, 204: 103921.
- [18] THAKURIAH P, TILAHUN N Y, ZELLNER M. Big data and urban informatics: innovations and challenges to urban planning and knowledge discovery[M] // THAKURIAH P, TILAHUN N, ZELLNER M, eds. Seeing cities through big data: research, methods and applications in urban informatics. Cham: Springer, 2017: 11-45.
- [19] BRELL C, DUSTMANN C, PRESTON I. The labor market integration of refugee migrants in high-income countries[J]. *Journal of economic perspectives*, 2020, 34(1): 94-121.
- [20] MA Y, WANG J. Personalized driving behaviors and fuel economy over realistic commute traffic: modeling, correlation, and prediction[J]. *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, 2022, 71(7): 7084-7094.
- [21] QI C-C. Big data management in the mining industry[J]. *International journal of minerals, metallurgy and materials*, 2020, 27: 131-139.
- [22] WANG S, ZHAO J, SHAO C, et al. Truck traffic flow prediction based on LSTM and GRU methods with sampled GPS data[J]. *IEEE Access*, 2020, 8: 208158-208169.
- [23] 甄茂成, 党安荣, 许剑. 大数据在城市规划中的应用研究综述[J]. *地理信息世界*, 2019, 26(1): 6-12, 24.
- [24] TEIXEIRA C F B. Green space configuration and its impact on human behavior and urban environments[J]. *Urban climate*, 2021, 35: 100746.
- [25] SU Y, LI Z, YANG C. Spatial interaction spillover effects between digital financial technology and urban ecological efficiency in China: an empirical study based on spatial simultaneous equations[J/OL]. *International journal of environmental research and public health*. (2021-08-12)[2023-07-01]. <https://doi.org/10.3390/ijerph18168535>.
- [26] GUALTIERI G, BRILLI L, CAROTENUTO F, et al. Quantifying road traffic impact on air quality in urban areas: a Covid19-induced lockdown analysis in Italy[J/OL]. *Environmental pollution*. (2020-09-18)[2023-07-01]. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.115682>.
- [27] DIAO M, KONG H, ZHAO J. Impacts of transportation network companies on urban mobility[J]. *Nature sustainability*, 2021, 4(6): 494-500.
- [28] ALSHUWAIKHAT H M, AINA Y A, BINSAAEDAN L. Analysis of the implementation of urban computing in smart cities: a framework for the transformation of Saudi cities[J]. *Heliyon*, 2022, 10: e11138.
- [29] ZHENG Y. Urban computing[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2019: 3-39.
- [30] LU X, KANG J, ZHU P, et al. Influence of urban road characteristics on traffic noise[J]. *Transportation research part d: transport and environment*,

- 2019, 75: 136-155.
- [31] LIU Z, LIU Y, MENG Q, et al. A tailored machine learning approach for urban transport network flow estimation[J]. *Transportation research part c: emerging technologies*, 2019, 108: 130-150.
- [32] KAWLRA G, SAKAMOTO K. Spatialising urban health vulnerability: an analysis of NYC's critical infrastructure during Covid-19[J]. *Urban studies*, 2023, 60(9): 1629-1649.
- [33] ASHKEZARI-TOUSSI S, KAMEL M, SADOOGHI-YAZDI H. Emotional maps based on social networks data to analyze cities emotional structure and measure their emotional similarity[J]. *Cities*, 2019, 86: 113-124.
- [34] YANG S, MA W, PI X, et al. A deep learning approach to real-time parking occupancy prediction in transportation networks incorporating multiple spatio-temporal data sources[J]. *Transportation research part c: emerging technologies*, 2019, 107: 248-265.
- [35] LIANG C-M, LEE C C, YONG L R, et al. Impacts of urban renewal on neighborhood housing prices: predicting response to psychological effects[J]. *Journal of housing and the built environment*, 2020, 35: 191-213.
- [36] ISKANDARYAN D, RAMOS F, TRILLES S. Air quality prediction in smart cities using machine learning technologies based on sensor data: a review[J/OL]. *Applied sciences*. (2020-04-04)[2023-07-01]. <https://doi.org/10.3390/app10072401>.
- [37] HUO T, et al. Dynamic scenario simulations of carbon emission peak in China's city-scale urban residential building sector through 2050[J/OL]. *Energy policy*. (2021-09-28)[2023-07-01]. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112612>.
- [38] MUI K W, SATHEESAN M K, WONG L T. Building cooling energy consumption prediction with a hybrid simulation approach: generalization beyond the training range[J/OL]. *Energy and buildings*. (2022-09-24)[2023-07-01]. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112502>.
- [39] AMINI M, HATWAGNER F M, MIKULAI G C, et al. Developing a macroscopic model based on fuzzy cognitive map for road traffic flow simulation[J]. *Infocommunications journal*, 2021, 13(3): 14-23.
- [40] WANG J, HUANG X, GONG Z, et al. Dynamic assessment of tourism carrying capacity and its impacts on tourism economic growth in urban tourism destinations in China[J]. *Journal of destination marketing and management*. (2019-12-12)[2023-07-01]. <https://doi.org/10.1016/j.jdmm.2019.100383>.
- [41] ULLAH K, HAFEEZ G, KHAN I, et al. A multi-objective energy optimization in smart grid with high penetration of renewable energy sources[J/OL]. *Applied energy*. (2021-07-07)[2023-07-01]. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.117104>.
- [42] TAJALLI M, MEHRABIPOUR M, HAJBABAIE A. Network-level coordinated speed optimization and traffic light control for connected and automated vehicles[J]. *IEEE transactions on intelligent transportation systems*, 2020, 22(11): 6748-6759.
- [43] LONGO S, MONTANA F, SANSEVERINO E R. A review on optimization and cost-optimal methodologies in low-energy buildings design and environmental considerations[J]. *Sustainable cities and society*, 2019, 45: 87-104.
- [44] LI C, WU Y, GAO B, et al. Multi-scenario simulation of ecosystem service value for optimization of land use in the Sichuan-Yunnan ecological barrier, China[J/OL]. *Ecological indicators*. (2021-10-27)[2023-07-01]. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108328>.
- [45] 李梦焱, 王维, 华沅, 等. 基于空间与技术应用场景的智慧城市规划设计[J]. *智能建筑与智慧城市*, 2022(3): 59-63.
- [46] 王永海, 王宏伟, 于静, 等. 城市信息模型 (CIM) 平台关键技术研究与应用[J]. *建设科技*, 2020(7): 62-66.
- [47] 刘伟平. 我国数字城市发展趋势[J]. *城市地理*, 2016(4): 29.
- [48] 孙东伟, 刘滨. 数据可视化研究与技术实现[J]. *产业与科技论坛*, 2020(19): 40-42.
- [49] 汪光焘, 李芬, 高楠楠. 信息化对城市现代化的预期影响[J]. *城市规划学刊*, 2020(3): 15-23.
- [50] 龙瀛. (新) 城市科学: 利用新数据、新方法和新技术研究“新”城市[J]. *景观设计学*, 2019, 7(2): 8-21.

(本文编辑: 张祎娴)



本文更多增强内容扫码进入