



智慧城市

智能感知信息服务模型与应用研究

李霞 著



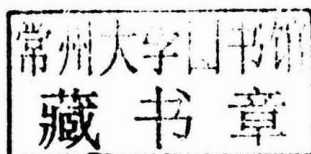
科学出版社

智慧城市智能感知信息 服务模型与应用研究

李霞著

国家自然科学基金项目“基于位置数据网络建
模的智慧城市智能感知信息服务模型与应用研究”

(项目批准号: 71503099)研究成果



科学出版社

北京

版权所有, 侵权必究

举报电话: 010-64030229, 010-64034315, 13501151303

内 容 简 介

本书详细论述智慧城市的源起、内涵与特征, 基于智慧城市发展分析国际智慧城市建设和中国智慧城市发展现状, 讨论智慧城市核心技术平台, 包括感知平台、物联平台、大数据、云计算平台和公共服务平台。在构建智慧城市智能感知信息服务体系模型的基础上, 探讨智慧交通、智慧能源、智慧政务、智慧医疗、智慧教育、智慧社区、智慧环境应用系统模块, 基于价值网络模型构建智慧城市信息服务传导模型并进行实证分析, 基于位置数据挖掘构建智慧城市智能感知信息服务云模型并进行应用分析。本书最后构建智慧城市信息服务评估指标体系并揭示中国智慧城市信息服务发展优化模式。

本书可供从事“智慧城市”、信息化应用工程的研究与工程技术人员、城市管理者阅读, 也可作为高等院校信息管理类、计算机类、工程类及经济类等专业的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

智慧城市智能感知信息服务模型与应用研究/李霞著.—北京:科学出版社, 2019.10

ISBN 978-7-03-060471-2

I.①智... II.①李... III.①现代化城市-情报服务-研究 IV.①C912.81

中国版本图书馆CIP数据核字(2019)第017526号

责任编辑: 吉正霞 李亚佩 / 责任校对: 高 嵘

责任印制: 彭 超 / 封面设计: 苏 波

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

武汉中科兴业印务有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

开本: 787×1092 1/16

2019年10月第一版 印张: 13 1/4

2019年10月第一次印刷 字数: 336 000

定价: 88.00元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

前言 Foreword

Revision of World Urbanization Prospects (联合国世界城镇化发展展望, 2018) 显示, 当前全球人口城镇化比率为 55%, 预计 2050 年全球人口城市空间分布将达到 68%, 这一事实给城市资源效率与社会可持续发展带来了巨大的挑战。以智能手机、无线射频识别技术与视频采集设备、物联网等“实时”智能环境为标志的信息技术功能嵌入城市化发展, 人类步入了随时随地的数据访问, 异构型数据呈指数级增长并依此对城市变量的可能性趋势进行分析、作出决策的大数据时代, 智慧城市概念随之产生并不断发展。智慧城市的兴起是解决当前交通拥堵、环境污染、能源短缺等众多城市病的现实需求, 是解决“亿”级别量物联网设备信息交换产生的海量数据实时性、有效性等技术需要。追溯到约瑟夫·熊彼特的《经济发展理论》, 智慧城市建设的两股动力为技术推动与需求拉动。智慧城市是科学技术进步的产物, 作为一种更优的技术性解决方案被迫切引入全球市场, 同时这种科学研究的技术成果在响应社会需求的过程中得以持续开发与商业化。

国外智慧城市实践先行于理论建设, 已先行进行智慧城市探索的国家及城市包括: 定位“国家战略计划”的美国, 代表城市有华盛顿、纽约、洛杉矶等世界级城市; 实施“欧盟物联网行动计划”的瑞典斯德哥尔摩; 构建“物联网基础设施基本规划”的韩国首尔等。Nikkei BP 清洁技术研究所 (Nikkei BP cleantech) 2010 年的调查结果显示, 世界范围内已有近 400 项智慧城市建设项目, 而这个数值近年内呈加速度增长。习近平总书记在中国共产党第十九次全国代表大会上的报告中谈到, 中国特色社会主义进入新时代, 我国社会主要矛盾为人民日益增长的美好生活需要和不平衡不充分的发展之间的矛盾。我国稳定解决了十几亿人的温饱问题, 总体上实现小康, 不久将全面建成小康社会, 人民美好生活需要日益广泛, 不仅对物质文化生活提出了更高要求, 而且在民主、法治、公平、正义、安全、环境等方面的要求日益增长。2016 年我国城镇化率达到 57.35%, 我国进入以创新驱动为标志的智慧城市快速发展时期, 先后建成 311 个智慧城市试点, 覆盖全国 89% 的城市。中共中央、国务院 2014 年发布的《国家新型城镇化规划 (2014—2020 年)》指明了我国智慧城市建设的方向。政府部门和各城市都在积极推动智慧建设, 以物联网、云计算、大数据等新一代信息技术创新应用为重点方向, 打造信息基础设施、部门产业协同的政府信息共享与服务、公共资源社会化、应用服务智慧化的城市管理。

智慧城市从起步, 发展到初步进入快速发展时期, 其研究成果集中在智慧城市的内涵和带来的社会效应。然而智慧城市的内涵至今难以统一界定, 究其原因, 一是主要在



于智慧主题严格添加于数字城市理念之上,无论是“智慧”或“数字”都有两种共同元素,公民(或人,或社区,这是人的方面)与关键技术,而公民则是作为智慧城市或数字城市的主要参与者和受众;二是智慧城市自下向上的组织过程与发展本质。当然,近年来逐步形成了较为完善的智慧城市概念体系、信息技术与发展理论框架,“智慧城市”是城市信息化和数字城市在新的信息技术环境下的演进,以传感网、物联网技术为支撑,通过全面、充分的信息获取,通畅、广泛、安全的信息共享,科学、规范、有效的信息利用,提高城市运行和管理效率,改善城市公共服务水平,增强处理突发事件的能力。换言之,通过互联网连接被植入城市的智能化传感器,从而构成物联网,实现对物联城市的全面感知,利用云计算、决策分析优化等技术对感知信息进行智能处理和分析,实现网上数字城市与物联网的融合,并发出指令,对包括交通、能源、环境、政务、医疗、教育、公共安全、城市服务等在内的各种需求做出智能化响应和智能化决策支持。智慧城市的研究也逐步落实到基于大数据深度挖掘的城市应用服务,实践需要推动理论发展,部分学者近年来开始探索智慧城市海量数据的采集、存储和处理方法,然而体现“智慧”数据深度处理的信息服务开放性、易用性仍面临着挑战。

作者总结了自己在智慧城市学科领域多年的研究与实践经验,从智慧城市的现实背景、技术背景、政策背景入手,界定智慧城市的内涵、特征与演进类型;基于欧洲智慧城市成熟度与应用体系分布、中国智慧城市成熟度与建设模式,分析国际智慧城市建设现状,包括荷兰阿姆斯特丹、西班牙巴塞罗那、韩国仁川、日本横滨,以及中国智慧城市发展现状,包括中国香港、中国广州、中国武汉。对比分析基于企业案例的智慧城市实践,提出以智慧城市感知平台、物联平台、大数据技术、云计算平台和公共服务平台为架构的智慧城市核心技术;基于智慧城市信息服务需求、功能、驱动模式提出智慧城市智能感知信息服务体系模型,并分别从应用系统设计目标、设计框架和解决方案三个方面探索智慧交通、智慧能源、智慧政务、智慧医疗、智慧教育、智慧社区、智慧环境应用系统模块;基于价值网络模型构建智慧城市信息服务传导模型,应用核密度分析与倾向得分匹配等方法进行实证检验;构建基于位置数据挖掘的智慧城市智能感知信息服务云模型;基于高频流经区域测度,对位置大数据进行应用分析,实现移动对象行为模式识别。最后本书构建智慧城市信息服务评估指标体系并通过 PCA-BP 神经网络实证分析揭示中国智慧城市信息服务发展优化模式。

作者

2019年4月20日于武汉桂子山

目 录 Contents

| | |
|-----------------------------|----|
| 第 1 章 绪论 | 1 |
| 1.1 智慧城市的源起 | 2 |
| 1.1.1 智慧城市源起的现实背景 | 2 |
| 1.1.2 智慧城市源起的技术背景 | 3 |
| 1.1.3 智慧城市源起的政策背景 | 4 |
| 1.2 智慧城市的内涵 | 5 |
| 1.2.1 智慧城市的概念演进 | 5 |
| 1.2.2 智慧城市的基本定义 | 6 |
| 1.2.3 智慧城市的概念模型 | 9 |
| 1.3 智慧城市的特征、类型与整体框架 | 12 |
| 1.3.1 智慧城市的特征 | 12 |
| 1.3.2 智慧城市的类型 | 13 |
| 1.3.3 智慧城市的整体框架 | 17 |
| 第 2 章 国内外智慧城市的发展 | 21 |
| 2.1 智慧城市的总体发展特征 | 22 |
| 2.1.1 欧洲智慧城市的成熟度 | 22 |
| 2.1.2 欧洲智慧城市的应用体系分布 | 23 |
| 2.1.3 中国智慧城市的成熟度与建设模式 | 24 |
| 2.2 国际智慧城市建设 | 27 |
| 2.2.1 荷兰阿姆斯特丹智慧城市 | 27 |
| 2.2.2 西班牙巴塞罗那智慧城市 | 29 |
| 2.2.3 韩国仁川智慧城市 | 30 |
| 2.2.4 日本横滨智慧城市 | 32 |
| 2.3 中国智慧城市发展 | 35 |
| 2.3.1 智慧城市香港 | 35 |
| 2.3.2 智慧城市广州 | 37 |
| 2.3.3 智慧城市武汉 | 38 |
| 2.4 基于企业案例的智慧城市发展 | 43 |
| 2.4.1 IBM 智慧城市 | 43 |



| | | |
|------------|-------------------------|-----------|
| 2.4.2 | 华为智慧城市 | 46 |
| 第3章 | 智慧城市智能感知信息服务核心技术 | 51 |
| 3.1 | 感知平台 | 52 |
| 3.1.1 | 感知单元与感知方式 | 52 |
| 3.1.2 | 感知平台的核心技术 | 52 |
| 3.1.3 | 感知平台硬件智能管理 | 54 |
| 3.2 | 物联平台 | 55 |
| 3.2.1 | 物联网定义与智慧城市 | 55 |
| 3.2.2 | 物联平台体系结构 | 56 |
| 3.2.3 | 物联平台核心技术 | 57 |
| 3.3 | 大数据 | 59 |
| 3.3.1 | 大数据概念与特征 | 59 |
| 3.3.2 | 大数据分析 | 61 |
| 3.3.3 | 大数据相关技术 | 63 |
| 3.3.4 | 大数据分析与智慧城市 | 65 |
| 3.4 | 云计算平台 | 67 |
| 3.4.1 | 云计算概念 | 67 |
| 3.4.2 | 云计算平台体系结构 | 68 |
| 3.4.3 | 云计算平台核心技术 | 71 |
| 3.4.4 | 云计算平台服务功能与应用 | 72 |
| 3.5 | 公共服务平台 | 75 |
| 3.5.1 | 公共服务对象与功能 | 75 |
| 3.5.2 | 公共服务平台体系结构 | 75 |
| 3.5.3 | 公共服务平台应用领域 | 76 |
| 第4章 | 智慧城市智能感知信息服务应用模块 | 79 |
| 4.1 | 智慧交通应用系统模块 | 80 |
| 4.1.1 | 智慧交通应用系统设计目标 | 80 |
| 4.1.2 | 智慧交通应用系统设计框架 | 80 |
| 4.1.3 | 智慧交通应用系统解决方案 | 81 |
| 4.2 | 智慧能源应用系统模块 | 85 |
| 4.2.1 | 智慧能源应用系统设计目标 | 85 |
| 4.2.2 | 智慧能源应用系统设计框架 | 86 |
| 4.2.3 | 智慧能源应用系统解决方案 | 87 |
| 4.3 | 智慧政务应用系统模块 | 89 |
| 4.3.1 | 智慧政务应用系统设计目标 | 89 |
| 4.3.2 | 智慧政务应用系统设计框架 | 91 |
| 4.3.3 | 智慧政务应用系统解决方案 | 92 |
| 4.4 | 智慧医疗应用系统模块 | 94 |

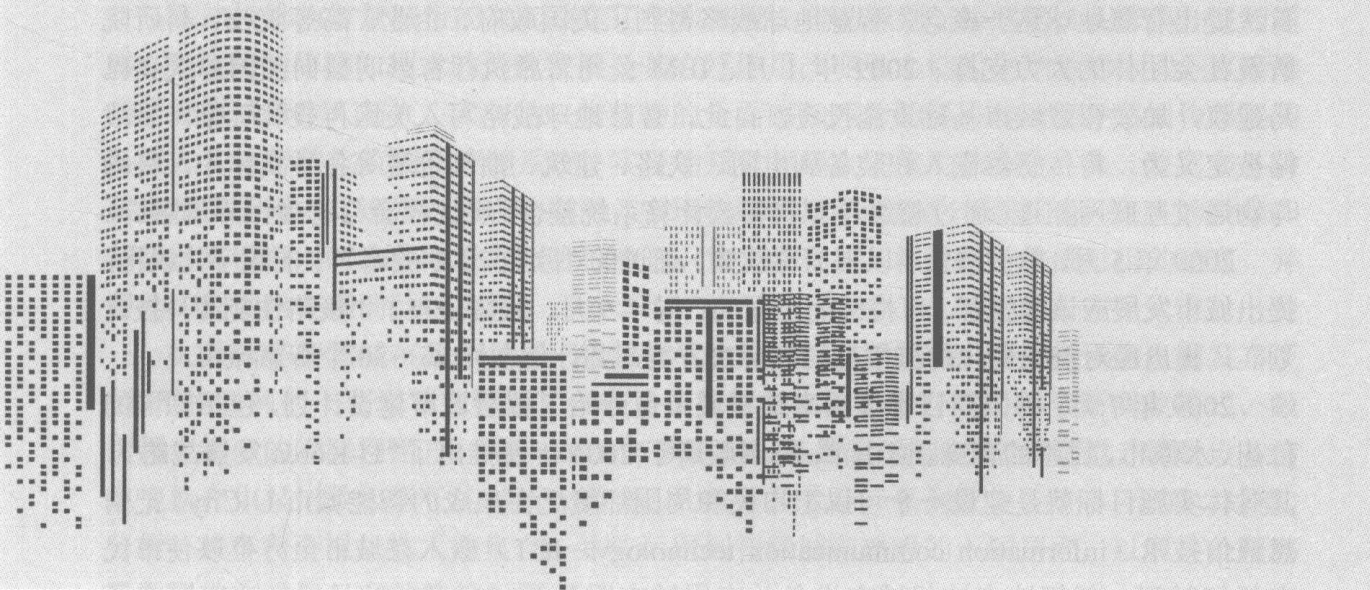


| | | |
|--------------|--------------------------------|------------|
| 4.4.1 | 智慧医疗应用系统设计目标 | 94 |
| 4.4.2 | 智慧医疗应用系统设计框架 | 94 |
| 4.4.3 | 智慧医疗应用系统解决方案 | 95 |
| 4.5 | 智慧教育应用系统模块 | 97 |
| 4.5.1 | 智慧教育应用系统设计目标 | 97 |
| 4.5.2 | 智慧教育应用系统设计框架 | 98 |
| 4.5.3 | 智慧教育应用系统解决方案 | 99 |
| 4.6 | 智慧社区应用系统模块 | 101 |
| 4.6.1 | 智慧社区应用系统设计目标 | 101 |
| 4.6.2 | 智慧社区应用系统设计框架 | 101 |
| 4.6.3 | 智慧社区应用系统解决方案 | 102 |
| 4.7 | 智慧环境应用系统模块 | 104 |
| 4.7.1 | 智慧环境应用系统设计目标 | 104 |
| 4.7.2 | 智慧环境应用系统设计框架 | 105 |
| 4.7.3 | 智慧环境应用系统解决方案 | 106 |
| 第 5 章 | 智慧城市智能感知信息服务体系模型 | 109 |
| 5.1 | 智慧城市信息服务需求、功能与资源要素 | 110 |
| 5.1.1 | 智慧城市信息服务需求 | 110 |
| 5.1.2 | 智慧城市信息服务功能 | 111 |
| 5.1.3 | 智慧城市信息服务资源要素 | 113 |
| 5.2 | 智慧城市信息服务驱动模式 | 114 |
| 5.2.1 | 政府主导的创新驱动 | 114 |
| 5.2.2 | 需求导向的市场拉动 | 115 |
| 5.3 | 智慧城市感知信息服务体系模型构建 | 116 |
| 5.3.1 | 智慧城市感知信息服务平台 | 116 |
| 5.3.2 | 基于物联网的智慧城市感知信息服务体系框架 | 117 |
| 5.3.3 | 基于云计算的智慧城市感知信息服务体系模型 | 118 |
| 第 6 章 | 基于价值网络模型的智慧城市智能感知信息服务传导 | 121 |
| 6.1 | 智慧城市 T-IGBP 价值网络模型 | 122 |
| 6.1.1 | 智慧城市 T-IGBP 价值网络 | 122 |
| 6.1.2 | 智慧城市 T-IGBP 价值网络构成要素 | 122 |
| 6.1.3 | 基于 T-IGBP 价值网络的智慧城市智能感知信息服务内涵 | 124 |
| 6.2 | 基于 T-IGBP 价值网络的智慧城市信息服务传导模型 | 125 |
| 6.2.1 | 传导机制理论模型 | 125 |
| 6.2.2 | 传导机制计量模型 | 126 |
| 6.2.3 | 智慧城市政策演化核密度估计 | 127 |
| 6.2.4 | 倾向得分匹配检验 | 128 |
| 6.3 | 传导模型的实证分析 | 129 |



| | | |
|--------------|--------------------------------------|------------|
| 6.3.1 | 数据样本与变量说明 | 129 |
| 6.3.2 | 基于核密度函数分解的智慧城市政策动态演化 | 130 |
| 6.3.3 | 不考虑政策两阶段演化模型内生性 | 132 |
| 6.3.4 | 倾向得分匹配检验 | 135 |
| 第 7 章 | 基于位置数据挖掘的智慧城市智能感知信息服务应用 | 139 |
| 7.1 | 位置数据挖掘方法 | 140 |
| 7.1.1 | DBSCAN 聚类算法 | 140 |
| 7.1.2 | 关联规则算法 | 142 |
| 7.1.3 | 模糊聚类 | 145 |
| 7.2 | 基于关键位置数据网络构建的智能感知信息服务云模型 | 147 |
| 7.2.1 | 高频流经区域 | 147 |
| 7.2.2 | 关键位置网络关联规则 | 149 |
| 7.2.3 | 基于高频流经区域分析的行为模式识别 | 150 |
| 7.2.4 | 基于位置轨迹模式识别的混合预测算法 | 153 |
| 7.2.5 | 智慧城市智能感知信息服务云模型 | 156 |
| 7.3 | 智慧城市智能感知信息服务云模型应用 | 157 |
| 7.3.1 | 实验数据集 | 157 |
| 7.3.2 | 数据处理与过滤 | 159 |
| 7.3.3 | 位置数据特征分析 | 160 |
| 7.3.4 | 实验结果分析 | 163 |
| 第 8 章 | 智慧城市信息服务评估 | 171 |
| 8.1 | 智慧城市信息服务评估目的、意义与方法 | 172 |
| 8.1.1 | 国内外智慧城市信息服务评估 | 172 |
| 8.1.2 | 智慧城市信息服务评估目的与意义 | 173 |
| 8.1.3 | 智慧城市信息服务评估方法 | 175 |
| 8.2 | 智慧城市信息服务评估指标体系的构建 | 177 |
| 8.2.1 | 评价指标体系选取原则 | 177 |
| 8.2.2 | 评价指标体系构建 | 178 |
| 8.2.3 | PCA-BP 神经网络评价步骤 | 180 |
| 8.3 | 中国智慧城市信息服务评估实证分析 | 182 |
| 8.3.1 | 样本选取与数据来源 | 182 |
| 8.3.2 | 基于 PCA -BP 神经网络的实证评价 | 183 |
| 8.3.3 | 智慧城市发展模式优化对策——以智慧武汉为例 | 191 |
| | 参考文献 | 194 |

第1章 绪 论





中国共产党第十九次全国代表大会报告指出,发展是解决我国一切问题的基础和关键,发展必须是科学发展,必须坚定不移贯彻创新、协调、绿色、开放、共享的发展理念。推动新型工业化、信息化、城镇化、农业现代化同步发展,主动参与和推动经济全球化进程,发展更高层次的开放型经济,不断壮大我国经济实力和综合国力。面临环境恶化、交通拥堵、看病困难等大城市病的挑战,智慧城市建设已经成为各国发展的必然战略选择,智慧城市是城市信息化的新高度,是现代城市发展的愿景。

1.1 智慧城市的源起

近年来,智慧城市理念受到广泛关注,很多国家与地区都开始了实质性的探索实践,推动着新一轮城市发展演变。

1.1.1 智慧城市源起的现实背景

2008年11月,在纽约召开的外国关系理事会上,国际商业机器公司(International Business Machines Corporation, IBM)以题为《智慧地球:下一代领导人议程》的演讲,首次提出智慧地球这一概念,智慧地球战略得到了美国政府、企业、高等院校、科研院所及社会团体的大力支持。2009年1月,IBM公司首席执行官彭明盛向美国总统奥巴马建议,加大智慧城市基础设施投资,自此,智慧地球战略写入美国再投资计划。该战略被定义为,将传感器嵌入和装备到电网、铁路、建筑、油气管道等各种实体中,将物与物通过互联网相连,通过超级计算机和云计算系统整合,实现社会与物理世界的融合。

2009年5月,欧洲联盟(以下简称欧盟)通过的“欧盟2020战略”中的数字化议程,提出城市发展应该是智慧、可持续而全面的;同年9月,欧盟公布了“策略性能源科技计划”,提出应对气候变化的城市高科技解决方案,并计划发展25~30个智慧城市。

2009年7月,韩国与日本等国家重要城市也开始了智慧城市建设计划,包括韩国的仁川、水原市,日本的青森、岗山市。韩国政府于2004年便推出了“U-Korea发展战略”,其具体实施目标就是建设一个可以把市民和周围环境泛在集成的智能城市U-City,把信息通信技术(information communication technology, ICT)嵌入在城市全方位以使市民在任何时间、任何地点访问城市设备并应用城市服务。2009年7月日本政府制定了“i-Japan战略2015”,旨在到2015年实现“安心且充满活力的数字化社会”。

截至2015年,全球有超过200个城市正在推进智慧城市,联合国人类住区规划署(The United Nations Human Settlements Programme, 简称人居署)提出可持续城市发展计划支持智慧城市;亚洲太平洋经济合作组织(Asia-Pacific Economic Cooperation, APEC)提出创建低碳社会,发展低碳产业的地毯城镇战略;欧盟公布的“欧盟新智慧城市与社区行动”指出,当前是建设智慧城市与智慧社区的最佳时机。

智慧城市的兴起是解决当前众多城市病的现实需求。随着城市化的快速发展,交通拥堵、环境污染、能源短缺等城市病突显,城市居民日益增加的多元化服务需求与城市



资源有限分配之间的矛盾升级。这些挑战促使人们不断寻求提高城市资源利用效率等的更优解决方案。在不同应用领域被广泛接受的“智慧”概念，使信息通信技术嵌入人们的社会与生活，以“实时响应”为特征的城市环境，都得益于智能手机、射频识别设备（radio frequency identification devices, RFID）等嵌入式设施和物联网。以城市为试点，我国政府部门积极推进智慧城市实践，以物联网、云计算、大数据等新一代信息技术的创新应用为重点，旨在构建基于信息基础设施与部门产业协同的政府信息共享与服务、公共资源社会化、应用服务智慧化的城市管理。

1.1.2 智慧城市源起的技术背景

智慧城市具有全面感知、泛在互联、高效协同、精准管控、创新应用的特征，需要信息通信技术支撑。通过智能手机、RFID、传感器等全新的采集手段，智慧城市对城市构件实时感应、识别、定位、跟踪、监管，能够随时随地地获取物体信息并实现实时化的数据更新；然而，城市海量数据的存储、深度分析与处理仍然是个挑战。传感器网络的各个节点实时监测感知网络分布区域内的各种环境或对象信息，通过对这些数据的处理，获得详尽准确的信息，智能感知用户需求，并主动将正确信息传送到需要这些信息的最终用户，使智慧城市用户的生活更加便捷。

感知技术为智慧城市的兴起奠定了坚实基础。自动识别、传感器、条形码、遥测遥感、无线传输等感知技术的快速发展及其广泛应用改变了人们的生产生活方式，直接推动了智慧城市中人与人、人与物、物与物的全面感知理念的提出与发展。感知传感器装备嵌入各种智慧化监测和控制系统，实现物质世界极大程度的数字化，人、数据和各种事物都以不同方式连接，形成物联网，实现物联网与互联网的互联互通；先进的技术和超级计算机可以对这些海量数据进行整理、加工和分析，将数据转化成可用的信息，并帮助人们做出正确的行动决策。

大数据是智慧城市各个领域“智慧化”的关键性支撑技术。印度电子信息部发布了《基于物联网的一百城智慧计划》，预计该智慧城市计划将开启一种全新商业模式，吸引越来越多的物联网用户；预计2020年物联网设备数量达到27亿级别量，物联设备信息交换产生呈指数级增长的城市大数据。大数据技术是一系列收集、存储、管理、处理、分析、共享和可视化技术的集合，并被运用到智慧城市建设的不同层面，以解决处理海量数据的实时性、有效性等问题。

云计算是一种基于网络的服务模式，例如，巨型分布式计算中心通过网络中介按需提供资源服务。通过泛在网络接入，即无论在何时何地，以简单、可接入网络的设备进入云资源便能够获取所需要的信息服务，资源的物理存在方式是分布式共享，资源的逻辑提取方式是单一整合化提供给用户，并且可以动态增加或减少信息资源，满足需求的规模化变化，为众多用户同时提供服务。云计算技术的灵活扩展性使其能通过应用程序的快速兼容扩展，展开新功能业务。云计算服务模式有三种类型，基础设施即服务（infrastructure as a service, IaaS）、平台即服务（platform as a service, PaaS）、软件即服务（software as a service, SaaS）。基础设施即服务是指通过网络传输提供计算机基



基础设施服务；平台即服务是指将操作系统、编程语言运行环境、数据库等软件研发平台作为一项服务；软件即服务是指提供有限应用程序设置的租用服务。

1.1.3 智慧城市源起的政策背景

全球互联网正在向下一代升级，传感网和物联网方兴未艾。“智慧地球”简单说来就是物联网与互联网的结合，是传感网在基础设施和服务领域的广泛应用。我们要着力突破传感网、物联网的关键技术，及早部署后 IP 时代相关技术研发，使信息网络产业成为推动产业升级、迈向信息社会的“发动机”。互联网发展到今天，用于全球传输的 TCP/IP 协议、路由器协议、终端的构架与操作系统都已经发展得较为完善，使得我们可以在世界任何角落连接到互联网。而在物联网发展过程中，传感、传输、应用各个层面会有大量的新技术出现，采用不同的新技术方案也不可避免，然而其中最大的问题是大量的小而封闭的专用网间无法互联。“标准先行，才能有产业的发展”。全国信息技术标准化技术委员会传感器网络标准工作组于 2009 年 9 月经中华人民共和国国家标准化管理委员会、中华人民共和国工业和信息化部批准正式成立，负责组织开展传感器网络相关标准的研究和起草工作，该工作组由国内传感器网络领域最具实力和影响力的 116 家产学研单位组成，先后成立了国家标准化、标准体系与系统架构等 15 个项目组，开展标准研究和制定工作。自该工作组成立以来，完成了六项国家标准征求意见稿、两项电子航标草案、三项国际标准草案，初步构建了传感器网络标准体系。2011 年 7 月 13 日，该工作组在第八次全体会议上，正式发布了已完成的传感器网络首批六项国家标准征求意见稿，包括《总则》《术语》《低速无线传感网络网络层和应用支持子层技术规范》《信号接口规范》《信息安全通用技术规范》《表示传感节点编码规范》，标志着我国不仅拥有了自己的传感器网络标准，更体现了我国传感器网络产业进入一个新的发展阶段。目前，全球物联网相关的技术标准还处于发展阶段，国际标准化组织与国际电工委员会（International Organization for Standardization/International Electrotechnical Commission, ISO/IEC）在传感器网络、国际电联电信标准化部门（International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector, ITU-T）在泛在网络、电气和电子工程师协会（Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE）在近距离无线传输、国际互联网工程任务组（The Internet Engineering Task Force, IETF）在互联网协议第 6 版（Internet Protocol Version 6, IPv6）、第三代合作伙伴计划（3rd Generation Partnership Project, 3GPP）在机器终端与人机智能交互通信（Machine to Machine/Man, M2M）等方面纷纷启动了相关标准研究工作。与技术标准问题相关联，政府成立专门部门来管理和协调产业发展，出台相应的政策和法规，统一、协调标准，这些措施包括 6 个方面。①突破物联网关键核心技术，实现科技创新，结合物联网特点，在突破关键共性技术时，研发和推广应用技术，加强行业和领域物联网技术解决方案的研发和公共服务平台建设，以应用技术为支撑突破应用创新。②制订中国物联网发展规划，全面布局。重点发展高端传感器、微机电系统（micro-electro-mechanical systems, MEMS）、智能传感器节点、传感器网关、超高频 RFID、有源 RFID 和 RFID 中间件等产业，重点发展



物联网相关终端、软件和信息服务。③推动典型物联网应用示范,带动产业发展;通过应用引导和技术研发的互动式发展,带动物联网的产业发展。重点建设传感网在公众服务与重点行业的典型应用示范工程,确立以应用带动产业的发展模式,消除制约传感器网络规模发展的瓶颈。④深度开发物联网采集的信息资源,提升物联网在应用过程中产业链的整体价值。⑤加强物联网国际国内标准合作,保障发展;做好顶层设计,满足产业需要,形成技术创新、标准和知识产权协调互动机制;积极参与国际标准制定,整合国内研究力量形成合力,将国内自主创新研究成果推向国际。⑥面向重点业务应用,加强关键技术的研究,建设标准验证、测试和仿真等标准服务平台,加快关键标准的制定、实施和应用。

2012年6月,国务院发布了《国务院关于大力推进信息化发展和切实保障信息安全的若干意见》,提出要提高社会管理和城市运行信息化水平,建立全面覆盖的社会管理综合信息系统,推动城市管理信息共享与网格化管理模式,通过智能电网、智能交通的试点示范,引导智慧城市建设的健康发展。2012年11月22日,中华人民共和国住房和城乡建设部(以下简称住房和城乡建设部)下发《住房和城乡建设部办公厅关于开展国家智慧城市试点工作的通知》,将智慧城市建设的健康发展。2012年11月22日,中华人民共和国住房和城乡建设部(以下简称住房和城乡建设部)下发《住房和城乡建设部办公厅关于开展国家智慧城市试点工作的通知》,将智慧城市建设的健康发展。2012年11月22日,中华人民共和国住房和城乡建设部(以下简称住房和城乡建设部)下发《住房和城乡建设部办公厅关于开展国家智慧城市试点工作的通知》,将智慧城市建设的健康发展。2016年7月中共中央办公厅、国务院办公厅印发了《国家信息化发展战略纲要》,提出在移动通信、下一代互联网、下一代广播电视网、云计算、大数据、物联网、智能制造、智慧城市、网络安全等关键技术和重要领域,积极参与国际标准制定,加强顶层设计,提高城市基础设施、运行管理、公共服务和产业发展的信息化水平,分级分类推进新型智慧城市建设。

1.2 智慧城市的内涵

1.2.1 智慧城市的概念演进

作为一种定义城市技术演进的手段,智慧城市的概念开始出现在不同时期,涵盖不同视角。20世纪90年代人们开始探索城市和信息通信技术的相关术语,尝试用城市空间或信息通信技术满足当地需求的视角来描述城市技术的发展。1997年,Graham和Aurigi引入了“网页与虚拟城市”的概念,声称当时全球存在2000个虚拟城市和相关网页推动本地信息资源与通信科技网络的发展。网络化社区或者虚拟社区运用万维网将真实的源数据与信息资源目录在城市主机内整合与配置。虚拟城市的发展前景是开发新的交互式智能城市,特别是有益于缺乏城市公共空间,公众参与互动机制不完善的情况。虚拟城市的第一次尝试就是利用互联网支持地方民主化政务,将传统的政务服务转换为电子化市政服务类型,增进本地企业间的网络和城市内的社区发展。

一个更具社会包容性的虚拟城市就是数字城市,数字城市的概念使超出物理空间的虚拟城市成为可能,关注的是在共同规范和利益基础上人与人之间的联系,突破了地理



位置的局部性。第一个数字城市于 1994 年在阿姆斯特丹实施，旨在促进社区的政治性沟通。虚拟城市和数字城市都是智慧城市的初始化阶段，旨在利用信息资源和信息通信技术建立跨地理位置的社群，以促进社会居民的沟通，使地方政府民主化。互联网与城市网络相结合的基础设施和万维网被用来开发城市网站，主要针对信息检索（如城市导游、交通信息、政府政策性信息及表格共享、就业机会等）、同步通信（聊天、辩论、游戏）或异步通信（电子邮件、讨论组、广告牌）。虚拟城市和数字城市的互联网嵌入应用模式都体现了城市居民追求共同利益而产生的自下而上的自组织行为。

无论是虚拟城市还是数字城市，关键驱动因素都是信息通信技术，通过信息通信技术在基础设施的功能嵌入实现街道、社区的数字融合，提供在线服务，形成泛在数据城市。备受关注的智慧城市所带来的城市效益被广泛讨论，智慧城市的城市绩效体现在三个维度的创新，一是个人智力和创造力，二是群体智慧，三是人工智能。智慧城市逐步演化为更复杂的生态系统，通过技术嵌入提供更智能的服务。2014 年，Anttiroiko 等学者将技术嵌入解释为技术应用与社会系统融合以实现智能服务，嵌入程度从简单的信息传递（低），发展至智能系统功能性实现，再到处理社会 and 人们关注的生活质量与生态可持续发展问题。生态系统定义为相互作用的有机体及其环境群落，通常被描述为由资源而形成的复杂网络及相互依赖。生态系统可以看作是“行动者、组织、物质基础设施和象征资源相互依存的社会系统”。智慧城市生态系统与其他类型的系统一样，是由元件、互连和功能组成，但它们具有自治的、自适应特征，存在四个关键要素，互动或参与、平衡、目标共享的松散耦合与自组织。智慧城市的概念演进如图 1.1 所示。

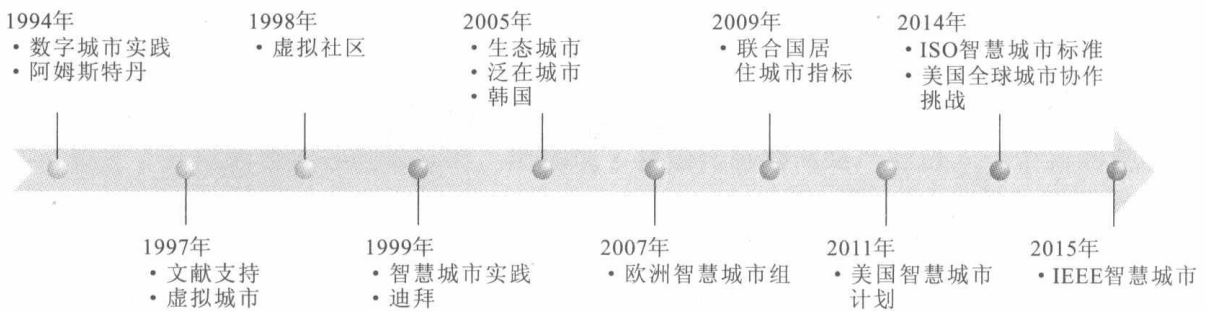


图 1.1 智慧城市概念演进

1.2.2 智慧城市的基本定义

智慧城市从起步到进入快速发展阶段，其研究成果集中在智慧城市的内涵和带来的社会效应，近年来逐步形成了较为完善的智慧城市概念体系、信息技术与发展理论框架，并落实到基于大数据深度挖掘的城市应用服务，实践需要推动理论发展，部分学者近年来开始探索智慧城市海量数据下的采集、存储和处理方法，然而体现“智慧”的数据深度处理与基于位置数据挖掘的信息服务开放性、易用性仍面临着挑战。

智慧城市的概念并没有统一界定，“智慧城市”的概念提出早期阶段，学者关注于信息服务关键技术特性本身及其服务于公民的城市愿景。Caragliu 等（2018）强调智



慧城市的一环结构核心是基础设施与网络技术，其构建框架仍以有线、无线的网络化基础设施为中心，二环是基于网络技术的数据存储与处理，三环是城市公共管理领域内的数字应用。Letaifa (2015) 则提出以创新生态系统的视角构建智慧城市关键要素维度模型，引入了以用户为驱动提供高价值信息服务的理念。Schaffers 等 (2011) 提出用户驱动的未来互联网体验将占据人们的生活，新服务需求促进智慧城市价值的创造。物联网推动智慧城市的发展，然而智慧城市不仅仅是基于物联网的数据采集，更重要的是如何理解数据，并进行深度分析与领域应用以帮助政府管理和群智决策。智慧城市的信息服务应用是智慧城市的价值实现，包括智慧交通、智慧教育、智慧医疗和智慧政府治理等多领域的应用发展。智慧城市利用时空信息感知，依托物联网和云计算等信息技术，将人类知识物化到城市规划、设计、建设、管理、运营和发展等各项活动中，有机协同、智能运作，使城市管理更科学，使市民生活更美好，使经济发展更具竞争力。

基于“数字”理念基础所构建的智慧城市，其内涵是难以统一界定的。但是无论处于智慧城市演进的何种阶段，人的因素和技术因素都是“虚拟”“数字”亦或“智慧”城市所具有的共同元素。数字城市的常引定义见表 1.1。智慧城市是一个集多个项目、创意和创新于一体的城市，由公共和私人组织联合执行实施的，这些实施或执行过程主要源于不同行动者自发选择的结果，一定程度上取决于兴趣，所以观察一个或几个成功案例只能算是对特定“智慧”的描述，而不是一个标准定义，智慧城市常引定义见表 1.2。

表 1.1 数字城市常引定义

| 代表学者 | 数字城市的定义 |
|-----------------------|---|
| Hiramatsu 等 (2001) | 数字城市的概念是建立一个舞台，人们在区域社区中可以相互交流和分享知识、经验和共同的兴趣。数字城市整合城市信息（可实现的和实时的），创建公共互联网空间，供市民居住 |
| Schuler (2002) | 数字城市是通过数字技术进行转型、重新定位，以某一特定方面的数字表示或反映真实的或想象的城市 |
| Komninos (2008) | 数字城市基于宽带通信基础设施，具有灵活、面向服务的计算系统，这些数字基础设施寻求为市民、消费者和企业提供更好的服务 |
| Yovanof 等 (2009) | 数字城市是一个连接在一起的社区，基于产业标准，以灵活的、面向服务的计算基础设施提供创新服务满足客户的需求。数字城市的目标是为城市内的居民创造一个共享、协作、互操作和无缝体验 |
| Dykes 等 (2010) | 数字城市并不是指特定的城市实体或形式通信机制，但它是指一种功能性的方法，描述了四种相互依赖的行为类型：支持数字化城市相关数据和信息，支持通信基础设施（物理或使信息流动成为可能的虚拟手段），提供增值信息和创新服务（整合异质性源数据，包括基于位置的和结构接口的数据），数字城市使用规划、决策和分析中的虚拟环境（采集的数据被用于公民行为分析建模过程或完成影响公民行为的数字化记录正式规划反馈） |



表 1.2 智慧城市常引定义

| 智慧城市的定义 | 代表学者 |
|--------------------|--|
| Hall 等 (2000) | 一个监测和整合所有关键条件的城市基础设施, 包括道路、桥梁、隧道、铁路、地铁、机场、海港、通信、水、电力, 甚至主要建筑, 都可以做到资源优化, 规划预防性维护活动, 以及监控安全, 同时最大限度地为其公民提供服务 |
| Giffinger 等 (2007) | 建立在授权、自决策行为、独立意识基础上的公民智慧表现 |
| Palmisano (2008) | 信息的使用、通信技术感知、分析和集成是智慧城市的运行核心系统 |
| Caragliu 等 (2011) | 人力与社会资本投资逐步智慧, 传统的运输和现代通信基础设施推动经济持续增长和高质量的生活, 以参与式的智慧化管理自然资源 |
| Su 等 (2011) | 智慧城市是数字城市与互联网相结合的产物 |
| Dameri (2013) | 智慧城市是一个地理界定明确的区域, 该区域具有高水平的信息通信技术、物流、能源生产等技术, 合作创造一个有益于公民生活的城市环境, 包括参与、环境质量、智能发展, 在每个应用主题下都有良好的规则和政府的政策与战略规划 |

也有学者在定性框架上提出了多元化智慧城市内涵, 涉及高新技术密集型产品与城市服务、互联、智能集成, 创新与知识密集, 高效生产力等。从技术层面和以人为本的视角对智慧城市的概念进行了分类, 智慧城市的特点体现在全面感知、泛在连接、智能渗透, 是可持续创新的新城市形态。基于信息通信技术的智慧城市应用见表 1.3。

表 1.3 基于信息通信技术的智慧城市应用

| 代表学者 | 基于信息通信技术的智慧城市应用 |
|------------------------|---|
| Chen 等 (2017) | 智慧交通系统对于智慧城市能源节省的重要作用, 讨论解决方案所需要的制度、技术和物理条件 |
| Aina (2017) | 以沙特阿拉伯为例, 分析智慧城市利用地理空间信息通信技术及政策在相关方面的影响 |
| Urbietta 等 (2017) | 基于 IOS 的智慧城市服务建模, 帮助移动用户动态执行日常任务, 支持用户任务和服务行为动态推理的自适应服务组合框架 |
| Cicirelli 等 (2017) | 基于信息通信技术的智慧城市应用服务平台, 构建智慧街区设计平台 |
| Diaz (2016) | 物联网、云计算在智慧家居、智能电网等城市领域中的应用 |
| Afzalan 等 (2017) | 在智慧治理中, 选择和决定公共参与在线工具的因素 |
| Trilles 等 (2017) | 开放式感知平台嵌入智慧城市的软硬件中, 例如用以环境监测的智慧校园感知平台网络 |
| Li 等 (2017) | 智慧网络安全框架及其在交通系统中的应用, 例如, 通过防火墙与关键基础设施交互作用保护智慧城市交通运营免受网络威胁 |
| Belanche 等 (2016) | 以隐私与安全为持续使用动力的智慧城市智能卡的应用 |
| Bibri 等 (2017) | 信息通信技术对智慧城市可持续发展的影响, 以及智慧城市领域与系统所需的应用和服务 |
| Bibri 等 (2018a, 2018b) | 基于大数据分析和上下文感知计算的智慧应用, 以数据为中心的应用程序的设计、开发 |
| Khan 等 (2017) | 应用智慧参与模型, 提供端到端安全的可信数据获取、传输、处理和合法服务 |
| Jamei 等 (2017) | 创造、建模和通过虚拟现实环境中的材料建模和光模拟, 实现智慧城市的可视化 |
| Lim 等 (2018) | 连接、收集、计算和通信是智慧城市技术影响因素, 可用于包括智能能源、智能交通、智能健康等十二个应用领域 |