

GEXINGHUA CHANPIN FUWU XITONG
PEIZHI GUANLI YANJIU

个性化产品服务系统 配置管理研究

沈瑾◎著

北京工业大学出版社

个性化产品服务系统 配置管理研究

沈瑾◎著

北京工业大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

个性化产品服务系统配置管理研究 / 沈瑾著. —北京: 北京工业大学出版社, 2018.6

ISBN 978 - 7 - 5639 - 6403 - 1

I. ①个… II. ①沈… III. ①产品管理 - 研究 IV.

① F273.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2018)第 208094 号

个性化产品服务系统配置管理研究

著 者: 沈 瑾

责任编辑: 张慧蓉

封面设计: 腾博传媒

出版发行: 北京工业大学出版社

(北京市朝阳区平乐园 100 号 邮编 100124)

010 - 67391722 (传真) bgdcbs@sina.com

出 版 人: 郝 勇

经销单位: 全国各地新华书店

承印单位: 保定市西城胶印有限公司

开 本: 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张: 9

字 数: 200 千字

版 次: 2018 年 6 月第 1 版

印 次: 2018 年 6 月第 1 次印刷

标准书号: ISBN 978 - 7 - 5639 - 6403 - 1

定 价: 45.00 元

版权所有 翻印必究

(如发现印装质量问题, 请寄本社发行部调换 010 - 67391106)

前 言

制造业是国民经济的物质基础和产业主体，更是经济高速增长的发动机、产业结构优化的推动力。当今世界制造业的发展趋势主要是全球化、信息化、绿色化和服务化。其中，服务化反映了世界产业结构所发生的变革：制造业与现代服务业之间出现了融合发展的势头，服务在制造企业产值和利润中所占比重不断增加。制造业企业正在从单纯出售产品向出售产品服务系统转变。

产品服务系统（Product Service System, PSS）是一种产品与服务高度集成、整体优化、共同满足客户需求的市场供给。目前，国内外不少企业都在大力推行产品服务系统，并获得了较大的经济效益和社会环境效益。“客户导向型”思想使得客户化定制成为企业向客户交付产品服务系统的主要形式，而产品服务系统配置是实现快速定制设计的重要手段。由于比传统产品配置更为复杂和困难，产品服务系统配置成为企业面临的一个关键管理问题。然而，目前并没有成熟的研究成果可以用来解决该问题。

因此，本书针对产品服务系统配置中配置对象无形、知识高度密集、产品密切相关、客户参与体验等研究难点，从语义知识建模、配置知识表达、配置规则获取、配置方案推理等关键问题入手，进行了系统而有效的研究，最终为个性化产品服务系统配置问题提供新的管理框架，以及针对各关键问题的理论模型和决策方法，通过案例企业的实际应用进行了验证。

全书共分六章，其中第一章介绍本书研究的背景和意义、个性化产品服务系统配置管理的概况，以及本书研究主要采用的方法和技术。第二章是对相关研究的全面综述。第三章介绍个性化产品服务系统知识建模的相关研究。第四章阐述如何对个性化产品服务系统配置知识进行有效表达。第五章是对个性化产品服务系统配置规则获取的研究。第六章介绍个性化产品服务系统配置方案推理的相关研究。

本书是服务型制造模式下产品服务系统管理实践的结晶，也是当前国际前沿理论研究的总结。本书兼有理论性和实践性，实践案例避免了内容的枯燥和空洞。本书既可以作为大学本科或研究生的参考教材，也可以作为服务型制造和产品服

务系统相关工作人员的参考用书。

本书由上海电机学院商学院沈瑾博士撰写。笔者感谢国家自然科学基金（No.71401099）和上海市浦江人才计划（No.17PJC051）对本书出版的资助，感谢上海交通大学王丽亚教授对本书研究内容的指导，感谢家人长期以来的支持和帮助。限于时间与笔者水平，书中难免有疏漏和不足，敬请广大读者批评指正。

沈 瑾

2018 年 4 月

目 录

第一章 绪 论	1
1.1 研究背景和意义	1
1.2 个性化产品服务系统配置管理	6
1.3 研究方法与技术	11
第二章 相关研究综述	16
2.1 产品服务系统知识建模研究	16
2.2 产品服务系统配置研究	17
2.3 服务配置研究	19
2.4 一般配置问题研究	20
第三章 基于本体的个性化产品服务系统知识建模研究	25
3.1 引 言	25
3.2 基于本体的知识建模方法	26
3.3 PSSO 的四层建模架构	29
3.4 基于改进骨架法的元本体建模过程	30
3.5 “楼宇系统服务”案例的知识建模	49
3.6 本章小结	52
第四章 基于领域本体 PSSO 的个性化产品服务系统配置知识表达	54
4.1 引 言	54
4.2 基于多层框架结构的领域本体和配置应用本体	55
4.3 多本体结构下的产品服务系统配置本体	57
4.4 “楼宇系统服务”案例的配置知识表达	66

4.5 本章小结 77

第五章 基于 LCNN 和 RULEX 的个性化产品服务系统配置规则获取 78

5.1 引言 78

5.2 基于 LCNN 网络的产品服务系统配置规则构造方法 79

5.3 LCNN 和 RULEX 联合实施下的配置规则获取方法 86

5.4 “楼宇系统服务”案例的配置规则获取 91

5.5 本章小结 98

第六章 基于混合逻辑和 JESS 的个性化产品服务系统配置方案推理 100

6.1 引言 100

6.2 基于本体和规则混合逻辑的产品服务系统配置系统框架 101

6.3 基于 SWRL 的规则知识表达 103

6.4 基于 JESS 规则引擎的产品服务系统配置推理 111

6.5 “楼宇系统服务”案例的配置方案推理 115

6.6 本章小结 118

参考文献 120

第一章 绪 论

1.1 研究背景和意义

制造业是国民经济的主体，也是供给侧结构性改革的主战场。《中国制造2025》给出了我国制造强国建设高端化、智能化、绿色化、服务化的总体导向，并且明确指出“积极发展服务型制造和生产性服务业”^[1]。服务型制造，是制造与服务融合发展的新型产业形态^[2]。制造业企业通过创新优化生产组织形式、运营管理方式和商业发展模式，不断增加服务要素在投入和产出中的比重，从单纯出售产品向出售“产品+服务”转变^[3]。

目前，发达国家普遍存在“两个70%”的现象，即服务业产值占国内生产总值（Gross Domestic Product, GDP）的70%，制造服务业产值占整个服务业产值的70%^[4, 5]，尤其在航空、汽车、工业自动化、通信设备等领域，服务正在成为制造企业利润的重要来源。根据德勤公司2010年的一项研究，全球80家跨国制造业企业中，服务收入占总销售收入的平均值为26%，服务净利润贡献率平均值则达到46%。而中国机械工业联合会与德勤联合发布的《2014中国装备制造业服务创新调查》报告却显示，78%企业的服务收入占总营业收入比重不足10%，只有6%的企业占比超过20%。我国服务型制造发展的相对滞后可见一斑。推动生产型制造向服务型制造转变，将有利于企业延伸和提升价值链，提高全要素生产率、产品附加值和市场占有率^[3, 6]。

在服务型制造模式下，无论是面向企业的服务还是面向消费者的服务，在微观企业层面，其主要的企业内行为表现是产品服务系统。产品服务系统是一种产品与服务高度集成、整体优化、共同满足客户需求的市场供给^[7]。目前，国内外

不少企业都在大力推行产品服务系统，获得了较大的经济效益和社会环境效益。例如，英国罗尔斯·罗伊斯公司针对其航空发动机产品提供了一种全面解决方案（Total Care）。客户只需购买发动机的运行能力，而由企业负责确保飞行可靠性和在翼飞行时间^[8, 9]。该公司 2015 年的基本收入为 134 亿英镑（1 英镑=8.8 元），其中约一半来自服务。我国陕西鼓风机（集团）有限公司从出售单一产品向出售个性化的透平成套机组产品服务系统转变，发挥成套设计、供货、施工、安装调试的整体优势，为用户提供解决方案和系统服务。传统模式下 600 万元的订单得以扩张到 3 080 万元，增加了企业收入和利润率^[5]。

1.1.1 产品服务系统的价值和意义

产品服务系统是顺应企业经营环境的产物，是实现服务型制造的基础。近年来之所以受到工业界和学术界越来越多的关注，原因在于其体现了客户价值和企业价值的统一，对双方都具有重要的意义。具体表现在以下几方面：

（1）产品服务系统满足了客户日益增加的客观需求

随着产品技术进步和升级换代的加快，原来依靠社会化的服务机构和客户自我服务完成的产品服务，遇到了由产品专业化、专利化、定制化所带来的障碍，难以短时间、低成本地完成。而制造企业在提供产品的同时，凭借对产品的技术性能和包含专利的了解、强大的技术研究能力、快捷的零配件供应能力^[10]，能够更加高效地满足客户的客观服务需求。

（2）产品服务系统有利于满足客户不断增长的个性化需求

随着网络时代的到来，整个世界范围内的消费文化都产生了极大的变革，客户对个性化有了更高的要求。企业不仅要提供给客户在形态和功能上各异的多样化产品，也要以“服务”的思维满足客户在整个产品生命周期中的个性化需求。

（3）产品服务系统实现了企业的有效扩张、扩大了利润源泉

急剧膨胀的生产能力和日益激烈的竞争环境使得产品供给处于饱和状态，平均利润率不断下降。企业想依靠产品的规模经济和范围经济来实现扩张已变得困难重重。由于企业在“安装基地”（Installed base）拥有的产品数量远多于每年新销售的产品数量，因此可以在不增加产量的情况下，凭借为客户提供与产品有关的各种产品服务系统，获得长期、稳定的收入来源^[11]。此外，服务不但具有较高的边际利润和投资回报率，还能在产品使用周期中形成持续的价值增值过程^[12]。

（4）产品服务系统增强了企业核心竞争力

首先，由于科技水平发展迅猛，技术被模仿学习的周期越来越短。相对而言，服务具有创新性、隐蔽性，或者含有专门的技巧和经验，比产品更难模仿和改进^[11, 13]，

由此构筑了较高的竞争门槛。其次,以灵活柔性的服务而不是相对固定的实物产品来应对快速变化的市场,更能实现“随需应变”。最后,竞争的深化导致产品在性能、价格、质量、功能等方面日趋同质化、多样化、定制化的产品服务系统成为增强差异化的有效手段^[14],有助于企业脱离基于价格竞争的红海模式。

(5) 产品服务系统有利于企业维护客户关系和积累客户知识

通过各种产品服务系统,企业能及时掌握客户需求的变动趋势。原来依靠销售人员和售后跟踪调查才能得到的信息,能及时、准确、源源不断且更加详细地获得^[15]。这些竞争对手难以获得的知识不仅有利于持续改进产品和服务的质量^[12],还有效增强了企业与客户的关系,有助于保留、维护和发展客户资源^[16]。

1.1.2 产品服务系统配置概况

为了满足多样化的客户需求,个性化定制已经成为服务型制造企业向客户交付产品服务系统的主要形式^[15]。产品服务系统配置(Product Service System Configuration, PSSC)是其中一个重要的使能技术和管理活动,能有效缩短响应时间、降低定制成本。它的任务在于基于预设的配置知识,找到那些能够满足客户价值需求和给定约束的个性化解决方案^[17]。由于产品服务系统具有高阶次、多回路、非线性和不确定性等特点^[18],相对于传统的产品或服务配置,产品服务系统配置具有更高的难度和复杂度。虽然传统配置理论和方法研究体系较为完善,但难以解决个性化产品服务系统配置管理中遇到的新问题。

1.1.2.1 产品服务系统配置的问题定义

本书研究认为,产品服务系统配置是一种特殊的设计活动,它的关键特征在于所设计的对象是由一系列预先定义的产品服务组件所组成,这些组件可以以某种预知的方式捆绑和连接起来。这里的组件并不是物理实体,而是一个由服务流程、人员技能、所需材料等集成而得的组合,为客户提供了一种无形的商业绩效(Business performance)^[19]。

假设给定:

①一组可用的产品服务组件、组件属性(Attribute)、互相间的接口(Interface)、服务绑定(Binding)、服务约束(Constraint)等。

②来自产品知识(如零部件类型)和客户知识(如客户特征、客户需求)对期望配置的一些要求。

产品服务系统配置的任务就是找到一个或多个配置方案(Configuration solution),能够满足所有的输入需求和给定规则。在这里,一个配置方案就是一个由一系列选定的产品服务组件所组成的产品服务系统实例(Instance),同时给定了这

些组件的属性取值，并描述了这些组件间的结构关系。

可配置服务（Configurable service）设计是实现产品服务系统配置的前提。由于研究已经证实了服务也具备一个基于组件的结构（Component-based structure）^[20, 21]，因此可以将产品服务组件看作一种支撑积木（Building block），用来描述可配置产品服务系统的所有合法组合。通过对这些由领域专家预先定义的不同组件进行捆绑和连接，可以得到不同的有效组合，成为满足不同客户需求的产品服务系统实例。

通过设计可配置产品服务，并在销售过程中对可配置服务进行配置，企业为客户提供了能满足其个性化需求的产品服务系统。在整个配置过程中，不需要设计新的组件、属性以及接口、绑定和约束等关系。

1.1.2.2 产品服务系统配置的研究难点

产品服务系统配置研究的困难主要来源于其不同于传统产品配置的特点，包括以下四方面：

（1）产品服务系统配置中的可配置对象具有无形性

所谓服务是指一方能够向另一方提供的帮助、效用、关心、体验或者智慧等无形价值^[22]。一般服务的特点主要包括无形性（Intangibility）、异质性（Heterogeneity）、时空不可分离性（Inseparability）即生产消费同步、易逝性（Perishability）即难以储存、客户参与性（个性化、多样性、强交互）^[23]。产品服务系统继承了这些基本特点。其中，无形性是服务区别于产品的关键特征。因此，有形产品向无形服务的转变使得可配置对象的传统定义和描述方法不再适用，如原有的端口概念不具有广泛意义，无法适用于除机械制造产品以外的其他领域。因而，配置知识的表达成为产品服务系统配置研究的关键问题之一。

（2）产品服务系统配置与产品密切相关

由于产品服务系统的知识与产品的设计知识和制造知识相关，往往具有一定的技术难度，有时甚至是附带企业自创的专利、技术或专有技术，非本企业人员很难获得。当这些知识使其他试图依靠专业化集约经营的企业无法提供服务，或能够提供服务但组织成本过高时，产品服务化才能顺利实施。因此，产品服务系统与产品及其零部件有很强关联^[24]，在产品服务系统配置中，产品也应被视为客户价值生成过程的投入要素。各种产品特征都可能对配置结果产生影响，举例如下：

①产品经济价值高、生命周期长。因而，客户希望能够通过优质、高效、专业的产品服务系统来保障产品使用质量，延长产品使用寿命。

②产品结构复杂，零部件多，设计或者制造的技术复杂而精密，具有一定的

独特性和专有性。因而，对产品服务系统的依赖性很强。

③产品零部件非标化、非通用性程度高。研究表明，定制化程度越高的产品越需要差异化的产品服务系统^[22]。

（3）产品服务系统配置是一种知识高度密集的活动

与传统服务业相比，产品服务系统的价值在于凝结在无形服务中的知识、经验和能力，这是企业获取差异化竞争优势的关键。产品服务系统需要专业的服务人员，通过对服务技能、能力和资源的应用来执行服务内容，完成服务目标。产品与服务的交互以及客户的异质性，导致产品服务系统的知识内涵相当丰富，存在客户知识、产品知识、服务知识等多域知识。因此，其知识管理比一般服务具有更大的复杂度和难度。

进一步讲，产品服务系统配置问题更是一种知识密集型活动，需要不同参与者（如客户、销售工程师、配置专家、产品设计师、服务设计师）基于各自的领域知识进行密切交互。因而，企业必须具备较强的知识积累和管理能力，既要完成对配置对象的语义知识表达，实现无歧义的共享和重用，还要完成多领域配置知识的有效挖掘，更要确保能够基于配置知识对配置方案进行合理求解。因此，产品服务系统配置研究必须建立有效的知识系统来实现对配置相关知识的表达、获取和利用。

（4）产品服务系统配置更强调以客户为导向

产品服务化模式改变了传统制造以市场需求为指导的导向性，转而更加注重以客户个性化需求为导向。针对不同客户的特定需求提供相应的高附加值服务，使得产品服务化具有明显的“客户定制”特点。客户的主动参与和体验更使得传统制造系统中的被动接收者转变为“合作生产者”，人的感觉、情绪、认知、心理、动机等个体因素都会对服务提供过程及结果产生影响。而在产品服务系统配置中，客户对服务的偏好、感知、体验，以及客户自身的特征、条件等也会影响客户对服务的配置需求。因此在“客户导向型战略”下，产品服务系统配置不仅要捕捉客户需求的直接表达，更要主动地感知和发现客户特征、客户体验等知识，从而更准确地理解个性化、主观化的客户需求，进而使配置结果更接近客户意愿，寻求更高的客户价值。

1.1.3 本书意义

服务型制造作为一种新的产业形态，产品服务系统配置问题是其运作管理的关键问题之一。本书的研究旨在为产品服务系统配置问题提供新的管理框架，以及针对关键问题的理论模型和决策方法，并通过在企业的实际应用来获得较大显示度的经济和社会效益。本书的研究在微观上能帮助企业为客户提供专业、有效

的定制化产品服务系统，通过服务实现产品价值的升值，从而保持企业在市场上的持续竞争力和合理利润。在宏观上有助于企业经营理念和经营模式的变更，为服务型制造这种新型产业形态在实际生产中的大范围应用提供具有可操作性的指导，真正使我国实现从“制造大国”向“制造强国”的跨越。

1.2 个性化产品服务系统配置管理

1.2.1 个性化产品服务系统配置的管理框架

为了顺利开展配置活动，基于产品服务系统配置问题的特点（参见本书 1.1.2.2 小节），本书研究提出了个性化产品服务系统配置管理框架，该框架不仅描述了传统意义上的、孤立的、基于计算机的配置软件工具，而且包含了产品服务系统配置活动所涉及的关键角色和资源。如图 1-1 所示，产品服务系统配置管理框架主要由以下三个部分组成。

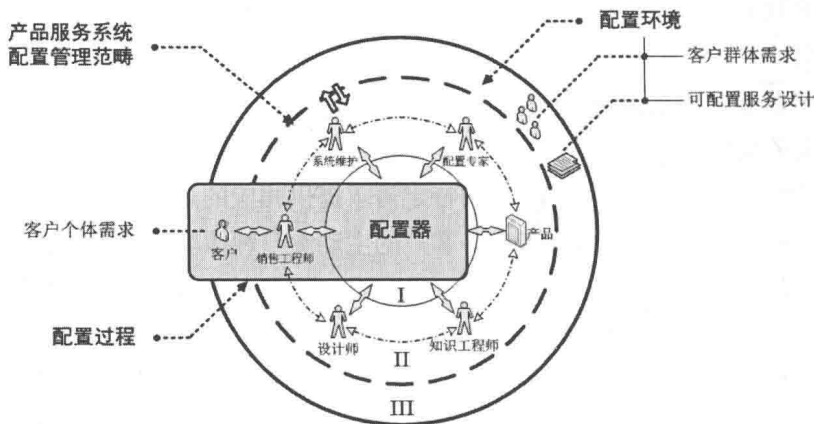


图 1-1 产品服务系统配置管理框架

（1）产品服务系统配置系统（配置器）（圆 I）

管理框架中的核心要素是产品服务系统配置系统，即配置器（Configurator）。配置器根据特定输入（如客户需求），基于预设的配置知识（如配置规则），通过一定的推理机制或算法得到满足输入需求和给定规则的配置方案，从而完成配置过程。

（2）企业角色及要素（环 II）

产品服务系统的配置活动往往直接或间接涉及多种企业角色，主要包括销售

人员、服务设计人员、配置专家、知识工程师以及配置器维护人员，客户则通常在销售人员的协助下与配置器进行互动。而这些参与者之间又会基于各自的领域知识进行密切交互。此外，由于产品服务系统与产品零部件密切相关，产品及其零部件的特征也会对配置活动产生影响。因此，各种角色和要素的共同参与对配置器的设计以及配置活动的管理提出了更高的要求，因此对于产品服务系统配置中存在的各类知识，应实现无歧义共享和重用。

圆 I 与环 II 共同构成了产品服务系统配置管理问题的范畴。

(3) 外部配置环境（环 III）

任何一个配置管理活动都有其存在环境。产品服务系统配置的外部环境在图 1-1 中表现为环 III，主要包括由客户群体需求与可配置服务设计构成的市场环境与企业供给。为了有效辅助配置活动，配置器的领域知识与推理机制都应适应外部配置环境。因此在选择配置知识表达方式时，应考虑可配置服务快速更新这一状况。

由于产品服务系统配置活动具有知识密集的特点，因此其管理框架的核心部分（圆 I）可以看作一个知识系统，从而简化为如图 1-2 所示的系统结构。该知识系统的主要组成是知识库和推理机。其中，配置知识库是以一致的形式储存和管理无矛盾、无冗余的配置知识的实体。而配置推理机则是利用配置知识执行推理的控制机构，也是决定知识系统性能好坏和工作效率高低的关键部件。另外，用户接口为用户提供了使用知识库的手段，可以根据用户的需求输入而给出配置方案。总之，产品服务系统配置知识系统是配置知识库建立、更新、维护、管理、使用的功能体。知识表达、知识获取和知识利用是该知识系统的三个关键功能。

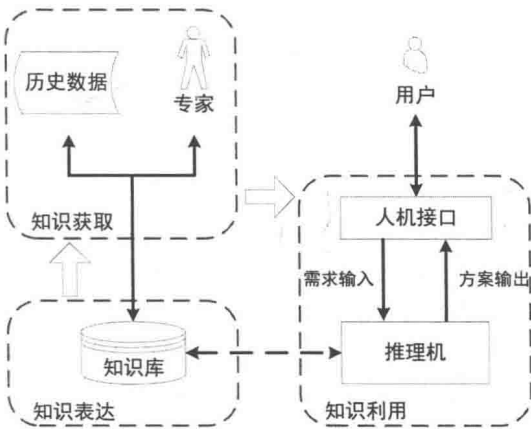


图 1-2 产品服务系统配置知识系统结构

采用一定形式来表达知识,使计算机能对之进行处理,并以一种人类能理解的方式将处理结果告知人们,是知识系统首要解决的关键问题。在产品服务系统配置管理中,知识表达主要表现为配置模型的建立和维护,并以此作为建立配置知识库的基础。配置模型是对可配置对象结构的详细描述,是可配置对象开发设计的最终结果,是所有与可配置对象相关的配置知识的集合。这种配置模型以往一般是以知识的形式储存于设计人员的大脑之中,或以各种文档的形式进行记录,因而缺乏统一结构的知识表达,也很难或无法进行计算机自动配置。因此,在产品服务系统配置知识表达环节中,需要基于可配置对象所蕴含的配置知识建立一个完整、系统和正确的配置模型。

知识获取是指从知识源获得知识来建造知识库的工作,它往往是建立知识系统的一个瓶颈部分。传统的专家经验归纳法固然可以完成知识的获取,但利用计算机学习来实行自动或半自动化的产品服务系统配置知识获取仍是最理想的目标。由于企业存储的大量有意义的历史数据中往往隐含着许多配置知识,特别是描述了客户需求和设计参数间转化关系的配置规则。因此,在产品服务系统配置知识获取环节中,需要提供一套可行、有效的方法来完成对已知信息的学习以及配置规则的提炼。

知识利用是指利用知识库中的知识进行推理,进而得出结论的过程。在产品服务系统配置中,知识利用主要表现为配置求解过程,并与知识系统中推理机的执行密切相关。因此,在产品服务系统配置知识利用环节中,需要设计和开发一个高效的配置系统框架。该系统能够基于知识表达和知识获取的成果,对输入需求进行有效推理,得到合理的配置结果。

综上,本书的研究内容和方法将基于产品服务系统配置的研究难点和管理框架而展开,并围绕产品服务系统配置知识系统中知识表达、知识获取和知识利用三个关键活动。

1.2.2 个性化产品服务系统配置的关键问题

如前文所述,本书研究旨在为产品服务系统配置问题提供新的管理框架,以及针对关键问题建立的理论模型和提出的决策方法。围绕这一核心目标,本书综合运用本体和神经网络等方法,提出并解决了“产品服务系统知识的语义建模”“产品服务系统配置知识的无歧义表达”“多领域知识下的产品服务系统配置规则获取”和“基于配置系统的产品服务系统配置方案推理”四个关键问题,并通过企业案例进行验证。

1.2.2.1 产品服务系统知识的语义建模

产品服务系统是一种知识密集型活动，服务与产品的交互以及服务的多样化又进一步丰富了知识内涵，对产品服务系统中存在的大量知识进行有效管理不仅可以保证服务质量和效率，还有利于增强企业核心竞争力。虽然产品服务系统业务迅速发展，但与传统产品相比，仍然缺乏一个简洁和规范的形式化方法对无形的产品服务系统进行知识化标识、描述和表达。服务知识往往散落在各个相关部门，以各种自然语言、文字图表、数据库等形式存在，知识之间缺乏关联和整合，容易出现语义差异和冲突。因此，必须在语义层面对产品服务系统进行建模，以减少在知识共享和互操作中出现语义不一致的现象，从而促进产品服务系统知识的重用与扩展，以及交换与共享。

因此，产品服务系统的形式化描述和基于语义的知识建模是本书的首要研究目标，也是产品服务系统配置研究的基础问题。本书旨在研究并建立一个形式化的概念模型来捕捉和组织无形服务的语义知识，该模型能够为产品服务系统知识在跨多学科团队和异构系统中的有效表达及交流提供一个公共语义基础，为产品服务系统配置问题提供一个可用于扩展的领域本体模型。最终促使不同参与者和系统能够在无歧义理解的基础上运用各类知识，正确执行各种知识密集型活动（包括配置活动），向客户提供高质量的产品服务系统。

1.2.2.2 产品服务系统配置知识的无歧义表达

在产品服务系统配置中，构建配置知识库是一个关键任务，其有效性对于配置系统的开发效率具有重要影响。因此，基于可配置对象所蕴含的配置知识建立一个完整、系统和正确的配置模型作为知识库的核心是产品服务系统配置研究的关键问题之一。考虑到配置环境中可配置服务更新快速，配置模型应当灵活柔性且能被高度重用，以便于知识库的更新和维护。配置管理范畴中的多方参与性又要求参与者之间必须对配置模型达成共同理解，以避免歧义与误解。同时，产品服务系统配置还涉及客户、产品等多种知识。因此，配置知识的多域融合、多方参与和快速更新都对配置知识表达提出了更高的要求，需要以知识的无歧义共享和重用为目标寻求合适的表达方法，以减轻配置管理的压力。

虽然配置技术已经有很多研究和应用，然而现有的配置模型大都存在配置知识表达力弱、共享性差、缺乏重用性、知识库维护困难等问题。因此，本书旨在研究并建立一个可共享、可重用的产品服务系统配置模型，该模型基于产品服务系统公共语义知识，能够捕捉和组织服务配置问题中的概念、关系和领域知识，从而既能确保配置模型的语义一致性、共享性和重用性，又能提高创建配置模型

的效率和正确性，最终在产品服务系统配置系统中建立起灵活柔性、可重用的配置知识库。

1.2.2.3 多领域知识下的产品服务系统配置规则获取

在配置知识库中，产品服务系统配置规则（Product Service System Configuration Rules, PSSCR）是一类重要知识，它描述了客户需求到设计参数的转化关系，是配置设计的基础。由于产品和客户是产品服务系统配置中的关键因素，因此在配置规则中应当加入个性化的产品特征和客户特征，形成多领域知识。从而，多领域知识下的配置规则获取亦是产品服务系统配置中的重要环节，对于提高配置求解质量具有重要的意义。

然而，个性化特征的引入却对规则获取方法提出了很高的要求，传统研究往往假配置规则的制定是一个从无到有的设计过程。但是在企业实际中，配置规则往往已经存在于大量历史交易记录与配置数据中。因此，本书旨在研究并提出通过数据挖掘的方法来实现配置规则的有效获取，该方法能够完成由多领域知识导致的大量耦合的、相互关联的复杂规则在多角色间的归纳和获取，并且确保规则知识的客观性和可信度。从而，促使企业具备主动理解客户需求与提供合理配置选项的能力，最终提高配置的有效性和准确性。

1.2.2.4 基于配置系统的产品服务系统配置方案推理

除了知识表达和知识获取，产品服务系统知识利用也是配置知识系统中的重要功能，主要表现为配置方案的推理求解。随着服务组件结构关系日趋复杂，相关的规则知识也变得越来越复杂，自动配置出满足所有需求的定制化产品服务系统成为一项相当困难的知识密集型任务。如前所述，配置系统是产品服务系统配置管理框架中的核心要素。通过执行配置系统，企业能够基于预设的配置知识和一定的推理机制或算法，得到满足输入需求和给定规则的配置结果，从而完成产品服务系统配置。与手工配置相比，使用配置系统能显著地降低错误率，减少处理时间。因此，本书旨在研究并提出一个能够自动产生可行配置方案的产品服务系统配置系统。该系统基于已建立的配置模型和已获取的配置规则，采用与知识表达方式相匹配的推理方法，不仅能确保配置结果的正确有效，还应提高系统自身的开发效率和维护便捷性。

以上四个关键问题之间的关系如图 1-3 所示。首先，基于本体的建模研究实现了产品服务系统的语义描述和知识表达，使无形服务可描述、可分析，是产品服务系统配置研究的首要问题。所建领域本体经过重用和扩展成为配置研究所需的配置模型，从而为配置推理提供了灵活柔性的配置知识库。其次，基于 LCNN 和