

分类号\_\_\_\_\_

UDC \_\_\_\_\_

西華大學

# 硕士学位论文

(专业型)

影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理和对策研究

作者姓名：\_\_\_\_\_王涵妮\_\_\_\_\_

学位类别：\_\_\_\_\_工程硕士\_\_\_\_\_

专业领域：\_\_\_\_\_建筑与土木工程\_\_\_\_\_

学号：\_\_\_\_\_212018085213040\_\_\_\_\_

校内导师：\_\_\_\_\_王莉\_\_\_\_\_

校外导师：\_\_\_\_\_唐佳\_\_\_\_\_

完成日期：\_\_\_\_\_2021年5月\_\_\_\_\_

Classified Index: \_\_\_\_\_

UDC: \_\_\_\_\_

**Xihua University**

**Master Degree Thesis**

**Research on the mechanism and  
countermeasures of the application of the  
Internet of Things affecting the smart city  
construction in Chengdu**

**Candidate : Wang Hanni**

**Major : Architecture And Civil Engineering**

**Student ID: 212018085213040**

**Supervisor: Associate Prof. Wang Li, Senior Eng. Tang Jia**

**May, 2021**

## 西华大学学位论文独创性声明

作者郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师的指导下进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用内容和致谢的地方外，本论文不包含其他个人或集体已经发表的研究成果，也不包含其他已申请学位或其他用途使用过的成果。与我一同工作的同志对本研究所做的贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

若有不实之处，本人愿意承担相关法律责任。

学位论文作者签名：王涵妮

日期：2021.6.11

指导教师签名：

日期 2021.6.11

## 西华大学学位论文授权使用授权书

本学位论文作者完全了解学校有关保留、使用学位论文的规定，在校攻读学位期间论文工作的知识产权属于西华大学，同意学校保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和电子版，允许论文被查阅和借阅，西华大学可以将本论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复印手段保存和汇编本学位论文。（保密的论文在解密后遵守此规定）

学位论文作者签名：王涵妮

日期：2021.6.11

指导教师签名：

日期 2021.6.11

## 摘 要

随着十四五时期的到来,我国智慧城市建设已经进入了一个新阶段,智慧城市建设是我国的重要战略布局之一。而物联网、云计算、互联网等新一代信息技术的应用时时刻刻都在影响着智慧城市的建设,所以物联网应用是智慧城市建设的重点之一。在物联网应用上,地域不同导致各地物联网应用情况参差不齐,比如在成都市范围内,城市居民生活便捷程度、政务服务相关基础设施建设、建筑产业赋能等都亟待提高。因此本文从物联网应用入手,对影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理和对策进行研究。

第一,通过文本分析解析成都市智慧城市建设的物联网应用的现实障碍,并结合文献分析、文本分析以及专家访谈对成都市物联网应用影响因素进行识别,得到成都市物联网应用 22 个障碍因素。然后通过专家访谈收集影响因素之间的相互作用关系,运用解释结构模型(ISM)建立物联网应用影响因素层级递阶图,将影响因素分为根本影响、间接影响以及直接影响 3 个层级,最后进行影响因素的层级重要性和机理分析。

第二,通过问卷收集影响因素重要性数据,使用社会网络分析对影响因素系统及因素重要性进行分析,得到物联网应用影响因素系统中最重要层级为第三层级的根本影响,而且影响力最大的 5 个因素为宣传推广(S2)、政策支持(S4)、投融资渠道缺乏(S10)、企业和机构协同创新(S18)、数字经济(S20)。

第三,引用了成都市内××小区的道闸更新改造的实际案例,通过对比分析该案例在 A、B 两个不同公司的政府、企业、社会环境,对重要性强的 5 个影响因素进行一一验证,并综合以上研究结果,提出关于成都市智慧城市建设的物联网应用在政府、企业、社会三个层面的相关对策建议。

最后,根据得到影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理和对策研究结果,提出成都市智慧城市建设的物联网在应用障碍、影响机理以及对策建议相关的研究结论。希望通过本文的研究结果和结论能够帮助政府、企业、社会等更好的处理安排相关工作,从而让成都市物联网更好地应用到成都市智慧城市的建设中去,更好地满足人们对美好生活的需要,并在最后指出了本文的研究局限和展望所在。

**关键词:** 智慧城市建设; 物联网; 现实障碍; 影响机理; 对策措施

## Abstract

With the coming of the 14th Five-Year Plan , Chinese smart city construction has entered a new stage. The application of the new generation of information technologies such as the Internet of Things(IoT), Cloud Computing and Internet is affecting the construction of smart cities all the time. Therefore, the application of the Internet of Things is one of the key points of the construction of smart cities. The application of IoT is different in each region. Such as in Chengdu, The convenience of urban residents' life, the construction of infrastructure related to government services and the empowerment of the construction industry all need to be improved urgently. Therefore, this paper starts with the application of the IoT, and studies the mechanism and countermeasures of the application of IoT that affect the construction of smart city in Chengdu.

Firstly, Through text analysis to analyze the practical obstacles of IoT application in the smart city construction in Chengdu, and identifies the influencing factors of the application of IoT in Chengdu by combining literature analysis, text analysis and expert interviews, and obtains 22 obstacles of the application of IoT in Chengdu. Then, the interactive relationship among the influencing factors is collected through expert interviews, and the hierarchy diagram of the influencing factors of IoT application is established by using the Interpretive Structure Model (ISM), the influencing factors are divided into three levels: The basic effect, the indirect effect and the direct effect. Finally, the importance and mechanism of the influencing factors is analyzed.

Secondly, the importance data of influencing factors are collected by questionnaire, and the system and importance of influencing factors are judged by social network analysis, it is found that the most important level of IoT application impact factor system is the fundamental impact factor of the third level, and the five most influential factors are promotion (S2) , policy support (S4), lack of investment and financing channels (S10) , collaborative innovation (S18) , digital economy (S20) .

Thirdly, The residential area in Chengdu is quoted as an actual case of renovation of road gate. By comparing and analyzing the case in the government, enterprise and social environment of two different companies A and B, the paper validates the 5 important factors one by one, and puts forward some countermeasures and suggestions on the application of IoT in the government, enterprise and society.

Finally, According to the research results of the mechanism and countermeasures of the application of IoT affecting the smart city construction in Chengdu, the research conclusions related to the application obstacles, influence mechanism and countermeasures and suggestions of IoT in the smart city construction in Chengdu are proposed. I hope that the research results and conclusions in this paper can help the government, enterprises, society

and so on to better handle and arrange related work, so that IoT in Chengdu can be better applied to the construction of smart city, to better meet the needs of people for a better life, and to point out the limitations and prospects of this study.

**Key Words :** Smart City Construction; Internet of things; Reality Barrier; Influence Mechanism; Countermeasures

## 目 录

摘    要	I
Abstract	II
1 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 问题的提出	4
1.3 研究目的及意义	4
1.3.1 研究目的	4
1.3.2 研究意义	5
1.4 研究内容及研究方法	5
1.4.1 研究内容	5
1.4.2 研究方法	6
1.5 技术路线及创新点	7
1.5.1 技术路线	7
1.5.2 创新点	8
1.6 本章小结	8
2 文献综述和相关理论	9
2.1 文献综述	9
2.1.1 智慧城市研究现状	9
2.1.2 物联网研究现状	11
2.1.3 解释结构模型研究现状	15
2.1.4 社会网络分析研究现状	16
2.1.5 国内外研究综述	19
2.2 相关理论	20
2.2.1 短板理论	20
2.2.2 复杂系统理论	20
2.2.3 核心-边缘理论	21
2.3 本章小结	22
3 成都市中产生的物联网应用影响因素及机理解析	23
3.1 成都市智慧城市建设的物联网应用现状及障碍分析	23
3.2 成都市智慧城市的物联网应用关键影响因素识别	24
3.2.1 智慧城市的物联网应用影响因素提取	24
3.2.2 成都市智慧城市的物联网应用影响因素提取	26

3.2.3	成都市智慧城市的物联网应用影响因素确定	31
3.3	成都市智慧城市的物联网应用影响因素递阶结构分析	33
3.3.1	解释结构模型介绍	33
3.3.2	影响因素解释结构模型建立	34
3.3.3	成都市智慧城市的物联网应用影响因素机理分析	40
3.4	本章小结	41
4	成都市智慧城市的物联网应用影响因素社会网络分析	42
4.1	问卷数据收集	42
4.1.1	问卷设计与收集	43
4.1.2	问卷数据分析	44
4.2	智慧城市的物联网应用的影响因素社会网络分析	49
4.2.1	影响因素网络模型建立	49
4.2.2	整体网络模型分析	55
4.2.3	核心-边缘结构分析	58
4.2.4	影响因素重要性分析	59
4.3	本章小结	62
5	成都市智慧城市的物联网应用案例分析与对策研究	63
5.1	案例背景	63
5.1.1	现状	63
5.1.2	整改内容	64
5.3	本章小结	69
6	成都市智慧城市物联网应用的对策建议	70
6.1	政府层面的对策建议	70
6.2	企业层面的对策建议	71
6.3	社会层面的对策建议	71
6.4	本章小结	72
结    论		73
参 考 文 献		76
附录 A	成都市智慧城市背景下物联网应用影响因素调查问卷	82
致    谢		85

## 1 绪论

本章通过介绍成都市智慧城市下物联网应用的背景、问题指出了本文的研究目的及意义所在。并在此基础上,对本文的研究内容、研究方法、技术路线和创新点进行了阐述。

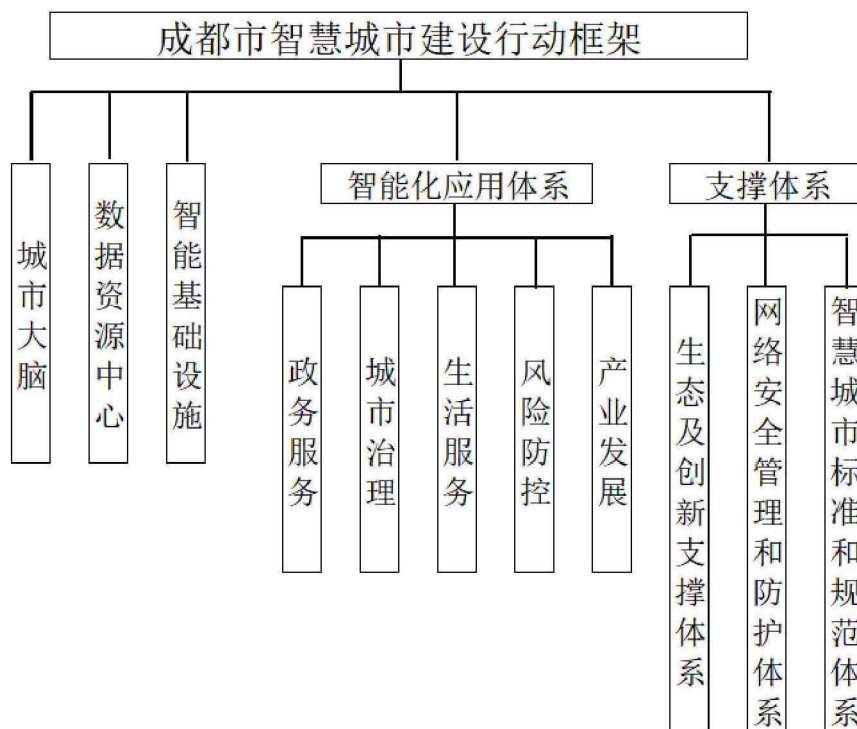
### 1.1 研究背景

改革开放以来,我国城市建设取得了很大的成果,据国家统计局数据可知,2019年末我国城镇人口有84843万人,城市人口化密度高达2613.34人/平方公里,城市城区面积有200569.51平方公里,城市建设成为我国发展规划不可或缺的一部分。但随着越来越多的人进入城市生活,城市在人口、资源等各方面的负荷越来越重,各种各样的困难与瓶颈也逐渐显现出来。以成都市为例,主城区城市人口密度大约为1万人/平方公里,面对如此大的人口压力,成都市也跟随《国家新型城镇化规划(2014-2020年)》、《关于促进智慧城市健康发展的指导意见》等规划文件的指示,开始智慧城市建设工作,但在现阶段的城市建设方面仍然存在许多问题:(1)城市发展的风险及未知性非常复杂,稍有不慎造成的后果和影响难以把控。这个问题主要是由我国城市的人口和空间结构愈来愈紧密,城市经济也更加复杂化造成的,如当前的新冠疫情让我国的城市建设举步维艰,使得城市管理困难,经济等也遭受了重大损失,这些自然灾害不断地危及着城市的可持续发展和安全。(2)城市智能化不足,城市内部各系统数据信息资源不同步,不能对城市进行合理高效地规划建设,一些智能化的基础设施建立还不完善,导致居民生活便捷程度还有待提高。(3)居民城市化体系意识淡薄,相关部门各项工作实施没有得到完全落实,相关单位和城市居民未形成高效快速的联系。全市目前的智慧城市建设实施力度不够强,相关单位很多工作没有落到实处以至于太虚化,而且对居民的宣传普及程度不够高,与居民缺乏沟通交流,不能很好地从居民的角度出发来规划城市未来的发展。

智慧城市借助物联网、云计算、5G等新一代信息技术,为用户提供良好的社会生活环境,帮助人民实现自我价值,从而实现人的全面发展<sup>[1]</sup>。智慧城市通过科技和前瞻性的城市发展理念赋能城市,以生态融合升级的方式推动城市智能化进程,实现普惠便捷的民众生活、高效精准的城市治理、高质量发展的产业经济、绿色宜居的资源环境和智能可靠的基础设施,是支撑城市服务的供给侧结构性改革,满足城市美好生活需要的城市发展新理念、新模式和新形态。由此可见,智慧城市建设是打破成都市目前城市建设困境的关键所在。智慧城市建设一共分为三个阶段,第一阶段为“万物万联化”。这是智慧城市的初级形态,通过虚拟城市全网络将数字化城市万物连接起来,目的是让我们生活的世界可以通过数字表述出来,让物能够在线上“自我说明”;实现数据交互,物

和物、人与物的基本认知与对话；第二阶段为“智能便捷化”。万物万联后，进行智能便捷式的服务，在网络传输基础上实现智能反应与调控，比如智能政务、智能交通、智能起居、智能设备、智能工厂等；第三阶段为“智慧优先化”。在一切智能便捷后，数据越多，选择会越多，这时候，大数据智慧优先、AI 智慧深度学习等使城市各部分功能在人类智慧的驱动下优化运行、最大限度来最佳服务市民。目前成都市智慧城市建设还处于架构体系基本完善，“城市大脑”全面提能，数据要素高效流转，智能设施广泛覆盖，基本实现政务服务“一网通办”、城市运行“一网统管”、社会诉求“一键回应”、生活服务“一码通城”、风险防控“一体联动”、产业发展“赋能提质”，城市智慧治理水平明显提升的“智能便捷化”阶段。在这一阶段的成都市智慧城市建设中物联网扮演着非常重要的角色，它在很大程度推动着成都市智慧城市的建设发展。首先，物联网为智慧城市建设提供了射频识别（RFID）、传感网络、智能技术和云计算等重要技术，智慧城市借助这些技术实现了设备及人员间的互联互通。其次，物联网技术帮助智慧城市在建筑、医疗、交通、旅游等方面节约了大量的物力财力。智慧城市奉行“低碳”理念，物联网的应用帮助智慧城市节约了信息管理成本，也降低了能源和人力的耗费。更重要的是，物联网大力推动了成都市智慧城市经济的发展，例如物联网的应用推动了手机等无线传感器产业的繁荣。所以成都市智慧城市建设与物联网应用息息相关，智慧城市与物联网两者不可分离。

在 2020 年 10 月，成都市发布了《成都市智慧城市建设行动方案（2020—2022）》（以下简称“方案”），方案中明确了成都市智慧城市建设行动框架如图 1.1 所示。在框架中，“城市大脑”是指成都市智慧城市建设集服务中心、治理中心、应急指挥中心于一体的神经中枢系统，要将此系统建设完备，则涉及众多设备和网络的连接工作，对物联网的技术要求也相当高；数据资源中心是指将整个成都市的数据都统一到一个系统中来提升智慧化应用，说明此数据中心要求很强大的云计算功能，而云计算涉及最大的技术应用就是物联网；智能基础设施则主要是实现万物互联功能，所以也涉及到相当多物联网技术的应用。由此可见，成都市智慧城市的建设工作急需对物联网等技术的高效推广应用，将这些技术应用好是成都市智慧城市建设的重要保证。



注 1) 来源：成都市智慧城市建设行动方案（2020—2022）

图 1.1 成都市智慧城市建设行动框架

Fig. 1.1 Action Framework for smart city construction in chengdu

在目前成都市智慧城市建设的物联网实际应用中，却遇到了一些很难克服的问题，很多相关企业、学术研究人员一直在努力探索研究，仍然没有彻底解决。(1) 物联网的可拓展性问题。可拓展性包括物联网应用需要的通信网络建设成本高，对大量网络设备的配置和管理难度大，宽带效率要求高这 3 大问题。物联网应用涉及了大量网络设备的连接，而将他们连接起来需要花费大量的人力物力，这样一来耗电量巨大，管理复杂，成本也更高。并且现在我们所能使用的宽带速度以及储存容量并不能满足物联网使用中的要求。(2) 安全系数低。现在生产物联网设备的厂家很多，但大都只注重制造新设备，并没有过多关注网络安全性的问题，而且也没有很好的安全保护技术被开发出来。当这些设备被连接起来的时候，一旦漏洞被发现遭到攻击，那么很多用户的信息就会被泄露，造成了很大的安全隐患。(3) 标准不统一。物联网的应用涉及到很多传感器网络之间的信息交流，这样就需要有一套系统的技术协议对其进行标准化。但是目前成都市的物联网还是被当作独立的网络来对待，当需要实现互联功能时往往不能被满足。由此可见，成都市智慧城建设的物联网在实际应用中面临着许多纷繁复杂的问题需要解决，涉及范围覆盖了政府、企业、社会多方面的问题，我们应及时采取措施对物联网应用过程中的各类影响因素进行有效控制。因此，对影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理和

对策研究可以帮助解决成都市物联网应用工作面临的许多问题，最终达到智慧城市更好建设的目的。

综上所述，物联网应用在成都市现阶段的智慧城市建设方面发挥了非常重要的作用。它让成都市经济向数字经济方向发展，使得成都市经济发展更加高效快速，经济增长有了很大地提高。其次，使得成都市城市发展更加智能化，各种基础设施更加完善，提高了人民的生活便利水平，帮助成都市向友好型社会发展。所以，我们应该密切关注成都市物联网的应用，积极采取措施来促进物联网产业的发展。

## 1.2 问题的提出

基于上述背景，智慧城市虽然是成都市城市建设发展的新出路，但是从成都市的智慧城市建设情况来看，还存在很多问题，比如城市风险防控能力不强，城市智能化水平不高等。对于成都市智慧城市建设，物联网等新一代信息技术的应用是前提保障，只有通过应用这些技术才能进一步规划智慧城市的发展，并处理好相对应的管理服务、资源使用工作<sup>[2]</sup>。物联网应用对成都市智慧城市建设来说至关重要，若能将成都市物联网很好地应用，那么成都市智慧城市的建设工作将向前迈进一大步，将能更好地满足人们对美好生活的需要。但从现阶段成都市智慧城市建设的物联网的应用问题来看，物联网应用方面还有很多问题需要我们进行探索研究，不断地挖掘出物联网应用的新思路新方法，才能推进成都市智慧城市建设取得丰硕的成果。因此，本文旨在分析成都市智慧城市建设的物联网应用障碍基础上，进一步研究影响成都市智慧城市建设中的物联网应用的机理和对策建议，并提出以下问题：

- (1) 影响成都市智慧城市建设的物联网应用的因素有哪些？
- (2) 影响因素之间的机理是什么？
- (3) 成都市智慧城市建设的物联网应用应该采取哪些对策？

## 1.3 研究目的及意义

### 1.3.1 研究目的

基于以上成都市智慧城市建设的物联网应用背景的提出，本研究以成都市智慧城市建设的物联网应用为研究对象，把成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素放在一个复杂多变的系统框架中，结合短板理论、复杂系统理论、核心-边缘理论的理论分析，深入研究影响成都市物联网应用的机理，并提出具有成都智慧城市建设特色的物联网应用相关对策建议。具体包括以下研究目标：

首先，通过文献分析和相关数据资料分析等方法，对成都市智慧城市建设的物联网应用现状、障碍、影响因素进行总结归纳，得到成都市智慧城市建设的物联网应用影响

因素指标体系。

其次，在确定成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素的基础上，采用解释结构模型建立成都市物联网应用影响因素层级递阶图，分析影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理，并借助社会网络分析验证影响因素重要性。

最后，在影响成都市智慧城市建设的物联网应用机理研究的基础上，引入成都市智慧城市建设中物联网应用实际案例论证影响因素的重要性。并根据全部研究结果提出具有成都市智慧城市特色的物联网应用相关对策建议。

### 1.3.2 研究意义

#### (1) 理论意义

① 当前，基于成都市范围的智慧城市建设的物联网应用相关理论研究还比较缺乏，本文在一定程度上对成都市智慧城市建设的物联网应用的理论研究进行了强化。

② 要对成都市智慧城市建设的物联网应用的现实障碍、影响机理及对策措施进行研究，便涉及到了政府、企业、社会等多方面的理论研究分析，是社会学和管理学等多个学科的综合研究，目前还没有比较全面的学术研究成果，本文试图综合应用多个学科的分析视角来对成都市物联网应用进行机理及对策研究，进一步拓宽了成都市智慧城市建设的物联网应用的研究模式。

③ 本研究基于管理科学与工程的研究角度，根据“障碍分析-机理研究-对策措施”的分析思路，综合实证分析、定性分析和定量分析的研究方法，为其他相似研究提供了参考。

#### (2) 实践意义

基于文献分析、文本分析、专家访谈等多种研究方法对影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理和对策进行研究，为政府、企业或社会提供理论指导和对策建议，帮助他们探索更多物联网工作实践的思路 and 方向，使得成都市物联网应用的现实障碍得到有效解决，进而实现成都市智慧城市更好地建设。

## 1.4 研究内容及研究方法

### 1.4.1 研究内容

本文研究内容主要有以下四部分：

研究内容一：智慧城市建设的物联网应用影响因素指标体系。基于成都市智慧城市建设的物联网应用现状及面临的障碍，通过文献分析法提取物联网应用影响因素，文本分析法提取成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素，再通过访谈物联网相关专家，确定成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素和因素之间的相互作用关系。

研究内容二：基于提取的成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素，通过解释结

构模型梳理因素间相互作用关系,绘制成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素层级递阶图,分析影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理。

研究内容三:成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素系统图中因素的重要性验证。设计智慧城市建设的物联网应用影响因素调查问卷并收集影响因素重要性打分数据,然后通过问卷数据得到的影响因素初始矩阵建立影响因素间的网络关系模型,进而对其进行整体网络分析、核心-边缘结构分析、个体网络分析,最后得出对成都市智慧城市建设的物联网应用影响力最大的5个因素来验证影响成都市物联网应用机理的准确性。

研究内容四:实证分析与对策研究。基于解释结构模型和社会网络分析对成都市智慧城市建设的物联网应用的机理研究及重要性分析,引入成都市智慧城市建设的物联网应用的实际案例对具有重要影响力的影响因素重要性进行论证,然后提出具有成都智慧城市建设特色的物联网应用对策建议。

#### 1.4.2 研究方法

本文本着“创新性”、“规范性”、“可读性”的基本原则,用文献分析法、文本分析法、专家访谈法、问卷调查法、定性分析方法、定性与定量相结合的方法、实证研究法对智慧城市建设的物联网应用影响因素进行重要性分析。以智慧城市建设的物联网应用影响因素为研究样本,选用科学合理的研究方法对其进行重要性研究,保证了研究结果的适用性及可靠性,具体如下:

##### (1) 文献分析法

该方法主要是使用中国知网、SCI 等数据库查找与智慧城市、物联网、解释结构模型、社会网络分析有关的学术论文和相关书籍,梳理智智慧城市、物联网应用的发展情况揭示本文研究意义所在,并提取影响智慧城市建设的物联网应用的因素。

##### (2) 文本分析法

该方法是指将文本和图像从片断化和定性化的形式转化为系统化或定量化的研究方法。本文通过对成都市政府门户网站、各类企业机构官网以及相关社会资讯中的关于物联网的政策文本进行数据挖掘,分析成都市智慧城市建设的物联网应用的障碍并提取影响成都市智慧城市建设的物联网应用的障碍因素。

##### (3) 专家访谈法

本文通过专家访谈对成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素进行确定,并通过专家访谈得到成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素之间的相互作用关系。

##### (4) 问卷调查法

本文设计了半结构式的智慧城市建设的物联网应用影响因素重要性调查问卷,通过向对成都市智慧城市建设的物联网应用情况有一定了解的人群发放电子问卷,收集问卷

数据并对调查结果进行信度分析、统计性描述来论证问卷调查结果的以便建立智慧城市建设的物联网应用的影响因素网络关系模型。

#### (5) 定性分析方法

此方法具体是指解释结构模型（ISM）。本文使用解释结构模型（ISM）主要是用于分析智慧城市建设的物联网应用影响因素系统中各因素之间的相互作用关系，并对影响因素系统进行分层分级。

#### (6) 定性与定量相结合的方法

此方法主要是指社会网络分析方法（SNA）。本文在得到智慧城市建设的物联网应用影响因素机理的基础上，对成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素的问卷进行梳理，利用社会网络分析建立影响因素网络模型，并对网络模型进行整体网络分析、核心-边缘结构分析、个体网络分析，得到成都市智慧城市建设的物联网应用影响力最大的因素，来验证机理的正确性。

#### (7) 实证研究法

该方法通过实际案例来揭示客观现象的本质规律，进一步深入地论证研究方法。本文引用了成都市××小区的道闸系统更新改造案例，通过对比该案例在 A、B 两个不同公司背景下的政府、企业及社会环境来验证智慧城市建设的物联网应用因素的重要性。

### 1.5 技术路线及创新点

#### 1.5.1 技术路线

本文研究工作围绕影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理及对策研究这个核心问题展开，首先通过文献的梳理揭示研究意义所在，然后通过文献分析法、文本分析法、专家访谈法提取成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素，并借助解释结构模型建立物联网应用影响因素层级递阶图，然后使用问卷对影响因素进行重要性数据进行收集，运用社会网络分析确定成都市物联网应用影响因素的重要性，最后引入实际案例进一步论证研究结果并提出相关对策建议。本文的技术路线如图 1.2 所示。

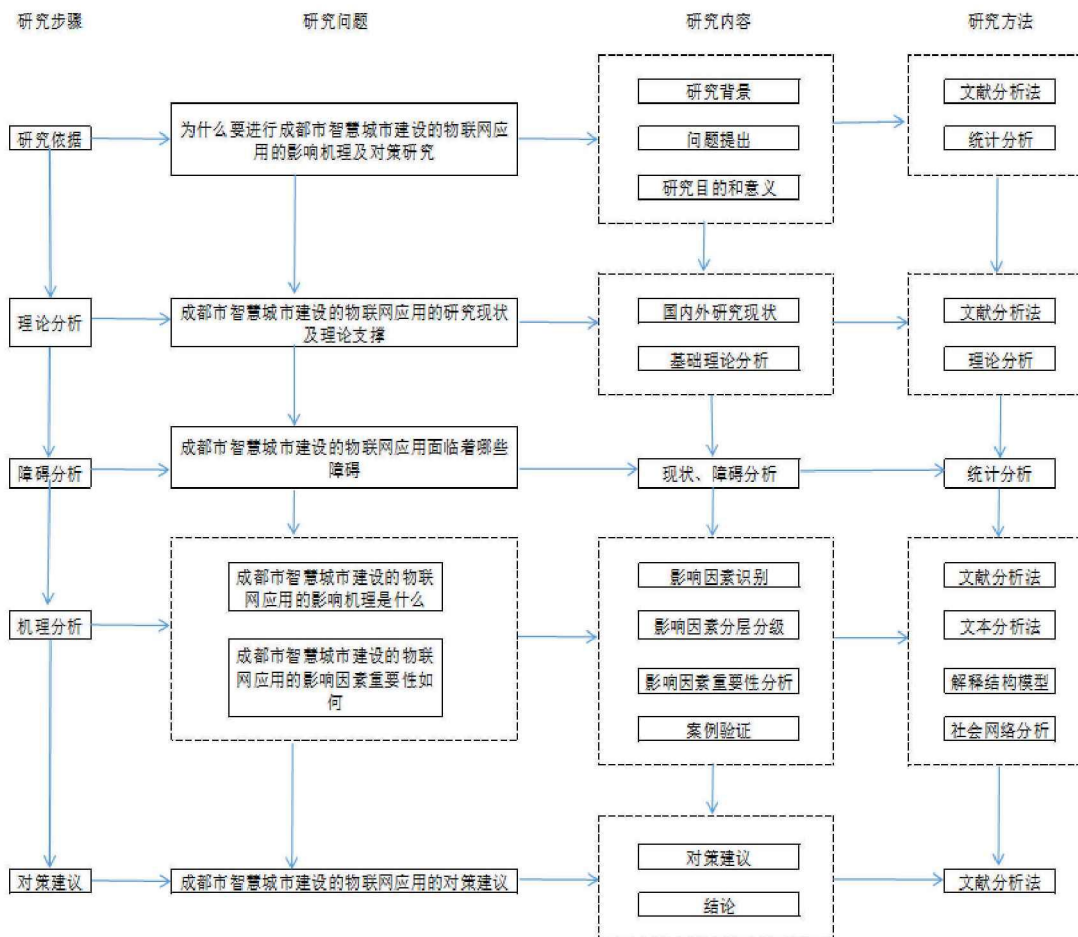


图 1.2 技术路线

Fig. 1.2 Technical route

### 1.5.2 创新点

创新点之一：基于成都市自己的智慧城市建设独特背景，对物联网应用影响因素进行影响机理及对策研究。

创新点之二：将社会网络分析方法运用到智慧城市建设的物联网应用影响因素重要性的研究中去，探索了智慧城市建设的物联网应用影响因素新的研究模式。

## 1.6 本章小结

本章作为本文的绪论部分，首先对本文的研究背景、研究问题等进行介绍，然后对本文的研究内容、研究方法、技术路线和创新点进行了概括。本章是本文的提纲，对后续研究的展开起到了指导和框架界定作用。

## 2 文献综述和相关理论

本章主要对文献综述和相关研究理论进行了详细介绍,为本文后续的研究提供了强有力的理论基础。

### 2.1 文献综述

物联网应用时时刻刻影响着智慧城市的建设,智慧城市建设的各个方面都涉及到物联网的应用,本节便对智慧城市、物联网国内外研究现状进行了综述,另外还对本文所用的解释结构模型以及社会网络分析两个研究方法进行了介绍。

#### 2.1.1 智慧城市研究现状

关于智慧城市的概念研究,IBM公司(International Business Machines corporation)在最初发布的《智慧的城市在中国》商业研究报告中所指的智慧城市其实是智能城市,该报告中说智慧城市体现在城市发展过程中的某些需求和相关活动,例如城市充分利用信息通信技术,智慧感知、集成、分析和应对城市事务,包括在其所管辖的公共事务、城市服务、城市环境、本地产业发展中行使市场监管、经济调节、社会管理和公共服务等职能<sup>[3]</sup>。从这里可以看出智慧城市建设应主要体现了“感知性(Instrumented)、互联性(Interconnected)和智能性(Intelligent)”的特征,也就是所说的“3I”特征,因此,最初的智慧城市其实是被叫做智能城市的。后来,不同国家的各个地区包括中国在内许多城市经过不断地探索与完善智慧城市的概念、建设内容等,智能城市才逐渐地向智慧城市转变,智慧城市的概念也才得以诞生。智慧城市除了具有一开始的感知性、互联性和智能型这三大特征以外,后续的欧盟学者认为智慧城市应具有可持续发展这个最重要的特点,它应该是能够实现城市经济的可持续发展并不断提高居民的生活水平。Forrester机构则认为智慧城市应该是以物联网等新一代信息技术为基础,使城市互联程度更密切,运行更加高效的一种城市建设发展模式<sup>[4]</sup>。国际电信联盟则认为智慧城市应该是具有知识性、数字性、虚拟性和生态性的城市。

自2009年,IBM提出了比较完整智慧城市的概念之后,学术界和业界纷纷对智慧城市展开了一系列的研究,以下是他们从智慧城市的内涵和建设指标方面的国内外研究现状。

##### (1) 国外研究现状

20世纪90年代,智慧城市的理念最早形成在国外,但对智慧城市的定义,国内外目前还没有形成一个统一的概念。Graham和Mitchell等认为当时正在兴起的信息通信技术(information and communications technology, IST)应作为一种城市功能引入城市建设和城市管理中<sup>[5,6]</sup>,这为后续将通信技术引入城市建设奠定了理论基础,而

Chiariotti 等则认为信息技术是智慧城市的附属物<sup>[7]</sup>。Caragliu 等则指出智慧城市的建设重点不仅要关注信息技术,还要关注人文和社会资本<sup>[8]</sup>。IBM 商业价值研究院研究认为智慧城市建设内容主要应该针对现有的城市体系进行智能化的改造<sup>[9-10]</sup>。

在智慧城市建设指标体系方面,Lazaroiu 等从智慧经济、智慧治理、智慧环境、智慧能源和流动四个方面构建了 18 个指标,强调了环境和能源对城市的重要性<sup>[11]</sup>。Kourtiti 等则从商业与文化吸引力、劳动力和市政基础设施能力、先进的电子服务使用情况这三个智慧城市发展能力入手构建评价指标<sup>[12]</sup>。Chauhan A 和 John B 等也从智慧医疗角度入手,确定并分析与智能医疗废物处理系统相关的标准体系以及利用通用设计,融合虚拟实践社区 (VCoP) 的方法来计划和将残障人士连接到智能城市的未来框架<sup>[13,14]</sup>。

从智慧城市的内涵可以看出,智慧城市建设重点不仅包含信息技术,同样也与城市各方面的人文和社会资本等相关。从智慧城市建设指标体系相关研究来看,智慧城市建设可以在经济、环境、能源、医疗等城市治理工作上实现很大的突破。

## (2) 国内研究现状

国外对智慧城市的研究起步较早,相对国内也更加成熟,当然,国内也有许多学者在努力探索研究智慧城市。自从 2013 年全国第一批智慧城市试点城市名单公布以后,智慧城市被越来越多的人所关注。

关于智慧城市的内涵研究,辜胜阻认为智慧城市是以物联网为核心,深度融合物联网和互联网,致力于信息技术创新和应用的产物<sup>[15]</sup>。宋刚等从技术发展和经济社会发展两个层面对智慧城市进行解析,认为智慧城市建设更多体现为创新 2.0 方法的应用,应该是以人为本的创新 2.0 时代的可持续创新城市<sup>[16]</sup>。张永民运用系统论的观点,指出智慧城市实质上是一个完整的系统,这个系统应该是由许多互相联系且相互影响的子系统组合而成的整体<sup>[17]</sup>。胡小明则认为智慧城市的概念比较宏观,它应该是反映人们对未来城市知识化、信息化、高效化的一种追求,落脚点应在城市整体发展的总效果上面<sup>[18]</sup>。陈庆杰等<sup>[19]</sup>认为应以城市本身规划为依据,以人为本、吸引投资,整合信息资源,这样才能加快国家智慧城市标准和评估体系建设<sup>[20]</sup>。

关于智慧城市的建设指标体系研究,许莹选取了智慧经济、智慧基础设施、智慧管理与服务、智慧人文素养、智慧软环境 5 个方面的影响因素,通过解释结构模型构建他们之间的递阶结构图,最终将其分成了 6 个层级,每层之间从下到上一层一层地递进,并最终得到了在该系统中居民获得感位于最高层,智慧经济与智慧软环境位于最底层影响因素系统图<sup>[21]</sup>。李军华运用解释结构模型对智慧港口相关技术影响因素之间的相互作用关系进行了分析,然后将各类因素分为了强驱动型因素、驱动型因素和特征型因素,并在最后得到了网络安全技术、人工智能、物联网、大数据和云计算是智慧港口发展建设的核心因素<sup>[22]</sup>。

从国内对智慧城市的相关研究来看，智慧城市建设离不开物联网等信息技术的应用，而且与国外状况相同，智慧城市的建设帮助城市实现多方面功能的提升，说明智慧城市建设是现代城市发展建设的大势所趋。

综上所述，智慧城市的建设与信息化、智能化息息相关，是科技创新和城市发展的深度融合的产物，是打破现代城市建设困境的关键<sup>[23]</sup>。智慧城市的建设就是要把 5G、云计算、物联网等新一代的信息技术应用到城市的发展规划、管理服务、资源利用中去。因此，基于智慧城市建设背景下物联网应用的相关研究对智慧城市建设发展有很大的理论指导作用。

### 2.1.2 物联网研究现状

物联网的应用范围非常广泛，几乎涉及了我们生活的方方面面。比如将家居系统统一协调管理的智能家居、有效结合各种信息技术和交通系统的智能交通、以及运用新一代信息技术来实现现代城市建设、建设智慧城市等都属于物联网应用的范畴。关于智慧城市与物联网从属关系研究，Sara ju 和 Mazhar 等认为物联网的发展催生了智慧城市这一概念<sup>[24, 25]</sup>。Deakinm 也认为智慧城市是属于物联网的一项区域性创新，涵盖了城市扩展、填充物和大规模改造的形态<sup>[26]</sup>。但 Fanitabasi 则认为物联网是智慧城市的所属物，物联网给智慧城市建设带来了新的挑战<sup>[27]</sup>。Hollands 等则认为智慧城市是通过部署信息通信技术相关的基础设施来提高城市管理<sup>[28]</sup>。Meng F 等指出物联网设备遍布整个智慧城市，且开销巨大，并介绍了一种利用关键词搜索技术保护 CP-ABE 方案隐私的新方法，且最终得出这种方法是安全可行的<sup>[28]</sup>。本文则认为物联网是建设智慧城市必不可少的技术之一。物联网最早开始应用是从 1969 年，到现在以及有五十多年的时间了，通过收集归纳得到物联网的应用发展史如表 2.1 所示。

表 2.1 物联网应用发展史

Tab. 2.1 The history of Internet of things applications

时间	机构	内容	意义
1969	美国	美国国防高级研究项目机构 DARPA 开发 ARPANET 并投入使用。	现代互联网的先驱，奠定物联网“网络”的基础。
1980	美国	ARPANET 向公众开放	是人们可以根据需要连接东西，提高信息输送效率。
1982	卡内基梅隆大学	卡内基梅隆大学的程序员将可口可乐自动售卖机与互联网连接，让顾客在购买之前就可以查看机器中是否还有冷饮。	被认为是物联网最早的设备之一。
1993	剑桥大学	拍摄咖啡机照片的系统被开发，并在浏览后被传到网上，方便工作人员查看咖啡的煮好程度。	世界上第一个网络摄像头。
1995	美国政府	GPS 卫星计划的第一个版本完成。	使得物联网设备能够提供“位置”这一重要功能。
1998	/	IPv6 成为一个标准草案。	使更多设备能够连接互联网。
1999	麻省理工学院	自动识别实验室负责人凯文·阿什顿提到了“物联网”这个术语，提出了射频识别跟踪技术的潜力。	提出“物联网”这个术语。
2000	LG	推出“联网冰箱”计划。	冰箱配有屏幕和跟踪器，让用户可以实时跟踪冰箱物品情况。
2004	/	“物联网”一次开始出现在各种书和媒体上频频出现。	“物联网”一词开始被广泛地推广传播。
2007	苹果公司	第一部 iPhone 手机出现。	给予了公众一种与世界和联网设备互动的全新方式。
2008	瑞士	第一届国际物联网大会举行。	物联网设备数量第一次超过地球上人口的数量。
2009	谷歌/圣裘德医疗中心	谷歌启动自动驾驶汽车测试项目；圣裘德医疗中心发布联网心脏起搏器。	区块链技术的先驱，成为物联网的重要组成部分。
2010	中国政府/Nest	中国政府将物联网列为关键技术。同年 Nest 发布了一款智能恒温器。	Nest 让“智能家居”概念成为众人瞩目的焦点。

表 2.1 续  
Tab. 2.1 Cont

时间	机构	内容	意义
2011	Gartner	将物联网添加到他们的“炒作周期”中，用来衡量物联网技术的受欢迎程度与其实际效用。	使物联网在达到生产力顶峰之前，接受现实的考验。
2013	谷歌	谷歌眼镜发布。	物联网和可穿戴技术的革命性进步。
2014	亚马逊/工业物联网标准联盟	Echo 智能扬声器发布；工业物联网标准联盟的成立。	证明了物联网可能改变任何制造和供应链流程的运行方式。
2017-2019	/	物联网行业掀起了一股创新浪潮。自动驾驶汽车不断改进，区块链和人工智能开始融入物联网平台，智能手机/宽带普及率提高。	使物联网成为未来一个吸引人的价值主张

从表 2.1 可以看出，基于物联网的服务完全可以实现智慧城市所要求的智能化、信息化等功能，所以物联网的应用是智慧城市建设的關鍵所在。

关于物联网的概念研究，物联网（Internet of Things, 简称 IoT）这个词语最早出现在比尔盖茨的《未来之路》一书中，却并没有得到人们的重视。1999 年，麻省理工学院以物品编码、射频识别技术（RFID）和互联网为基础，提出了物联网的概念，认为物联网基于射频识别技术（RFID）技术，通过各种信息传感器，将物品和互联网相连。2005 年，国际电信联盟《ITU 互联网报告 2005：物联网》，认为物联网是以互联网等信息技术为基础，由人与人之间的互联慢慢地发展成包含了人与事物、事物与事物之间的互联在内的三种连接，这三种连接突破了互联网的局限，从而形成了物联网<sup>[30]</sup>。物联网并不像传统的互联网那样，只是简单地通过手机或电脑等设备将信息传输到同一网络上，而是一种基于互联网的拓展延伸，通过将各种有线无线网络与互联网相融合，将信息推送共享出去，最终实现人或物的感知服务功能<sup>[31]</sup>。

在国内，自从 2010 年温家宝总理率先提出“感知中国”战略，并指出物联网是我国五大新兴战略性产业之一之后，国内越来越多的学者对物联网加深了关注。在对其概念界定上，孙其博等人认为，物联网可以从狭义和广义两个层面进行定义，狭义的物联网是通过物品与物品相连接，从而帮助我们更加智能化地识别物品并对其进行高效地管理；广义的物联网是通过物联网的信息技术手段将物理世界和信息世界相连接，最终形成一个人和物两者之间的高效信息交互网络<sup>[32]</sup>。姚万华等人认为，物联网是运用互联网将各种感知设备连接在一起，而形成的全自动、采集智能化、高效传送和处理信息的科学方便的物物连接网络<sup>[33]</sup>。周洪波从企业角度出发对物联网进行了诠释，它认为物联网

在企业中形成了自己独有产业链系统,它由末端设备或子系统、通信连接系统以及管理和应用系统三大系统构成,这三大系统由处于中层的各类连接与通信技术将位于底层的设备、资产连接起来,传输到处于管理和应用软件系统,最终实现这三大系统的集成和互联互通,形成一个安全可控又独具特色的管理和服务体系<sup>[34]</sup>。

综合国内外学者和相关机构对于物联网的概念界定,本文认为物联网是以互联网、传统电信网为信息载体,进而让所有能行使独立功能的普通物体实现互联互通,实现物品到物品,人到物品,人到人之之间的互联的网络<sup>[35]</sup>。下面则对智慧城市建设的物联网应用影响因素的国内外研究现状的介绍。

### (1) 国外研究现状

在物联网技术应用影响因素研究方面,Marijn 等采用解释结构模型得出在智慧城市中采用和实施物联网的 16 大挑战中安全和隐私、业务模式、数据质量、可伸缩性、复杂性和治理 6 大挑战具有强大的驱动力,其中复杂性和缺乏治理是主要的挑战,最后指出物联网的采用和实施应该着重于在管理结构的支持下,将复杂性分解为可管理的部分,这样才能进一步促进智慧城市的建设<sup>[36]</sup>。Nizetic 等讨论了智慧城市建设、可持续能源和环境、电子医疗-环境辅助生活系统以及运输和低碳产品中物联网技术应用的问题和挑战,其中关于智慧城市方面物联网应用最严峻的挑战则是不同传感技术的有效集成,网络基础设施的开发,人口教育,可持续性方面的调查等。这些挑战得到有效解决之后智慧城市中的物联网技术将能够利用各种设备以及及早发现各种问题或基础设施故障,提高城市的生活质量和各种日常服务的效率<sup>[37]</sup>。Pooja Gupta 等讨论了智能基础设施等一系列促进绿色物联网应用的因素之间的因果关系,还根据驱动力和依赖性对使能因素进行了分类。并通过解释结构建模(ISM)过程,建立了绿色物联网使能器的结构模型,最终得到了智能基础设施等 9 个影响因素对绿色物联网应用的强大推动力<sup>[38]</sup>。

### (2) 国内研究现状

在国内,在物联网应用影响因素研究方面,桑培东等通过文献分析法识别了智慧城市建设中物联网应用技术在技术、政府、企业三个方面的 10 个影响因素,通过计算问卷调查结果中各因素的中心度、原因度排序,得出科研技术支持政策、创新 2.0 技术和企业信息化投入对物联网应用的影响程度最大<sup>[39]</sup>。张涛等研究了汽车零部件入厂物流中物联网应用的影响因素,在 TOE 框架下融入 TAM 模型中的关键因素,构建汽车零部件物流中物联网技术应用影响因素模型,得到企业竞争的环境因素对物联网应用的显著影响<sup>[40]</sup>。滕婕等通过问卷调查法,应用结构方程模型构建了物联网养老方面的影响因素模型,最终得出居民的身份背景、教育程度、收入状况、智能养老产品需求状况和物联网提供的精神慰藉服务,医疗保健服务,定期体检服务均正向影响物联网养老的需求;而居民的健康状况、物联网平台提供的健康教育咨询对物联网养老需求影响并不显著<sup>[41]</sup>。薛洁

等分析了影响我国物联网产业发展的因素,最终得出城市发展水平对物联网产业的重大影响力<sup>[42]</sup>。郑英亨等分析当前将物联网应用于建设工程监管方面存在体系不完整、使用成本较高、专业人员不足、全寿命周期意识淡薄等问题,建立基于物联网的建设工程全寿命周期监管层次和架构<sup>[43]</sup>。宋小囡利用解释结构模型法对实施工业物联网的影响因素进行层次结构分析,理清了影响因素之间的层级关系,并将工业物联网的影响因素系统图分成了5个层级,最后根据因素之间的相互作用关系提出了相关对策建议<sup>[44]</sup>。蒋知义等从信息生态角度对其进行探讨,识别了智慧城市公共信息服务质量影响因素<sup>[45]</sup>。张雪旻等指出了农业物联网在长三角智慧城市群建设中的应用及其存在人才短缺、基础设施老旧等问题,并提出了相应对策<sup>[46]</sup>。

由此可见,智慧城市建设中物联网应用涉及内容很广,国内外学者从各方面着手对物联网进行研究。但由于地区差异,影响智慧城市建设中物联网应用的因素众多,这些因素一直阻碍物联网的应用,而且在国内各个地区之间的影响因素还存在较大差异,而现有文献对物联网应用的研究所处的地域范围比较广,缺乏对某个城市结合城市特色的智慧城市建设的物联网应用的研究。并且文献[36]也指出了建设智慧城市需要克服各种与物联网相关的影响因素,但物联网应用面临的主要影响因素并没有一个结构化的概述,而且对于影响因素之间的重要性关系,也没有任何理论支持。另外,我国智慧城市建设以重庆和杭州两座城市亮点较为突出,其他城市基本处于初步探索阶段,还有很多困难需要克服,其中原因与物联网的应用的推广问题有着很大的关联,所以对影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理和对策研究很有价值。

### 2.1.3 解释结构模型研究现状

关于解释结构模型(ISM)发展历程,可以分为3个重要节点,方法的发展历程上有三个重要的节点。

第一次是在1976年,John N. Warfield首先使用ISM方法研究了系统复杂性的问题,这便是ISM方法的第一次出现<sup>[47]</sup>。

第二次是在2003年,黄炜使用了五种解释结构模型,他根据不同的情况来对解释结构模型进行界定。第一是从经典ISM开始,界定了博弈解释结构模型方法(Game Interpretative Structural Modeling Method,简称GISM方法)。第二是模糊解释结构模型方法(Fuzzy Interpretative Structural Modeling Method,简称FISM方法),他把布尔值域,推广到 $[0, 1]$ 范围的模糊论域。第三是阻尼解释结构模型方法(Damp Interpretative Structural Modeling Method,简称DISM方法),该方法在模糊解释结构模型的基础上把 $[0, 1]$ 范围的模糊论域推广到了 $[-1, 1]$ 的区域。第四是虚解释结构模型方法(Virtual Interpretative Structural Modeling Method,简称VISM方法),这种方法进一步把 $[-1, 1]$ 的模糊论域推广到了虚数的模糊论域,但这仅是数学学科上的

一种推广, 该如何运用并没有得到实际研究。第五是函数解释结构模型方法(Function Interpretative Structural Modeling Method, 简称 Fun ISM 方法), 这种方法是一种一般化的定义, 适用范围非常广泛<sup>[48]</sup>。

第三次是在 2011 年, Murray Turoff 等提出了交叉影响分析-解释结构模型方法, 他提出用一般系统论的观点来看就是系统所处的具体环境不同, 对应着解释结构模型的结构会有变化。而这种变化的产生就是由因素之间的博弈引起的。换种说法就是同一系统若是处在不同时期、不同条件下, 它组织结构会有所差异, 它会呈现出不同的形态, 这时便将这种变化叫做是一种系统的演化<sup>[49]</sup>。

在国外, 关于解释结构模型对影响因素的研究, Harish Kumar 利用整体解释结构模型来解释各因素之间关系的复杂性, 然后利用交叉影响矩阵乘法进行分类分析, 找出影响社区设计的最主要因素。他的研究贡献在于从城市规划和决策者的角度揭示了各种因素之间的等级关系, 从而设计出智能化的社区空间。局限在于该研究结果仅适用于发展中国家, 发展中国家的人口众多, 大多数城市在满足市民需求的基础设施方面承受着巨大的压力。Harish Kumar 的研究可以帮助政策制定者、城市规划和政府官员设计一个可持续的智能城市模型, 在这个模型中, 智能社区也将成为减少城市关键基础设施压力的潜在解决方案, 尤其是在发展中国家。社会影响智慧城市可视为发展智慧城市的中心点, 并应继续跨越城市界限, 提升邻里地方的设施、服务、资源利用和工作环境。此外, 这项研究还将有关邻里规划的各种文献与智慧城市发展联系起来, 作为城市发展情景的当前需要<sup>[50]</sup>。

关于解释结构模型对物联网的研究方面, 曾明构建了民营中小型物联网企业在民生行业商业应用的关键因素的解释结构模型, 并在最后得到了处于最下层的“物联网行业竞品调查”、“市场布局定位”为其成功的根本所在<sup>[51]</sup>。苏明利用 ISM 解释结构模型建立了“互联网+”在农业企业组织应用指标体系, 然后使用 AHP 层次分析法计算得出“互联网+”在农业企业组织应用权重值, 并根据得到的权重值提出了新型“互联网+”农业企业组织战略规划<sup>[52]</sup>。

由此可见, 解释结构模型这种方法比较成熟, 在智慧城市以及物联网的相关研究也比较多, 非常适合对成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素进行分层分级。

#### 2.1.4 社会网络分析研究现状

##### (1) 社会网络分析相关理论研究

社会网络分析方法最早起源于 20 世纪 30 年代, 梅奥的霍桑实验采用的非正式组织是最早结合数学计量方法和图来研究节点间关系的社会网络研究, 它为信息传播研究、知识管理研究提供了新的思路和方法<sup>[53]</sup>。1940 年, 英国人类学家 Alfred Radcliffe Brown 最早使用“社会关系网络”(network of social relations) 的名词来对社会结构进

行描述,但是 Brown 对网络的定义和现在我们所用的社会网络分析是有区别的,他只是简单地用“网络”来形象地描绘社会结构<sup>[54]</sup>。1954 年, Barnes 在对挪威渔村亲戚、朋友所形成的社会网络研究中,提出了“社会网络”的概念,他是第一个使用“社会网络”概念的人<sup>[55]</sup>。1955 年, Simmel Georg 在对社会网络进行研究时,指出同一个人如果处于不同的网络中,那么他就会有不同的行为发生,这项研究结果为社会网络分析的社会计量学奠定了重要的理论基础<sup>[56]</sup>。Mark Granovetter 在 1973 年提出了“弱连带优势”,他认为有时候关系强度弱反而更有好处,在他的研究中得出,当节点间为弱连带关系时,其中某个节点更容易找到工作<sup>[57]</sup>。在 1985 年, Granovetter 又提出了“嵌入理论”,他认为个人是镶嵌到社会网络中去的,既不能将他过分地个体化也不能将其过分的社会化<sup>[58]</sup>。1992 年, Burt 提出了“结构洞理论”,他认为社会网络中有些节点在网络中以另一种结构特征具有非常重要的地位,它掌握着网络中的重要信息,而且某些节点要获得该信息,必须经过此节点来传播<sup>[59]</sup>。

而在国内,对社会网络分析的研究相对较晚,但大多只是将已有的社会网络分析相关理论运用到相关研究中,而并没有新的理论成果诞生。1984 年,黄希庭等是最早运用社会网络分析方法对大学生的人际关系相关的心理学问题进行了研究<sup>[60]</sup>。2003 年,代吉林等运用社会网络分析方法建立了企业绩效概念模型,并通过实证研究对模型进行了检验<sup>[61]</sup>。2019 年,王蕾运用网络密度、中心度、凝聚子群等量化指标对老旧小区改造项目中的相关利益方进行了社会网络分析<sup>[62]</sup>。2020 年,孙晓东等运用整体网络和个体网络分析了全球邮轮航线的社会网络以及区域差异分析<sup>[63]</sup>。王长征地方政府大数据治理政策的注意力变迁网络进行了凝聚力指数分析<sup>[64]</sup>。单学鹏通过整体网络和个体网络分析对成渝地区双城经济圈协同治理网络进行了研究<sup>[65]</sup>。2021 年,谢宝珍基于数据库中检索的中医药相关文献对医疗学术团队和作者进行了社会网络关系研究,最终得出各地学术团队在医治上不仅有共同点,还具有各自的特色,而且方法多种多样<sup>[66]</sup>。

从社会网络的相关理论和应用研究可以看出,国外提出了很多社会网络相关理论且沿用至今,而国内社会网络分析的起步比国外相对更晚,且基本都是沿用国外的社会网络分析相关理论,并没有创新性较强的理论成果诞生,所以还需要进行进一步的研究探索。

## (2) 社会网络分析关于智慧城市的研究

对于智慧城市的相关社会网络研究方面,2015 年, Beniamino Murgante 利用社会网络分析理论对智慧社区输出模式进行了研究<sup>[67]</sup>。2018 年, 유인진等利用某智慧社区反映消费者网络搜索活动和与商业相关的情感评价的数据,对消费者情绪进行社会网络分析,并结合网络密度、中心性等量化指标结果表明社会网络指数的程度中心性和特征向量中心性对销售有显著影响<sup>[68]</sup>。김홍等从第二次智慧城市综合规划中提取 108 个关键词,

分析这些关键词与智慧城市规划的关联性,并对关键词进行社会网络分析,最终结果表明,智慧城市规划与智慧城市综合规划之间存在着高度的联系性,并且具有高联系中心性的关键词对于不同的地方政府而言存在着差异<sup>[69]</sup>。2019年,Lei Ruan等以金融业的起源和变迁为线索,提出了新的智慧经济业务模式,这种新形式具有设备个性、可穿戴性、低碳环保、线下互动、安全性、隐私性和智能性、高效性等五大特点,并且未来的金融格式可能会通过移动金融格式来升级智能金融格式,以满足客户更广泛、更深层次的需求,最后指出将人工智能方法引入经济控制将成为一种趋势<sup>[70]</sup>。2020年,Paola Monachesi提出智慧城市建设要重视社会需求,他们结合社交网络分析对Twitter数据进行语言分析,并提出了一种基于创新方法的社会媒体分析,最后告知城市规划者在智慧城市的发展中更多地使用社会驱动的(数字)技术<sup>[71]</sup>。Ivan Serrano等在西班牙智慧城市网络的背景下,探讨了实施智慧城市战略的城市与企业之间的中心性和等级关系。他们的研究基于一个双模式网络,由参与智慧城市项目的城市和企业组成,探讨了参与这些网络的结构优势是否具有均衡效应,或者更确切地说是加强现有的城市等级。其次,他们探讨公司如何在智慧城市项目中交织在一起,以及中型本地公司是否有相关的存在。最终研究结果表明,这些网络成为跨国公司在智慧城市国家市场扩大存在的区域门户,而不是赋予中型城市和小型国家公司权力<sup>[72]</sup>。

在国内,关于智慧城市的相关社会网络研究方面,Dong Lu通过对自组织地图和社会网络图的比较分析,以中国10个智慧城市为研究样本,采用无监督计算神经网络自组织映射(som)分析方法,根据各个城市的性能来绘制城市地图,再运用社会网络分析方法,探讨了这10个智能城市之间的示范效应和相互影响<sup>[73]</sup>。2016年,郑长旭运用文献计量和社会网络分析方法对中国在关于城市治理方面的文件进行了分析<sup>[74]</sup>。2017年,卢奕等对四川省8个城市的智慧城市建设情况进行社会网络分析,发现其发展特点为中心城市示范、特色城市协同,最后还提出各省市在建设智慧城市时应结合地方特色,避免雷同现象发生<sup>[75]</sup>。

从智慧城市的相关社会网络分析研究上可以看出,我国在相关方面的研究还比较薄弱,需要更多的研究来进行充实,才能让智慧城市建设工作在我国良好有序地开展。而且文献[75]还指出各地智慧城市建设应该具有地方特色,因此,对影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理和对策研究有很大价值。

### (3) 社会网络分析关于物联网的研究

在运用社会网络分析对物联网的相关研究方面,Kwon Joonhee等指出社会网络分析可以看作是物联网环境下考虑新用户的一种非常有用的推荐方法,我们将基于中心性的社会网络分析方法应用到利用社会物联网中的社会关系的推荐方法中去,这样可以让用户获得更多更适用的信息<sup>[76]</sup>。Isada, Fumihiko等通过社会网络分析,分析物联网产业

网络结构与创新结果之间的关系,指出企业网络结构的差异与研究结果和盈利能力有关,特别是一个拥有平台式商业模式的公司物联网商业领域被认为是高利润的<sup>[77]</sup>。Arif Mehmood 运用社会网络分析方法分析了国际合作机构及物联网研究领域科学引文索引论文合著者的网络关系,结果显示,中国是最中心的国家,其次是美国、西班牙、英国和瑞典,就合著者网络而言。而且中国科学院、北京邮电大学和上海交通大学分别排名第一、第三和第四<sup>[78]</sup>。

2012 年,安健等认为物联网移动感知服务的基本就是将社会关系量化,并建立了一个帮助物联网移动感知的个体社会关系认知模型<sup>[79]</sup>。2013 年,宫继兵等从医疗物联网入手,进行了大规模传感网络的建模与分析,结果证明他们所提出的 TSGM 模型是有效的,而且该模型的健康状态检测方法也比基线方法要好<sup>[80]</sup>。赵佳建立了物联网技术的研究协作网络关系图以及技术发展网络图,通过核心边缘分析、结构洞分析、凝聚子群分析得出计算机外部设备技术、计算机技术、信号遥测遥控类、手机和数据传输系统技术是物联网技术最前沿的四大技术<sup>[81]</sup>。2016 年,田博文研究了物联网产业的应用案例,建立了新兴产业技术标准化合作网络模型,为物联网产业的发展提供了参考<sup>[82]</sup>。2017 年,朱新琴对我国物联网产业结构网络进行了分析,并指出物联网产业可以直接或间接地提升经济增长,而且其在关联产业网络中处于核心位置,起着重要的引领主导作用<sup>[83]</sup>。2018 年,于文超研究了以“物联网”为主题和以“图书情报与数字图书馆”为学科目录的数据样本,对关键词进行了社会网络分析,为图书情报领域物联网技术的理论与应用研究提供了参考<sup>[84]</sup>。2019 年,臧蕊使用社会网络分析方法分析了数字经济产业在物联网产业中的地位,最终得出其一直位于中等地位,起主导作用的仍是传统产业<sup>[85]</sup>。

综上所述,社会网络分析对物联网进行相关研究涉及范围非常广泛。另外,陈沛使用社会网络建立了“BOT+EPS”项目的影响因素网络关系模型<sup>[86]</sup>。顾湘等运用社会网络分析了 PPP 项目的残值风险因素网络关系<sup>[87]</sup>。曹芳对影响数字内蒙古发展的因素进行了社会网络分析<sup>[88]</sup>。贾美珊运用社会网络进行了智慧建造应用的影响因素分析<sup>[89]</sup>。董伟使用社会网络分析了在线教育平台用户学习效果的影响因素<sup>[90]</sup>。因此,社会网络分析方法适用于智慧城市建设的物联网应用的影响因素重要性研究。

### 2.1.5 国内外研究综述

综上所述,从国内外对智慧城市、物联网、解释结构模型以及社会网络分析的相关研究现状来看,国外无论是在理论研究上还是在实践研究上均早于国内。智慧城市建设能够在很大程度上解决现在城市治理面临的大部分问题,是城市发展建设的方向。物联网技术为智慧城市建设提供了强有力的技术保障,但由于各城市之间存在较大的地域和社会文化差异,对智慧城市下基于城市特色的物联网应用方面的研究还比较匮乏。所以,在成都市背景下,对影响智慧城市建设的物联网应用的机理和对策研究,可以促进成都

市带有地域特色的智慧城市的建设。

## 2.2 相关理论

### 2.2.1 短板理论

短板理论又叫做“木桶原理”或“水桶效应”。最初是由美国管理学家彼得提出来的，他指出一个装水的水桶是由很多块木板组建而成的，所以此木桶的盛水量是由这些木板的长度共同决定的。但若是其中某一块木板比其他木板短，那么该水桶的盛水量就由这块最短的木板所决定，因而这块短板也就成了该水桶盛水多少的“限制因素”。只有通过将短板加长，才能实现水桶盛水量的增加。

在短板理论的发展上，还有人在后续研究中提出了三个观点，（1）在一个水桶中，若是其他木板比最短的木板长得多，那么这些木板再长也是没有用的，反而会造成更多资源的浪费；（2）要想提高木桶的盛水量，就应该想办法加长最短的木板的长度，这是最有效的途径。（3）在短板理论的横向拓展方面，还有人提出木桶的容量还取决于木桶的直径，大家都知道若是周长相同，那么圆的面积会大于方形的面积。

我们经常提到的主要矛盾其实就是短板理论，我们只有通过找出事件的弱项在哪里，才能抓住关键问题，进而将问题解决，最终使得事件朝着越来越好的方向发展。在平时的生活中，只有通过不断地克服“短板”问题，不断找出各种薄弱环节并加以解决，才能使事件朝着好的方向发展。另外，每个行业或企业等都可以被视作一个木桶，所以，木桶的大小直径也是完全不一致的。直径偏大的水桶，他的盛水量自然而然的要比其它木桶多。换句话说，若是一个行业想要在市场发展中，他的起点与其他行业是完全不一样的，一些行业也具有扎实的基础，拥有丰厚的资源，一些却显得有些局促，拥有的资源很少，这些因素都对行业的发展具有决定作用。

在本文中对短板理论的应用则是通过成都市智慧城市建设的物联网应用的现状和障碍，找出成都市智慧城市建设的物联网行业发展在政府、企业、社会方面的薄弱环节，进而提取影响物联网应用的各类因素进行机理研究并提出相关对策建议，最终达到成都市智慧城市建设的物联网能够很好应用发展的效果。

### 2.2.2 复杂系统理论

复杂系统理论简称 SAS 理论，它是指一件事情的发展是由多个变量之间相互作用而决定的，不是区区一个模型就可以判断事件的发展方向的，整个过程极其复杂。复杂系统理论一开始起源于物理学等科学领域，被大家一致认为是将来社会科学领域极具代表性的一种理论<sup>[91]</sup>。复杂系统由许多变量组成，这些变量在系统内运行且相互作用，从而使得整个系统对外部的刺激而做出相应的反应。复杂系统理论主要用来解释由各类变量构成的复杂性系统在受到外部环境的刺激的时候，如何形成自己的处理功能，并在此过

程中不断获取外部资源信息，从而达到系统整体的自我完善与发展。

关于复杂系统的理论研究，最初是路德维希·冯·贝塔朗菲提出了系统论，他提出应该把事件看做一个整体，然后从其内部来分析事件的结构、行为、关系等。此后，贝塔朗菲便认为通过构建一个系统的理论框架可以解释存在于世界上的所有关系。在贝塔朗菲研究的基础上，乌约莫夫提出了“联系属性系统论”，他将系统从联系和属性两个方面来进行描述，联系是指系统内部各变量之间的关系，属性则是变量或子系统又或是系统本身的属性特征。在之后的研究中，伊利亚·普里高津提出了系统理论相关的耗散结构，赫尔曼·哈肯提出了协同学<sup>[92]</sup>，进一步丰富了复杂系统理论。

复杂系统有 6 大特征，一是复杂性，是指系统中变量多、关系多等。二是非平衡态，是指系统一开始并不是稳定运行的，在外部环境的刺激下，系统内部会发生各种变化，从而形成一个稳定有序的系统。三是开放性，是指系统一方面保持对外开放的状态，可以接受外部环境的作用，另一方面则是可以输出相应的行为来应对外部作用。四是非线性，是指复杂系统在输入和输出方面不是呈线性关系的，它们之间的关系非常复杂，并不是简单的加减运算可以衡量的。五是演化性，是指系统是随着事件不断变化和发展的，系统内部一直是处于运行状态的。六是有机关联性，是指系统内部在进行资源信息传播的同时，也依靠这些信息资源建立了彼此之间的联系<sup>[93]</sup>。

成都市智慧城市建设的物联网的应用的机理及对策研究就是一个涵盖了政府、企业、多方面因素的系统工程。本文把成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素当作为一个系统工程来看，首先，通过系统梳理成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素，利用解释结构模型绘制成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素层级递阶图，系统性分析成都市物联网应用的影响机理，并通过社会网络分析方法确定成都市物联网应用影响因素系统中具有重要影响力的因素。然后，引入成都市智慧城市建设的物联网应用相关案例对政府、企业以及社会等多个层面的影响因素进行验证分析，进一步论证了社会网络对成都市物联网应用的影响因素重要性分析结果。最后，基于成都市智慧城市建设的物联网应用影响机理，从政府、企业、社会三个层面提出成都市智慧城市建设的物联网应用的相关对策建议，从而促进成都市智慧城市更好地建设。

### 2.2.3 核心-边缘理论

核心-边缘理论由核心、边缘两个结构要素组成，社会网络中创新发展更强的区域为核心区域，它不仅自身拥有大量的资源，还可以借助自己的核心位置从其他地方汇聚更多资源信息。边缘区域则是依附于核心区域的次系统，它自身革新能力不足，缺乏大量的资源，因此它的发展都是依赖于核心区域。核心-边缘理论最早是由美国地理学家约翰·弗里德曼（John Friedmann）提出的，他在研究关于发展中国家的空间发展规划提出了核心-边缘理论，又叫做核心-外围理论，从此以后，核心-边缘理论就经常被用

来研究发展中国家的空间经济结构分布。弗里德曼认为核心区域在网络系统中的作用非常重要,可以说有了核心区域的子系统才有整个社会网络大系统,核心区决定了未来整个网络系统的发展走向。但要注意的是,网络空间系统可能存在多个核心区,且他们都是随着网络规模和范围随时变化的,而不是一成不变的。

在网络系统中,核心区主要有四个作用,一是核心区通过市场供给、政府行政等途径来建立自己的边缘依附区。二是核心区的资源信息等可以向它附属的边缘区扩散传播。三是核心区自身具有很强的强化革新能力,从而促进了整个网络系统的不断发展壮大。四是由于信息资源不断地由核心区向边缘区输送,导致边缘区不断地发展壮大,能力不断增强,进而形成了新的核心区,最终削弱了原有核心区的重要作用。

弗里德曼指的核心区域一般是网络系统中节点分布非常密集的区域,该区域具有创新发展水平高,资源信息多,经济实力雄厚等特点。边缘区域就是节点分布稀疏,各方面都存在缺憾的区域。另外,边缘区域又可以分成和资源前沿区域。其中过渡区域又被分成了上过渡区域和下过渡区域。上过渡区域通常是连接两个核心区的部分,它们通过与核心区的这种联系,具有一定的资源整合优势,从而整个区域呈现逐渐上升的趋势。下过渡区域则是资源信息滞后,发展空间及能力等不足,呈现出的是不断下滑的趋势。

在本文中,通过综合分析智慧城市建设的物联网应用影响因素关系网络结构特征,利用核心-边缘理论将物联网应用影响因素关系网络进行了核心-边缘结构分析。我们将社会网络分成两个区域,即核心区域和边缘区域,位于核心区域的节点在网络中占有比较重要的位置,他们与网络中其他节点的连接紧密程度高,拥有的信息资源多,节点之间的合作能力也强,它们对网络结构的稳定性起着决定性作用。而位于边缘区域的节点不仅在网络中的位置处于劣势,而且该区域内信息交流不强,资源流通不快,节点间连接不紧密,合作也不多,对网络结构稳定性影响不大,并在此基础上对核心区域的影响因素进行重要性分析。

## 2.3 本章小结

本章主要是文献综述以及相关理论进行介绍,文献综述从智慧城市、物联网等相关的国内外研究现状进行介绍。相关理论则涉及了短板理论、复杂系统理论和核心-边缘理论,短板理论主要用于在分析成都市物联网应用障碍的基础上进一步分析影响智慧城市建设的物联网应用的因素。复杂系统理论用于物联网应用的影响因素系统层级划分,进一步明晰各个影响因素系统的内部运行机制。核心-边缘理论则是用于对成都市智慧城市建设的物联网应用的核心影响因素进行确定,并进一步确定智慧城市建设的物联网应用影响因素系统内部起决定性作用的层级。本章通过文献综述,使得本文相关的研究脉络更加清晰,通过相关理论的介绍,为本文的后续研究奠定了理论基础。

### 3 成都市中产生的物联网应用影响因素及机理解析

本章基于成都市智慧城市建设的物联网应用的现状障碍来进一步说明关于物联网应用研究的重要性,然后介绍影响因素提取的方法,它以成都市各类网站上检索的物联网相关文件资料为样本,使用文献分析、文本分析和专家访谈进行影响因素的确定。最后得到成都市智慧城市建设的物联网应用的 22 个影响因素。

#### 3.1 成都市智慧城市建设的物联网应用现状及障碍分析

在成都市,智慧城市建设的物联网的应用已经有二十多年了,虽然现在在产业发展应用、技术研发、已经具有比较强大的物联网应用发展优势。但随着智慧城市建设的物联网产业在成都市的不断地应用,政府、企业、社会等各个层面的问题也逐渐显现出来。

在政府层面,物联网应用分散,集成度不高,而且缺乏跨部门和跨部门的综合合作应用,对智慧城市建设的物联网产业的发展指导力不足。政府服务不够高效,基于物联网技术的政务服务平台——蓉易办,并没有给市民和企业提供全生命周期的服务,服务内容和办事流程还需要进一步整合优化。而且成都市目前还缺乏大量且复杂的信息体系平台来储存和测量大量的数据信息,没有多方面数据信息结果来支撑,导致政府决策执行能力不够强,相关工作不能结合多行业的发展情况来落实。

在企业层面,全市范围内缺乏具有较强创新能力的龙头企业,因而造成了成都市经济增长不太显著,产业赋能不够优质,物联网等技术应用不够广泛,造成了成都市物联网产业发展紧密程度不高,并没有形成双向赋能、互动发展的良性态势。其次,成都市风险防控等智慧化程度不高,风险应急响应不够及时,物联网产业链还不完整,科技成果产业化水平不高,物联网应用发展的需要得不到满足,物联网技术平台不足,技术创新和制造成本高,导致各类数据信息不能被有效整合,高效快速的城市管理系统建立不完善。

在社会层面,基础设施不够智能,全市的基础设施并没有完全覆盖、融入到全市的神经元感知网络中,并没有形成随时随地都可使用的智能化感知系统,而且系统、设备和个人之间的互联互通范围不广,不能在广阔范围内帮助市民对各种数据信息的互联共享,使得市民生活服务便捷度不高,服务于市民日常生活的智慧化应用体系不够完善,不能实现“一触即达”、“一码通城”的服务水平。另外,市民城市化意识不强,对智慧城市、物联网感知较差,部分人群对新的经济发展模式等存在一定程度的抵触,这在很大程度上阻碍了城市的信息获取反馈以及对市民生活服务能力的提升,导致城市运行不够快捷高效。

正是基于以上成都市智慧城市建设的物联网应用的障碍,结合短板理论可知,成都市物联网应用在这方面都存在着短板,要改进这些缺陷,我们必须结合成都市具体情况

采取各种措施来补齐这些短板,于是本文便在以上影响成都市智慧城市建设的物联网应用的障碍基础上,进行相关影响因素的机理和对策研究。在本章首先运用文献分析提取物联网应用影响因素,然后通过文本分析法提取了成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素进行挖掘提取,最后通过对专家进行访谈确定成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素指标体系。

### 3.2 成都市智慧城市建设的物联网应用关键影响因素识别

本文对成都市物联网应用影响因素的识别首先是通过文献分析提取智慧城市建设的物联网应用影响因素,然后对成都市范围内的政府、企业等机构的数据文本提取成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素,最后通过专家访谈确定成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素,提取流程如图 3.1 所示。

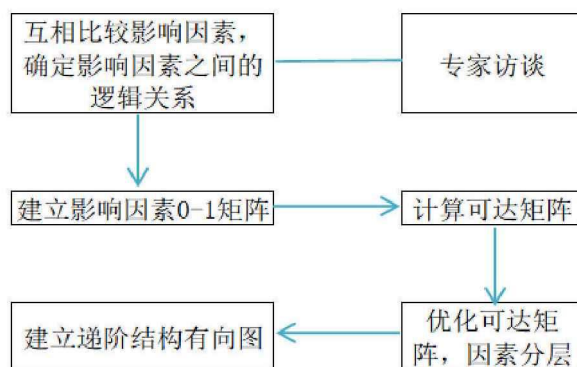


图 3.1 影响因素提取流程

Fig. 3.1 Influence factor extraction process

#### 3.2.1 智慧城市建设的物联网应用影响因素提取

本节从知网、SCI 等数据库中检索了近 10 年关于物联网应用的文献合计 7.92 万份,然后在此结果中继续添加智慧城市的关键词得到文献合计 3783 份,最后再添加影响因素的关键词得到文献合计 61 份。通过对这 61 份文件进行分析得到智慧城市建设的物联网应用影响因素 24 个,如表 3.1 所示,此表中来源只列举了部分文献。

表 3.1 文献影响因素  
Tab. 3.1 Literature influencing factors

序号	影响因素	指标解释	来源
1	组织规划	智慧城市物联网产业发展规划	郑应亨 <sup>[94]</sup>
2	监管体系	智慧城市物联网监管体系的建立, 完善及实施力度	王亚丽
3	政策保障	税收制度, 科研技术支持政策, 资金政策, 人才引进政策等	Xiaojun D <sup>[95]</sup>
4	政府管理	信息集成共享管理, 电子行政服务管理等	高倩倩 <sup>[96]</sup>
5	技术创新	物联网技术创新意愿、能力	Vlasenko L <sup>[97]</sup>
6	技术应用	物联网等新技术的应用	贺奕静 <sup>[98]</sup>
7	技术发展水平	现有物联网技术安全性、便捷性、兼容性、先进性等	Alusi A <sup>[99]</sup>
8	先行技术经验	物联网技术专利和知识产权	李旭枫 <sup>[100]</sup>
9	技术障碍	信息不互通, 共享性不足, 缺乏统一物联网技术支撑的信息化系统	Balakrishna C <sup>[101]</sup>
10	运行成本	运行成本高	Cilliers L <sup>[102]</sup>
11	城市现有基础设施	交通、通信等现有基础设施及其新旧程度	王强
12	城市经济实力	城市资源稀缺及利用程度; 城市生产总值、固定资产投资比例、第三产业生产总值、人均收入等经济指标	李洪伟 <sup>[103]</sup>
13	人才数量	已有和储备人才数量	桑培东
14	人才能力	人才知识水平, 技术掌握程度, 综合能力及创新意愿、水平等	王洪涛 <sup>[104]</sup>
15	人才素质	人才责任意识, 道德水平等综合素质	Cilliers L
16	福利待遇	物联网相关工作人员的工资福利待遇	吴维香 <sup>[105]</sup>
17	企业管理水平	企业发展理念, 管理模式, 人才队伍建设, 利益分配机制等	Naphade M <sup>[106]</sup>
18	企业建设能力	企业建设资质, 信息收集、传递、共享能力, 建设监管统筹能力等	Washburn D <sup>[107]</sup>
19	企业经济水平	企业投融资政策、结构、效率、途径、模式, 信息化投入等	沈苏彬 <sup>[108]</sup>
20	社会环境	时代背景, 自然环境, 市场竞争环境等	Wenge R <sup>[109]</sup>
21	公众需求	公众文化、健康、安全、住房、旅游、福利等需求	段汉明 <sup>[110]</sup>
22	公众期望和质量感知效果	公众对智慧城市的建设期望, 参与程度及感知效果	袁远明 <sup>[111]</sup>
23	基础理论研究	智慧城市建设的物联网具有指导性作用的科研成果	沈苏彬
24	城市开放度	智慧城市建设的物联网对外拓展及对内引进的程度	Cilliers L

### 3.2.2 成都市智慧城市的物联网应用影响因素提取

由于智慧城市建设的物联网应用具有很强的地域性,通过知网等数据库下载文献对影响因素进行提取,覆盖范围不仅包括了成都市智慧城市建设的物联网应用还包括全国甚至全球其他城市的物联网应用,提取出的影响因素并不是成都市所特有的。若只是检索成都市范围内的文献进行挖掘的话,文献数量非常少,可靠性不强。为了保证提取出来了影响因素的可靠性,本文在成都市各类相关网站中进行文本资料的收集,覆盖面包含了政府、企业、社会等多个组织机构的相关资料,这样提取出的影响因素能够强有力地反映出成都市智慧城市建设的物联网应用的相关情况。

在将文本资料下载下来之后,则是通过 DiVoMiner®平台建立文本数据库,然后创建编码类目,再进行人工编码,最后得出相关统计数据。DiVoMiner®是借助大数据技术而运行的一种在线文本分析法,它有效地将人工智能和社会科学研究方法结合在一起,使用起来方便快捷高效。它几乎能满足对所有学科的文本挖掘分析需要,并以文本分析法为基本原理,通过机器学习和人工校对编码两种方式,来进行高效的在线文本分析。在平台内还设有统计分析功能,可以对分析结果进行描述性统计和推论性统计,就像是一个位于云端的处理文本数据的统计包,极其方便高效,因此,该平台很适用于对成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素挖掘提取。

#### (1) 文本资料收集

本文以成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素为研究对象,在成都市相关网站上检索物联网、智慧城市的关键词,找出 2010 年 1 月 1 日至 2021 年 4 月 30 日近十一年的政府文件合计 126 份,然后在各种企业或社会机构官网上找到此时间段内的企业报告 215 份、社会资讯 108 份,合计 449 份。在以上 449 份文本中,经统计,年份及数量分布如表 3.2 所示,在行业以及智慧城市建设标准体分布如图 3.2 和图 3.3 所示。

表 3.2 时间分布表  
Tab. 3.2 Time distribution table

年份	2010	2011	2012	2013	2014	2015
政府文件	7	7	18	7	7	8
企业报告	9	15	31	15	9	14
物联网新闻	8	4	15	5	7	7
合计	24	26	64	27	23	29

年份	2016	2017	2018	2019	2020
政府文件	11	12	24	13	12
企业报告	19	20	41	22	20
物联网新闻	9	10	21	11	10
合计	39	43	86	46	43

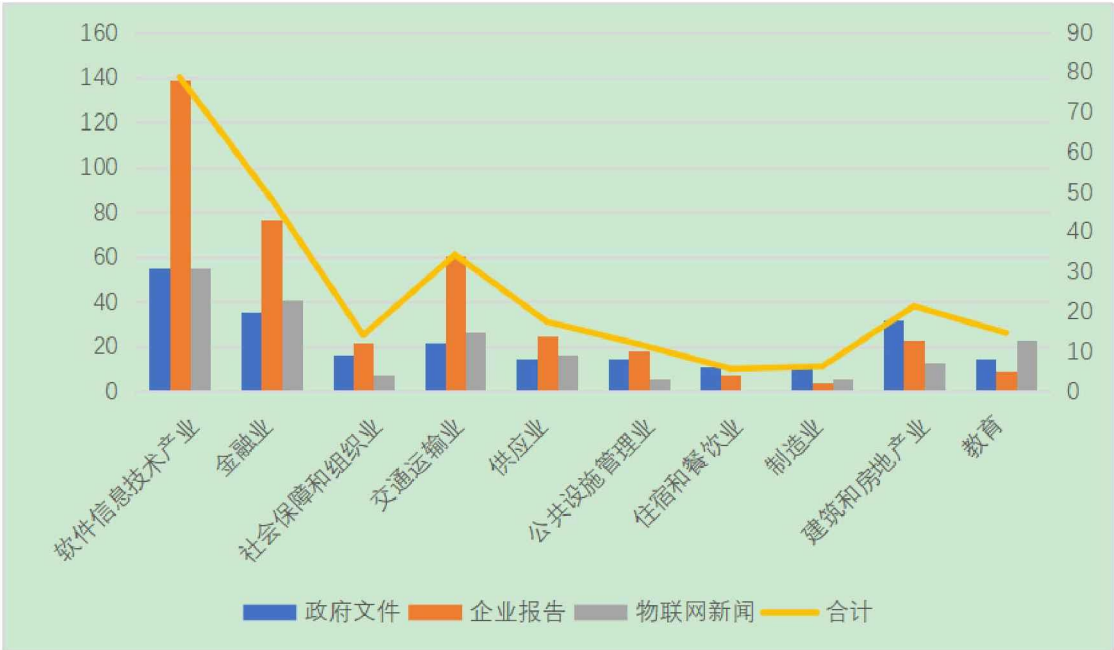


图 3.2 行业分布  
Fig. 3.2 Distribution of Industry

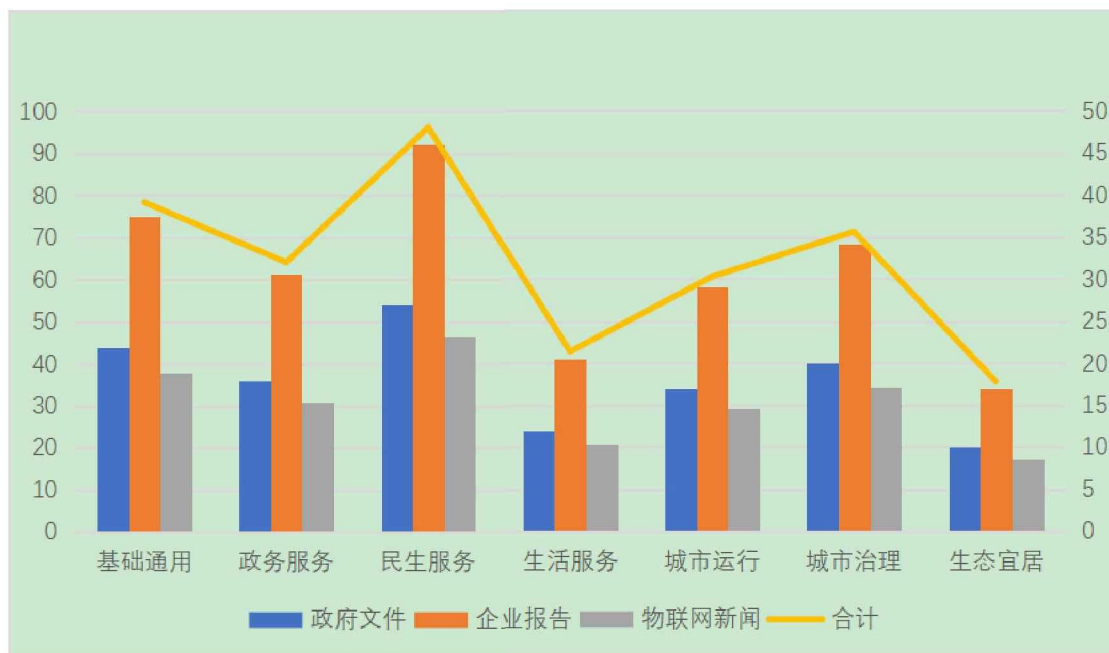


图 3.3 建设标准分布

Fig. 3.3 Distribution of construction Standard

从文本时间分布情况可以看出，成都市各大组织机构近 10 年对物联网发布的相关资料随着年份的增加数量也呈现出上升的趋势，除了 2012 年和 2018 年数量增长比较多，说明物联网的应用在各大产业中越来越受到重视，而且各组织机构更加重视将物联网技术的应用落到实处，更加快速地提高我们的生活质量水平。在时间上，自 2010 年温家宝总理宣布物联网是我国长期发展的战略规划后，不管是政府还是企业机构也积极响应国家号召，着手对智慧城市下物联网技术的应用推广，特别是在 12 年和 18 年发布的文件资料最多。在行业分布上，各类机构发布的关于信息技术产业的文件数量最多，高达 140 份，说明他们非常重视在物联网技术上的创新改革建设。在智慧城市建设标准分布上，民生服务相关的文本数量最多，而在成都市发布的智慧城市建设标准中指出民生服务的标准内容包含了智慧医疗、智慧教育、智慧社保、智慧帮扶、智慧养老五个方面的内容，说明要想将物联网技术很好地应用到智慧城市建设中，应该非常重视民生服务相关的工作建设，这样才能不断提高居民的幸福感和获得感，进而建立可持续发展的友好型社会，这才是物联网技术应用于智慧城市建设中的意义所在。

## （2）影响因素挖掘

将以上 449 份文件导入 DiVoMiner®平台建立物联网应用影响因素的数据库，然后创建编码类目，并进行人工编码，且在编码过程中删除重复、无效数据。编码方式如表 3.3 所示（此处只对其中 6 份资料进行罗列）。

表 3.3 影响因素编码  
Tab. 3.3 Influence factor coding

文件名称	相关语段	编码
成都市人民政府关于印发成都市智慧城市建设行动方案（2020—2022）的通知（成府发〔2020〕25号）	加强统筹协调……；建立责任体系……；统筹资金保障……创新建设运营……。	政府监管问题；组织规划问题；技术创新……
成都市人民政府办公厅关于印发供场景给机会加快新经济发展若干政策措施的通知（成办发〔2020〕34号）	支持硬核技术攻关催生新场景……；加快布局新型基础设施支撑新场景……；汇聚关键数据赋能新场景……。	技术创新；网络与信息安全保障能力……
成都市智慧城市标准化白皮书 2019【三】   成都市智慧城市标准化现状及问题——成都大数据协会，成都标准化研究院	缺乏统一归口管理机制，难以协调各部门共同制定标准化规划和目标……；基础通用领域的标准较少……；标准化活动开展不足，宣传推广不够……。	资金扶持力度；投融资渠道缺乏；标准支撑不足……
区块链白皮书（2020 年）——中国信通院	发展环境向好，加大产业扶持力度……；技术运维更精细……；平台安全更可控……；平台服务导向，基础设施呼声渐起……。	政策支持；企业或机构协同创新；现有基础设施……
5G 新型智慧城市白皮书——中国移动	物联网等技术的日益成熟，以数字孪生城镇作为 5G 新型智慧城镇的重要建设理念……；考虑城镇居民最关心、需求最迫切、参与最广泛的领域开展应用场景建设……；	数字经济问题；民生诉求……
26 岁数学天才回国任教；底层技术、通信、网络安全；B2S：智能家居、智能硬件。——智岐屋物联网 IoT 人脉商机	中国主导国际团队研发新型可编程光子芯片……；计划 2021 年底共建共享完成 40 万基站 700MHz5G 网络建设……。	现有基础设施；网络与信息安全保障能力……

在利用 DiVoMiner®平台对物联网应用归纳得到的影响因素进行提取后，得到与各影响因素相关语段在 449 份文本中出现的次数如表 3.4 所示。

表 3.4 影响因素次数

Tab. 3.4 Frequency table of influencing factors

序号	影响因素	次数	序号	影响因素	次数
1	政府监管问题	600	11	城市经济实力	31
2	宣传推广问题	62	12	人才培养体系和模式	153
3	组织规划问题	421	13	人才供给来源	122
4	政策支持	23	14	企业管理水平	15
5	技术创新	43	15	企业建设能力	31
6	标准支撑不足	662	16	企业和机构协同创新	23
7	网络与信息安全保障能力	122	17	现有基础设施	185
8	运维机构问题	289	18	数字经济问题	32
9	资金扶持力度	208	19	民生诉求	72
10	投融资渠道缺乏	29			

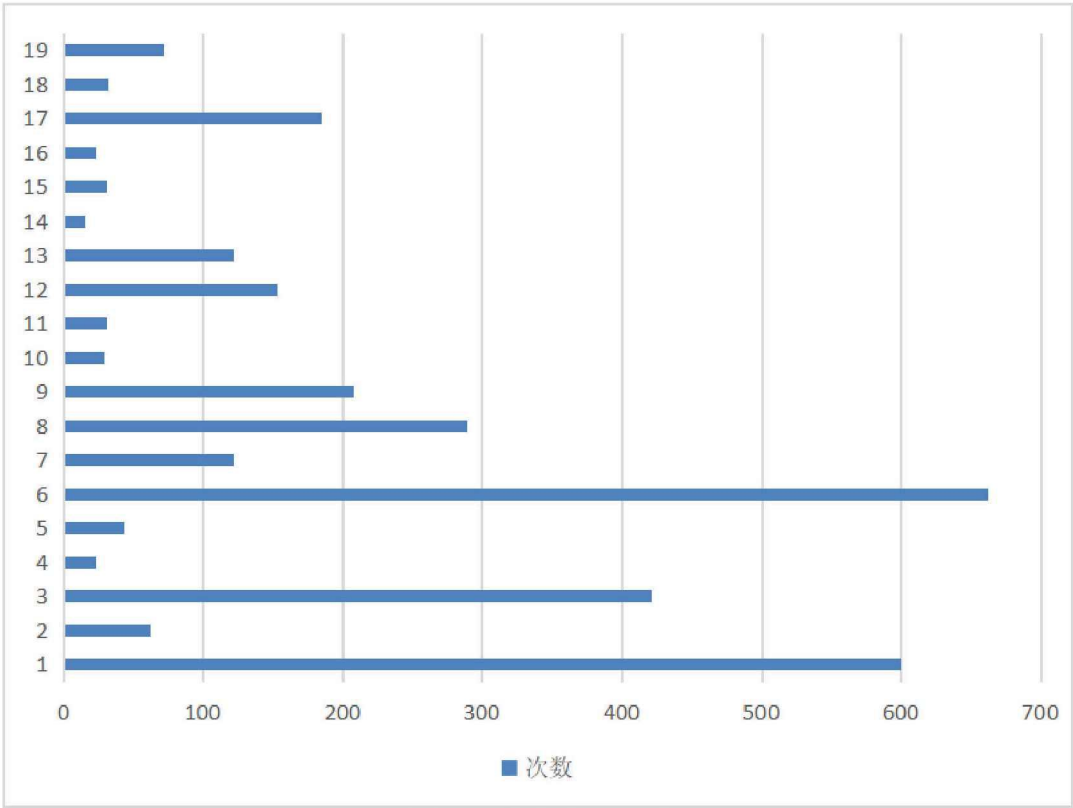


图 3.4 影响因素次数

Fig. 3.4 Factor frequency

从表 3.4 和图 3.4 可知，449 份文本中影响因素标准支撑不足、政府监管问题和组织规划问题出现的次数比其他因素多得多，均大于 400，说明成都市非常重视物联网技术标准支撑体系的建设，对物联网产业的监督管理以及相关工作的组织规划问题。而影响因素城市经济实力、企业管理水平等的相关语段在文件中出现的次数偏小，说明在智

慧城市建设的物联网应用上成都市各个机构并没有过多重视这些影响因素所产生的影响力,而对标准支撑不足、政府监管问题和组织规划问题这 3 个影响因素关于智慧城市建设的物联网应用影响力给予了较多的关注。

### 3.2.3 成都市智慧城市的物联网应用影响因素确定

从表 3.1 来看,根据文献提取的全世界范围内的智慧城市建设的物联网应用影响因素合计 24 个,而表 3.4 中根据成都市的相关文本资料提取了成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素 19 个。综合两个表来看,提取的影响因素与物联网实际情况相符,表 3.1 的 24 个影响因素包含了表 3.4 的 19 个影响因素,其中表 3.1 相对表 3.4 多出的 5 个影响因素为“运行成本”、“人才能力”、“公众期望和质量感知效率”、“基础理论研究”和“城市开放度”。由于对智慧城市建设的物联网应用实际实践经验的缺乏,不能确定以上因素是否为成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素,因此,本文通过对相关专家进行访谈进一步确定成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素。

为进一步明确成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素,访谈了成都市内对智慧城市、物联网相关的政府部门以及企事业单位的 21 位有经验的专业人士对成都市物联网应用影响因素进行确定,接受访谈的专家背景资料如表 3.5 所示,并在最后得到 22 个影响因素指标体系如表 3.6 所示。

表 3.5 访谈专家信息  
Tab. 3.5 Interview expert information

访谈问题	选项	人数	比例
最高学历	本科	4	19.05%
	硕士	6	28.57%
	博士	10	47.62%
	其他	1	4.76%
工作单位	政府单位	6	28.57%
	科研单位	6	28.57%
	企/事业单位	8	38.10%
	其他	1	4.76%
工作年限	专家资格年限 1-5 年	10	47.62%
	专家资格年限 6-10 年	7	33.33%
	专家资格年限 10 年以上	4	19.05%

从表 3.5 可以看出,接受访谈的 21 位专家中最高学历博士占比最高,为 47.62%,

其次是硕士。从专家工作单位来看,大多是在物联网相关的企、事业单位工作,然后从事相关科研工作和政府工作的人数一样,均为6名。从工作年限上来看,从事物联网相关工作1-5年的人数最多为10人,占比47.62%,工作6-10年的人为7人,占比33.33%,10年以上的人数最少为4人,所以通过专家访谈得到的数据具有一定的可靠性。

表 3.6 影响因素指标体系  
Tab. 3.6 Index system of influencing factors

影响因素	解释
政府监管问题 (S1)	监管体系的建立,完善及实施力度
宣传推广问题 (S2)	政府对智慧城市及物联网应用的宣传推广
组织规划问题 (S3)	信息集成共享管理,电子行政服务管理,城市规划、土地规划、发展规划
政策支持 (S4)	税收制度,科研技术支持政策,资金政策,人才引进政策等
技术创新 (S5)	物联网技术创新意愿、能力及应用
标准支撑不足 (S6)	现有物联网技术标准体系的建立与实施
网络与信息安全保障能力 (S7)	现有物联网技术安全性、便捷性、兼容性、先进性等
运维机构问题 (S8)	物联网运维机构其他管理问题
资金扶持力度 (S9)	缺少专项资金项目
投融资渠道缺乏 (S10)	政府导向型作用不强,缺乏社会资本投入
建设运营成本 (S11)	建设运营成本高
城市经济实力 (S12)	城市生产总值、固定资产投资比例、第三产业生产总值、人均收入等经济指标
人才培养体系和模式 (S13)	复合型人才培养,大规模开展现代产业和重点领域专业人才培养
人才供给来源 (S14)	供给来源,如高等院校,培训机构
引进人才质量 (S15)	信息技术发展前沿的高层次创新创业人才以及人才专业能力、学历等
企业管理水平 (S16)	企业发展理念,管理模式,人才队伍建设,利益分配机制等
企业建设能力 (S17)	企业建设资质,信息收集、传递、共享能力,建设监管统筹能力等
企业和机构协同创新 (S18)	企业间资源共享,交流合作程度
现有基础设施 (S19)	交通、通信等现有基础设施及其新旧程度
数字经济问题 (S20)	数字经济特色产业规模相对偏小、产业优势特色不明显、区域间资源共享合作不畅、数字化程度不高
民生诉求 (S21)	市民生活诉求,市民幸福感、获得感
理论认知不足 (S22)	对智慧城市建设及物联网相关的具有指导性作用的科研成果

在表 3.6 中,通过分本分析得到的 19 个因素均被视作影响成都市智慧城市建设的物联网应用的关键因素,并在此基础上还将建设运营成本、引进人才质量和理论认知不

足放进因素体系中去了。最终得到的 22 个影响因素比较散乱，维度和层面较多，内在逻辑不明，因素之间的相互关系模糊。解释结构模型（ISM）是有效分析复杂社会经济系统的一种方法，可将系统中各要素之间复杂、凌乱的关系分解成清晰、多级递阶的结构形式，以揭示各因素之间的互动关系和影响机理。因此，本文利用解释结构模型来确定成都市智慧城市建设的物联网应用因素之间错综复杂的关系，并主要是从政府、企业、社会 3 个层面展开成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素的机理分析并提出相关对策建议。

### 3.3 成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素递阶结构分析

在对成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素确定的基础上，对以上专家进行进一步访谈来确定影响因素之间的相互作用关系，并通过解释结构模型（Interpretative Structure Modeling Method, 简称 ISM）建立了成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素系统图，对影响因素进行分层分级，并理清了影响因素系统内部 22 个因素之间的相互作用关系。

#### 3.3.1 解释结构模型介绍

解释结构模型法（ISM）是当前被大家普遍应用的系统科学方法，是搭建在自然科学与社会科学之间桥梁的一种有效的研究方法。ISM 方法通过先将需要进行分析的系统拆分成各种由因素构成的子系统，接下来便是分析各因素之间的直接二元关系，接着便是将概念模型映射成有向图，通过布尔逻辑运算，最后揭示系统的结构，并给出不损失系统整体功能前提下，以最简单的层次化的有向拓扑图的方式呈现出来。ISM 相较于表格、文字、数学公式等方式描述系统的本质，具有极大的优势。因为它是以层级拓扑图的方式展示结论，这种展示效果好，直观性强，通过层级图可以一目了然的清楚系统因素的因果层次，阶梯结构。

ISM 的适用面十分广泛，从能源问题等国际性问题到地区经济开发、企事业甚至个人范围的问题等。它在揭示系统结构，尤其是分析教学资源内容结构和进行学习资源设计与开发研究、教学过程模式的探索等方面具有十分重要作用，它也是教育技术学研究中的一种专门研究方法。

本文基于 ISM 方法的影响因素机理研究的路线如图 3.5 所示。

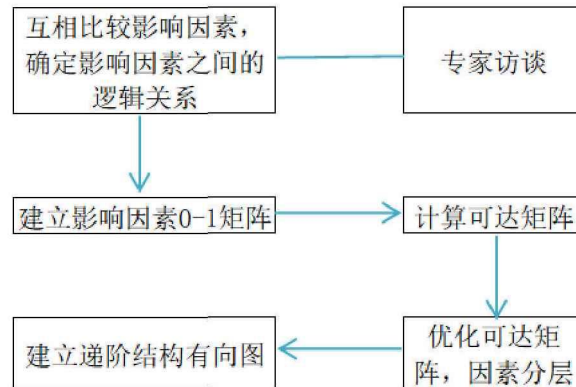


图 3.5 影响因素分层研究路线

Fig. 3.5 Layering study route of influencing factors

### 3.3.2 影响因素解释结构模型建立

#### (1) 邻接矩阵建立

邻接矩阵 (Adjacency Matrix) 用于描述智慧城市建设的物联网应用影响因素系统内各要素两两之间的直接关系。首先，确定影响因素系统构成， $S = (S_1, S_2, S_3, \dots, S_{22})$  其中  $S_1 \sim S_{22}$  为影响因素。本文定义  $S_i RS_j$  为因素  $S_i$  对因素  $S_j$  有直接影响， $S_i \bar{R} S_j$  为因素  $S_i$  对因素  $S_j$  无直接影响。最后，将所有因素间的关系归纳汇总成一个邻接矩阵因素  $A = (a_{ij})$ ，其中  $A$  的元素  $a_{ij}$  如下所示。

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & S_i \bar{R} S_j \\ 1, & S_i RS_j \end{cases} \quad (3.1)$$

通过对 21 位经验丰富来自不同工作单位的专家进行访谈，22 个影响因素间的直接影响关系得到初步确认。在此基础上，通过以上方式进行汇总得到影响因素邻接矩阵  $A$  为如表 3.7 所示。另外，在判断因素之间影响关系是否存在时，本文设置了一个阈值为 80%，即超过 80% 的专家认为两因素之间存在某种关系时才确定这两个因素之间存在关系，且将两者关系赋值为 1，否则为 0。

表 3.7 影响因素邻接矩阵

Tab. 3.7 Adjacency Matrix of influence factors

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22
S1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1
S3	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1
S4	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1
S5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	0
S6	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S7	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0
S8	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
S9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
S10	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
S11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
S12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
S13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0
S15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0
S16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
S17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
S18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
S19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0
S20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
S21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
S22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1

## (2) 计算可达矩阵

对邻接矩阵  $A$  和单位矩阵  $I$  求和, 得到矩阵  $(A+I)$ 。采用布尔运算规则, 对  $(A+I)$  进行幂运算, 直至式(3.2)成立, 即运算输出的矩阵中不产生新的“1”, 即影响因素之间不发现新的间接关系为止。

$$M = (A+I)^{(n+1)} = (A+I)^n \neq \dots \neq (A+I)^2 \neq (A+I) \quad (3.2)$$

此时矩阵  $M = (A+I)^{(n+1)}$  为可达矩阵。

根据表 3.7 中所建立的成都市物联网应用影响因素邻接矩阵  $A$  进行  $(A+I)$  的幂运算, 当  $n=4$  时,

$$M = (A+I)^5 = (A+I)^4 \neq \dots \neq (A+I)^2 \neq (A+I) \quad (3.3)$$

得到可达矩阵如表 3.8 所示。

表 3.8 影响因素可达矩阵

Tab. 3.8 Reachability matrix of influence factors

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	驱动力
S1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
S2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	18
S3	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	18
S4	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	18
S5	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	11
S6	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	18
S7	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	18
S8	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	18
S9	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	8
S10	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	13
S11	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	11
S12	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5
S13	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	5
S14	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	11
S15	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	11
S16	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3
S17	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	3
S18	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	7
S19	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	7
S20	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	6
S21	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
S22	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2
依 赖 性	22	6	6	6	7	6	6	6	2	1	8	17	17	1	1	19	19	14	14	12	12	13	

### (3) 构建影响因素层级递阶图

根据可达矩阵进行区域划分、级间划分和强连通块划分。级间划分的目的是以可达矩阵为准则，将系统中的所有要素划分成不同层次。首先，从可达矩阵  $M$  可求出各因素的可达集  $R(s_i)$ 、前因集  $A(s_i)$  及它们的交集  $R(s_i) \cap A(s_i)$ ，如表 3.9 所示。进一步计算可得到共同集合  $T$  以及最高要素集合  $L$ 。其中，

表 3.9 影响因素可达集、前因集、共同集

Tab. 3.9 Reachability set, antecedent set and common set for influencing factors

	可达集 $R(S_i)$	前因集 $A(S_i)$	交集 $R(S_i) \cap A(S_i)$
S1	S1	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S1
S2	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S11, S12, S13, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S2, S3, S4, S6, S7, S8	S2, S3, S4, S6, S7, S8
S3	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S11, S12, S13, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S2, S3, S4, S6, S7, S8	S2, S3, S4, S6, S7, S8
S4	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S11, S12, S13, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S2, S3, S4, S6, S7, S8	S2, S3, S4, S6, S7, S8
S5	S1, S5, S12, S13, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8	S5
S6	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S11, S12, S13, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S2, S3, S4, S6, S7, S8	S2, S3, S4, S6, S7, S8
S7	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S11, S12, S13, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S2, S3, S4, S6, S7, S8	S2, S3, S4, S6, S7, S8
S8	S1, S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S11, S12, S13, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S2, S3, S4, S6, S7, S8	S2, S3, S4, S6, S7, S8
S9	S1, S9, S12, S13, S16, S17, S18, S19	S9, S10	S9
S10	S1, S9, S10, S11, S12, S13, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S10	S10
S11	S1, S11, S12, S13, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S2, S3, S4, S6, S7, S8, S10, S11	S11
S12	S1, S12, S13, S16, S17	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S18, S19, S20	S12, S13
S13	S1, S12, S13, S16, S17	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S18, S19, S20	S12, S13

表 3.9 续  
Tab. 3.9 Cont

	可达集 $R(S_i)$	前因集 $A(S_i)$	交集 $R(S_i) \cap A(S_i)$
S14	S1, S12, S13, S14, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S14	S14
S15	S1, S12, S13, S15, S16, S17, S18, S19, S20, S21, S22	S15	S15
S16	S1, S16, S17	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S20	S16, S17
S17	S1, S16, S17	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S12, S13, S14, S15, S16, S17, S18, S19, S20	S16, S17
S18	S1, S12, S13, S16, S17, S18, S19	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S14, S15, S18, S19	S18, S19
S19	S1, S12, S13, S16, S17, S18, S19	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S9, S10, S11, S14, S15, S18, S19	S18, S19
S20	S1, S12, S13, S16, S17, S20	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S10, S11, S14, S15, S20	S20
S21	S1, S21, S22	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S10, S11, S14, S15, S21	S21
S22	S1, S22	S2, S3, S4, S5, S6, S7, S8, S10, S11, S14, S15, S21, S22	S22

$$R(S_i) = \{S_i \in N | M_{ij} = 1\} \quad (3.4)$$

$$A(S_i) = \{S_i \in N | M_{ji} = 1\} \quad (3.5)$$

$$T = \{S_i \in N | R(S_i) \cap A(S_i) = A(S_i)\} \quad (3.6)$$

$$L = \{S_i \in N | R(S_i) \cap A(S_i) = R(S_i)\} \quad (3.7)$$

首先, 根据可达矩阵求出各因素的可达集  $R(S_i)$  与先行集  $A(S_i)$ 。 $R(S_i)$  是因素  $S_i$  可达到的集合, 由可达矩阵的第  $i$  行中所有元素为 1 的列对应的要素组成;  $A(S_i)$  是到达因素  $S_i$  的集合, 由可达矩阵  $R$  的第  $i$  列中所有元素为 1 的行对应的要素组成。并求出可达集和前因集的交集  $R(S_i) \cap A(S_i)$ , 若  $R(S_i) = R(S_i) \cap A(S_i)$ , 就把对应的因素

放在第一层，接着再把第一层中的因素从可达矩阵中划去，再从剩下的矩阵中找出新的第一层因素，按照这样的方式循环下去，将 22 个影响因素划分在 6 个层次，详见表 3. 10。

表 3. 10 影响因素层级结构  
Tab. 3.10 Hierarchical structure of influencing factors

层级	因素
L <sub>1</sub>	S1
L <sub>2</sub>	S16, S17, S22
L <sub>3</sub>	S12, S13, S21
L <sub>4</sub>	S18, S19, S20
L <sub>5</sub>	S5, S9, S11, S14, S15
L <sub>6</sub>	S2, S3, S4, S6, S7, S8, S10

最后根据影响因素的层级结构以及驱动性和依赖性构建出成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素层级递阶图，如图 3. 6 所示。

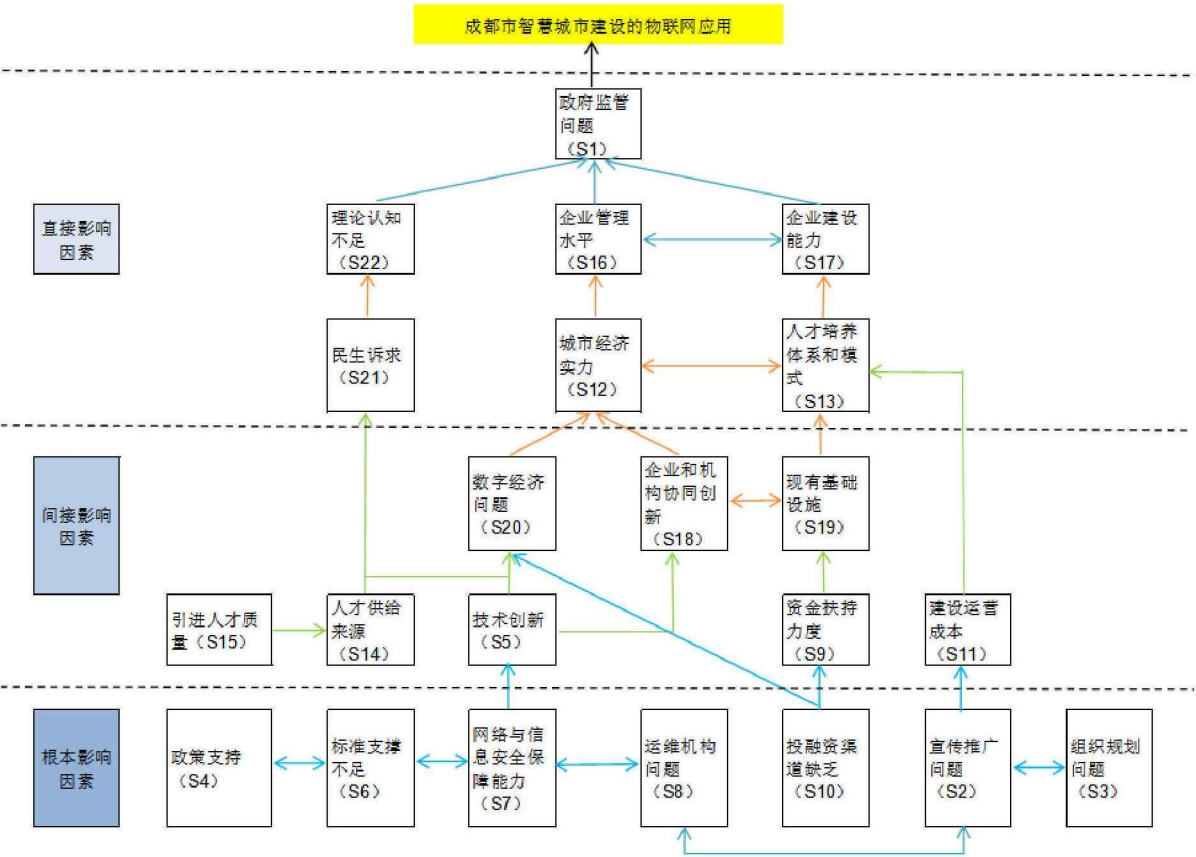


图 3. 6 影响因素层级递阶图  
Fig. 3.6 Hierarchical Diagram of influencing factors

从图 3.6 可以看出, 智慧城市建设的物联网应用影响因素系统中变量多、关系多, 满足复杂性的特点。从系统图建立的过程可知, 该系统一开始并不是稳定运行的, 但通过不断地演变, 逐步趋于稳定, 满足非平衡态和演化性的特点。整个系统图也满足开放性特征, 既能保持对外开放的状态, 又可以输出相应的行为来应对外部作用。系统内部各个影响因素之间的关系非常复杂, 而且还不是简单的线性相关, 满足非线性的特点。系统内部影响因素之间既可以进行资源信息传播, 也有彼此之间的相互作用关系, 满足有机关联性的特征。从图中可以看出, 成都市物联网应用影响因素系统一共分为了三个层级, 第三层级为根本影响因素, 第二层级为间接影响因素, 第一层级为直接影响因素, 其中重要性依次为根本影响因素、间接影响因素、直接影响因素。

### 3.3.3 成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素机理分析

从成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素层级递阶图来看, 政府、企业、社会各个层面的影响因素之间相互作用关系错综复杂, 现对其进行机理分析如下:

第一层级的直接影响因素包含了前三层的 7 个影响因素, 分别为政府监管问题(S1)、企业管理水平(S16)、企业建设能力(S17)、理论认知不足(S22)、城市经济实力(S12)、人才培养体系和模式(S13)、民生诉求(S21)。民生诉求影响着物联网应用相关的基础理论研究, 进而影响着政府对物联网应用的监管, 从而影响了成都市智慧城市建设的物联网的应用。城市经济实力、人才培养体系和模式相互影响, 并且由于成都市物联网应用的经济实力问题以及人才培养的问题进一步对物联网相关企业的自我管理建设产生影响, 从而导致政府对智慧城市建设的物联网应用的监管不到位, 最终影响到了成都市智慧城市建设的物联网的应用。

第二层级的间接影响因素包含了第四至第五层的 8 个影响因素, 分别为企业和机构协同创新(S18)、现有基础设施(S19)数字经济问题(S20)、技术创新(S5)、资金扶持力度(S9)、建设运营成本(S11)、人才供给来源(S14)、引进人才质量(S15)。这些因素在成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素系统中起着承上启下的作用, 通过接受第三层级影响因素带来的影响, 不仅影响了自身还传递给了第一层级的影响因素, 进而阻碍了成都市物联网的应用。其中, 引进人才的素质、理论知识体系不够, 造成了相关工作人员不知道该从哪里来引进物联网人才, 而且大量的工作人员对成都市市民关于智慧城市建设、物联网需求的认识不够深入, 造成了成都市数字经济发展遇到阻碍。由于企业关于智慧城市建设的物联网相关技术的创新不够, 进一步对居民需求、数字经济发展以及企业与机构之间的协同创新产生了影响。由于对物联网应用的资金扶持不到位造成了物联网应用所需的基础设施建设不完善, 同时也对企业和机构的协同创新产生了一定影响。此外, 由于物联网应用于智慧城市建设的成本高昂, 直接导致了智慧城市建设的物联网应用的人才培养体系得不到完善。

位于最底层的 7 个根本影响因素，包括了宣传推广问题（S2）、组织规划问题（S3）、政策支持（S4）、标准支撑不足（S6）、网络与信息安全保障能力（S7）、运维机构问题（S8）、投融资渠道缺乏（S10）。其中政策支持、标准支撑、宣传推广、组织规划、技术层面的网络信息安全保障、运维机构问题两两相互作用，并且由于政府等相关部门的一系列动作，物联网的技术创新、运营成本产生了一定的影响，进而影响成都市智慧城市建设的物联网的应用。另外，投融资渠道缺乏通过影响数字经济的发展、物联网的资金扶持力度进一步影响着成都市智慧城市建设的物联网的应用。

综上所述，影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理是“在政府、企业、社会层面各类组织管理的作用下，共同实现着成都市物联网应用和技术、经济、人才等各种实力的提升，最终实现成都市智慧城市建设的物联网的良好应用。”。

### 3.4 本章小结

本章首先通过文献分析、文本分析和专家访谈确定了 22 个成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素，然后再借助解释结构模型对物联网应用影响因素之间的相互作用关系进行了系统的层级分析，建立成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素递阶图，揭示了成都市物联网应用是在政府、企业、社会层面各类条件的作用下，共同影响着成都市物联网应用和技术、经济、人才等各类实力的提升，最终实现成都市智慧城市建设中物联网的良好应用。

## 4 成都市智慧城市的物联网应用影响因素社会网络分析

在第三章通过解释结构模型（ISM）对智慧城市建设的物联网应用影响因素系统进行分层分级的基础上，得到了影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理，接下来则是对所得机理进行重要性验证。本章采用社会网络分析方法对物联网应用影响因素系统中影响因素重要性进行验证。首先是通过问卷调查法来收集相关数据，然后运用社会网络分析的相关指标来确定智慧城市建设的物联网应用影响因素的重要性。

社会网络分析（Social Network Analysis, SNA）具有非常长久的研究历史，在 20 世纪 30 年代早期，人类学、心理学、数学等不同学科都涉及到了社会网络相关的研究，为其后期的发展奠定了深厚的理论基础，伴随着社会网络分析在各个研究领域的应用发展，弗里德曼指出社会网络分析方法具有 4 个特征：（1）具有独特的网络结构性；（2）网络关系数据具有系统性；（3）可根据关系矩阵建立相关的图形或社群图、图论；（4）建立的网络关系模型能够进行定性和定量的计算分析意义。

社会网络分析是综合运用图论、网络关系模型来研究行动者与行动者、行动者与其所处社会网络、以及一个社会网络与另一社会网络之间关系的一种结构分析方法。这里的“行动者”，也叫做“节点”，它可以是单个的个体，也可以是一个群体、一个组织，还可以是一个国家等等，这些由节点和节点之间的关系所构成的网络就叫社会网络（Social Network）。

社会网络以其独特的分析视角得到了越来越多学科的青睐，并得以迅速发展。社会网络分析方法从本质上来说，它是一种对关系的研究，是一种异于传统统计学和数据分析的理论方法，它主要是探究网络节点及其相互之间的关系，通过对节点之间的关系模型来展开研究，分析结构特征及其对各个节点和整个群体的作用的一种研究方法<sup>[112]</sup>。在社会网络分析中存在两类研究，一类是整体网络分析，另一类则是个体网络分析。

### 4.1 问卷数据收集

对智慧城市建设的物联网应用影响因素重要性的数据收集方法有很多种，如问卷法和访谈法等。因为考虑到物联网应用涉及的行业范围广，调查对象的知识以及实践经验储备呈现多样化的特点，因此本文在对智慧城市建设的物联网应用影响因素进行重要性打分时采用问卷调查法。

问卷是我们在进行调查研究时经常用的一种工具，他采用的是标准化的问询方法，但有时候根据需要，问卷也可以是灵活多变非标准化的，因此问卷问询的类型就分为了结构式、半结构式、主题式和漫谈式 4 种问询方式，问卷内容则包含了封面信、指导语、题器、编码格（理论上必需，电子问卷不需要）、审核，调查过程记录等相关信息。在问卷设计时应注意两个原则，一是问询方式及方法的标准化，比如对同一类型问题的答

案设置时,应注意答案的个数及排列顺序要一致,不然后期在进行调查结果统计编码时非常不方便,还很容易出错。二是要遵循两个一致性,就是被访者与被访者、被访者与研究者要一致,这里的一致则是指对双方对问题的理解以及文化背景等的一致,否则便会造成调查结果不能使用,研究结果与实际不符的现象产生。对于问卷调查研究程序以及本文问卷调查逻辑如图 4.1 所示。

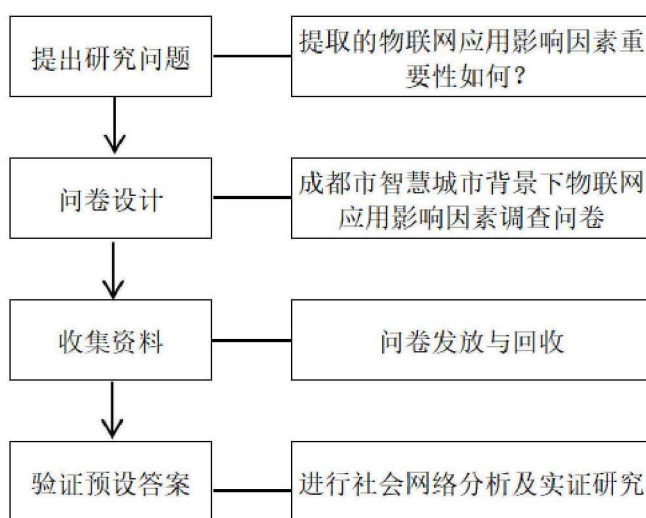


图 4.1 问卷调查研究程序  
Fig. 4.1 Questionnaire procedure

#### 4.1.1 问卷设计与收集

将成都市物联网应用 22 个影响因素作为成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素重要性调查问卷的原始依据。问卷设计时,为防止调查过程中出现被访者对研究问题的认知偏差,遵循必要性、充分性和适用性原则,每个题项都是问卷调查所必须的,且设置情境带入题,使被访者能够快速进入智慧城市背景下物联网应用的研究情景,并达到被访者与被访者、研究者与被访者之间对研究问题的认识保持一致性。另外,为了防止被访者回答问题发生倾向性错误,问卷题项的问题和答案设置均保持中性客观。本问卷设置为封闭式问卷,通过问卷星发放电子问卷对被访者进行问卷调查。问卷一共设置了 12 道题,分为三部分,第一部分(1-5 题)为对被访者基本情况的调查,调查内容为行业、职称、学历等,为下一步的调查奠定基础。第二部分(6-11 题)旨在调查被访者对物联网应用的理解,主要是对成都市智慧城市物联网应用的重要性、物联网等概念进行调查,以此来判断问卷调查结果是否有效。第三部分(11、12 题)为成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素的重要性调查,题型为矩阵判断题并根据李克特五分量表法

对影响因素进行重要性打分。最后一题为开放性问题,设置目的是为了了解被访者的相关意见或建议。具体问卷详见附录 A。

问卷发放过程中,问卷调查对象应具有一定的可靠性,本文的问卷调查对象均是具有一定物联网工作经验,并且对成都市智慧城市建设情况、物联网应用情况有一定了解的群体。371 位被访者基本都对成都市智慧城市建设的物联网有一定程度的了解,并且经过一段时间工作的积淀,对所从事的行业在物联网应用方面都有一定的思考,有自己独特的见解,调查对象为对成都市智慧城市建设以及物联网应用有一定认识且具有相关工作经验的人。其次,在让被访者答题之前,对其进行相关知识概念的介绍,避免认知误差。问卷一共发放了 492 份,回收 371 份,问卷回收率为 75.41%,筛选无效或异常数据后 358 份。本章还对问卷调查结果进行了信度分析以及描述性统计分析,来确定调查数据的可靠性。

#### 4.1.2 问卷数据分析

##### (1) 信度分析

信度即可靠性,它是指采用同样的方法对同一对象重复测量时所得结果的一致性程度。信度指标多以相关系数表示,大致可分为三类:稳定系数(跨时间的一致性),等值系数(跨形式的一致性)和内在一致性系数(跨项目的一致性)。信度分析的方法主要有以下四种:重测信度法、复本信度法、折半信度法、 $\alpha$  信度系数法。

重测信度是用同样的问卷对同一组被调查者间隔一定时间重复施测,计算两次施测结果的相关系数,重测信度属于稳定系数。重测信度法特别适用于事实式问卷,如性别、出生年月等在两次施测中不应有任何差异,大多数被调查者的兴趣、爱好、习惯等在短时间内也不会有十分明显的变化。如果没有突发事件导致被调查者的态度、意见突变,这种方法也适用于态度、意见式问卷。

复本信度法是让同一组被调查者一次填答两份问卷复本,计算两个复本的相关系数。复本信度属于等值系数。复本信度法要求两个复本除表述方式不同外,在内容、格式、难度和对应题项的提问方向等方面要完全一致。

折半信度法是将调查项目分为两半,计算两半得分的相关系数,进而估计整个量表的信度。折半信度属于内在一致性系数,测量的是两半题项得分间的一致性。这种方法一般不适用于事实式问卷(如年龄与性别无法相比),常用于态度、意见式问卷的信度分析。在问卷调查中,态度测量最常见的形式是 5 级李克特量表。

Cronbach  $\alpha$  信度系数是最常用的信度系数,它评价的是量表中各题项得分间的一致性,属于内在一致性系数。这种方法适用于态度、意见式问卷(量表)的信度分析。问卷量表的信度系数最好在 0.8 以上,0.7-0.8 之间可以接受,0.6-0.7 还可以接受。Cronbach's  $\alpha$  系数如果在 0.6 以下就要考虑重新编问卷。

本文则是运用 Cronbach  $\alpha$  信度系数对问卷调查结果进行信度分析, 得到量表部分的整体 Cronbach  $\alpha$  信度系数为 0.925, 大于 0.8, 问卷信度很好, 表明本研究具有良好的内部一致性。

## (2) 描述性统计分析

### ①基本情况分析

从生活地点来看(如图 4.2 所示, 其中“是”表示为生活在成都, “否”则不是), 354 位被访者中有 70.95% 生活在成都, 29.05% 并没有生活在成都, 但基本也是生活在除成都市以外的四川省其他地区, 对成都市相关建设情况都有大概了解, 有切实的感受。另外, 被访者中有 29 位并没有在成都或者四川生活, 但他们近几年基本都在成都生活学习过一段时间, 对成都相关情况了解很多, 并且他们很多都是学术界或业界相关研究的专家, 对智慧城市建设的物联网做了非常深入的调查研究, 他们的调查结果非常具有权威性。并因此从被访者生活地点来看, 该问卷的调查结果具有代表性。

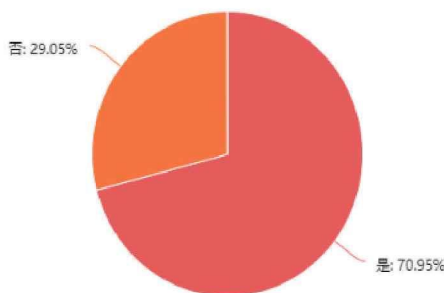


图 4.2 生活地点分布

Fig. 4.2 Distribution of living places

从行业分布情况来看(如图 4.3 所示), 从事金融(占比 18.44%)、软件信息技术产业(占比 24.3%)、制造业(占比 15.08%)和建筑和房地产业(占比 13.42%)这 4 个行业的人员相对较多。这种情况的形成应该与物联网的产业特点有关, 第一, 物联网都是信息技术的相关产业, 技术创新开发是它们产业发展的前提条件; 第二, 金融行业的资金来源丰富, 可以为物联网产业发展提供稳定的经济来源; 第三, 制造业是将物联网产业的产业发展产品输出的重要体现; 第四, 建筑和房地产业对物联网产业的产品应用较多, 比如智慧工地、智慧水务等工程建设等, 在建筑和房地产行业可以得到很好的应用和推广效果; 所以, 以上 4 个行业人员分布较多属于正常现象。另外, 除了以上 4 个行业外, 其他行业也对一定的人员进行了调查, 因此该问卷调查结果基本覆盖了所有相关行业, 具有代表性。

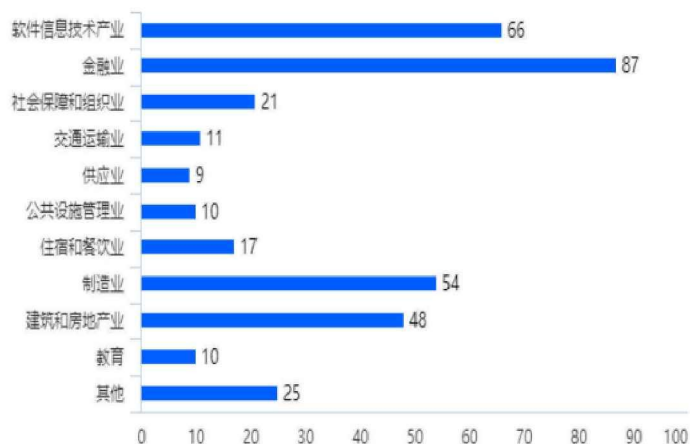


图 4.3 行业分布

Fig. 4.3 Distribution of Industry

从工作年限来看(如图 4.4 所示),工作了 0-10 年的人数 162 人,占比最多为 45.25%,工作 10-20 年的人数 81 人,占比 22.63%,工作了 20-30 年的人员 72 人,占比为 20.11%,占比为 12.01%的为工作了 30 年以上的人群,人员数量为 30 年及以上。由此可见,各工作年限段均有人员参与调查,且占比都不低于 20%,这样可以更加全面地采集各阶段人员的看法意见。另外,工作年限在 10 年以内的人群大多为 80、90 后,这一阶段人群思维活跃,与智慧城市建设的物联网等新一代信息结束接触也更多,所以可以多加收集他们的看法意见。

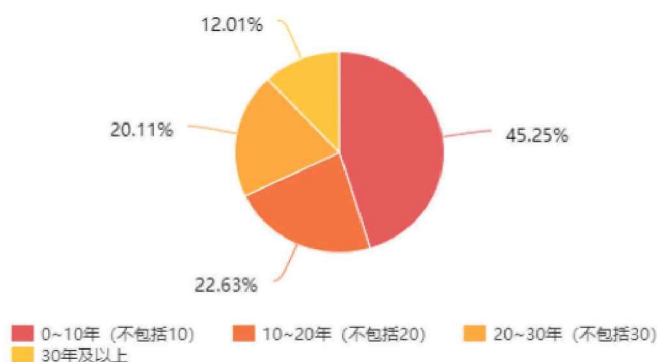


图 4.4 工作年限分布

Fig. 4.4 Distribution of working years

从职称分布来看(如图 4.5 所示),初级职称与中级职称占比差异不太大,并且都大于 30%,合计 64.53%,占据一半之多,再加上 14.8%的高级职称数量,拥有职称的被访者人数占据总人数的 79.33%之多,说明被访者大多具有良好的职业素养,并且对所处行业所处岗位的发展动态有自己独特的见解。因此,从被访者职称分布情况来看,此问

卷调查结果与各个行业的发展动态相匹配，具有代表性。

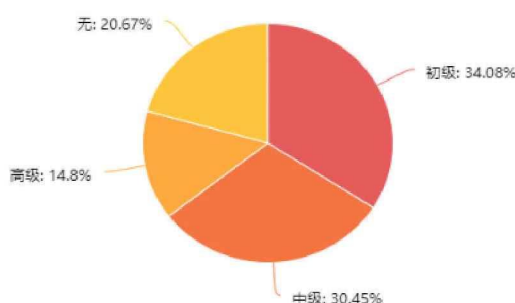


图 4.5 职称分布

Fig. 4.5 Distribution of Title

从最高学历分布来看（如图 4.6 所示），被访者中专科学历占据 23.18%，位于第三；本科学历占比 31.01%，位居第二；硕士学历占比最多为 33.8%；博士学历占比 11.73%，位居第四。由此可见，此问卷调查对象不仅包括具有科研经验的博士、硕士，还覆盖了具有实际实践经验的人群。这样一来，问卷调查结果便不会有过于学术性缺乏实践或是过于偏技术实操性缺乏学术性的现象发生，使得问卷调查结果更具全面性、代表性。

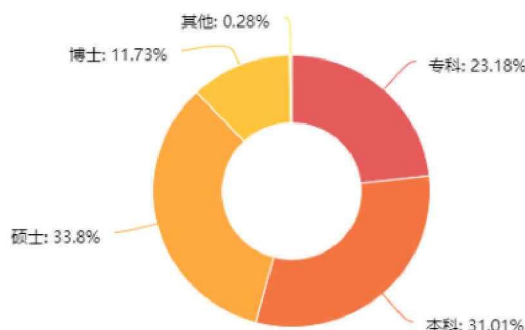


图 4.6 最高学历分布

Fig. 4.6 Distribution of highest Educational background

从问卷第一部分被访者基本情况调查结果来看，无论是从生活地点、从事岗位行业、工作年限来看，还是从职称、学历，问卷都符合代表性、权威性以及全面性的调查原则，问卷调查结果应该与实际情况差异不大，可以用于成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素重要性的研究。

## ②物联网应用理解分析

从智慧城市建设的物联网技术应用的重要性调查结果来看（如图 4.7 所示），认为

智慧城市建设的物联网技术应用到智慧城市建设中非常重要的占比 48.88%，比较重要的占比 46.37%，而认为一般重要、不太重要，一点也不重要的占比都很少，均小于 2.6%。另外，此题有一人漏答，可忽略不计。由此可见，物联网技术应用到智慧城市建设工作中的是非常重要的，我们应加强对相关方面的研究和应用。

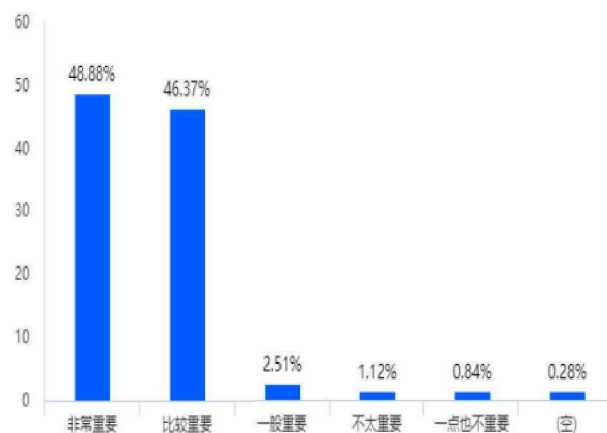


图 4.7 物联网技术应用

Fig. 4.7 Application of Internet of things technology

从对物联网的概念理解方面的调查结果来看（如图 4.8 所示），98.04%的人认为物联网是以互联网、传统电信网为信息载体，进而让所有能行使独立功能的普通物体实现互联互通，实现物品到物品，人到物品，人到人之之间的互联的网络。只有 1.96%的人认为不是。所以本文对物联网概念的理解与被访者的理解具有一致性，调查结果可用到智慧城市建设的物联网应用的影响因素研究中去。

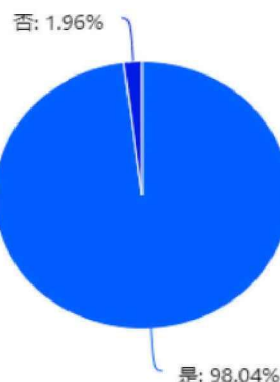


图 4.8 物联网概念理解情况

Fig. 4.8 Understanding the Internet of things concept

从问卷第二部分智慧城市背景下物联网应用的理解来看, 被访者与本文对智慧城市、物联网等相关概念理解都具有有一致性, 使得调查结果可用于本研究中, 避免了因理解有误造成了研究结果与实际情况不相符等不良后果的发生。另外, 此部分内容还有一个情景代入的作用, 被访者通过对本部分问题的作答可以很快进入到智慧城市背景下物联网应用的主题中去, 为下一部分的回答做了很好的铺垫。

### ③影响因素重要性调查分析

从问卷最后一题被访者提出的建议来看, 有的被访者指出“对于智慧城市的建设 5G 是否是重点? 而且对于物联网来说最主要的是对网络的延迟要求很高, 而 5G 网络延迟低速度快但是传播距离短。作为土木建筑和环境工程来说 5G 网络的建设成本问题怎样可以控制?” 所以对此我们应该仔细思考一下物联网应用上的 5G 建设问题, 以及如何来克服物联网应用所面临的网络延迟等困难, 如何来加强相关的技术服务创新, 以及所面临的高建设成本要如何来控制。这些都是当前我们应解决的问题, 也是学术界和业界的研究重点和物联网产业开发重点。

综上所述, 从问卷调查结果的信度分析以及被访者对问卷中每个问题的回答来看, 无论是从工作行业、职称、最高学历、对物联网的理解来看, 问卷调查结果具有代表性, 可用于对成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素的重要性分析。

## 4.2 智慧城市的物联网应用的影响因素社会网络分析

基于以上问卷调查数据, 对智慧城市建设的物联网应用的影响因素重要性进行分析。因为社会网络分析方法适用范围很广, 社会管理科学的很多研究都可以利用它来进行研究, 当然也适合对物联网应用的管理研究, 而且社会网络分析方法中各种理论可以从不同的角度来分析研究对象的重要性。所以本章利用社会网络分析方法建立了影响因素网络关系模型, 并借助整体网络分析、核心-边缘结构分析、个体网络分析进行成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素的定性和定量研究。

本研究要使用社会网络分析对影响因素重要性进行分析, 首先需要建立影响因素之间的关系矩阵, 然后再通过关系矩阵建立网络关系模型, 最后才能通过整体网络分析、核心-边缘结构分析、影响因素重要性分析对影响因素进行重要性验证。

### 4.2.1 影响因素网络模型建立

#### (1) 关系矩阵建立

本文使用 Ucinet6.0 软件进行二模矩阵转一模矩阵的操作, 该转化方式利用的是矩阵乘法来进行转化, 假设通过问卷数据得到的初始矩阵为  $m \times n$  的矩阵  $C$ , 并得到它的转置矩阵  $C^T$ , 然后通过  $C^T * C$  的方法来进行转化, 最终得到影响因素之间的一模关系矩阵  $B$ 。

转化方法如下。第一问卷收集得到的矩阵 C 如下所示：

$$C_{m \times n} = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n-1} & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n-1} & c_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c_{m1} & c_{m2} & \cdots & c_{mn-1} & c_{mn} \end{vmatrix} \tag{4.1}$$

通过转置得到 C<sup>T</sup>：

$$C^T_{n \times m} = \begin{vmatrix} c_{11} & c_{12} & \cdots & c_{1n-1} & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \cdots & c_{2n-1} & c_{2n} \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \cdots & c_{nn-1} & c_{nn} \end{vmatrix} \tag{4.2}$$

最后通过矩阵乘法运算得到初始关系矩阵 D：

$$D_{n \times n} = C^T * C \tag{4.3}$$

在本文中，通过问卷得到的初始矩阵 C 为 358×22 的矩阵，再将其转置得到 C<sup>T</sup> 为 22×358 的矩阵，通过以上乘法运算方法得到 22 个影响初始关系矩阵如表 4.1 所示。

表 4.1 影响因素初始关系矩阵

Tab. 4.1 Influence factor initial relation matrix

影响因素	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
S1	5952	6163	5812	6235	5683	6122	5650	6105	5559	6162	5633
S2	6163	6833	6305	6736	6157	6668	6119	6618	6019	6731	6109
S3	5812	6305	6182	6363	5844	6279	5792	6214	5680	6336	5773
S4	6235	6736	6363	6900	6201	6699	6177	6639	6053	6751	6131
S5	5683	6157	5844	6201	5930	6139	5672	6091	5574	6163	5640
S6	6122	6668	6279	6699	6139	6778	6111	6621	5974	6687	6076
S7	5650	6119	5792	6177	5672	6111	5869	6061	5526	6140	5604
S8	6105	6618	6214	6639	6091	6621	6061	6684	5947	6630	6025
S9	5559	6019	5680	6053	5574	5974	5526	5947	5660	6047	5505
S10	6162	6731	6336	6751	6163	6687	6140	6630	6047	6857	6142
S11	5633	6109	5773	6131	5640	6076	5604	6025	5505	6142	5819
S12	6144	6713	6307	6725	6150	6677	6118	6627	6027	6742	6119
S13	5688	6191	5851	6216	5724	6170	5700	6113	5593	6195	5641
S14	6134	6638	6238	6683	6116	6622	6091	6595	5956	6647	6052
S15	5651	6125	5773	6161	5672	6091	5622	6053	5514	6122	5597
S16	6112	6639	6255	6680	6110	6614	6072	6563	5944	6669	6073

表 4.1 续

Tab. 4.1 Cont

影响因素	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11
S17	5726	6198	5892	6244	5741	6182	5718	6156	5585	6221	5692
S18	6159	6685	6287	6724	6159	6657	6129	6621	5994	6691	6093
S19	5649	6104	5775	6151	5652	6092	5623	6049	5510	6118	5587
S20	6166	6710	6287	6726	6169	6663	6124	6629	6003	6691	6098
S21	5738	6171	5878	6239	5712	6160	5694	6110	5583	6211	5658
S22	6080	6592	6225	6635	6075	6590	6056	6528	5919	6625	6024
影响因素	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22
S1	6144	5688	6134	5651	6112	5726	6159	5649	6166	5738	6080
S2	6713	6191	6638	6125	6639	6198	6685	6104	6710	6171	6592
S3	6307	5851	6238	5773	6255	5892	6287	5775	6287	5878	6225
S4	6725	6216	6683	6161	6680	6244	6724	6151	6726	6239	6635
S5	6150	5724	6116	5672	6110	5741	6159	5652	6169	5712	6075
S6	6677	6170	6622	6091	6614	6182	6657	6092	6663	6160	6590
S7	6118	5700	6091	5622	6072	5718	6129	5623	6124	5694	6056
S8	6627	6113	6595	6053	6563	6156	6621	6049	6629	6110	6528
S9	6027	5593	5956	5514	5944	5585	5994	5510	6003	5583	5919
S10	6742	6195	6647	6122	6669	6221	6691	6118	6691	6211	6625
S11	6119	5641	6052	5597	6073	5692	6093	5587	6098	5658	6024
S12	6848	6186	6648	6134	6663	6245	6708	6129	6708	6195	6604
S13	6186	5979	6157	5676	6137	5767	6187	5658	6180	5731	6116
S14	6648	6157	6723	6082	6590	6186	6661	6069	6662	6152	6549
S15	6134	5676	6082	5837	6094	5704	6135	5593	6115	5687	6039
S16	6663	6137	6590	6094	6706	6177	6656	6069	6629	6143	6567
S17	6245	5767	6186	5704	6177	5992	6218	5686	6234	5789	6125
S18	6708	6187	6661	6135	6656	6218	6808	6118	6702	6187	6607
S19	6129	5658	6069	5593	6069	5686	6118	5812	6112	5679	6053
S20	6708	6180	6662	6115	6629	6234	6702	6112	6825	6191	6602
S21	6195	5731	6152	5687	6143	5789	6187	5679	6191	5970	6098
S22	6604	6116	6549	6039	6567	6125	6607	6053	6602	6098	6642

得到表 4.3 的关系矩阵后,需将其进一步进行二值化处理,本文采用了两种 0-1 化处理矩阵的方法,如下:

第一种方法为将各影响因素节点之间的关系强度平均值 6158 作为临界值,大于等于 6158 的关系强度值视作有关系赋值为 1,小于 6158 视作无关系赋值为 0,得到二值化矩阵如表 4.2 所示(以下称作矩阵一)。该矩阵中存在 3 个孤立点,分别为:资金扶持力度(S9)、建设运营成本(S11)、现有基础设施(S19)。

表 4.2 矩阵一

Tab4.2 matrix one

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22
S1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
S2	1	0	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
S3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
S4	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
S5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
S6	0	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
S7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S8	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S10	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S12	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
S13	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
S14	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	0	1
S15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S16	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1
S17	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
S18	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1
S19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S20	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1
S21	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
S22	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0

第二种方法则以关系强度中位数 6132 作为临界值，将大于等于 6132 视作有关系并赋值为 1，小于 6132 则赋值为 0 的方法进行二值化处理，得到新的 0-1 关系矩阵如表 4.3 所示（以下简称矩阵二）。该矩阵中存在 1 个孤立点为资金扶持力度（S9）。

表 4.3 矩阵二

Tab. 4.3 matrix two

	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22
S1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
S2	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
S3	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
S4	1	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S5	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0
S6	0	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
S7	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S8	0	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	0	1
S9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S10	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
S11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S12	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
S13	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
S14	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1
S15	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S16	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	0	1	1	1
S17	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
S18	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1
S19	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S20	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	1
S21	0	1	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0
S22	0	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0

## (2) 网络关系模型建立

将经以上两种方法二值化后的矩阵利用 Ucinet6.0 中的 Net Draw 功能建立物联网应用的影响因素网络关系模型。矩阵一对应的网络关系模型如图 4.9 所示（以下简称网络关系模型一）。该网络图模型包含 19 个影响因素节点，节点间的连线表示对应两个影响因素存在关系。

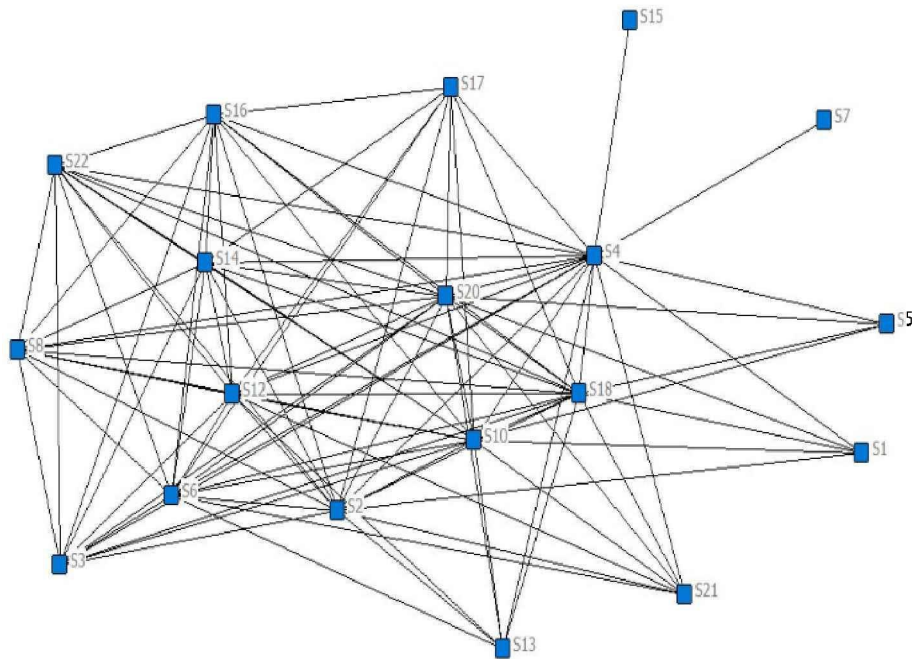


图 4.9 网络关系模型一

Fig. 4.9 Network relationship model one

矩阵二对应的网络关系模型如图 4.10 所示（以下简称网络关系模型二）。该网络图模型包含 21 个影响因素节点。

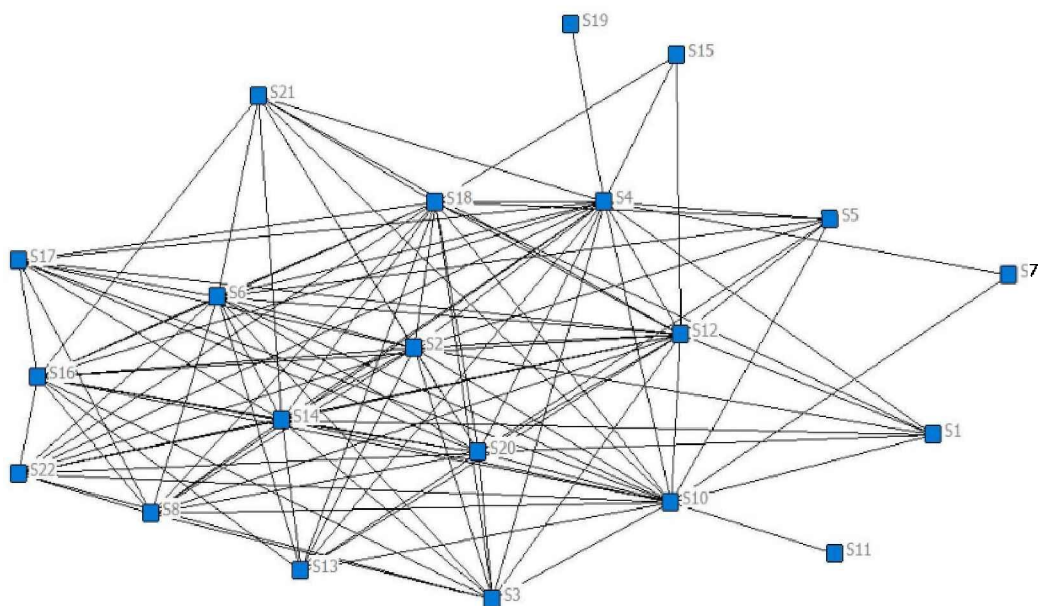


图 4.10 网络关系模型二

Fig. 4.10 Network relationship model two

#### 4.2.2 整体网络模型分析

整体网络分析分析对象最小是一个网络或者其中某些节点组成的小群体，而不是单个的节点，它主要是对整个网络中的所有节点、关系进行对比分析。整体网络分析主要由三个基本分析单位组成，分别是：对节点分析的一元层次；对网络连带分析的对偶层次；对整体分析的网络层次。通常来说，整体网络分析要按照一定的步骤来进行，这些步骤包括了以下几个方面：（1）确定分析的层次，即研究的网络对象是谁；（2）确定网络中节点间的连带关系；（3）搜集网络数据；（4）网络关系的测量；（5）网络数据分析；（6）得出分析结果。

在本文中主要从整体网络的距离（Distance）、平均路径长度（Average Path Length）、网络直径（Diameter）、网络密度（Density）、连带与节点比（Links per node）、网络规模（Network Size）、凝聚性分析进行分析和讨论。

网络距离是指网络中某两个节点之间的距离要通过几个节点，它反映节点间距离的长度。与距离相关的概念还有平均路径长度，它是指一个网络中两个节点间最小路径的平均值。网络距离与平均路径长度结合在一起可以反映节点间传递信息资源的快慢程度，平均路径长度最为理想的值为1，如果两节点间平均路径比1大很多，则整个网络的紧密度越低，节点间合作越困难。相反，若平均路径越接近于1的话，则网络紧密度越高，合作也就越容易，越高效。网络直径是指当两个节点间的最短距离算出来之后，其中最长的那个数字。当网络直径较小时，那么节点间连接度比较紧密，合作更加容易。相反，合作起来就更加困难。综上所述，从网络距离、平均路径长度、网络直径可以反映网络的四点特征，第一，整个网络的规模大小；第二，网络信息、知识、流言、物资需传递的距离和快慢；第三，节点间合作的难易程度；第四，节点之间联系的紧密程度等。

网络密度是指网络中实际存在的连带数与可容纳的连带数的比值，它反映的是节点间连接的紧密程度。社会网络密度的取值范围是 $[0, 1]$ ，当网络密度越接近1时，说明网络中每一节点与其他节点连接越紧密，等于1则表示每个节点都两两相连，节点间信息交流、资源共享、风险分散效率更高；当网络密度为0时，说明网络中每一节点与其他节点连接很少，等于0则说明该网络中任意两个节点之间都没有相连的，各个节点彼此孤立，这样网络中的信息交流、资源共享、风险分散效率更低，容易造成信息资源闭塞，进一步导致网络的瘫痪<sup>[113]</sup>。此外，在建立社会网络模型时，如果存在孤立点，应将孤立点先去除，再使用网络模型。网络密度计算公式如式（4.4）所示。

$$\text{网络密度} = \frac{\text{所有连带数}}{\text{所有可能连带数}} \quad (4.4)$$

此外，网络密度还要和连带与节点比相结合才能判断出网络连接的紧密程度高低，网络连带与节点比计算公式如式（4.5）所示。若某几个网络密度高，但连带与节点比不同，则说明连带与节点比更高的网络的紧密程度高。

$$\text{网络连带与节点比} = \frac{\text{所有连带数}}{\text{所有节点数}} \quad (4.5)$$

网络规模则是指网络中节点的数量，它反映的是网络的有效程度，传递信息的紧密程度以及处于权力中心的节点对其他节点管理难易程度。

凝聚性是指整体网络中节点的连接程度和凝聚程度，即各节点之间为实现整体的一个目标而能达到的在一定程度上团结协作能力高低，它是以网络中各节点的中心势

（Centralization）和凝聚子群（Cohesive groups）两个角度来展开分析。本文从中心势来进行理论介绍，中心势描述的是整个网络结构是否有向中心聚拢的趋势。根据节点向中心节点聚拢的程度，可以将网络分为中心势网络和去中心势网络。网络由中心势网络向去中心势网络的变化过程，对应着不同的网络结构，也就是星形网络向 Y 形、链式、圆周形网络的变化过程。当网络整体结构越接近于星形时，中心势越高，整个网络中节点协作效率更高效。计算网络中心势时，主要看点度中心度最高的节点与其他节点的点度中心度的差值大小，当差值越大，中心势越大，差值越小，中心势越小。当某个网络中心势高时，则它运行起来更有效率，它有一个很明确的领导，反应更加迅速。当网络去中心势高时，则该网络结构非常灵活，对中心领导的依赖性更低，但该种结构反应更加缓慢。

从以上两个网络关系模型可以看出，对初始矩阵二值化处理的方法不同，所得到的网络关系模型不同。即对节点间关系强度赋值为 1 的要求越严苛，网络节点数越少，规模越小，网络连带数越少，孤立点越多。从模型二到模型一实际是同一个网络从复杂向简单，从冗余向精简的演化过程。一开始，模型二拥有的节点更多，网络总的连带数越多，整个网络拥有的资源、信息越多，但却存在着信息滞留，资源不能被完全利用的风险。而模型一虽然拥有的节点数量少，网络总连带数也相对较少，但每个节点与其他节点均有至少 4 条连接。而且从两个模型中可以快速分辨出成都市物联网应用的影响因素所构成的关系模型的不同结构特征。从模型一和模型二可以看出 22 个影响因素的网络关系模型中，哪些因素处于核心区域，哪些因素位于边缘区域。

并且，两个网络模型的网络规模、平均路径长度、网络直径、网络密度、连带与节点比、中心势等结构指标值如表 4.4 所示。

表 4.4 整体网络结构指标

Tab. 4.4 Whole Network Structure Index

	节点数	连带数	平均路径长度	网络直径	网络密度	连带与节点比	中心势
网络模型一	17	200	1.415	2	0.433	11.765	0.467
网络模型二	21	230	1.462	3	0.498	10.952	0.448

从平均路径长度可以看出，两个网络模型的平均路径长度均大于 1，模型一比模型二小，说明模型二的网络紧密度更低，个别节点结合在一起可以反映节点间传递信息资源的速度较慢，它们之间合作也就更加困难。模型一因为去除的孤立点更多，造成了网络紧密度更高，节点间合作也就越容易，越高效。此外，模型二比一的平均路径长度之更大，应该是在共同移除了孤立点资金扶持力度（S9）的基础上，模型一又移除了模型二中建设运营成本（S11）、现有基础设施（S19）两个节点，而且它们在模型一中均只有一个连带，最终才形成了模型二最小路径的平均值偏大，说明从平均路径长度来看模型一比模型二更加稳定。这也说明了资金扶持力度（S9）、建设运营成本（S11）、现有基础设施（S19）是处于物联网应用影响因素网络关系模型的边缘区域的。

从网络直径来看，模型一为 2，模型二为 3，模型一小于模型二，表示模型一中节点间连接度比较紧密，合作更加容易，资源信息等交换流通也更迅速，说明从网络直径来看模型一比模型二稳定性更强。

从网络密度来看，从模型一比模型二小，说明模型一的节点间连接紧密程度比模型二疏松。模型二的节点间信息交流、资源共享、风险分散效率更高，而模型一信息交流、资源共享、风险分散能力则越来越弱，网络中信息资源更加闭塞，网络更容易瘫痪。此外，从模型一比模型二的孤立点多，也就使得网络越来越敏感，信息交流、资源共享、抗风险能力越来越弱。另外，加上连带与节点比来综合对比两个模型的脆弱程度，情况恰与网络密度角度分析的结果相反，模型一比模型二稳定性更强，这是由于模型二节点数比模型一多，使得模型二连带数也就越多，形成了模型二网络密度更高的现象。因此，从网络密度和连带与节点比来看，模型一稳定性更强。

从凝聚性中的网络中心势来看，模型一比模型二大，说明模型一节点凝聚性更强，运行起来更有效率，占据领导地位的节点更加明确，抵抗外部变化的反应能力更加迅速。而模型二运行效率想多较低。所以从凝聚性来看，模型一比模型二更稳定。

综上所述，两个模型中模型一综合稳定性最强，节点间合作更容易，整个网络的信息流通速度更快，资源更容易共享，抵抗风险能力更强，并且覆盖的节点数量与原有的相差也不大，不会造成大量数据的流失，适用于在个体网络中进行核心-边缘结构分析和中心度分析。

### 4.2.3 核心-边缘结构分析

基于本章以上对物联网应用影响因素的整体网络关系模型分析,本节使用模型一对应的网络关系矩阵进行了核心边缘分析,并通过计算各因素的核心度得到各因素的核心度值(如表4.5所示),将核心度值大于0.2的划分到核心区域,在0-0.2之间的则划分到边缘区域<sup>[114]</sup>,其中核心度的计算基于CORR算法来最终确定。最后通过以上划分规则将成都市智慧城市建设的物联网应用的影响因素分为核心区域、边缘区域两个区域如表4.6所示。

表 4.5 影响因素核心度

Tab. 4.5 Influence factor coreness

影响因素	核心度	影响因素	核心度	影响因素	核心度
S1	0.133	S9	0.043	S17	0.102
S2	0.282	S10	0.290	S18	0.290
S3	0.235	S11	0.043	S19	0.043
S4	0.300	S12	0.272	S20	0.290
S5	0.115	S13	0.168	S21	0.268
S6	0.272	S14	0.248	S22	0.235
S7	0.061	S15	0.061		
S8	0.235	S16	0.249		

表 4.6 影响因素核心-边缘结构区域划分

Tab. 4.6 Influence factor Sore-edge Structure Region Division

位置	影响因素
核心区域	S2、 S3 、 S4 、 S6 、 S8、 S10 、 S12、 S14 、 S16 、 S18 、 S20、 S21、 S22
边缘区域	S1、 S5、 S7、 S9、 S11 S13 、 S15 、 S17、 S19、

从表4.6可以看出,对于核心-边缘结构分析与第四章解释结构模型法分析结果比较一致,位于核心区域的影响因素大都是智慧城市建设的物联网应用影响因素系统图中的第一层级内的因素,位于边缘区域的因素囊括了影响因素系统图中第二和第三层级的所有因素,说明在影响因素系统图中具有重要作用的层级为第三层级根本影响因素。处于核心位置的影响因素有宣传推广(S2)、组织规划(S3)、政策支持(S4)等13个因素,处于边缘区域的有技术支持(S5)、网络与信息安全保障能力(S7)等9个因素。其中,核心区域的网络密度为0.896,边缘区域的网络密度为0.098。通过对比发现,核心区域的网络密度大于整体网络密度0.433,也比边缘区域网络密度大得多,这说明该区域内的影响因素合作更紧密,他们之间信息流动更快,资源共享程度更高,对物联网应用的影响力也就越大。同理,重要性不高的影响因素处于边缘区域的原因使得边缘区域的网络密度降低,区域内影响因素之间的信息流通速度更低,资源共享也不充分,

对物联网应用的影响力也不太大。因此，在成都市智慧城市建设的物联网应用的日常工作中，应密切关注位于核心区域处的影响因素及其相关行动主体的动态，以致能够让物联网更好地应用到成都市智慧城市建设中。

#### 4.2.4 影响因素重要性分析

本文对影响因素重要性分析是基于个体网络分析来进行的，个体网络分析对象对节点数量及范围没有限制，可以是网络内部的单个节点或几个节点，也可以是网络外部的节点。它通常采用的是随机抽样的调查方式，搜集一个节点与其他节点之间的联系、以及其他节点之间联系的网络关系数据。

本文在个体网络分析中，主要从网络中节点的中心度来进行分析。中心度是社会网络分析方法中非常重要的统计指标，是节点在网络中所处位置的一种属性，表明该节点的“结构重要性”，它不是单一事件，而是一系列概念，主要有度中心度（degree centrality）、中介中心度（betweenness centrality）、紧密中心度（closeness centrality）等指标。中心度主要用于衡量网络结构中各个节点在网络中的地位与“权力”，处于中心位置的节点更具显著性，对于网络结构影响力更大。

点度中心性是使用最为广泛的指标，指一个节点与其他节点之间存在的连带的数量多少，是用来测量网络中核心节点的重要指标。若网络中某个节点点度中心度高，则该节点与其他节点关联程度高，受欢迎度高，信息获取力强，影响力及领导力高，其他节点对其的依赖程度也很高等。

中介中心度是指一个节点担任其他两个节点之间最短路的桥梁的次数，反映了该节点控制其他节点交流的能力，一定程度上表征着节点对网络中资源控制的程度，若网络中某个节点中介中心度高，则该节点在网络中担任着中间人、把门人、调停者等角色，可以将信息过滤，阻碍其他节点间的沟通，以致扰乱整个网络的运转。

紧密中心度主要衡量一个节点与网络中其他节点的近邻程度。在测量紧密中心度时，是通过计算一个节点和它所处的网络中的其他全部节点的最短路径之和来表示该节点的中心性程度。它反映的是网络中节点掌握信息的程度，以及接收信息的快慢程度<sup>[98]</sup>。若网络中某一节点到其他节点的最短路径长度之和越小，则该节点的紧密中心度越大，在网络中也就越重要，它所获得的信息、资源、权力、影响力也越大。相反，节点到其他节点的最短路径长度之和越大，该节点紧密中心度越小，则它距离中心节点就越远，获取信息、资源的能力就越小。

点度中心度和中介中心度计算公式如下：

(1) 点度中心度：

$$d_i = \frac{\sum_j x_{ij}}{n-1} \quad (4.6)$$

式中  $d_i$  为节点  $i$  点度中心度,  $x_{ij}$  指节点  $i$  的临近矩阵中节点  $i$  与其它节点之间的有效联系数量,  $n$  为网络中节点的个数。

(2) 中介中心度:

$$b_j = \sum_{i < k} \frac{g_{ijk}}{g_{ik}} \quad (4.7)$$

式中  $b_j$  为节点  $j$  中介中心度,  $g_{ijk}$  指连接节点  $i$  和节点  $k$  的最短路径经过节点  $j$  的次数,  $g_{ik}$  指连接节点  $i$  和节点  $k$  的最短路径的总数目。

运用 Ucinet6.0 对网络关系模型一进行中心度分析后, 并结合以上核心-边缘结构分析的基础上, 将边缘区域的 9 个影响因素剔除, 得出各节点的各类中心度指标如表 4.7 所示。

表 4.7 中心度指标  
Tab.4.7 Centrality Index

节点	点度中心度 (%)	中介中心度	紧密中心度
S2	71.43	2.00	24.14
S3	52.38	0.00	23.08
S4	85.71	19.14	25.00
S6	66.67	1.04	23.86
S8	52.38	0.00	23.08
S10	76.19	3.42	24.42
S12	66.67	1.04	23.86
S14	57.14	0.16	23.33
S16	57.14	0.16	23.33
S18	76.19	3.42	24.42
S20	76.19	3.42	24.42
S21	33.33	0.00	22.11
S22	52.38	0.00	23.08

本文以点度中心度值大于 70% 来确定影响因素的重要程度<sup>[115]</sup>, 确定了宣传推广 (S2)、政策支持 (S4)、投融资渠道缺乏 (S10)、企业和机构协同创新 (S18)、数字经济 (S20) 5 个影响因素的重要地位。政策支持的点度中心度值最大, 说明政策支持在网络中处于中心位置, 与其他影响因素关联程度最高, 获取信息的能力最强, 对其他因素的影响力及领导力最强, 因此, 政府在制定实施智慧城市背景下物联网的相关政策

时,应该特别重视政策支持的影响力,不能让施行的政策限制物联网的应用,又不能过度地放宽政策,使得物联网产业发展处于不可控的状况,最终造成市场环境的恶化却又无计可施。另外,宣传推广,投融资渠道缺乏,企业和机构协同创新,数字经济问题这4个影响因素的点度中心度值较政策支持次之,表明他们在网络中所处位置比政策支持次之,与其他影响因素关联程度更低,获取信息的能力更低,对其他因素的影响力及领导力也相应程度削弱,但比未提及的10个影响因素的中心性更大,所具备的能力也更高。此外,具有相同点度中心度值的节点一共有7组,他们在网络中所处位置相同,具备的影响力及领导力等相同,分别为投融资渠道缺乏(S10)、企业和机构协同创新(S18)、数字经济(S20),点度中心度值为76.19,在网络中处于继政策支持之后第二重要的中心位置,这说明政府相关的政策支持非常重要,与经济相关的投融资渠道的拓宽、企业及机构之间的合作创新、具有数字经济特色的产业发展对智慧城市建设的物联网的应用同样至关重要;标准支撑不足(S6)与城市经济实力(S12)的点度中心度值为66.67,对智慧城市建设的物联网应用的影响力依然位居前列;人才供给来源(S14)和企业管理水平(S16)的点度中心度值为57.14,对智慧城市建设的物联网应用的影响力位居第五;组织规划问题(S3)、运维机构问题(S8)以及理论认知不足(S22)的点度中心度值为52.38,对智慧城市建设的物联网应用的影响力处于中间位置。

从中介中心度来看,15个影响因素的中介中心度值差异较明显,政策支持(S4)的值最大为19.138,而另外12个因素的值都低于政策支持(S4),可见政策支持(S4)在网络中扮演者把门人、调停者的角色,控制网络中其他节点交流的能力最强,对资源控制的程度最高,可以将信息过滤,阻碍网络中其他节点间的沟通,以致扰乱整个网络的运转。可见,政策支持不仅处于权力的中心位置,在网络中发挥桥梁连接的作用也非常巨大。

从紧密中心度来看,模型一中各个节点的最短路径之和的值相差不大,平均值为23.024,分布范围在20到25之间,这说明网络中各影响因素的紧密中心度相差不大,各影响因素的紧密中心性程度差异不明显,在网络中不容易形成信息、资源等的闭塞。

综上所述,成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素关系网络中影响力最大的因素为宣传推广(S2)、政策支持(S4)、投融资渠道缺乏(S10)、企业和机构协同创新(S18)、数字经济(S20)。它们在整个网络中扮演着至关重要的角色,在成都市的智慧城市建设中应该得到足够的重视。特别是政策支持(S4)这一因素,他既处于网络权力中心,也控制资源和信息流通的关键位置,对物联网的应用推广至关重要,平时应注意相关政策的制定和实施,进而更好地推动成都市智慧城市的建设。而且通过网络分析得到的以上5个影响力大的因素中有三个位于成都市物联网应用影响因素系统中的最底层,另外两个企业和机构协同创新(S18)和数字经济(S20)都位于间接影响因

素层级内,说明在整个影响因素系统中第三层级的根本影响因素占据重要地位,特别是政策支持和宣传推广两个影响因素均位于最底层,所以相关的政策制定及宣传推广工作在成都市智慧城市建设的物联网应用上有着至关重要的地位。

#### 4.3 本章小结

本章主要是对成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素进行社会网络分析,首先是根据问卷调查结果建立影响因素关系矩阵,接着按不同的二值化矩阵处理方法得出2个系列矩阵,下一步则是应用Ucinet6.0建立影响因素网络关系模型,然后对模型进行整体网络分析、核心-边缘结构分析、个体网络分析,最终得到成都市物联网应用具有重大影响力的5个影响因素为宣传推广(S2)、政策支持(S4)、投融资渠道缺乏(S10)、企业和机构协同创新(S18)、数字经济(S20),并最终验证了成都市物联网应用影响因素系统中最底层的根本影响因素对智慧城市建设的物联网应用的影响力最大。

## 5 成都市智慧城市的物联网应用案例分析与对策研究

基于以上对智慧城市建设的物联网应用影响因素的重要性研究结果,本章引入了成都市××小区道闸更新改造项目案例对相应研究结果进行验证,进一步证明本研究结果的适用性及可靠性。

### 5.1 案例背景

××小区道闸系统更新改造项目位于成都市成华区,该小区在2010年建成,为32层高层建筑,总建筑面积为83883.54 m<sup>2</sup>,最初由A集团旗下的物业公司进行管理。在2020年,由于公司经营管理不善,资金链断裂,造成物业管理服务工作很难开展,A公司不得不将包括本小区在内的许多区域的物管工作交给B公司进行管理。在B公司对其进行物业管理服务期间,该小区的人行及车行道闸系统经常发生故障,且由于疫情原因,该小区只有这一个出入口开放,为了使小区人员车辆进出情况进行有效控制,保障业主的人身财产安全,B公司便计划对该小区道闸系统进行更新改造。本次改造范围为××小区道闸系统更新改造项目的地下停车场1个出入口共计1套道闸系统,按原设计出入方式改造为公司物联科技公司自主研发停车场管理系统,预计费用28413.00元。

#### 5.1.1 现状

该小区目前只开放了一处人行及车行出入口,人行通道目前处于瘫痪状态,门无法自动开启及关闭,对进出人员无法进行有效控制,需要采购相关材料设备进行维修,如图5.1所示。



注2) 来源: 案例中B公司

图 5.1 人行通道图

Fig. 5.1 Pedestrian passage

车行通道原有的物联网设备不齐全,功能不完备,无法快速检测车辆车牌号,经常

出现卡顿。另外，检测道闸机械升降动作通常不能正常到位，有异响。该小区车行通道如图 5.2 所示。



注 3) 来源：案例中 B 公司

图 5.2 车行通道图

Fig. 5.2 Vehicular access

5.1.2 整改内容

车场设备：道闸利旧、服务器电脑一台利旧（采购内存，显示器利旧）、岗亭电脑一台利旧（显示器利旧）。

附属工程：维修人行通道（目前属于瘫痪状态）；增加岗亭摄像头一个；网络布线 50 米；道闸安装调试一套。

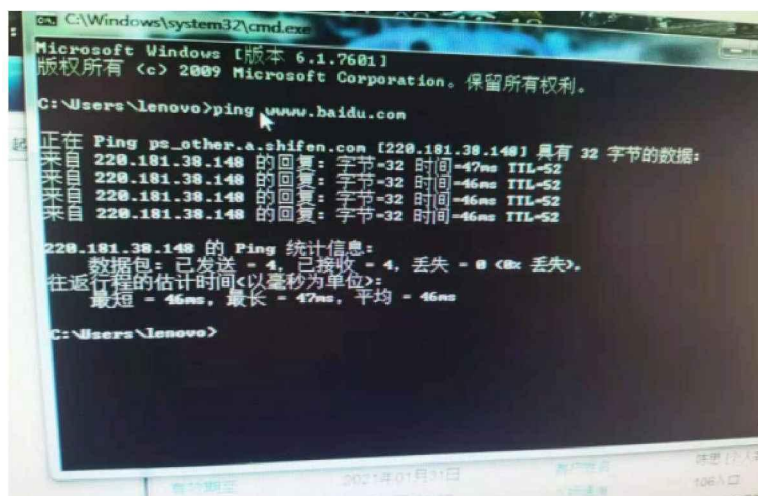
操作系统：操作系统统一更换为科技公司提供的镜像文件，同时分辨率必须支持 1440\*900，电脑配置必须达到：服务器 I5 处理器、8G 内存、19 寸及以上显示器；岗亭电脑 I3 处理器、4G 内存、19 寸及以上显示器，利旧显示器分辨率必须大于 1440\*900，操作系统所需电脑显示器配置清单如表 5.1 所示。

表 5.1 电脑显示器配置清单  
Tab. 5.1 Computer Monitor configuration list

门岗名称	门岗位置	道闸位置	岗亭电脑				服务器电脑			
			道闸状态	配置（处理器/内存/硬盘）	是否利旧	利旧显示器分辨率	配置（处理器/内存/硬盘）	是否利旧	利旧显示器分辨率	
1 号岗	南门（1 号门）	入口	使用中，但门不能关闭	I5-6500/4G/911G	是	1920*1080（17 寸）	I5-6500/4G/911G	是（需采购内存条）	1600*900（17 寸）	

注 4) 来源：案例中 B 公司

管理系统：在原设计出入方式将车安车场管理系统更新升级为 B 公司物联科技公司自主研发停车场管理系统，能够满足现场车辆安全快速出入、收费、数据共享等必需功能，且必须保证各岗亭网络数据包不能丢失。如图 5.3 和图 5.4 所示。



注 5) 来源：案例中 B 公司

图 5.3 1 号岗网络状态

Fig. 5.3 Network status on post one



注 6) 来源：案例中 B 公司

图 5.4 服务器网络状态

Fig. 5.4 Server network state

基于第四章社会网络分析方法对物联网应用影响因素的重要性研究结果和本章的案例资料，本节通过该案例的相关数据对其进行验证。通过第 4 章的社会网络分析研究

结果，得到有宣传推广、政策支持、投融资渠道缺乏、企业和机构协同创新、数字经济问题 5 个因素对确实对物联网应用存在影响。通过对比分析该案例在 A 和 B 两个公司不同的政府、企业、社会环境，进而论证这 5 个因素对成都市物联网应用的重要性。

(1) 政策支持和宣传推广重要性验证

据公开资料显示，上述案例中的 A 公司之所以能够与 B 公司展开合作，当地政府出台了相关政策文件帮助 A 公司解决当前的困境。就是在政府相关鼓励政策之下，并由政府牵头举办了发布会才促成的两家公司的协同合作发展。而就是在 A 公司与 B 公司合作之后，该小区的道闸系统设备才得到提升和改善，所以政府的政策支持和宣传推广对智慧城市建设的物联网的应用至关重要。

(2) 投融资渠道缺乏、企业和机构协同创新重要性验证

上述更新改造项目种技术措施及施工工艺如下，

① 将原车场设备更换为 B 公司物联科技公司自主研发停车场管理系统后需要的技术措施：

更新全部分体式车牌识别器及部分道闸、闸杆数量及费用如表 5.2 所示；

翻新修复安全岛；

安装 B 公司物联科技公司车场管理系统专用数据库与管理软件。

表 5.2 道闸更新改造费用估算表

Tab. 5.2 Cost estimate for renovation of sluice gate

序号	分项名称	规格型号	单位	数量	综合单价 (元)	小计 (元)
一 主要设备清单						
1	识别道闸分体机 (灰色)	YTSXFTM002	台	2	6983	13966.00
2	自动道闸 (灰色)	YTSXZJ005	台	0	2055	0.00
3	两栏栅栏杆	YTDZZLG-02	台	0	2134	0.00
4	微波车检器	YTWBSJQ-02	个	2	1017	2034.00
5	软件加密狗	YTRJJMG	个	2	118	236.00
6	地感线圈	YTDGXQ	米	80	3.5	280.00
7	数字车辆检测器	YTSJQ	个	2	230	460.00
8	岗亭电脑 (含显示器)	GTDN01	台	0	3400	0.00
9	服务器电脑 (含显示器)	DZFWQ01	台	0	4200	0.00
10	设备运输费	SBYSF	套	1	550	550.00
共计:						17526.00
二 辅助设备清单						
1	道闸安装调试	1. 安全岛浇筑, 养护 2. 道闸控制区域排管布线 3. 设备安装, 调试	套	1	4300	4300.00
2	园区联网布线	1. 石材切割机路面开挖(米) 2. 园区线路路面, 绿化 开挖, 回填, 夯实, 绿化恢复(米) 3. 光纤 (4 芯) 敷设熔接测试	米	50	30	1500.00
3	园区联网布线	1. NET-LINE 单模双纤 方口	对	1	199	199.00
4	网络交换机	1. TP-LINK8 口	台	1	88	88.00
5	监控探头	新增	台	1	800	800
6	人行通道电动门维修	维修	台	1	4000	4000
三	工程费总计 (二)					10887.00
四	改造费用总计 (一+二)					28413.00

报价单位: B 公司物联网科技有限公司

日期: 2020. 12. 18

注 7) 来源: 案例中 B 公司

## ② 更换道闸系统部分施工工艺如下:

按设备说明书要求接好电源线与网络线, 保证每个接线端接线牢固无松动现象;

系统设备局域网组建: 将同一地下车库的出入口道闸通过网线、光纤、交换机、与收发器连接建立一个局域网并接入中控室;

按系统要求安装收费电脑与安装车场系统管理软件;

按系统安装中控室服务器管理电脑, 安装管理软件与数据库;

系统调试：接通出入口道闸设备、收费电脑与服务器电脑电源，接通网络，设置好各设备 IP，使各设备间网络通信正常，启动各设备与管理软件，调整好摄像机抓拍角度并测试正常。

从该案例的费用估算表可以看出该智慧城市建设的物联网应用项目对资金的确有一定的依赖程度。而 A 公司在 2019 年前前后后共遭遇了股权冻结、债务违约等多起事件，一系列的危机之下，A 公司濒临破产，急需拓宽投融资渠道，从而有新的合作伙伴给予帮助。没过多久，A 公司便受到了来自 B 公司的帮助 2020 年 1 月 13 日下午，B 公司与 A 公司共同宣布缔结战略合作伙伴关系，并共同建立了 A+B 的新平台公司来帮助 A 公司度过危机，这也直接造就了××小区道闸系统的更换。另外，从以上案例中的各项费用估算结果可以看出该道闸系统的更换花费较高，特别是主要设备的价格更是不容小觑，所以此类物联网应用案例与公司的经济实力息息相关，而在两家公司合作前，A 公司完全不能承担如此大的经济压力，但通过向 B 公司融资之后才被更换，所以投融资渠道缺乏的问题是智慧城市建设的物联网应用的重要影响因素之一。

B 公司是多家上市企业的综合体，为了使得公司各项业务能够良好有序地开展，B 公司旗下有自己的物联网科技公司，而且数据资料显示该科技公司拥有专利 62 个，著作权 65 个，备案的网站 1 个，商标信息 68 个，还获得了 2021 年“国家级高新技术企业”认证，而且 B 公司还开发了自己独有的办公系统或 APP 合计 5 个，可以看出 B 公司的科技创新能力比较强，具备很好的物联网产业发展条件。另外，从上述案例中的整改内容、技术措施以及施工工艺可以看出，单单是一个道闸系统都需要比较复杂的物联网相关知识和技术，并且此道闸产品和技术都是属于 B 公司所有，这足以看出 B 公司具有强悍的技术创新能力，所以企业或机构协同创新对智慧城市建设的物联网的应用影响很大。

综上所述，投融资渠道缺乏以及企业或机构协同创新对智慧城市建设的物联网的应用非常重要。

### （3）数字经济问题重要性验证

2020 年是新冠疫情爆发的一年，为了保证各地居民的安全，全国各地的小区对物联网设备需求有了急剧地增加，如视频监控系统、道闸门禁系统的市场需求量有了很大提升。其中原因正是因为我国经济日渐朝着智能化、数字化方向发展，而在 A 公司对该小区进行管理时，疫情还未爆发，对数字经济的经济需求模式还不迫切，所以该道闸系统才迟迟没有得到更新改造。

从案例中可知，该道闸系统的更换涉及了很多设备和网络系统，而且只有将这些设备通过互联网连接起来才能使更换的道闸系统良好有序运行。这些设备系统通过物联网技术与广大网民的手机、缴费 APP 如微信联系在一起，形成有序运行的数字经济链，如

果某些进出人员或车辆未使用相关设备与道闸系统的服务器相连，导致数字经济链断裂，该道闸系统的更换也就不具备任何意义。而且本案例中的小区道闸系统之所以更换，正是由于在疫情这样的社会环境下，B公司为了保障小区业主在进出小区车辆及人员进出情况能够更快地被统计，也防止了人员之间的近距离接触，同时也实现了车辆快速缴费的功能，此外，也是为了减轻负责该小区的物业服务员工的工作量，帮助他们尽快对进出车辆实现无接触收费以及人员车辆进出情况登记，正是小区业主以及B公司物业服务工作人员对该方面的数字经济的强大需求才促使该小区道闸系统得到更新。所以，数字经济问题对智慧城市建设的物联网应用的影响力也不可小觑。

### 5.3 本章小结

本章主要通过引入成都市××小区道闸更新改造案例来进一步验证第4章的社会网络分析结果，通过对比分析该案例所处的两种不同情境的数据资料，最终5个影响因素的重要都一一得到了验证。

## 6 成都市智慧城市物联网应用的对策建议

由以上解释结构模型分析结果、社会网络分析结果可知,成都市物联网应用并不是由政府、企业、社会等的其中一方面因素影响的,而是通过多方面的相互作用来共同影响的。因此,本章基于前文对成都市智慧城市建设的物联网应用的障碍和以上研究结果,提出关于政府、企业、社会三方面的对策建议。

### 6.1 政府层面的对策建议

成都市各级政府应该通过不断完善物联网相关的政策体系,为成都市智慧城市建设的物联网产业提供良好的发展环境<sup>[116]</sup>。建立完善的物联网政策支撑体系、标准规范体系,提高相关部门组织对各项制度、法律、法规的贯彻执行能力,优化发展环境,规范智慧城市下物联网应用项目的行为;强化统筹协调,依托跨部门、跨行业的标准化协作机制,协调推进物联网标准体系建设。按照急用先立、共性先立原则,加快各类物联网应用设备编码标识、接口、数据、信息安全等基础共性标准、关键技术标准和重点应用标准的研究制定。推动军民融合标准化工作,开展军民通用标准研制,鼓励和支持国内机构积极参与国际标准化工作,提升自主技术标准的话语权;建立科学合理的管理制度,保障对项目的有效管理和监督,落实物联网应用项目建设的标准与规范,实现智慧城市项目建设的统一审批、备案与管理,规避重复建设行为的发生,使得物联网的应用更加规范系统,进而促进成都市智慧城市更好的建设。

另外,成都市政府还可以通过开展宣传活动,营造智慧城市建设、物联网应用的良好氛围提高市民关于物联网认识的普及率<sup>[117]</sup>。充分利用网络、电视等多种文化传播媒体,大力宣传智慧城市背景下物联网的推广应用对成都市经济社会发展的重要推动作用,增强全社会对智慧城市建设的物联网的认知度,提高公众参与推广物联网应用的意识和积极性。及时通报成都市智慧城市建设的物联网应用工作的进展情况,积极推广物联网应用的最新研究成果、产品和成功应用案例,这样不仅能够加深成都市范围内的企业人民等对物联网应用情况的了解,同时也扩大了示范带动效应。

如成都市政府可以通过部门和部门之间更加密切的合作,提高集成度和政府服务效率,完善基于物联网技术的政务服务平台——蓉易办,进一步整合优化服务内容和办事流程,给市民和企业提供全生命周期的服务;为成都市储存和测量大量的数据信息体系平台建设提高政策保障,这样也可以借助多方面数据信息,进一步提高政府决策执行能力,使得相关工作能结合多行业的发展情况来落实,从而增强对智慧城市建设的物联网产业的发展指导,进一步集中成都市智慧城市建设的物联网的应用。

## 6.2 企业层面的对策建议

成都市智慧城市建设的物联相关企业应该在原有的投融资机制上进一步规范,并积极拓宽融资渠道。结合政府引导和市场运作两种方式,在政府的投资导向地位不被动摇的基础上,又要充分利用市场,不断完善风险投资、融资租赁、PPP 等多种投融资模式在物联网相关项目建设中的应用。构建完整多元化的投融资机制,提高政府调动全社会资源配置的能力,吸引和鼓励民间资本、金融资本、国际资本对物联网应用的投入。创新商业模式,培育新兴业态,积极探索物联网产业链上下游协作共赢的新型商业模式。努力扩大市场需求的物联网专业服务和增值服务,推进应用服务的市场化,带动服务外包产业发展,培育新兴服务产业。鼓励和支持电信运营、信息服务、系统集成等企业参与智慧城市建设的物联网应用示范工程的运营和推广。

各企业还要多效综合产、学、研多方资源,构建成都市智慧城市建设的物联网应用的相关企业和机构协同创新、市场合作平台,促进数据信息资源在物联网中的创新应用,规范并引导成都市物联网的标准化和技术发展。各企业应以掌握原理实现突破性技术创新为目标,把握技术发展方向,围绕应用和产业急需,明确发展重点,加强低成本、低功耗、高精度、高可靠、智能化传感器的研发与产业化,着力突破物联网核心芯片、软件、仪器仪表等基础共性技术,加快传感器网络、智能终端、大数据处理、智能分析、服务集成等关键技术研发创新,推进物联网与新一代移动通信、云计算、下一代互联网、卫星通信等技术的融合发展,从而使得智慧城市建设的物联网能够在成都市得到更好地应用。

通过采取以上措施进一步促进全市范围内具有较强创新能力龙头企业的建设,进而促进成都市经济增长,优化产业赋能,拓宽物联网等技术应用范围,提高成都市物联网产业发展紧密程度,最终形成双向赋能、互动发展的良性态势。其次,通过技术上的不断创新,进一步提升成都市风险防控等智慧化程度以及风险应急响应能力,完善物联网产业链,增强科技成果产业化水平,尽可能地满足智慧城市建设的物联网应用发展的需要,并有效整合各类数据信息,最终建立起高效快速的城市管理系统,使得成都市智慧城市建设朝着越来越好的方向发展。

## 6.3 社会层面的对策建议

成都市的各个社会机构或个人应该面对当前成都市智慧城市建设的物联网应用对数字经济发展模式的需求,积极建立新的数字经济产业发展引擎,拓宽城市信息采集渠道,提升物联网应用系统的数据共享与互联程度。推动城市信息传输通道建设,刺激各种数据资源的活跃程度,为数字经济的快速发展奠定基础。在新冠疫情复苏后,将在线经济发展作为一项重要起步点,推动以物联网等新一代信息技术与商务金融、文娱消费、

教育健康和流通出行等深度融合的新业态、新模式建设,进而推动数字经济产业的发展,为智慧城市建设的物联网的应用提供更好的数字经济基础。

通过成都市政府以及企业的不断努力以及高效的数字经济发展新模式的相关措施后,使得市民生活服务便捷度提高,服务于市民日常生活的智慧化应用体系越来越完善,实现“一触即达”、“一码通城”的服务水平。其次,在基础设施智能化建设上,实现全市的基础设施完全覆盖、融入到全市的神经元感知网络中,形成随时随地都可使用的智能化感知系统,而且系统、设备和个人之间的互联互通范围足够广泛,最终在广阔范围内帮助市民对各种数据信息的互联共享,及时快速地解决面临的各类问题。另外,能够全面掌控城市各系统的运行状况,在很大程度上促进了城市的信息获取反馈以及对市民生活服务能力的提升,使得城市运行快捷高效。

综上所述,我们应注意要从多方面来促进成都市智慧城市建设的物联网的应用推广,不要仅靠政府出台政策体系文件,对市场秩序进行监督管理,还要依靠企业的自我管理、技术创新等,要多方着手,从研究理论基础、用户根本需求、技术支持、政府监管、市场助推多角度来促进对物联网应用。还要特别注意保持影响因素系统内部的稳定性,不要因为与某一个因素相关的工作未做到位而影响其他因素相关的智慧城市建设的物联网应用推广工作不能完成,避免更加严重的后果产生。

#### 6.4 本章小结

本章主要基于本文对成都市智慧城市建设的物联网应用的障碍分析、影响因素系统机理研究及因素重要性分析结果,对具有成都市智慧城市建设特色的物联网应用提出了政府、企业、社会 3 个层面的相关对策建议。

## 结 论

本文对成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素的系统机理研究、影响因素重要性分析、相关案例进行了较为深入的研究,本章基于以上得出的研究成果和成都市智慧城市建设的物联网应用相关对策建议得出了相关研究结论,并说明了本研究的局限和展望所在。

### (1) 研究结论

物联网技术的应用是成都市智慧城市建设必不可少的一部分。本研究基于成都市智慧城市建设的物联网应用的现状及问题,提取了物联网应用的 22 个影响因素,并通过解释结构模型对物联网影响因素系统进行分层分级,然后再结合社会网络分析的相关理论建立网络关系模型,并借助整体网络分析、核心-边缘结构分析、个体网络分析对影响因素进行重要性分析,得出了对于成都市物联网应用最重要的影响因素为宣传推广(S2)、政策支持(S4)、投融资渠道缺乏(S10)、企业和机构协同创新(S18)、数字经济(S20),并得到了成都市物联网应用影响因素系统中最重要层级为第三层级的根本影响因素。最后引入成都市物联网应用的案例,对影响因素重要性进行了一一验证,并得到了具有成都市特色的物联网应用相关对策建议。本文的主要研究结论如下:

#### ① 成都市智慧城市建设的物联网应用障碍因素。

首先,通过文献分析、文本分析法分析成都市智慧城市建设的物联网应用在政府、企业和社会三方面所存在的障碍。政府各部门之间缺乏合作,导致政务服务效率不高,而且因缺乏相关数据信息作为决策支撑,导致各项工作落实困难。在政府相关政策引领力度不太强的情况下,使得企业层面也存在着各种各样的障碍,比如在成都市范围内缺乏创新能力强的龙头企业和完整的物联网产业链。正是由于政府、企业在智慧城市建设的物联网应用方面存在多方面的障碍,导致在社会层面上看来成都市物联网应用状况不太乐观。城市各种基础设施智能化程度不够,市民物联网应用意识不强,日常生活便捷程度也不够高。基于以上障碍,本文结合文献分析、文本分析以及专家访谈提取了成都市物联网应用的 22 个影响因素。从提取的影响因素可以看出,目前成都市的物联网应用发展情况还很不乐观,影响因素系统复杂多样,应用程度还有待提高,还需要开展大量工作来促进成都市智慧城市建设的物联网的应用。

#### ② 影响成都市智慧城市建设的物联网应用的机理解析。

首先通过解释结构模型建立成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素层级递阶图,将其分为了 6 层 3 个等级分别为根本影响因素、间接影响因素和直接影影响响因素,各影响因素之间大多存在直接或间接的相互作用关系,是一个非常复杂的系统,其中根本影响因素层面的因素在整个系统对成都市智慧城市建设的物联网应用的影响最大,

并得到成都市智慧城市建设的物联网应用的机理为“在政府、企业、社会层面各类组织管理的作用下，共同实现着成都市智慧城市建设的物联网应用在技术、经济、人才等各种实力的提升，最终实现成都市智慧城市建设中物联网的良好应用。”然后，使用社会网络分析对其进行核心-边缘分析，将其分为了核心和边缘两个区域，并在剔除了边缘区域的影响因素基础上，对核心区域的影响因素进行重要性分析，得到对成都市智慧城市建设的物联网应用影响力最大的5个因素，并进一步验证了根本影响因素在成都市智慧城市建设的物联网应用影响因素系统中的重要地位。在得到的重要性最大的五个影响因素来看，政府在政策支持、宣传推广工作中对成都市智慧城市建设的物联网应用影响很大，政府关于智慧城市建设的物联网政策制定以及相关宣传工作做好了，从根本上解决物联网应用发展的问题，才能更好地带领企业和社会着手处理智慧城市建设的物联网应用推广工作。此外，企业若是拥有了好的投融资渠道，资金才有保障，各项工作才能良好有序地开展，技术协同创新工作也才能够顺利地进行。而成都市对数字经济发展模式的需求也就是社会公众的生活便捷化需求为物联网应用发展提供了强大的动力。从对成都市智慧城市建设的物联网的影响机理研究可以看出，成都市智慧城市建设的物联网的应用是一个涉及政府、企业和社会等多方面的复杂系统工程，要想促进成都市智慧城市建设的物联网行业的发展，我们需要来自社会各界多方面的努力，只有这样成都市智慧城市建设的物联网应用的障碍及问题才能进一步解决，使物联网更好地服务于智慧城市的建设。最后，通过引入成都市智慧城市建设的物联网应用的具体案例对本文影响因素机理研究结果进行论证，通过收集该案例的相关资料数据，进一步验证了政策支持、宣传推广、投融资渠道缺乏、企业和机构协同创新以及数字经济对成都市智慧城市建设的物联网应用存在一定的影响力。

### ③ 成都市智慧城市建设的物联网应用相关对策建议。

根据以上研究结果提出成都市智慧城市建设的物联网应用的相关对策建议。第一，建立完善的智慧城市建设的物联网政策支撑体系、标准规范体系，使得关于智慧城市建设的物联网应用更加规范系统，进而促进成都市智慧城市物联网更好的应用；第二，广泛宣传智慧城市背景下物联网的推广应用对成都市经济社会发展的重要推动作用，增强全社会对物联网的认知度，提高公众参与推广物联网应用的意识和积极性；第三，采用政府引导、市场运作的方式，建立健全多元化的投融资机制，吸引多方资本对智慧城市背景下物联网应用的投入；第四，从各方面整合产、学、研的资源。搭建智慧城市背景下物联网应用的相关企业和机构协同创新、市场合作、人才培养平台，促进大数据在物联网应用中的创新应用；第五，全面建设城市信息采集渠道，推动以物联网技术与商务金融、文娱消费等深度融合的新业态、新模式，从而推动数字经济的发展，为智慧城市建设的物联网的应用提供更好的数字经济基础。

## （2）研究局限与展望

本研究利用解释结构模型、社会网络分析方法对成都市物联网应用的影响因素系统进行了机理及对策研究，为成都市物联网应用研究提供了新的思路与方法。但由于受时间、空间、资源的限制，本文的研究结果的普遍性和典型性还需进一步确定。因此，接下来的研究应进一步扩充调查对象及范围，提高研究成果的说服力和适用性。另外，社会网络分析关注智慧城市建设的物联网应用的影响因素间的关系，但智慧城市建设的物联网技术应用影响因素多种多样，下一步可以对影响因素进行更加全面细致的划分，或采取其他统计分析方法进行提取，在此基础上针对影响智慧城市建设的物联网应用的因素进行更深一步的研究，以及对移除的边缘区域的影响因素展开研究。最后，可以基于各个地区之间的地理环境等各类差异对比分析智慧城市下物联网应用的相关内容，对各城市智慧城市建设的物联网应用提供更好的理论支撑。

## 参考文献

- [1] 刘闻佳. 我国“智慧城市”建设现状、问题及对策研究[J]. 科技展望, 2016, 26(27): 251-252.
- [2] 王亚丽, 孙志国, 王晓丽. 国家农业科技园区智慧园区规划方案设计与实施前景[J]. 农业展望, 2019, 15(11): 94-98.
- [3] IBM 智慧城市在中国白皮书[M]. 2009. 2-18.
- [4] FORRESTER R. Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives: Defining the Smart City, Its Drivers, and the Role of the CIO[EB/OL]. Forrester Research, Inc. 2010.
- [5] GRAHANS, M. Telecommunications and the city: electronic spaces, urban places[M]. London: Routledge, 1996: 2.
- [6] ALLWINKLES, CRUICKSHANK P. Creating smarter cities: an overview[J]. Journal of Urban technology, 2011, 18(2): 1.
- [7] CHIARIOTTI F, CONDOLUCI, MASSIMO, et al. SymbioCity: Smart cities for smarter networks[J]. Transactions on Emerging Telecommunications Technologies, 2018, 29(1): e3206.
- [8] CARAGLIU A, DEL B C, NIJKAMP P. Smart Cities in Europe[J]. Journal of Urban Technology, 2011, 18(2): 65-82.
- [9] LARS H, LEONARD W. Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach. 2001, 91(4): 909-923.
- [10] RILLER L H, WAVERMAN L. Telecommunications Infrastructure and Economic Development: A Simultaneous Approach. [J], American Economic Review. 2001: 909-923.
- [11] LAZAROIU, G C, Roscia, M. Definition methodology for the smart cities model[J]. Energy, 2012, 47: 326.
- [12] KOURTIT K, NIJKAMP P, ARRIBAS D, et al. Smart cities in perspective - a comparative European study by means of self-organizing maps[J]. Innovation-the European Journal of Social Science Research, 2012, 25(2): 229.
- [13] JOHN B, PAUL M A B, et al. Exploring the Smart Future of Participation: Community, Inclusivity, and People with Disabilities[J]. International Journal of E-Planning Research (IJEPR), 2021, 10(2): 94-108.
- [14] CHAUHAN A, JAKHAR S K. The interplay of circular economy with industry 4.0 enabled smart city drivers of healthcare waste disposal[J]. Journal of cleaner production, 2021, 279: 123854-123854.
- [15] 辜胜阻, 王敏. 智慧城市建设的理论思考与战略选择[J]. 中国人口·资源与环境, 2012, 22(05): 74-80.
- [16] 宋刚, 邬伦. 创新 2.0 视野下的智慧城市[J]. 城市发展研究, 2012, 19(09): 53-60.
- [17] 张永民, 杜忠潮. 我国智慧城市建设的现状及思考[J]. 中国信息界, 2011(02): 28-32.
- [18] 胡小明. 智慧城市的思维逻辑[J]. 信息化建设, 2011(06): 11-16.
- [19] 陈庆杰, 饶琴. 智慧城市发展中的问题及对策分析[J]. 经济研究导刊, 2019(33): 130-131.

- [20] 王强, 曾绍伦. 大数据背景下智慧城市研究可视化分析[J/OL]. 科技促进发展, 2019(09):1036-1045[2020-10-18]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/11.5286.g3.20200324.1904.028.html>.
- [21] 许莹. 智慧城市发展影响因素及预测研究[D]. 安徽建筑大学, 2020.
- [22] 李军华, 王晓帅, 张善杰. 基于 DEMATEL-ISM 模型的产业技术影响因素分析——以智慧港口为例[J]. 情报探索, 2020(06):54-61.
- [23] 赛迪智库. 中国智能城市发展战略与策略研究[N]. 中国计算机报, 2019-09-09(012).
- [24] SARAJU P. MOHANTY. Smart Technologies: The Key for Sustainable Smart Cities [Notes from the Editor]. [J]. IEEE Consumer Electronics Magazine, 2018, 7(2).
- [25] MAZHAR R, ANAND P, AWAIS A, et al. Real-time secure communication for Smart City in high-speed Big Data environment. 2018, 83:638-652.
- [26] DESKINM, R. Smart cities:under gridding the sustainability of city-districts as energy sufficient-low carbon zones[J]. Journal of Cleaner production, 2018, 173:39.
- [27] FARZAM F, EDWARD G, EVANGELOS P. A self-integration testbed for decentralized socio-technical systems[J]. Future Generation Computer Systems, 2020, 113.
- [28] ROBERT G. HOLLANDS. Will the real smart city please stand up?. 2008, 12(3):303-320.
- [29] Meng, Fei, Cheng, Leixiao, Wang, Mingqiang. Ciphertext-policy attribute-based encryption with hidden sensitive policy from keyword search techniques in smart city. [J]. Eurasip Journal on wireless communications and networking, 2021, 1:1687-1472.
- [30] ITU 互联网报告 2005:物联网[R]. 国际电信联盟 (ITU), 2005. 11.
- [31] 田美花, 丁香乾, 石硕, 等. 基于 RFID 技术的数字化生产线研究[J]. 计算机应用, 2006, (z2).
- [32] 孙其博, 刘杰, 黎彝, 范春晓, 孙娟娟. 物联网:概念、架构与关键技术研究综述[J]. 北京邮电大学学报, 2010, 33(03):1-9.
- [33] 姚万华. 关于物联网的概念及基本内涵[J]. 中国信息界, 2010(05):22-23.
- [34] 周洪波. 物联网产业链三驾马车[J]. 中国数字电视, 2010(05):50-51+55.
- [35] 刘陈, 景兴红, 董钢. 浅谈物联网的技术特点及其广泛应用[J]. 科学咨询(科技·管理), 2011(09):86.
- [36] MARJN J, SUNIL L, SACHIN M, et al. Challenges for adopting and implementing IoT in smart cities[J]. Internet Research, 2019, 29(6).
- [37] SANDRO N, PETAR S, DIEGO L, et al. Internet of Things (IoT): Opportunities, issues and challenges towards a smart and sustainable future[J]. Journal of Cleaner Production, 2020, 274.
- [38] POOJA G, VIJAY K J. Interpretive Structural Modeling of GIoT enablers[J]. Journal of Information Technology Research (JITR), 2020, 13(2).
- [39] 桑培东, 陈晓蓁. 基于 DEMATEL 模型的智慧城市建设项目影响因素研究[J]. 项目管理技术, 2016, 14(09):27-30.
- [40] 张涛, 徐莉莉, 吴珍华. 汽车零部件入厂物流中物联网采纳影响因素研究[J]. 系统管理学报, 2018, 27(02):254-263.

- [41] 滕婕, 顾亚楠. 物联网养老影响因素研究[J]. 智能计算机与应用, 2018, 8(04):185-188.
- [42] 薛洁, 郑鑫. 我国物联网产业发展水平的影响因素研究[J]. 生产力研究, 2018(06):63-66+81.
- [43] 郑应亨, 邓伟, 张凯, 等. 基于物联网的建设工程监管模式研究[J]. 建筑经济, 2019, 40(08):10-13.
- [44] 宋小炯. 基于解释结构模型的我国实施工业互联网影响因素研究[D]. 华中科技大学, 2019.
- [45] 蒋知义, 谢子浩, 楚洁, 等. 信息生态视角下智慧城市公共信息服务质量影响因素识别研究[J]. 情报科学, 2020, 38(03):42-48+53.
- [46] 张雪畅, 曹江伟, 殷夏伟. 长三角智慧城市建设中农业物联网发展存在的问题及对策[J]. 现代农业科技, 2020(07):255-256+261.
- [47] WARFIELD, JOHN N. Implication Structures for System Interconnection Matrices[J]. IEEE Transactions on Systems Man & Cybernetics, 1976, SMC-6(1):18-24.
- [48] 黄炜. 黑客与反黑客思维研究的方法论启示——解释结构模型新探[D]. 广州:华南师范大学, 2003.
- [49] MIGUEL R, SILVERA V B, TUROFF M. A CIA-ISM scenario approach for analyzing complex cascading effects in Operational Risk Management[J]. Engineering Applications of Artificial Intelligence, 2015, 46(NOV. PT.B):289-302.
- [50] HARISH K, MANOJ K S, et al. Smart neighbourhood[J]. Journal of Science and Technology Policy Management, 2018, 9(2).
- [51] 曾明. 物联网应用创新关键成功因素研究[D]. 华南理工大学, 2015.
- [52] 苏明. “互联网+”在农业企业组织中应用研究[D]. 西北农林科技大学, 2016.
- [53] 牟冬梅, 郑晓月, 王萍, 等. 社会网络分析在学科知识结构研究上的方法思辨[J]. 情报理论与实践, 2016;39(8):22-27.
- [54] RADCLIFFE B. On Social Structure[J]. Journal of the Royal Anthropological Institute of Great Britain and Ireland, 1940, 70(2).
- [55] BARNES J. A. Class and Committees in a Norwegian Island Parish[J]. Human Relations, 1954, 17: 39-58.
- [56] 孙立新. 社会网络分析法:理论与应用[J]. 管理学家(学术版), 2012(09):66-73.
- [57] GRANOWETTER M. S. The Strength of Weak Ties[J]. American Journal of Sociology, 1973, 78(6):1360-1380.
- [58] GRANOWETTER M. S. Economic Action and Social Structure: the Problem of Embeddedness[J], American Journal of Sociology, 1985, 91(3):481-510.
- [59] BURT R. S. Structure Holes: the Social Structure of Competition[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1992.
- [60] 黄希庭、时勘. 大学班集体人际关系的心理研究[M]. 心理学报, 1984, 4:109-119.
- [61] 代吉林, 李新春, 张书军. 社会网络与集群企业竞争力研究 [M]. 广州:中山大学出版社, 2011.
- [62] 王蕾. EMS—PPP 模式下老旧小区节能改造项目核心主体利益协调机制研究[D]. 山东: 山东建筑大学, 2019.
- [63] 孙晓东, 林冰洁. 谁主沉浮?全球邮轮航线网络结构及区域差异研究[J]. 旅游学刊, 2020(11).

- [64] 王长征, 彭小兵, 彭洋. 地方政府大数据治理政策的注意力变迁——基于政策文本的扎根理论与社会网络分析[J]. 情报杂志, 2020, v. 39(12):115-122.
- [65] 单学鹏, 罗哲. 成渝地区双城经济圈协同治理的结构特征与演进逻辑——基于制度性集体行动的社会网络分析[J/OL]. 重庆大学学报(社会科学版):1-17[2021-03-03]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/50.1023.S.20201104.1317.003.html>.
- [66] 谢宝珍, 刘雁峰, 潘雪, 等. 基于社会网络分析法的中医药治疗不孕症学术团队挖掘分析[J]. 中国中医药信息杂志, 2021, v. 28; No. 318(01):37-42.
- [67] BENIAMINO M, GIUSEPPE B. Smart cities or dumb cities? Smart communities, city dashboard e social network analysis[J]. GEOmedia, 2015, 18(6).
- [68] 유인진, 서봉군, 박도형. Smart Store in Smart City: 소비자 감성기반 상권분석 시스템 개발[J]. Journal of Intelligence and Information Systems, 2018, 24(1).
- [69] 김홍광, 이미숙. A Study on the Connectivity between the Smart City Comprehensive Plan and Smart City Planning Using the Social Network Analysis - Focusing on Gwangmyeong and Chuncheon Smart City Services[J]. Journal of the Korean Society of Surveying, Geodesy, Photogrammetry and Cartography, 2018, 36(6).
- [70] LEI R, CHUNYAN L, YAN Z, et al. Soft computing model based financial aware spatiotemporal social network analysis and visualization for smart cities[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2019, 77.
- [71] PAOLA M. Shaping an alternative smart city discourse through Twitter: Amsterdam and the role of creative migrants[J]. Cities, 2020, 100.
- [72] IVAN S, LAURA C, et al. A Social Network Analysis of the Spanish Network of Smart Cities[J]. Sustainability, 2020, 12(12).
- [73] DONG L, YE T, VINCENT L, et al. The Performance of the Smart Cities in China—A Comparative Study by Means of Self-Organizing Maps and Social Networks Analysis[J]. Sustainability, 2015, 7(6).
- [74] 郑长旭, 吴建南. 中国城市治理研究的时空发展——基于基金资助论文的文献计量分析[J]. 城市发展研究, 2016, 23(11):85-91.
- [75] 卢奕, 卢东, 谢至, 等. 四川省智慧城市发展水平和路径研究——基于自组织特征映射模型和社会网络技术的分析[J]. 资源开发与市场, 2017, 33(07):843-848.
- [76] KWON J, KIM S. Recommendation Method considering New User in Internet of Things Environment[J]. Journal of the Korea Society of Digital Industry and Information Management, 2017, 13(1).
- [77] ISADA, F, ISADA, Y. Network Analysis of Innovation in the Internet of Things[J]. Interdisciplinary Description of Complex Systems: INDECS, 2018.
- [78] ARIF M, GYU S C, OTTO F, et al. Proving ground for social network analysis in the emerging research area “Internet of Things” (IoT) [J]. Scientometrics, 2016, 109(1).
- [79] 安健, 桂小林, 张文东, 等. 物联网移动感知中的社会关系认知模型[J]. 计算机学报, 2012, 35(06):1164-1174.

- [80] 宫继兵, 王睿, 王晓峰, 等. 基于概率因子图模型的医疗社会网络用户健康状态检测方法[J]. 计算机研究与发展, 2013, 50(06):1285-1296.
- [81] 赵佳. 专利视阈下物联网领域知识图谱及产业引导政策研究[D]. 南京:南京邮电大学, 2013.
- [82] 田博文, 田志龙. 网络视角下标准制定组织多元主体互动规律研究[J]. 管理学报, 2016, 13(12):1775-1785.
- [83] 朱新琴. 物联网产业对区域经济增长的影响研究[D]. 南京:东南大学, 2017.
- [84] 于文超. 国内图书情报领域物联网研究与应用进展[J]. 图书馆工作与研究, 2018(06):71-78.
- [85] 臧蕊. 数字经济产业发展对产业结构优化升级的影响研究[D]. 北京:北京邮电大学, 2019.
- [86] 陈沛. “BOT+EPS”模式下项目组织特征及其对项目绩效影响研究[D]. 重庆:重庆交通大学, 2016.
- [87] 顾湘, 傅之子, 颜妍. 基于 SNA 的基础设施建设 PPP 项目残值风险因素研究[J]. 建筑经济, 2020, 41(S2):126-131.
- [88] 曹芳. 基于文献的数字内蒙古现状量化分析研究(2001—2018)[J]. 内蒙古统计, 2019(04):18-21.
- [89] 贾美珊, 徐友全, 赵灵敏. 国内智慧建造应用发展分析——基于共词分析法[J]. 土木建筑工程信息技术, 2019, 11(04):111-120.
- [90] 董伟, 张美, 高晨曦, 等. 基于用户体验的在线教育平台学习效果影响因素研究[J]. 中国远程教育, 2020, No. 550(11):72-79.
- [91] 熊亦波. 复杂系统理论:一种外语教师信念的可能研究视角[J]. 教学研究, 2019, 42(02):55-59.
- [92] 柳思思. 复杂系统理论与非传统安全合作:以中澳欧“新三角”为例[J]. 印度洋经济体研究, 2019, 000(002):P. 1-15.
- [93] 张伟明, 孙剑桥. 复杂系统理论对冰雪景观设计的启示[J]. 工业设计, 2020(5).
- [94] 郑应亨, 邓伟, 张凯, 等. 基于物联网的建设工程监管模式研究[J]. 建筑经济, 2019, 40(08):10-13.
- [95] XIAOJUN D, TAO S, WEI Z, et al. Temporal and Spatial Differences in the Resilience of Smart Cities and Their Influencing Factors: Evidence from Non-Provincial Cities in China. 2020, 12(4).
- [96] 高倩倩, 陈家睿, 杨麒麟, 等. 智慧水务发展的可行性[J]. 城市建设理论研究(电子版), 2019(16):76-77.
- [97] VLASENKO L, IVANONA I. Urbanization processes and practices of smart city as factors influencing youth's social values[J]. MATEC Web of Conferences, 2017, 106.
- [98] 贺奕静, 杨智勇. 智慧档案馆的智慧服务功能及其实现[J]. 档案与建设, 2019(11):28-32.
- [99] ALUSI A, ECCLES R G, EDMONDSON A C, et al. Sustainable Cities: Oxymoron or the Shape of the Future? [J]. SSRN Electronic Journal, 2011.
- [100] 李旭枫, 姜世公, 韩俊, 等. 城市照明“价值路灯”在泛在电力物联网中的应用[J]. 供用电, 2020, 37(01):44-50.
- [101] BALAKRISHNA C. Enabling Technologies for Smart City Services and Applications[C]// International Conference on Next Generation Mobile Applications, Services & Technologies. IEEE, 2012.

- [102] CILLIERS L, FLOWERDAY S. Factors that influence the usability of a participatory IVR crowdsourcing system in a smart city[J]. 2017.
- [103] 李洪伟, 曹玉翠. 基于因子分析的我国智慧城市建设满意度影响因素研究[J]. 科技视界, 2017(20):57-60.
- [104] 王洪涛, 陈洪侠. 我国智慧城市创新扩散演进机理及启示——基于 38 个城市的事件史分析[J]. 科技进步与对策, 2017, 34(03):44-48.
- [105] 吴维香. 基于因子分析法的绿色智慧城市建设水平评价研究[J]. 广西质量监督导报, 2019(06):133.
- [106] NAPHADE M, BANAVAR G, HARRISON C, et al. Smarter Cities and Their Innovation Challenges[J]. Computer, 2011, 44(6):32-39.
- [107] WASHBURN D, SINDHU U. Helping CIOs Understand “Smart City” Initiatives[J]. growth, 2009.
- [108] 沈苏彬, 范曲立, 宗平, 等. 物联网的体系结构与相关技术研究[J]. 南京邮电大学学报(自然科学版), 2009, 29(06):1-11.
- [109] WENGE R, ZHANG X, DAVE C, et al. Smart City Architecture: A Technology Guide for Implementation and Design Challenges[J]. Communications China, 2014, 11(3):56-69.
- [110] 段汉明, 余淑君. 智慧类型、钱学森智慧与智慧城市[J]. 智能城市, 2020, 6(06):20-24.
- [111] 袁远明. 智慧城市信息系统关键技术研究[D]. 武汉大学, 2012.
- [112] 刘 军. 社会网络分析导论[M]. 北京:社会科学出版社, 2004:37-39.
- [113] 赵志华. 基于 SNA 的创业网络演变研究[D]. 中北大学, 2015.
- [114] 龚炯, 李银珠. 中国与“一带一路”沿线国家贸易网络解析[J/OL]. 经济与管理评论, 2021(02):27-37[2021-03-22]. <https://doi.org/10.13962/j.cnki.37-1486/f.2021.02.003>.
- [115] 王文轲, 张燕, 赵源怡, 等. 基于社会网络的民航飞行不安全行为影响因素关系研究[J]. 科技导报, 2020, 38(12):149-158.
- [116] 王家合, 赵喆, 和经纬. 中国医疗卫生政策变迁的过程、逻辑与走向——基于 1949~2019 年政策文本的分析[J]. 经济社会体制比较, 2020(05):110-120.
- [117] 张协奎, 乔冠宇, 徐筱越, 等. 西部地区智慧城市建设影响因素研究[J]. 生态经济, 2016, 32(07):110-115.

## 附录 A 成都市智慧城市背景下物联网应用影响因素调查问卷

你好,为了了解您对成都市智慧城市建设和应用物联网技术的看法及建议,以及您对智慧城市背景下物联网应用影响因素重要程度的看法,西华大学土木建筑与环境学院组织了这项调查。本次调查不用填写姓名,调查结果只用于学术研究,请您根据您自己的实际情况填答。感谢您的支持与配合!

西华大学土木建筑与环境学院“物联网应用”课题组

2020 年 11 月 16 日

### 一. 基本信息

1. 您是否在成都生活[单选题]

☐是 ☐否

2. 您的工作行业类别 [单选题]

☐软件信息技术产业

☐金融业

☐社会保障和组织业

☐交通运输业

☐供应业

☐公共设施管理业

☐住宿和餐饮业

☐制造业

☐建筑和房地产业

☐教育

☐其他

3. 你在成都工作的时间 [单选题]

☐0~10 年(不包括 10)

☐10~20 年(不包括 20)

☐20~30 年(不包括 30)

☐30 年及以上

4. 您的职称 [单选题]

☐初级 ☐中级 ☐高级 ☐无

5. 您的最高学历 [单选题]

☐专科 ☐本科 ☐硕士 ☐博士 ☐其他

## 二. 智慧城市背景下物联网理解

6. 您认为成都市开展智慧城市建设工作重要吗? [单选题]

- ☐非常重要
- ☐比较重要
- ☐一般重要
- ☐不太重要
- ☐一点也不重要

7. 您认为目前成都市智慧城市建设情况如何? [单选题]

- ☐非常好
- ☐很好
- ☐一般
- ☐不好
- ☐极差

8. 您认为成都市开展智慧城市建设包含哪些方面的工作内容? [多选题]

- ☐基础通用建设工作
- ☐政务服务建设工作
- ☐民生服务建设工作
- ☐生活服务建设工作
- ☐城市运行建设工作
- ☐城市治理建设工作
- ☐生态宜居建设工作
- ☐其他

9. 您认为智慧城市背景下应用物联网技术重要吗? [单选题]

- ☐非常重要
- ☐比较重要
- ☐一般重要
- ☐不太重要
- ☐一点也不重要

10. 您认为物联网是否是以互联网、传统电信网为信息载体, 进而让所有能行使独立功能的普通物体实现互联互通, 实现物品到物品, 人到物品, 人到人之之间的互联的网络。[单选题] \*

- ☐是
- ☐否

## 三. 成都市智慧城市背景下物联网应用影响因素重要性调查

11. 请对下面成都市智慧城市背景下物联网应用影响因素的重要性程度进行打分(如表 A1 所示): (1-5 分代表各影响因素的重要程度由低到高)

表 A1 影响因素打分表

Tab. A1 Score sheet of influencing factors

影响因素	解释	1	2	3	4	5
政府监管问题	监管体系的建立, 完善及实施力度	○	○	○	○	○
宣传推广问题	政府对智慧城市及物联网应用的宣传推广	○	○	○	○	○
组织规划问题	信息集成共享管理, 电子行政服务管理, 城市规划、土地规划、发展规划	○	○	○	○	○
政策支持	税收制度, 科研技术支持政策, 资金政策, 人才引进政策等	○	○	○	○	○
技术创新	物联网技术创新意愿、能力及应用	○	○	○	○	○
标准支撑不足	现有物联网技术标准体系的建立与实施	○	○	○	○	○
网络与信息安全保障能力	现有物联网技术安全性、便捷性、兼容性、先进性等	○	○	○	○	○
运维机构问题	物联网运维机构其他管理问题	○	○	○	○	○
资金扶持力度	缺少专项资金项目	○	○	○	○	○
投融资渠道缺乏	政府导向型作用不强, 缺乏社会资本投入	○	○	○	○	○
建设运营成本	建设运营成本高	○	○	○	○	○
城市经济实力	城市生产总值、固定资产投资比例、第三产业生产总值、人均收入等经济指标	○	○	○	○	○
人才培养体系和模式	复合型人才培养, 大规模开展现代产业和重点领域专业人才培养	○	○	○	○	○
人才供给来源	供给来源, 如高等院校, 培训机构	○	○	○	○	○
引进人才质量	信息技术发展前沿的高层次创新创业人才以及人才专业能力、学历等	○	○	○	○	○
企业管理水平	企业发展理念, 管理模式, 人才队伍建设, 利益分配机制等	○	○	○	○	○
企业建设能力	企业建设资质, 信息收集、传递、共享能力, 建设监管统筹能力等	○	○	○	○	○
企业和机构协同创新	企业间资源共享, 交流合作程度	○	○	○	○	○
现有基础设施	交通、通信等现有基础设施及其新旧程度	○	○	○	○	○
数字经济问题	数字经济特色产业规模相对偏小、产业优势特色不明显、区域间资源共享合作不畅、数字化程度不高	○	○	○	○	○
民生诉求	市民生活诉求, 市民幸福感、获得感	○	○	○	○	○
理论认知不足	对智慧城市建设及物联网相关的具有指导性作用的科研成果	○	○	○	○	○

12. 你的其他建议或意见。

## 致 谢

时光荏苒，岁月如梭，转眼间毕业的日子就快要到了。回首整个研究生期间的学习、生活，让我不禁思绪万千。纵有万般不舍，也到了要说再见的时候了。

首先，我要感谢党和国家，为我的求学生涯创造了良好的条件。

其次，我要感谢我的导师××老师。在学术上，耐心地为我答疑解惑，在生活中，教会我为人处世的道理。非常庆幸能遇到您这样一位，处处关心学生，为学会着想的老师。

感谢帮助我进行访谈以及填写问卷的专家和朋友，有了你们的帮助我才能及时收集相关数据，进行论文写作。

我今后的工作积累了经验。两位老师谦逊、乐观、积极的处事风格值得我好好学习。

感谢土木建筑与环境学院所有老师的教导。

感谢我的父母和家人，对我学业的支持和鼓励。

感谢师门的所有同学，感谢汪文静同学和万书廷同学的技术支持。

感谢宿舍的舍友，陪我度过无数个难眠之夜。特别感谢匡虹霖同学，指导我对论文格式进行调整以及平时生活中给予的帮助。