

智慧城市中的 大数据分析技术

• Smart City
with Big Data Analysis
Technology

秦志光 主编
刘峤 刘瑶 钟婷 编著





Information &
Communication

信息与通信创新学术专著
智慧城市系列

智慧城市中的 大数据分析技术

• Smart City
with Big Data Analysis
Technology

秦志光 主编

刘峤 刘瑶 钟婷 编著

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

智慧城市中的大数据分析技术 / 秦志光主编 ; 刘岍, 刘瑶, 钟婷编著. — 北京 : 人民邮电出版社, 2015. 2
(信息与通信创新学术专著. 智慧城市系列)
ISBN 978-7-115-37410-3

I. ①智… II. ①秦… ②刘… ③刘… ④钟… III.
①现代化城市—城市建设—研究②统计数据—统计分析—研究 IV. ①C912.81②O212.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第267461号

内 容 提 要

本书以智慧城市和大数据技术之间的本质联系为出发点,通过生动的案例从不同的视角去介绍智慧城市的内涵和大数据的核心技术。为了能让广大读者了解智慧城市和大数据技术的核心内容,认清这两大热点领域之间的本质联系,本书第1章和第2章首先介绍了智慧城市和大数据的基本概念及其相互之间的内在联系,通过生动的案例,帮助读者建立起大数据分析技术在智慧城市中的具体应用的直观印象,有助于激发读者的思考和创造力。第3章~第5章重点介绍了智慧城市运营过程中的数据生产特征,通过对智慧城市的数据形式和潜在利用价值进行归纳分析,得出了智慧城市的大数据体系,并提出了建立智慧城市大数据分析平台的指导性建议。最后3章介绍了大数据分析技术的内涵与外延,对大数据分析技术的最新发展动态进行了归纳整理。

本书可作为希望了解大数据技术和智慧城市的政府工作人员、高校和科研院所相关专业研究人员、在校大学生和研究生的入门书,也可用作高等院校计算机相关专业选修课参考教材和专业培训教材。

-
- ◆ 主 编 秦志光
 - 编 著 刘 岍 刘 瑶 钟 婷
 - 责任编辑 代晓丽
 - 责任印制 彭志环
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路11号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京铭成印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 700×1000 1/16
 - 印张: 18.5 2015年2月第1版
 - 字数: 362千字 2015年2月北京第1次印刷
-

定价: 88.00 元

读者服务热线: (010)81055488 印装质量热线: (010)81055316
反盗版热线: (010)81055315

前 言

目前我国正在大规模开展智慧城市建设试点工作，目的是通过引进和利用高科技手段来改善城市管理运营水平，缩小城乡差距，解决城镇化问题和城市病问题，在提高城市竞争力、促进产业升级的同时，改善民生。然而受相关领域信息技术飞速发展的影响，智慧城市的概念和内涵也处在不断发展变化的过程中，这一方面使城市的许多管理者处在困惑和不解当中，迫切需要知识更新的有效手段；另一方面，也给从业者学习和掌握相关技术造成了极大的困扰。在缺乏有效引导的情况下，人们面对海量的知识和技术的迅速更新换代，往往显得茫然无措，不知道该从何入手去学习和掌握关键技术。从长远看，这对于我国的智慧城市建设事业十分不利，由于缺乏知识的储备和系统的思考，往往容易被跨国信息技术企业牵着鼻子走，不仅造成投资浪费，而且错失发展良机。为此本书的作者与人民邮电出版社的编辑共同策划了本书，目的是结合本书作者多年从事相关领域科研工作所积累的实践经验和近年来参与我国多个城市的智慧城市规划与融资项目实施的实战经验，系统介绍智慧城市建设中涉及的大数据、物联网、移动互联网等关键技术的内涵与科技发展动态，及其与智慧城市建设的相互关系，从而帮助城市管理者了解科技动态和把握技术脉络，帮助相关从业人员了解技术体系和认清技术动向，从而更好地制订学习和研究计划。

本书主要介绍智慧城市建设中的大数据技术。大数据和智慧城市是目前受到社会普遍关注的两大热点领域，然而由于提出的时机不同和推动的动力不同，人们对这两者的认识通常是割裂开来的。然而随着智慧城市建设逐步深入铺开和大数据分析技术日益受到社会重视，人们开始逐渐认识到这两者其实有着内在的必然联系，智慧城市建设离不开大数据分析技术的支持，大数据分析技术的发展也离不开智慧城市这个最典型的应用场景。

受信息技术飞速发展的影响，这两个新生事物的内涵和外延也处在不断发展变化的过程中，这不仅加大了人们学习和掌握相关技术的难度，进一步加剧了人

们认清事物本质和发展规律的难度。

大数据分析技术是一个专业性极强的技术领域，许多未成熟的前沿科技成果正在被源源不断地引入，这对从事相关应用开发的人员提出了更高的要求，他们必须不断更新自己的知识体系和认识，跟上技术发展的脚步；而智慧城市建设则是一个涉及城市管理方方面面的系统工程，单从科研和技术的视角出发是无法贴近城市建设具体需求的，而单从行政管理的视角出发也是无法真正认识和利用高科技手段来改进城市管理运营水平的，要解决这个矛盾，科技工作者、企事业单位相关从业人员和政府管理部门的相关人员也必须不断更新自身的知识体系。

智慧城市，必须由专家来建设，这里的“专家”，既包括城市管理运营的专家，也包括真正掌握了大数据技术的专家。在从事智慧城市建设咨询的过程中，本书的策划者对此有深切的体会。我们希望通过本书，向读者系统完整地介绍大数据技术及其与智慧城市建设的关系，并通过具体的案例帮助读者了解如何运用大数据分析技术来助推城市的智能化管理和运营，为企业和社会创造经济价值和社会效益。

在智慧城市的设计与建设中，我们思考最多的是以下3个问题：面对多元异构的大数据洪流，我们应该如何应对？面对各种不同的大数据分析工具和解决方案，到底哪些才是能够推动科技创新和创造实际价值的核心技术？怎样才能实现对大数据的智能融合与分析，进而实现对数据的有效管理和从中获取所需的知识，从而更好地管理和运营我们的城市？

本书分3个部分对上述问题进行了逐一解答。首先在第1部分，介绍了智慧城市和大数据的基本概念及它们相互之间的内在联系，通过生动的案例帮助读者建立起大数据分析技术在智慧城市中的具体应用的直观印象，激发读者的思考和创造力。本书的第2部分重点介绍了智慧城市运营过程中的数据生产特征，通过对智慧城市的数据形式和潜在利用价值进行归纳分析，给出了智慧城市的大数据体系，并提出了建立智慧城市大数据分析平台的指导性建议。最后在本书的第3部分，介绍了大数据分析技术的内涵与外延，对大数据分析技术的最新发展动态进行归纳整理，一方面帮助读者完整系统地了解大数据分析技术所涉及的知识体系和技术核心；另一方面为相关从业人员深入学习掌握大数据分析技术给出了学习线索，有助于他们更好地制订针对某项特定专业技术的学习计划；同时有助于城市的管理运营者了解大数据分析技术的能力和实际应用价值。

本书的作者是“985”高校活跃在科研一线的中青年教师，均具有博士学位，在大数据分析、物联网、云计算、移动互联网和信息安全等领域有着丰富的科研和实践经验，承担过多项国家级重点项目和重大课题。其中编纂负责人秦志光教授为国务院学位委员会学科评议组成员、国务院特殊津贴获得者，在信息安全领

域和计算机应用技术领域有着长期的学术积累。此外，本书的全体编著人员均实际参与过我国多个城市的智慧城市规划与国家级试点城市申报工作，取得了许多成功经验。这些经验对于其他城市的智慧城市建设有着积极的借鉴意义，这也是本书独有的特点之一。

由于作者的水平有限，书中难免存在各种错误和问题，恳请读者谅解，也希望读者批评指正。

作者

2014年9月

目 录

第 1 章 智慧城市概述	1
1.1 智慧城市是城市发展的必然阶段	2
1.2 众说纷纭的智慧城市	2
1.3 智慧城市的定义与内涵	5
1.4 智慧城市建设的关键要素	6
1.4.1 国外智慧城市建设的 key 要素分析	7
1.4.2 国内智慧城市建设的 key 要素分析	7
1.5 智慧城市的数据管理	11
1.6 小结	13
参考文献	13
第 2 章 智慧城市与大数据	15
2.1 什么是大数据	15
2.2 智慧城市与大数据的关系	15
2.3 大数据分析技术在智慧城市中的应用	17
2.4 纽约的电子治理与应用科技发展计划	19
2.4.1 纽约的电子治理	19
2.4.2 雄心勃勃的应用科学发展计划	20
2.4.3 纽约大学都市科学与进步中心	21
2.4.4 微软曼哈顿实验室	22
2.5 伦敦的城市公共数据能力开放平台	23
2.5.1 伦敦大数据法案与大数据峰会	23
2.5.2 智能交通和罪案控制	24
2.6 新加坡的“智慧国 2015”计划	25
2.6.1 新加坡电子政府 2015 纲要	26
2.6.2 城市可持续性发展方案	28
2.6.3 信息通信产业培育计划	29

2.7 “智慧首尔 2015”计划	30
2.7.1 U-City 计划	31
2.7.2 “利用大数据解决市民小烦恼”城市口号的提出	31
2.7.3 城市数据开放与利用	32
2.7.4 建立在 NFC 基础上的城市移动支付系统	33
2.8 小结	33
参考文献	34

第 3 章 智慧城市的大数据体系架构

3.1 智慧城市体系架构的演进	35
3.1.1 以功能为中心的体系架构	35
3.1.2 以数据为中心的体系架构	37
3.2 智慧城市的大数据体系架构	41
3.3 物联感知层：大数据的来源	45
3.3.1 物联感知层的标准体系架构	46
3.3.2 物联感知层的关键技术	53
3.4 网络通信层：大数据的动态性	57
3.4.1 网络通信层的标准体系架构	59
3.4.2 网络通信层的关键技术	64
3.5 数据及服务支撑层：大数据的存储与分析	67
3.5.1 数据和服务支撑层的标准体系架构	68
3.5.2 数据和服务支撑层的关键技术	78
3.6 智慧应用层：大数据的价值发掘	88
3.6.1 智慧管理与服务	89
3.6.2 智慧产业与经济	100
3.6.3 智慧建设与宜居	102
3.7 小结	108
参考文献	108

第 4 章 智慧城市的数据特点

4.1 引言	110
4.2 智慧城市的数据来源	111
4.2.1 机器产生的数据	111
4.2.2 用户产生的数据	113
4.3 智慧城市的数据分布	115
4.3.1 市政数据	115

4.3.2 企业数据	118
4.3.3 开放数据	119
4.4 智慧城市的大数据特征	121
4.4.1 大数据的基本特征	121
4.4.2 数据开放与信息孤岛	124
4.5 开放数据面临的问题	127
4.5.1 政府引导数据开放	127
4.5.2 数据安全与隐私保护	130
4.6 小结	133
参考文献	134
第 5 章 大数据的分布式存储与处理	136
5.1 大数据分析平台	136
5.1.1 大数据分析平台面临的挑战	137
5.1.2 大数据分析平台的体系架构	138
5.1.3 大数据分析平台的关键技术	141
5.2 分布式存储与处理框架: Hadoop	146
5.2.1 Hadoop 的介绍	146
5.2.2 Hadoop 的组成	148
5.2.3 Hadoop 的架构	150
5.2.4 Hadoop 与分布式开发	152
5.2.5 Hadoop 的关键技术	154
5.3 开放的机器学习算法平台: Mahout	163
5.3.1 Mahout 简介	163
5.3.2 Mahout 的主题	164
5.3.3 Mahout 的算法	166
5.3.4 Mahout 的使用	167
5.4 利用 Mahout 和 Hadoop 处理大数据	168
5.5 大数据技术的发展现状	170
5.6 小结	173
参考文献	173
第 6 章 智慧城市的大数据分析技术	175
6.1 引言	175
6.2 传统数据分析技术与工具	176
6.3 大数据分析技术的特点	177

6.3.1	数据采集	179
6.3.2	数据导入和预处理	180
6.3.3	数据统计与分析	180
6.3.4	数据挖掘	180
6.3.5	数据可视化	181
6.4	大数据分析 with 云计算技术	181
6.5	大数据分析面临的主要挑战	183
6.5.1	大数据集成与分析问题	183
6.5.2	大数据的隐私保护问题	184
6.5.3	大数据分析的思维方式转变问题	185
6.5.4	大数据时代分析结果测度标准问题	185
6.6	大数据分析相关关键技术	186
6.6.1	分布式文件系统	186
6.6.2	分布式数据库管理系统	187
6.6.3	索引和查询技术	190
6.6.4	二次挖掘技术	192
6.6.5	数据可视化技术	193
6.6.6	大数据分析平台	193
6.7	常见大数据分析算法	195
6.7.1	MapReduce 编程模型	195
6.7.2	分类和预测问题	197
6.7.3	朴素贝叶斯	198
6.7.4	支持向量机	202
6.7.5	逻辑斯蒂回归	206
6.7.6	随机森林	208
6.7.7	分类和预测问题小结	209
6.7.8	聚类分析	210
6.7.9	K-均值聚类算法	214
6.7.10	聚类分析小结	216
6.7.11	大数据中距离和相似性度量方法	217
6.8	小结	219
	参考文献	220

第 7 章 城市管理中的大数据分析 221

7.1	智慧政务	222
7.2	智慧医疗	225

7.3 智慧社区	227
7.4 智慧交通	229
7.5 智慧安全	232
7.6 智慧产业升级	234
7.7 智慧体育	238
7.8 小结	240
参考文献	240
第 8 章 大数据与商业智能	242
8.1 机遇：大数据带来商业创新	242
8.1.1 什么是商业智能	243
8.1.2 大数据促进商业智能升级	247
8.2 难点：分析处理非结构化数据	249
8.2.1 非结构化数据模型	250
8.2.2 分布式存储与并行处理架构	252
8.2.3 非结构化数据查询语言	253
8.3 大数据时代商业智能的六大核心要素	253
8.3.1 企业信息管理	255
8.3.2 数据仓库	255
8.3.3 企业治理	259
8.3.4 公司治理、风险和合规管理	262
8.3.5 企业绩效管理	265
8.3.6 分析应用	268
8.4 发掘大数据中蕴含的价值与商机	271
8.4.1 大数据研究的商业价值	271
8.4.2 大数据研究的科学价值	274
8.5 小结	277
参考文献	277
名词索引	280

第 1 章

智慧城市概述

城市是人类社会发展到一定阶段的必然产物。在美国著名城市规划理论家刘易斯·芒福德看来，城市实质上就是人类的化身^[1]。城市从无到有、从简单到复杂、从低级到高级的发展历史，反映了人类社会、人类自身同样的发展过程。芒福德认为城市是改造人类、提高人类的场所。他认为城市的主要功能是化力为形，化权能为文化，化朽物为高雅的艺术形象，化生物繁衍为社会创新。城市是人类行为需求的展现，因而最优的城市经济模式应是关怀人和陶冶人。智慧城市的目的就是实现这种经济模式，能够体现城市市民个人和全体的意志，能够自知自觉、自治自制、自我实现。

智慧城市是当前城市发展的新理念和热点，以改善城市环境质量、优化城市管理和生产生活方式、提升城市居民幸福指数为目的，是信息时代的新型城市化发展模式，对城市实现以人为本、全面协调可持续发展的科学意义具有重要意义。

智慧城市的核心驱动力是通过高度的城市信息化来满足城市发展转型和管理方式转变的需求，其基本内涵是：以推进实体基础设施和信息基础设施相融合、构建城市智能基础设施为基础，以大数据、物联网、移动互联网等新一代信息通信技术在城市经济社会发展各领域的充分运用为主线，以最大限度地开发、整合和利用各类城市信息资源为核心，以为居民、企业和社会提供及时、互动、高效的信息服务为手段，以全面提升城市规划发展能力、提高城市公共设施水平、增强城市公共服务能力、激发城市新兴业态活力为宗旨，通过智慧的应用和解决方案，实现智慧的感知、建模、分析、集成和处理，以更加精细和动态的方式提升城市运行管理水平、政府行政效能、公共服务能力和市民生活质量，推进城市科学发展、跨越发展、率先发展、和谐发展，从而使城市达到前所未有的高度“智慧”状态。

1.1 智慧城市是城市发展的必然阶段

人类的远古祖先居无定所，渔猎而生，为了抵抗体型庞大的凶猛动物联合起来形成部落，当猎物丰富以至需要储存时，他们才开始了定居生活。随着交换行为和工商业的发展，城市才逐渐崛起；工业革命以后，随着大量科学技术的产生，城市获得了前所未有的发展；进入现代社会以后，随着人口数量的不断增长，城市变得越来越大，也越来越拥挤。随着技术的进步和城市的快速发展，城市中出现了各种各样的城市病，如人口众多、资源不足、环境污染、交通拥堵、自然灾害频繁发生等问题，这些问题已对城市的发展提出了挑战，而且这不是某个城市的问题，全球各大城市都在面临或将面临这些问题。城市以前的发展模式已经不能应对这些问题，城市需要更加智慧的方法来解决这些问题。

智慧城市的概念是由 IBM 公司在 2009 年提出的，而使用智慧的方法来解决城市问题这个概念早在 2008 年以前就被提出，如 1995 年年底，马来西亚总理马哈蒂尔提出建设总面积为 750 平方千米的多媒体超级走廊（Multimedia Super Corridor, MSC）计划。建成后 MSC 将拥有世界最先进的信息技术硬件设施，以吸引世界性的高技术企业前来投资，从而实现马哈蒂尔塑造马来西亚“知识经济”社会的梦想。2004 年 3 月，韩国政府推出了 u-Korea 发展战略，希望使韩国提前进入智能社会。u-Korea 战略是一种以无线传感器网络为基础，把韩国的所有资源数字化、网络化、可视化、智能化，以此促进韩国经济发展和社会变革的国家战略。2005 年 7 月，欧盟正式实施“i2010”战略。该战略致力于发展最新的通信技术、建设新网络、提供新服务、创造新的媒体内容。2006 年 6 月，新加坡启动了 iN2015 计划。这是一个为期 10 年的计划，共投资约 40 亿新元，目标是利用无处不在的信息通信技术将新加坡打造成一个智慧的国家全球化的城市。2008 年 IBM 提出智慧地球的概念，引发了全球的关注，而智慧城市是在智慧地球的基础上发展而来的，其目标是引领城市通向繁荣和可持续发展。IBM 认为城市是一个集交通、能源、商业、安全、医疗、食品等系统于一体的综合体，智慧城市就是在现有城市信息化的基础上为城市居民提供更安全、更高效、更及时的服务。

1.2 众说纷纭的智慧城市

据有关资料显示，我国学术界关于智慧城市的介绍始于 2005 年姚音的《智慧城市试验》^[2]和姚音、凤翔等的《“智慧城市”：马来西亚新动力》^[3]。2008 年，中国提出用 4 万亿元人民币投资应对金融危机时，智慧城市的议题引起了国内各界的关注。同时 IBM 公司在中国连续召开了 22 场智慧城市的讨论会，与中国 200

多名市长及近 2 000 名其他城市政府官员交流,进而推出符合中国现状的智慧城市发展规划。2010 年以后智慧城市的概念开始逐步被国内研究者关注,随着我国智慧城市建设的兴起,国内相关专家对智慧城市的研究也在迅速增加,并开始形成热潮。

IBM 认为,21 世纪的智慧城市能够充分运用信息和通信技术手段感测、分析、整合城市运行核心系统的各项关键信息,从而对包括民生、环保、公共安全、城市服务、工商业活动在内的各种需求做出智能的响应,为人类创造更美好的生活。具体来说,智慧城市需要具备四大特征:全面感测、充分整合、激励创新和协同运作^[4]。全面感知是指遍布各处的传感器和智能设备组成“物联网”,对城市的核心系统进行测量、监控和分析;充分整合是指“物联网”与互联网系统完全连接和融合,将数据整合成城市核心系统的运行全图,提供智慧的基础设施;激励创新是指鼓励政府、企业和个人在智慧的基础设施之上进行科技和业务的创新应用,为城市提供源源不断的发展动力;协同运作是指基于智慧的基础设施,城市里的各个关键系统和参与者和谐高效地协作,达到城市运行的最佳状态。

巫细波、杨再高认为智慧城市的核心是以一种更智慧的方法通过利用以物联网、云计算等为核心的新一代信息技术来改变政府、企业和人们相互交往的方式,对于包括民生、环保、公共安全、城市服务、工商业活动在内的各种需求做出快速智能的响应,提高城市运行效率,为居民创造更美好的城市生活^[5]。他们认为智慧城市体系可以分为感知层、网络层和应用层,分别对应以下 3 个方面的特征:更透彻的感知、更广泛的互联互通、更深入的智能化。其中更透彻的感知是指利用任何可以随时随地感知、测量、捕获和传递信息的设备、系统和流程快速获取城市任何信息并进行分析,便于立即采取应对措施和进行长期规划;更广泛的互联互通是指通过各种形式的高速高带宽通信网络工具,将个人电子设备、组织和政府信息系统中收集和储存的分散信息及数据进行连接交互和多方共享,从而对环境和业务状况进行实时监控,从全局角度分析形势并实时解决问题,使工作和任务可以通过多方协作完成,改变整个城市运作方式;更深入的智能化是指深入分析收集到的数据,获取更加新颖、系统且全面的情况来解决特定问题以更好地支持城市发展决策和行动。简而言之,智慧城市=物联网+互联网。

李德仁院士认为智慧城市建立在数字城市的基础框架上,通过无所不在的传感网将它与现实城市关联起来,将海量数据存储、计算、分析和决策交与云计算平台处理,并按照分析决策结果对各种设施进行自动化控制^[6]。数字城市存在于网络空间中,虚拟的数字城市与现实的物理城市相互映射,是现实生活的物理城市在网络世界中的一个数字再现。在智慧城市阶段,数字城市与物理城市可以通过物联网进行有机的融合,形成虚实一体化的空间。在这个空间内,将自动和实时地感知现实世界中人和物的各种状态和变化,由云计算中心处理其中海量和复

杂的计算和控制,为人类生存繁衍、经济发展、社会交往等提供各种智能化的服务,从而建立一个低碳、绿色和可持续发展的城市。李德仁院士的观点用简单的公式可以表示为:智慧城市=数字城市+物联网+云计算。

王家耀院士则认为智慧城市就是让城市更聪明,本质上是让作为城市主体的人更聪明^[7]。它是通过互联网把无处不在的被植入城市物体的智能化传感器连接起来形成物联网,实现对物理城市的全面感知,利用云计算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,对包括政务、民生、环境、公共安全、城市服务、工商活动等在内的各种需求做出智能化响应和智能化决策支持。

2012年中国通信学会智慧城市论坛《智慧城市白皮书》对智慧城市的定义是“以‘发展更科学,管理更高效,生活更美好’为目标,以信息技术和通信技术为支撑,通过透明、充分的信息获取,广泛、安全的信息传递,有效、科学的信息处理,提高城市运行和管理效率,改善城市公共服务水平,形成低碳城市生态圈,而构建的新形态城市。”

2013年中国电子技术标准化研究院公布的《中国智慧城市标准化白皮书》对智慧城市的内涵进行了详尽的描述:智慧城市是“以推进实体基础设施和信息基础设施相融合、构建城市智能基础设施为基础,以物联网、云计算、大数据、移动互联网等新一代信息通信技术在城市经济社会发展各领域的充分运用为主线,以最大限度地开发、整合和利用各类城市信息资源为核心,以为居民、企业和社会提供及时、互动、高效的信息服务为手段,以全面提升城市规划发展能力、提高城市公共设施水平、增强城市公共服务能力、激发城市新兴业态活力为宗旨,通过智慧的应用和解决方案,实现智慧的感知、建模、分析、集成和处理,以更加精细和动态的方式提升城市运行管理水平、政府行政效能、公共服务和市民生活质量,推进城市科学发展、跨越发展、率先发展、和谐发展,从而使城市达到前所未有的高度‘智慧’状态”。

仔细分析以上各家的观点,不难发现他们的共同点在于以运用新一代信息技术对城市公共管理与服务领域进行智能化建设作为智慧城市的出发点,以实现城市可持续发展与提升居民的生活质量作为智慧城市的落脚点。然而从技术的角度对智慧城市的定义进行分析可以发现,IBM、巫细波、杨再高、李德仁、王家耀等对智慧城市的定义忽略了智慧城市服务的主体,正如芒福德在《城市发展史——起源、演变和前景》一书中所讲,城市的最优化经济模式是关怀人、陶冶人。智慧城市的信息技术应该是服务人、关怀人的技术。因此,从技术的角度分析智慧城市内涵可以认为智慧城市在数字城市的基础上,通过移动互联网、物联网、云计算建立现实世界与数字世界的融合,以实现对人和物的感知、经济转型的发展、城市智慧的管理,为城市居民提供及时方便的智能服务,从而实现城市的可

持续发展和使城市居民生活得更美好的目的。

1.3 智慧城市的定义与内涵

我们给出智慧城市的定义如下：智慧城市是建立在发达的移动互联网、物联网和无线传感网基础之上的高度互联的数字化城市，构建在云计算技术基础之上的城市公共信息服务平台是智慧城市的基本配置，智慧城市的智能性来源于对城市运营数据的创新应用，大数据创新产业的成熟标志着智慧城市初步建成。

数字城市是建设智慧城市的前提。数字城市以计算机技术、多媒体技术和大规模存储技术为基础，以宽带网络为纽带，运用遥感、全球定位系统、地理信息系统、遥测、仿真—虚拟等技术，对城市进行多分辨率、多尺度、多时空和多种类的三维描述，即利用信息技术手段把城市的过去、现状和未来的全部内容在网络上进行数字化虚拟实现。“数字城市”系统是一个人地（地理环境）关系系统，它体现人与人、地与地、人与地相互作用和相互关系，系统由政府、企业、市民、地理环境等既相对独立又密切相关的子系统构成。数字城市是实体物理城市在“数字空间”的映射，它与现实城市物理空间分离，而智慧城市通过物联网把虚拟城市的“数字空间”与现实城市的“物理空间”联结在一起，智慧城市是数字城市的延伸、拓展和升华。

移动互联网是智慧城市建设的最佳实践载体。移动互联网将移动通信和互联网二者结合起来，成为一体。用户通过移动互联网可以随时随地地使用随身携带的移动终端（智能手机、平板计算机、笔记本式计算机等）获取互联网服务。随着宽带无线接入技术的发展和移动终端设备的普及，我国移动互联网进入全民时代。根据中国移动互联网发展大会发布的移动互联网蓝皮书《中国移动互联网发展报告（2014）》数据显示，截至2014年1月，我国移动互联网用户总数达8.38亿户，在移动电话中的渗透率达67.8%，手机网民规模达5亿人，占总网民数的八成多，手机用户占移动互联网用户量的第一位。

移动互联网以其移动化、宽带化、融合化、便携化、可定位化、实时性的特征为用户的工作与生活带来了极大便利，如用户可以通过移动终端实时查询交通路况系统的实时路况信息，制订适合自己行程的出行路线；还可以通过移动终端实时查询地图系统帮助用户找到自己的目的地；也可以在乘车等人时阅读新闻、观看视频以及发表心情。根据用户和服务商在移动互联网的行为可以将移动互联网络数据分为用户生成内容（User-Generated Content, UGC）和机器生成内容（Machine-Generated Content, MGC）。用户生成内容主要包括用户上传的视频、图片和文本，主要源于人的自我表达需求；机器生成内容主要包括传感数据、服

务器日志等，主要源于科技、军事和商业需求。用户使用移动终端满足自己各种需求的同时，也为智慧城市建设提供了海量的数据，移动互联网实现了互联网、人际关系网和物联网三者的融合，为智慧城市的建设提供了最佳的载体。

物联网是智慧城市建设的桥梁。物联网的概念是在 1999 年提出的，其定义是：通过射频识别（Radio Frequency Identification, RFID）、红外感应器、全球定位系统（Global Positioning System, GPS）、激光扫描器等信息传感设备，按约定的协议，把任何物品与互联网连接起来，进行信息交换和通信，以实现智能化识别、定位、跟踪、监控和管理的一种网络。物联网以其强大的感知能力为智慧城市提供了对城市进行实时监控的可能，只有通过环境感知、水位感知、照明感知、城市网管感知、移动支付感知、个人健康感知、无线城市门户感知、交通交互感知等，智慧城市才能实现对市政、民生、产业等方面的智能化管理。

云计算是智慧城市的重要动力。云计算是一种基于网络的支持异构设施和资源流转的服务供给模型，它提供给客户可自治的服务。云计算支持异构的基础资源和异构的多任务体系，可以实现资源的按需分配、按量计费，达到按需索取的目标，最终促进资源规模化，促使分工的专业化，有利于降低单位资源成本，促进网络业务创新。智慧城市系统由多种行业、多个领域及多个城市复杂系统组成的综合系统，其多个应用之间存在信息共享、交互的需求，需要抽取各个应用系统的数据进行综合计算以便为城市管理者、企业领导者、城市普通居民提供决策的依据。这些相互联系、密不可分的系统需要多个强大的信息处理中心对各种信息进行处理，云计算技术以其低成本、虚拟化、可伸缩、多租户的特点，可以帮助解决智慧城市建设中需要大规模分布式数据管理、面向服务应用集成以及快速资源部署等问题。

数字城市建设、云计算、物联网只是智慧城市建设的手段，为城市居民提供更幸福的生活才是智慧城市的根本目标。为了更好地服务于城市居民，必须实时感知城市状态，分析城市信息，充分利用移动互联网数据，实现对城市数据的利用并反作用于城市，使城市变得更加美好。

1.4 智慧城市建设的关键要素

作为城市化的高级阶段，智慧城市是大系统整合、物理空间和网络空间交互的、公众广泛参与的、使城市管理更加精细的、使城市环境更加和谐的、使城市经济更加高端的、使城市生活更加宜居的城市创新发展模式^[8]。

从要素上讲，智慧城市系统可进一步划分为战略体系、社会活动体系、经济活动体系、技术体系和空间体系五大体系。从要素的耦合上来看，智慧城市的五