

一种智能辅助体系架构设计方法与实现

张泽鑫^{*} 孙冰 李皓

中国电科智能科技研究院, 中国·北京 100005

摘要: 针对体系架构设计效率低且成果质量不高的问题, 提出一种智能辅助体系架构设计方法。该方法首先构建体系架构知识库, 并根据架构设计需求, 通过多维度相似性计算生成架构推荐列表, 然后采用一种混合推荐机制, 为设计人员提供更加精准的设计参考。同时, 基于该方法, 设计并研制了智能辅助体系架构设计工具。此工具基于 DoDAF 架构, 能够提供体系架构多视角建模, 同时能够根据体系架构知识库, 通过装备类别的匹配推荐和基于任务目标信息的匹配推荐方法, 实现体系架构模型的自动推荐和生成, 提升了设计人员的模型构建效率和质量。

关键词: DoDAF 架构; 智能辅助; 体系架构设计

Intelligent auxiliary architecture design tool based on DoDAF

Zhang Zexin^{*}, Sun Bing, Li Hao

Intelligent Technology Research Institute of China Electronics Technology Corporation, China Beijing 100005

Abstract: In order to address the issues of low efficiency and poor quality in system architecture design, an intelligent auxiliary architecture design method is proposed. Firstly, the method builds a system architecture knowledge base and then generates an architecture recommendation list through multi-dimensional similarity calculation based on architecture design requirements. Then, a hybrid recommendation mechanism is adopted to provide more accurate design references for designers. Meanwhile, based on this method, an intelligent auxiliary architecture design tool is designed and developed. This tool is based on the DoDAF architecture and can provide multi-perspective modeling of the architecture. At the same time, relying on the architecture knowledge base, it can realize the automatic recommendation and generation of architecture models through equipment category matching recommendation and task objective information-based matching recommendation methods, thereby improving the efficiency and quality of model construction for designers.

Keywords: DoDAF architecture; Intelligent auxiliary; System architecture design

0 引言

当前, 以人工智能为代表的颠覆性技术群, 正加速推进战争形态由机械化、信息化向智能化迈进^[1], 这将在很大程度上带来作战概念、体系架构、装备形态的颠覆与发展^[2], 使得作战体系逐步向智能化作战体系演进。智能化作战不仅体现为单个武器平台的自主性提升, 更是整个作战体系在感知、决策、行动、保障等全流程的智能化跃升, 将呈现高复杂、动态多变、不确定等特征。

美国国防部架构框架 (DoDAF) 是为支持美国国防部各个领域的系统集成和互操作性而开发的, 它通过引入能力视图、作战视图、系统视图等 8 个视图 52 个模型^[3], 从不同视角来描述体系组成、相互关系及行为。然而, 随着作战体系的复杂性增强, 传统体系架构设计方法在智能化支持方面存在显著短板, 缺乏对设计意图的深度理解, 无法提供智能化的辅助设计, 使得整个设计过程呈现出明

显的低效性, 更使得架构设计的质量高度依赖个人经验, 已无法满足高复杂、高动态的体系架构设计。

针对上述问题, 提出了一种智能化辅助体系架构设计方法, 并开发实现了智能辅助体系架构设计工具, 此工具基于 DoDAF 架构, 能够提供体系架构多视角建模, 同时能够根据体系架构知识库, 通过装备类别的匹配推荐和基于任务目标信息的匹配推荐方法, 实现作战活动模型的自动推荐和生成, 提升设计人员的模型构建效率和质量。

1 智能辅助体系架构设计方法

1.1 体系架构知识库构建

体系架构知识库的构建在于将分散、隐性的信息系统架构知识转化为结构化、语义化、可关联、可重用的知识体系。体系架构知识库的来源主要包括条令条例与标准规范、信息系统顶层架构、领域架构、历史项目案例等。构建流程包括数据标准化处理和知识抽取。

数据标准化处理主要是检查并修正模型中的数据不一致、缺失项、冗余信息等，将不同工具创建的模型文件，转换为标准化的格式，使得异构数据能够被一致地解析。

知识抽取主要是通过自动化的解析与抽取，将不同视图中的模型元素转换为离散的知识实体，并将这些实体进行语义化标注，赋予每个实体一个明确的语义。

1.2 架构相似度匹配

架构相似度匹配核心是在体系架构知识库中，为当前特定的体系架构设计需求匹配最相关的参考依据。首先对用户输入的自然语言需求进行深度文本分析，提取核心架构要素关键词，并与体系架构知识库中的架构资产进行多维度相似度计算，对计算结果进行排序，生成架构推荐列表。

1.3 智能推荐

智能推荐基于一套多维特征融合的混合推荐机制，通过综合考量体系架构知识库中架构资产的语义特征、结构特征、使用特征等多个维度，构建一个全面、准确的推荐模型，为设计人员提供更加精准的设计参考。

2 工具设计与实现

2.1 总体架构

智能辅助体系架构设计工具总体架构主要包括物理层、数据层、引擎与模型层和应用层，如图 1 所示。

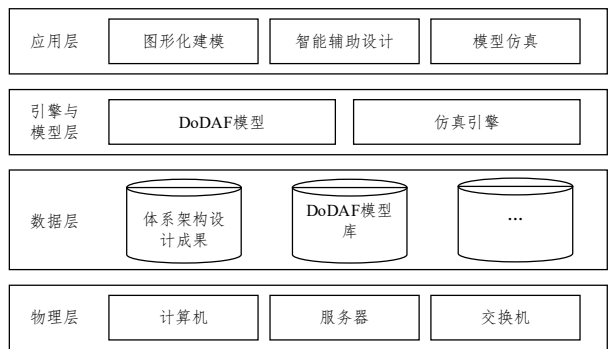


图1 总体架构

应用层主要提供用户交互界面和具体的系统应用功能，包括图形化建模、智能辅助设计和模型仿真，支撑体系架构设计人员设计形成体系架构设计模型成果。

引擎与模型层包括体系架构设计所需的全部数据模型和执行引擎，包括 DoDAF 模型和仿真引擎。

数据层包括了工具运行所需的配置数据、工具运行过程产生的过程数据、工具运行依赖的模型数据等，包括体系架构设计成果、DoDAF 模型库等。

物理层包括用户部署智能辅助体系架构设计工具所需的计算机、服务器和交换机等。

2.2 工具组成

智能辅助体系架构设计工具主要包括图形化建模模块、DoDAF 业务模块、智能辅助设计模块和模型仿真模块。系统组成如图 2 所示。

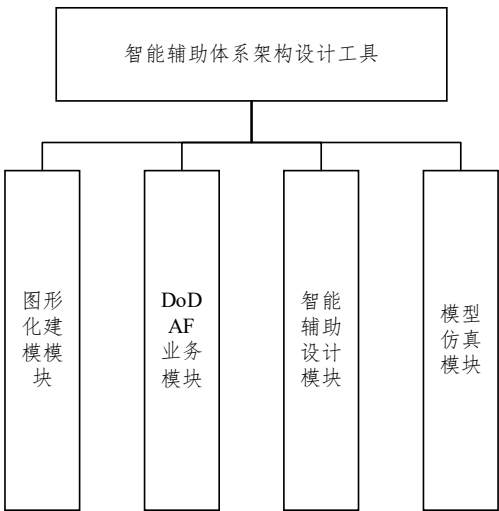


图2 工具组成

图形化建模模块提供图形化用户界面的简体中文与英文的语言配置功能，支持全中文的图形化用户界面，提供体系架构设计视图构建等管理功能、模型视图可视化展示、工程文件导入导出等功能。

DoDAF 业务模块支持体系架构从全视角、能力视角、作战视角、信息视角、系统视角、服务视角、技术视角等方面开展数字化建模和模型管理。

智能辅助设计模块能够根据模型库中的体系架构知识、条令规则知识等，实现体系架构模型的自动推荐生成。

模型仿真模块主要提供模型仿真的控制，提供仿真编译、仿真执行、单步调试、参数窗口等模型仿真显示和控制功能。

2.3 技术架构

智能辅助体系架构设计工具技术架构分为交互层技术、集成层技术、模型层技术和数据层技术，如图 3 所示。

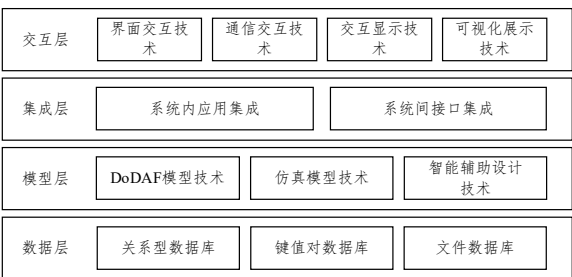


图3 技术架构

数据层中关系型数据库主要用于存储工具运行所需的配置数据、应用数据等关系数据信息；键值对数据库用于

存储大规模 key-value 数据；文件数据库用于存储 DoDAF 模型等文件型数据。

模型层中 DoDAF 模型技术通过定义统一的视角，对架构中的系统组件、接口关系、数据流转及技术约束等关键要素进行结构化建模；仿真模型技术通过数字化建模对架构设计模型的运行逻辑、交互关系等进行动态验证。

智能辅助设计技术可支持基于装备类别的匹配推荐和基于任务目标信息的匹配推荐。以作战活动模型设计为例，用户选择推荐的行动方式后，可在作战活动设计中绑定该行动方式流程模型，实现作战活动模型的智能辅助设计。基于装备类别的推荐是根据任务关联的所有装备，在体系架构知识库中匹配其行动方式的交集，推荐出装备使用重合率最高的行动方式，并进行加权排序，生成作战活动推荐列表。基于任务目标的推荐是根据计算任务目标的关联度，得到体系架构知识库中关联程度最高的行动方式，生成作战活动推荐列表。

集成层技术采用微服务实现各业务之间的分离，采用接口集成技术实现各业务之间的数据交互，主要包括数据封装、接口发布和调用等。

交互层负责承接用户请求、解析传输协议、调度后端资源等，通过标准化接口、数据格式转换为用户提供统一的使用界面。

2.4 工具实现

智能辅助体系架构设计工具采用前后端分离的微服务架构进行实现，后端负责 DoDAF 模型管理、业务逻辑处理和数据库管理，前端为用户提供直观的图形化操作界面，支持模型组件的拖拽、连接与属性配置。具体业务流程如 4 所示。

智能辅助体系架构设计工具工作流程包括：

- (1) 首先确定项目的总体目标与预期成果，在智能辅助体系架构设计工具中创建一个体系架构设计项目。
- (2) 基于 DoDAF 全视角、能力视角、作战视角、信息视角、系统视角、服务视角、技术视角等模型，对项目进行数字化建模。
- (3) 基于体系架构知识库，分析体系架构历史数据与新建项目之间的关联关系，工具自动匹配并推荐可重用的视角模型。
- (4) 通过模型仿真功能对项目体系架构设计成果进行仿真验证，验证架构模型的完整性、一致性、关联性等。
- (5) 如果没有通过模型仿真验证，则对架构模型进行

修改，直至通过模型仿真验证。

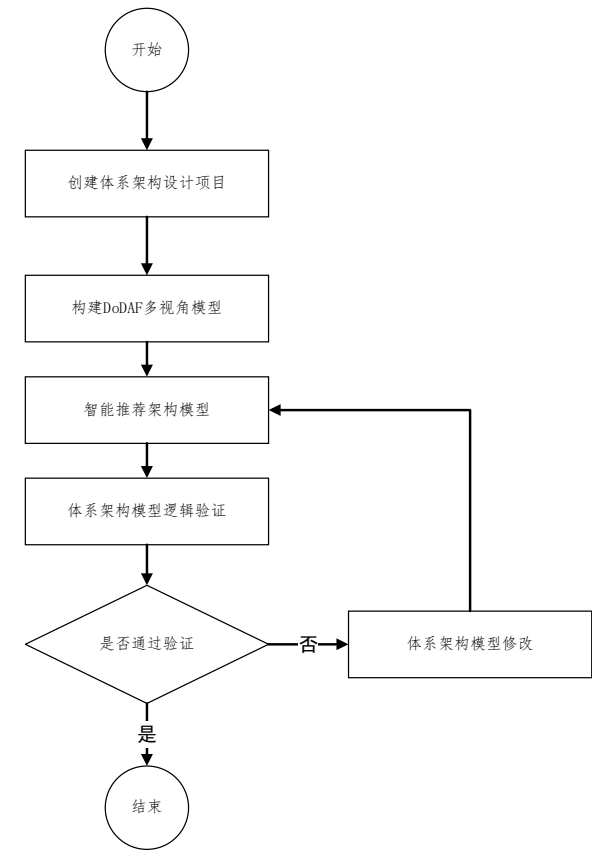


图4 业务流程

3 结语

传统的体系架构设计方法主要依赖专家经验，以手动操作为主的设计模式，已无法满足快速变化的复杂系统业务需求。智能辅助体系架构设计方法能够为用户提供精准的设计参考，提升体系架构设计效率和质量。同时，基于该方法，研发了一套智能辅助体系架构设计工具，该工具支持 DoDAF 架构多视角建模，并且能够提供基于体系架构知识库的智能化辅助设计功能，将零散的架构设计成果得到充分的利用，不仅提升了体系架构设计效率，更通过规范化和知识沉淀保障了架构设计的质量与一致性。

参考文献：

[1] 李明海. 智能化战争论[M]. 北京：人民出版社，2024.

[2] 陈海鹏. 面向马赛克战的未来智能化作战体系发展展望[J]. 无人系统技术，2025,8(2):36-44.

[3] 穆冠杰，向翔，鲁赢. 基于 DoDAF 的反无人艇集群作战体系设计[J]. 指挥控制与仿真，2025,47(2):30-39.

作者简介：张泽鑫（1987.09-），女，汉族，山西省长治市人，博士，高级工程师，研究方向：体系架构设计。