

基于智能家居产业供应链的 互联网服务中台建设和技术方案

刘星宇, 廖文宽, 肖 健, 胡 静, 李 行

天津大学智能与计算学部, 天津

收稿日期: 2024年11月1日; 录用日期: 2024年12月20日; 发布日期: 2024年12月31日

摘 要

随着智能家居产业的快速发展以及产品和服务的多样化, 智能家具供应链的管理变得日益复杂, 为应对多样的服务以及数据管理困难等一系列挑战。本文提出了并设计实现了基于智能家居产业供应链的互联网服务中台, 该系统不仅在数字化服务管理流程中采用大数据和人工智能技术, 并且通过订单供需关系建模技术、趋势预测技术和基于知识图谱的供应知识融合技术实现了对供应链管理进行全面数字化升级, 实现了一个数字化供应链的智能服务平台。同时平台通过实现标准数据模型管理、应用数据模型管理、数据质量管理、数据链路分析以及智能标签体系建设等, 平台提供了高标准、易用的一站式大数据管理解决方案, 将数字化技术应用于智能家居产业链的结构转型中, 大幅度降低服务以及数据管理难度从而更高效地挖掘和利用数据中的业务价值。

关键词

智能家居, 供应链管理, 数字化技术, 互联网服务平台, 业务中台

Business Platform Construction and Technical Solutions for the Internet Service Platform Based on the Smart Home Industry Supply Chain

Xingyu Liu, Wenkuan Liao, Jian Xiao, Jing Hu, Hang Li

College of Intelligence and Computing, Tianjin University, Tianjin

Received: Nov. 1st, 2024; accepted: Dec. 20th, 2024; published: Dec. 31st, 2024

文章引用: 刘星宇, 廖文宽, 肖健, 胡静, 李行. 基于智能家居产业供应链的互联网服务中台建设和技术方案[J]. 软件工程与应用, 2024, 13(6): 815-823. DOI: 10.12677/sea.2024.136084

Abstract

With the rapid development of the smart home industry and the diversification of products and services, the management of the smart furniture supply chain has become increasingly complex in order to cope with a series of challenges such as diverse services and data management difficulties. This paper proposes and designs an Internet service platform based on the supply chain of the smart home industry. The system not only adopts big data and artificial intelligence technology in the digital service management process, but also realizes a comprehensive digital upgrade of supply chain management through order supply and demand relationship modeling technology, trend forecasting technology and supply knowledge fusion technology based on knowledge graph. It realizes an intelligent service platform for the digital supply chain. At the same time, by realizing standard data model management, application data model management, data quality management, data link analysis and smart label system construction, the platform provides a high-standard and easy-to-use one-stop big data management solution, and applies digital technology to the structural transformation of the smart home industry chain, which significantly reduces the difficulty of service and data management to more efficiently discover and leverage business value in data.

Keywords

Smart Home, Supply Chain Management, Digital Technology, Internet Service Platform, Business Middle Platform

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

在智能家居产业链的数字化转型进程中，主要面临的问题包括数据管理困难、产业链管理复杂、协作标准的缺乏以及无法及时响应快速变化的市场需求关系等。相关研究中也提出了用于传统行业改革和转型的类似的业务中台架构，如卓晓冬[1]等人提出了一个融合了物联网技术的智能家居系统，解决了数据传输和管理问题，但是在系统设计上缺乏灵活性以及可扩展性；李梓[2]等人提出了一个物流行业的服务平台架构，利用该平台进行数据信息与资源的整合，但是在满足用户的多样化需求上具有局限性；Christou IT 等人[3]提出了一个端到端的工业物联网服务平台，满足制造行业对生产流程的管理需求，但是其管理空间仅限于生产车间中，缺乏全局性。

本文的研究旨在建设一个有助于全面整合资源和产业协同创新的智能家居供应链的互联网服务平台，利用互联网新型服务架构、大数据和人工智能技术，对现有智能家居供应链平台进行升级，提升行业整体的资源配置效率和抗风险能力，并依托供需关系建模、订单需求趋势预测和基于知识图谱的供应知识融合等技术，打造支撑产业链协同创新的 IOT 平台，增强整个产业链的核心竞争力。最终打造一个集成化、一体化、多样化的智能服务平台。

本论文将深入探讨业务中台的建设和技术方案，重点分析云平台数据存储服务、业务中台、业务应用服务等模块的设计方案和技术要点[4]。本文将展示构建智能家居供应链的互联网服务平台的解决方案，为推动智能家居行业及其它行业的数字化转型提供有力的理论支持和实践参考。

2. 平台设计与实现

智能家居产品链服务平台的业务中台是互联网 + 制造业管理理念的具体实践，它融合了现代服务业与先进制造业的数字化服务，以提升平台企业的管理水平为目标。通过业务中台，平台将智能家居行业供应链管理的最佳实践赋能给每个平台企业及其供应商，推动整个产业的数字化转型，实现整体的提质增效。

业务中台通过界面、功能和流程的配置化，向平台企业提供灵活的业务操作场景，它的总体架构如图 1 所示。它作为数据服务和企业操作服务之间的流程管理基座[5]，确保了数据流程驱动下的业务操作的完整性和规范性。业务中台主要包括主数据业务包、供应链协同业务包、金融服务业务包、AI 应用能力服务包和 AIoT 协同长信服务与测试平台等内容。

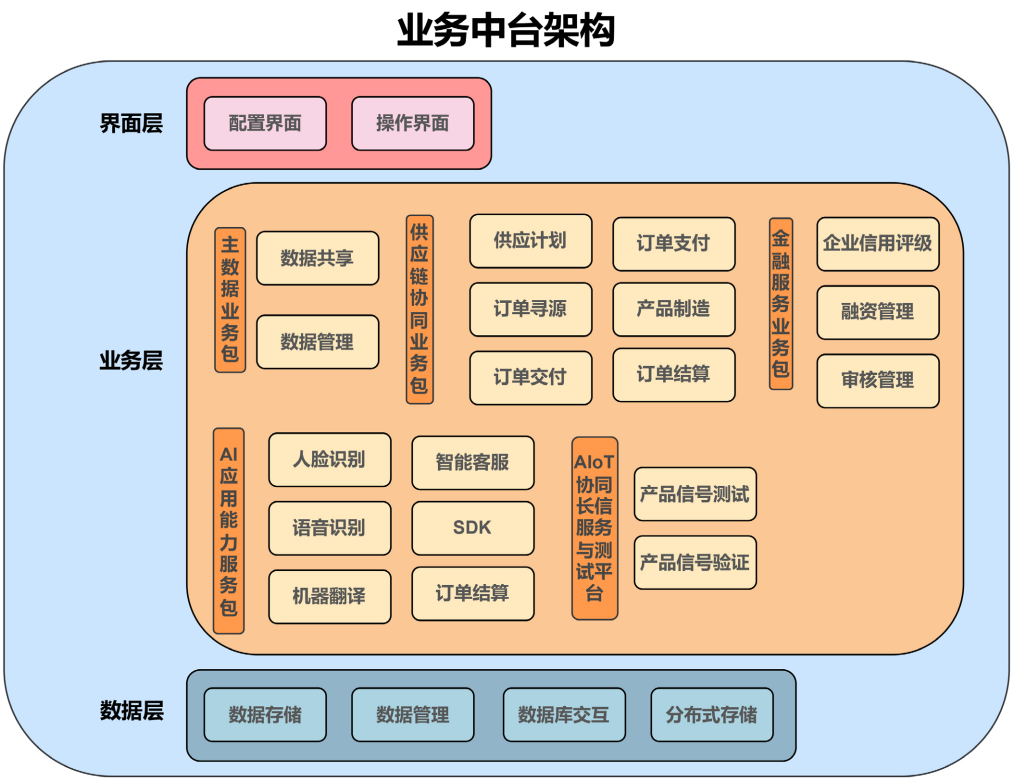


Figure 1. Frame composition in business
图 1. 业务中台架构图

在现代企业的供应链管理中，如何通过智能化手段提升订单处理效率、精准预测需求变化并优化资源配置，成为了竞争力提升的关键。为此，本平台设计结合了三项核心技术：订单供需关系建模技术、订单需求趋势预测技术以及基于知识图谱的供应知识融合技术。这些技术相互补充，共同构建了一种智能化供应链管理框架。本平台的核心目标是将这些技术与企业业务中台紧密结合，打破信息孤岛，提升订单管理、资源调度和决策支持的能力。

平台的设计与实现，主要围绕数据集成与分析、智能预测、以及供应链资源的优化配置展开。通过将订单供需关系建模技术与订单需求趋势预测技术相结合[6]，平台能够精准分析供需动态，提前识别需求变化趋势。与此同时，基于知识图谱的技术进一步加强了供应链各环节的知识共享与决策支持能力，使得业务中台能够在信息流通的同时，提供更智能的决策依据。

2.1. 订单供需关系建模技术

根据市场基本模式建立产业链库存管理基础模型结构图,如图2所示,明确系统中各种因素间的相互关系构建,完成产业链供需关系建模,如图3所示。以实际情况为出发点,系统地构建和优化随机、复杂和动态事件。以系统动力学的直面流程建模和动态仿真方法对解决和优化产业链中的库存、性能和成本问题起到支持和指导作用[7]。

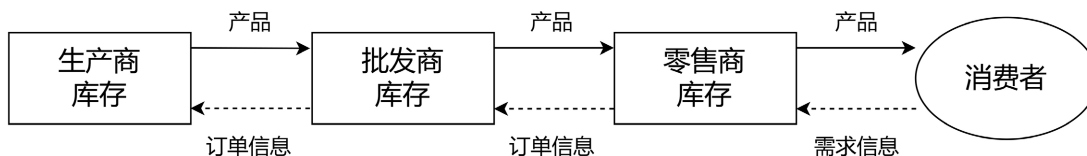


Figure 2. Frame composition in business

图2. 产业链库存管理基础模型结构



Figure 3. Modeling supply-demand relationship of industrial chain

图3. 产业链供需关系建模

模型中变量的定义和仿真条件与基础模型基本相同,加入基于网络协同制造平台的信息分发与传递机制后,系统的一些变量的结构和函数关系也发生变化,利用后缀0来标识纵向信息分发与传递模型流图。与基础模型的流图相比,由于相关变量关系的改变,信息共享模型的流图中系统和分系统库存调整、系统和分系统需求预测平滑值的函数关系也发生变化,具体如下:

①单机需求预测0 = SMOOTH (部件需求0, 单机移动平均0)

②分系统需求预测0 = SMOOTH (部件需求0, 分系统移动平均0)

③单机库存调整0 = (单机期望库存0 - 单机库存0 - 分系统库存0)/单机库存调整时间0

④部件库存调整0 = (部件期望库存0 - 分系统部件库存0 - 单机库存0 - 分系统库存0)/部件库存调整时间0

这些公式描述了系统中不同层级之间的需求预测和库存调整关系。在单机层级,通过使用SMOOTH函数来进行需求平滑预测,以支持单机移动平均的计算。分系统层级也采用类似的方式进行需求预测。在单机和分系统之间,库存调整根据期望库存、当前库存以及其他层级库存的情况进行调整。这些方程式有助于实现产业链中不同层级之间信息和物料的有效传递和协调。

2.2. 订单需求趋势预测技术

根据产业链供需关系因果回路图,明确系统中各种因素间的相互关系[8]。以此为基础,在智能家居产业链的历史数据支撑下,利用LSTM网络进行产业链订单趋势演进预测。

LSTM(长短期记忆网络)通过捕捉时间序列数据中的长期依赖关系,能够有效预测智能家居产业链中的订单趋势。产业链的供需关系通常涉及正负反馈回路,影响生产、库存和供应链管理。LSTM 可以通过分析历史订单数据、市场需求和生产能力等因素,预测未来的订单量,帮助企业优化生产调度、库存管理和供应链决策。模型训练需进行数据预处理、特征工程和优化算法调整,并通过评估指标(如均方误差、 R^2 等)来确保预测精度。最终,通过预测结果,企业可以降低风险、提升效率,并制定更为精准的市场策略。

2.3. 基于知识图谱的供应知识融合技术

目前,将知识图谱与深度神经网络融合并应用于智能家居产业链问题还有待探索。下面以业务中台中的关键环节——推荐供应商为切入点[9],探索基于知识图谱的供应知识融合以及神经网络在智能家居产业链中的应用。

2.3.1. 向量化表示

对知识图谱中的实体进行嵌入处理,得到供应实体的嵌入向量表示。基于需求方已经选择过的供应方实体的历史记录,生成神经网络模型的输入,由神经网络模型输出采购需求的表示向量,可以计算采购需求向量与历史采购向量之间的余弦相似度。基于计算得到的相似度,将相似度大于设定阈值所对应的供应方实体进行排序确定为需求方要求的推荐实体。为了提高模型推荐的精准性和覆盖率,通过知识图谱加强各个实体之间的关联,避免数据输入时的稀疏性对预测结果的影响。图 4 展示针对供应关系的基于知识图谱的供应能力优化结构示意图。

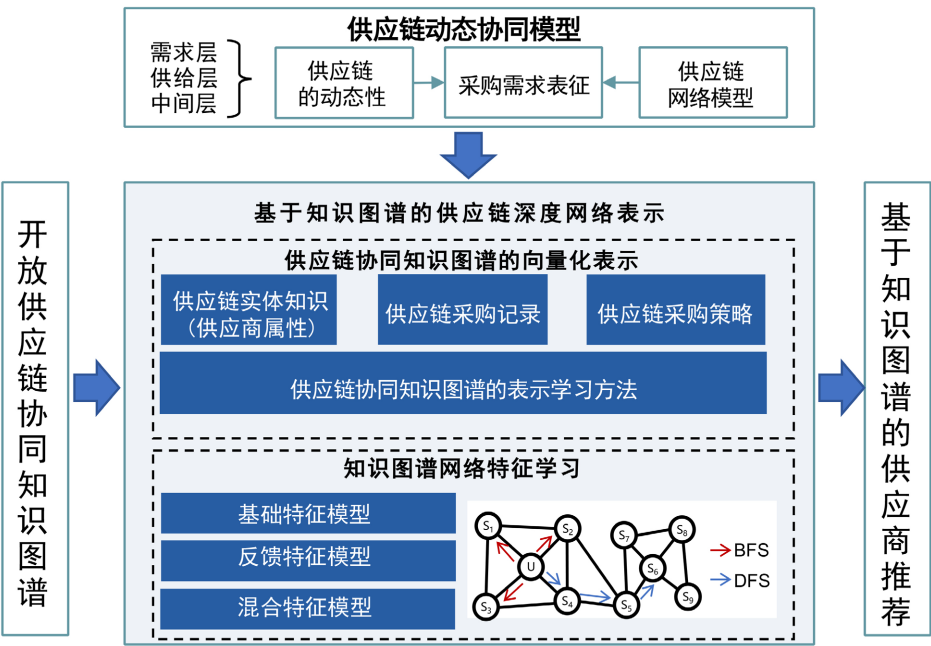


Figure 4. Optimization of supply capacity based on knowledge graph
图 4. 基于知识图谱的供应能力优化

2.3.2. 基于知识图谱的推荐方法

传统上,以用户和项目的历史交互数据作为输入的推荐系统存在两个缺点:
在实际生活中,系统与用户之间的交互总是离散的,数据可能存在缺陷和稀疏性[10]。

面对新用户和项目, 没有历史数据, 系统推荐和建模的精准性无法达到期望目标, 这也被专家称为冷启动问题。解决稀疏性和冷启动问题的常用方法是在推荐算法中引入附加边信息作为输入。在各种边信息中, 知识图谱作为一种新型的边信息, 近年来逐渐引起了研究者的关注, 如 YAGO。

知识图谱包含丰富的实体间语义联系, 在许多推荐场景中具有潜在的应用价值。知识图谱是一种语义网络。它的节点表示实体或概念, 边表示实体与概念之间的各种语义关系。知识图谱由若干三元组(h, r, t)组成, 其中 h 和 t 表示关系的头部和尾部节点, r 表示关系。

受推荐中成功的应用侧信息的启发, 通过在知识图谱中提取特征, 利用不同类型的关系等异构信息来提高推荐的质量。利用边信息的基本问题是如何在低维向量空间中对边信息进行统一量化, 同时保留边信息的结构, 从而计算用户或项目在向量空间中的相似度。这就是所谓的知识图嵌入(Knowledge Graph Embedding, KGE)。

基于 KGE 得到的低维特征向量, 许多研究人员开展了发现和预测用户或项目之间潜在联系的研究。具体使用的 Entity2rec 是一种基于 KGE 的推荐系统方法, 它创新性地提出了构建属性特定子图的策略。该方法首先根据用户和项目的属性信息, 从知识图谱中提取出与这些属性相关的子图。然后, 利用知识图谱嵌入技术, 为这些子图中的实体和关系构建低维向量表示。接着基于这些低维向量表示来计算用户和项目之间的关联度, 通过对这些关联度进行排序, Entity2rec 能够生成优化的 TOP-N 推荐结果。这种方法不仅考虑了需求方与推荐系统之间的直接交互, 还通过知识图谱中的属性信息来挖掘更深层次的潜在关系。

2.3.3. 基于翻译模型的供应实体嵌入

供应实体包括供应商、采购对象、采购要求等。在知识图谱的嵌入过程中, 我们还可以将实体与关系分开嵌入, 并将实体映射至相应的关系空间, 从而构建出从开始到结束的实体之间的转换关系, 从而获得包含语义信息的实体向量。在此基础上, 提出了一种基于 TransR 来实现对采购实体的嵌入。

采购需求通常具有多个属性, 例如: 数量、交货时间和价格等属性。因而, 利用 TransR 模型来描述供给方嵌入效应, 在描述供给方嵌入效应方面有其独特优势。在 TransR 中, 多个属性构成了一个复杂的实体, 各属性之间的关联所对应的属性也各不相同。不同的关系, 其语义空间也不一样。对于每一个三元组, 必须先把实体映射到相应的关系空间, 并在此基础上从开始到结束之间建立转换关系。

如图 5 所示, 对于每个三元组(h, r, t), 首先将实体向量向关系 r 空间投影。原来在实体空间中与头、尾实体相似的实体, 在关系 r 空间中被区分开了。具体而言, 对于每一个关系 r , TransR 定义投影矩阵, 将实体向量从实体空间投影到关系 r 的子空间, 用 l_{h_r} 和 l_{t_r} 表示如下:

然后使 $l_{h_r} + l_r \approx l_{t_r}$, 评分函数如下:

$$f_r(h, t) = l_{h_r} + l_r - l_{t_r} \quad (2.0)$$

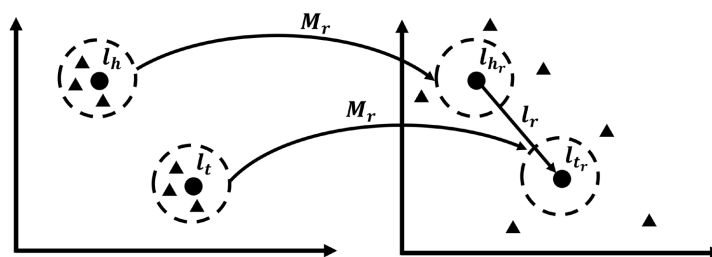


Figure 5. Entity and relationship spaces in the TransR model

图 5. TransR 模型中的实体和关系空间

2.3.4. 网络节点向量模型

本研究中,利用 Node2vec 对网络中的节点矢量进行建模,以网络的结构为输入,以节点矢量为输出。其基本思路是在 word2vec 技术的基础上,以一定的行走模式为基础,对每一个点分别产生相应的数据序列。然后,将这些序列作为文本,导入 word2vec 中的 skip-gram 模型,就可以获得每个节点的矢量。

①优化目标

设 $f(u)$ 是将顶点 u 映射为 Embedding 向量的映射函数,为 $N_s(u)$ 通过采样策略 S 的近邻顶点集合。将现有的 Skip-gram 模型扩展到网络中来,优化以下目标函数:

$$\max_f \sum_{u \in V} \log \Pr(N_s(u) | f(u)) \quad (2.1)$$

最优化目标:以最大的可能性使最近邻点的出现几率为最优。

为了使公式(2.1)能够得到很好的优化求解,提出了两个假设:

A. 独立给定一个顶点,其近邻顶点出现的概率与近邻集合中的其他顶点无关,得到公式(2.2):

$$\Pr(N_s(u) | f(u)) = \prod_{n_i \in N_s(u)} \Pr(n_i | f(u)) \quad (2.2)$$

B. 特征空间中的对称性。无论该顶点是源点还是近邻点,其 Embedding 表达都相同。源点与近邻点在特征空间中都是对称的。

$$\Pr(n_i | f(u)) = \frac{\exp(f(n_i) \cdot f(u))}{\sum_{v \in V} \exp(f(v) \cdot f(u))} \quad (2.3)$$

据以上两个假设条件,最终的目标函数公式 2.1 简化为公式 2.4

$$\max_f \sum_{u \in V} \left[-\log Z_u + \sum_{n_i \in N_s(u)} f(n_i) \cdot f(u) \right] \quad (2.4)$$

②路径采样策略

Node2vec 引入两个超参数 p 和 q 来控制随机游走的策略。假设当前随机游走顶点 t 经过边 (t, v) 到达顶点 v , 顶点 v 的下一个访问顶点 x 的概率根据下面公式计算得到,公式(2.5)中 d_{tx} 为下一个访问顶点 x 和当前顶点 v 的上一个顶点 t 之间的距离:

$$\alpha_{pq}(t, x) = \begin{cases} \frac{1}{p} & d_{tx} = 0 \\ 1 & d_{tx} = 1 \\ \frac{1}{q} & d_{tx} = 2 \end{cases} \quad (2.5)$$

③顶点采样策略

采用了 AliasSample 法来进行顶点取样。Alias 方法按照平均值 $\frac{1}{N}$ 进行归一化,它的总面积是 N , 并被分成 $1 * N$ 个长方形,每一列的面积是 1。将大于 1 的情况与小于 1 的情况进行互补,可以使各栏内的可能性之和等于 1,而且每个栏内不超过两个情况。

3. 相关研究对比与创新点

在智能家居行业中,传统的产业链管理平台往往局限于核心企业自身的需求,导致服务范围受限,难以实现跨平台、跨企业的资源共享。针对这些痛点,本业务中台使用了基于知识图谱的供应知识融合

技术, 为行业企业提供更具普适性、开放性和智能化的服务方案[11]。

本业务中台通过构建开放的知识图谱, 将供应商、采购需求、物流信息等关键实体连接成网络, 形成全面的产业链知识图谱。这一图谱不仅可以服务于单一企业, 还可以通过跨平台的数据共享和整合分析, 实现了智能家居行业各个企业间的信息互通, 优化了资源配置和协作效率。之后, 本业务中台结合深度学习模型, 对知识图谱中不同供应商、采购需求、交付条件等信息进行嵌入处理, 利用历史数据和相似度计算, 从而智能推荐合适的供应商。同时, 本业务中台利用大规模历史数据和行业趋势分析, 构建数据中台, 提高企业预测和应对产业链中的风险的能力。

本业务中台通过大数据和人工智能技术的融合, 知识图谱中的实体间关系可以不断更新和扩展, 支持智能家居行业企业对行业数据进行预测、资源匹配, 并不断优化采购流程, 降低企业管理负担。这种智能化服务为产业链管理平台带来了更高的运营效率和精益管理水平, 推动了智能家居行业全链条的智慧服务体系建设。

同时, 业务中台设计的研究存在着技术、服务设计和系统设计等方面的问题, 本文研究根据相关中台实践方案, 实现了数据的全局化管理和供应链的协同管理, 并引入了数据库算法和人工智能算法等先进数字化技术, 创新性地提出了智能家居产业链的业务中台架构, 从以下三方面帮助智能家居行业推动数字化转型:

1) 标准化的主数据管理: 业务中台通过创建主数据业务包, 建立了统一的客户、供应商、商品等基础数据地管理体系, 使产业链各节点的信息一致性和数据完整性得到保证, 避免了数据重复和错误的风险。同时, 这种标准化的数据管理方案也有助于减少产业链地各个节点在信息共享方面的阻碍, 增强了各节点间协作的能力。

2) 供应链协同与柔性管理: 业务中台通过创建主数据业务包, 实现了与产业链相关的生产计划、溯源、订单、交付、产品制造和订单结算等各个业务的协同管理, 规范了产业链的协作流程, 提升了供应链的灵活性和应变能力[12]。

3) 数字化技术的引入: 业务中台架构采用了云平台数据库存储服务, 整合了云计算、大数据分析和数据安全等技术, 为业务中台的数据管理问题提供了解决方案与保障, 并引入了人工智能算法与相关应用技术, 满足智能化功能应用的需求, 提升中台的数据管理能力。

智能家居产业链服务平台的业务中台架构通过标准化、柔性化、以数据驱动的和高扩展性的设计, 实现了对传统家居产业的数字化赋能, 使得供应链管理更加高效, 数据流转更加透明。创新的 AI 集成能力使智能家居产品更加智能化, 为传统家居产业进入智能化、数字化领域提供了技术支撑。这些创新不仅推动了智能家居产业链的数字化转型, 同时为整个智能家居行业的现代化管理的改革提供了参考方案。

4. 结论

本论文深入探讨了智能家居产业供应链的互联网服务平台的建设方案, 特别是在业务中台的设计和实施方面进行了详细分析。研究结果表明, 通过构建标准化、模块化的业务中台, 企业能够提升供应链管理的效率和透明度, 推动整个产业链的数字化转型和升级。云平台数据库存储服务为业务中台的稳定运行提供了强有力的技术支撑, 确保了系统在高并发、大数据处理环境中的卓越性能和高可靠性。

此外, 本文提出的便捷应用开发平台设计, 通过提供高效、灵活的开发环境, 简化了应用开发流程, 并确保了系统的可扩展性和易用性。该设计框架不仅提升了企业的管理水平, 还增强了产业链的协同能力和核心竞争力。通过规范化、标准化的服务流程, 平台有效促进了中小微企业的融资和资源配置效率, 为智能家居产业链的可持续发展奠定了坚实基础[13]。

总体而言,本研究为智能家居行业的数字化转型提供了重要的理论支持和技术指导,具有显著的应用价值和推广意义。未来的研究可以进一步探索如何通过更多创新技术的融合,进一步提升智能家居产业链的效率和竞争力。

基金项目

本研究由国家重点研发计划项目资助,项目编号 2021YFF0901200。

参考文献

- [1] 卓晓冬. 基于 STC 单片机的“互联网+”智能家居系统设计[J]. 家电维修, 2024(11): 74-76.
- [2] 李梓, 梁彬. 互联网物流服务平台研究——以“跑小帮——代跑客栈”为例[J]. 时代汽车, 2024(17): 169-171.
- [3] Christou, I.T., Kefalakis, N., Soldatos, J.K. and Despotopoulou, A. (2022) End-to-End Industrial IoT Platform for Quality 4.0 Applications. *Computers in Industry*, **137**, Article ID: 103591. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103591>
- [4] 吕晶. 数字技术对制造业与生产性服务业融合的影响研究[D]: [硕士学位论文]. 兰州: 兰州财经大学, 2024.
- [5] 苗志芹. “互联网+”创新驱动制造业发展分析[J]. 财经界, 2021(30): 57-58.
- [6] 吕明元, 陈磊. “互联网+”对产业结构生态化转型影响的实证分析——基于上海市 2000-2013 年数据[J/OL]. 上海经济研究, 2016(9): 110-121.
- [7] 李岳阳. UM 业务中台系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2023.
- [8] 刘东波, 罗常伟. 基于软件定义的任务规划中台架构设计[J]. 火力与指挥控制, 2024, 49(5): 111-116, 123.
- [9] 陈云腾, 陈卓. 基于中台架构的国有交通投资集团数字化转型研究[J]. 科学决策, 2023(1): 78-103.
- [10] Guo, T., Han, J.T. and Yang, X.L. (2015) Architecture and Key Capabilities of Management System of Smart Home. *Telecommunications Science*, **31**, 110-115.
- [11] 蒋志伟, 王伟, 刘姗, 等. 基于 ARM 的智能家居系统的设计与实现[J]. 现代电子技术, 2023, 46(4): 177-181.
- [12] 何文丰. 一种多层结构型智能家居系统的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 厦门: 厦门大学, 2023.
- [13] 刘兵. 智能家居系统互联互通的设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 北京: 北京邮电大学, 2013.