

工程保障行动知识图谱本体构建

周 超, 屠义强, 余若涵

陆军工程大学野战工程学院, 江苏 南京

收稿日期: 2024年12月8日; 录用日期: 2025年1月5日; 发布日期: 2025年1月10日

摘 要

针对工程保障行动领域存在数据格式不统一、缺少规范化标准、不利于信息传输与共享的实际问题, 本文提出了一种工程保障行动知识图谱本体构建原则、方法。首先概述了本体构建基本概念, 提出了适合本领域本体构建的原则及“五步法”; 其次在系统梳理工程保障行动领域相关资料的基础上, 对本体构建的主要过程进行了重点阐述; 最后应用Protégé工具创建本体, 形成了领域知识图谱并进行了可视化展示和实例化应用。本文对于研究基于知识图谱的工程保障行动智能化辅助决策具有一定的指导意义。

关键词

知识图谱, 本体, 工程保障行动

Knowledge Graph Ontology Construction of Engineering Support Action

Chao Zhou, Yiqiang Tu, Ruohan Yu

College of Field Engineering, Army Engineering University of PLA, Nanjing Jiangsu

Received: Dec. 8th, 2024; accepted: Jan. 5th, 2025; published: Jan. 10th, 2025

Abstract

Aiming at the practical problems in the field of engineering support action, such as inconsistent data format, lack of standardized standards, and unfavorable information transmission and sharing, this paper proposes a principle and method for constructing the ontology of knowledge graph of engineering support action. Firstly, the basic concepts of ontology construction are summarized, and the principles and 'five-step method' suitable for ontology construction in this field are proposed. Secondly, on the basis of systematically sorting out the relevant data in the field of engineering support action, the main process of ontology construction is elaborated. Finally, the Protégé tool is used to create the ontology, form the domain knowledge graph, and visualize and instantiate the application.

This paper has certain guiding significance for the study of intelligent decision-making of engineering support action based on a knowledge graph.

Keywords

Knowledge Graph, Ontology, Engineering Support Action

Copyright © 2025 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

随着人工智能技术在军事领域的加速应用,如何实现“信息优势”向“决策优势”的转变,是智能化条件下把握战争趋势、达成作战目的的关键所在。然而,信息化条件下,海量的数据信息直接影响着各级指挥员指挥决策。工程保障行动作为工程兵参与作战的典型样式,该领域存在大量的结构化、非结构化、半结构化的数据信息,其数据形式复杂多样,缺少规范化标准,不利于信息的传输与共享。

知识图谱及其本体构建技术能够为信息检索、智能问答、辅助分析等提供强大的技术支撑。本体是规范化的形式表达[1],可以为异构系统之间知识共享提供通用的语义基础,目前已经广范应用于构建大型领域知识图谱。应用本体构建技术对工程保障行动领域海量的数据信息进行提取、分类、整理、推理,并最终生成该领域的知识图谱,可以辅助指挥管理人员进行及时、准确、高效的决策,真正让“信息优势”转变为“决策优势”,实现战场信息“倍增器”、“加速器”的作用。

本体构建的首要任务是应用本体技术对多源异构的各类数据信息进行结构化、统一化描述,以便达到消除歧义、规范存储和快速推理的目的。不少学者在军事相关领域做了大量的本体构建探索工作,但在工程保障行动领域还尚无先例。汤再江等[2]基于本体对装甲分队任务次序、装备编配、战斗队形、友邻关系等进行推理实验,验证了基于本体语义推理的正确性和合理性;赵颜利等[3]构建了战例领域本体模型,建立了战例本体与实体的映射机制;李肖等[4]集成不同类型、不同用途的武器装备,构建了武器装备知识体系知识图谱;赵绍彩等[5]基于作战能力本体构建了该领域的知识图谱,开展了作战能力图谱的可视化研究;江志浩等[6]提出了作战目标的本体表示方法,对主要环节的技术路线进行了详细阐述;杨丽萍[7]等基于 Protégé 本体构建工具,对预警装备本体进行了形式化表示;顾丹阳[8]等提出了一种基于本体的知识图谱构建方法,采用三元组形式对得到的实体、关系、属性等数据进行表示。以上研究为军事领域本体的构建提供了思路和借鉴,但还存在着本体构建规则考虑军事领域特点不足、实体创建不全面、关系描述不当等问题,并且也缺乏对部队具体军事行动领域的本体描述。针对以上问题,本文面向工程保障行动智能化辅助决策需求,提出了一种适应该领域的本体构建原则和方法,应用 Protégé 软件构建了工程保障行动本体模型和知识图谱,并以 OWL 本体描述语言建立本体与异构系统之间知识共享的通用语义基础,为下步构建该领域的智能化辅助决策系统提供了理论依据。

2. 工程保障行动本体构建概述

本体有助于实现系统间的互操作,而且支持高效率的知识推理。本体的构建涉及类、层级、关系、属性、实体的设计与创建。此外,本体的构建还需要遵循一定的原则和方法。本文着眼构建工程保障行动知识图谱需求,重点结合工程保障行动特点阐述该领域本体基本概念、构建原则、构建方法。

2.1. 基本概念

本体(Ontology)是对某一特定领域的描述术语集。Perez 等人[9]指出类(Classes)是对客观世界对象的类型的描述,用于表达概念内涵,类或类型通常构成类层次。依据工程保障行动特点,考虑军事行动特有的层级、编制、体制,将本体按层级聚类能够确保类的合理性。

关系(Relations)是对类之间、实体之间、类和实体之间的相互作用的描述。工程保障行动领域的关系可定义为不同组织间、装备间、实体的属性等,常用对象属性及数据属性进行描述,如工程营 A 编制内人员、装备数量、XXX 型装备的性能参数、XXX 装备连配属工程营 F、XXX 军士隶属于 XXX 连。

实体(Individuals)是对客观世界个体或实例的描述,用于表达概念的外延,具有不可再分性。如创建的实体有:XX 式手枪、XX 型运输车、装备连等。

2.2. 构建原则

本体的构建需要遵循一定的原则。本文结合工程保障行动领域保障任务多、作战样式多、任务主体多、装备型号多、数据形式多等特点,提出以下构建原则。

划分层次等级,分层汇聚。军事行动有严格的部队等级和隶属关系,类的定义要遵循部队的建制层级、序列,分层、分类划分。

定性关系属性,分类定义。工程保障行动涉及多级多类关系,其关系存在“一对多”、“多对一”的现象,如不同的作战单元担负具体任务时,其作战关系可能是编制编成关系,也可能是临时配属或支援保障。故在定义关系属性时,既要遵循工程保障行动基本需求,又要结合专家知识进行人工定性,防止出现歧义。

综合实体特征,分级创建。工程保障行动中的人员、装备、物资、设施、目标等实体复杂多样,构建过程中要综合考虑不同战场目标、作战单元、装备性能的特征,按照目标实体的重要程度分级创建。

2.3. 构建方法

领域本体的构建方法较多,主要包括:七步法、MCSCZO 法、骨架法、九步法、企业建模法、METHONTOLOGY 方法、KACTUS 方法。由斯坦福大学开发的“七步法”最具代表性,即:确定本体的领域和范围、考虑现有本体的复用性、罗列本体中重要的概念、定义类的属性、描述个体特征。本文综合以上方法优点,结合工程保障行动领域特点,总结归纳了工程保障行动领域本体构建的“五步法”。具体方法如图 1 所示。

1) 明确本体范围,收集数据资源。首先分析工程保障行动本体应用需要满足的应用场景、保障对象、业务需求,明确工程保障行动样式、指挥层级、任务地域、人员装备、组织机构、作战环境、文书资料等。通过归纳总结工程保障行动样式特征,重点收集整理该领域工程兵作战保障任务、工程兵作战条令及相关开源资料。

2) 借鉴其他领域,引用已有本体。借鉴其它相关军事领域本体,如:周育伟等[10]构建了工程装备、保障装备、指控装备、作战关系、人员关系、装备关系等本体;单义栋等[11]构建了军事职务职级、军事武器装备、部队编制等本体;侯振瑜等[12]构建了人物、地点、时间、军事组织、军事武器、军事事件等,将其他领域可用本体引入本领域。

3) 分析行动特征,构建领域本体。分析工程保障行动涉及的任务、执行单位、部队层级、任务级别、保障时限、战场环境等特点,并进行概念类定义与层级划分;依据工程保障行动,进行关系与属性设计,包括人员装备编制与配属、装备性能、物资保障等;依据行动任务的层级、类别、人员关系、装备关系等,创建任务实体,具体包括任务、人员、装备等名称。在此基础上,与借鉴的其他领域本体融合,构建

领域本体库。

4) 结合专家知识, 评估修正本体。本体库构建完毕后, 结合领域专家知识, 对本体库进行评估, 将评估后的本体用于指导具体工程保障行动, 验证其可用性。

5) 动态调整本体, 优化完善本体库。本体的构建应随着任务的实际执行, 进行动态调整, 不断补充新本体, 优化已有本体, 确保其符合工程保障行动的发展变化。

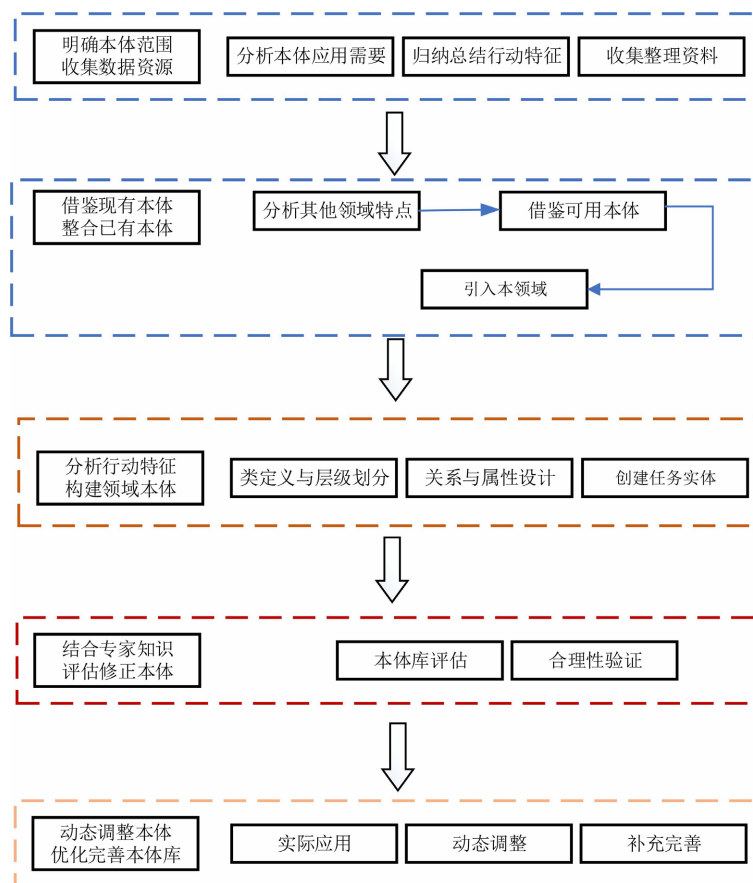


Figure 1. Flow chart of engineering support action domain ontology construction
图 1. 工程保障行动领域本体构建方法

3. 工程保障行动本体构建过程

在遵循本体构建原则的基础上, 按照本文提出的“五步法”, 通过分析工程保障行动领域所涉及的本体要素, 主要阐述该领域本体概念类定义与层级划分、关系与属性设计、实体的创建。

3.1. 概念类定义与层级划分

通过查阅工程兵作战行动、联合作战工程保障纲要、外军相关野战条令等, 将工程保障行动归纳总结为: 支援机动行动、支援反机动行动、生存力保障行动、后勤保障行动和战斗工程保障行动等五大类, 这五大类作战任务又可进一步细分为具体的作战任务, 如障碍物中开辟通路、渡河和跨越干沟、构筑维护道路行动等。

通过总结归纳现有可用于工程保障行动的本体, 以及对工程信息、作业文书等数据源进行分析, 并咨询领域专家, 结合工程保障行动的特点, 共设置 10 个一级本体类、26 个二级本体类, 72 个三级本体

类以及其它级本体类共 119 个。图 2 为工程保障行动领域层次体系。

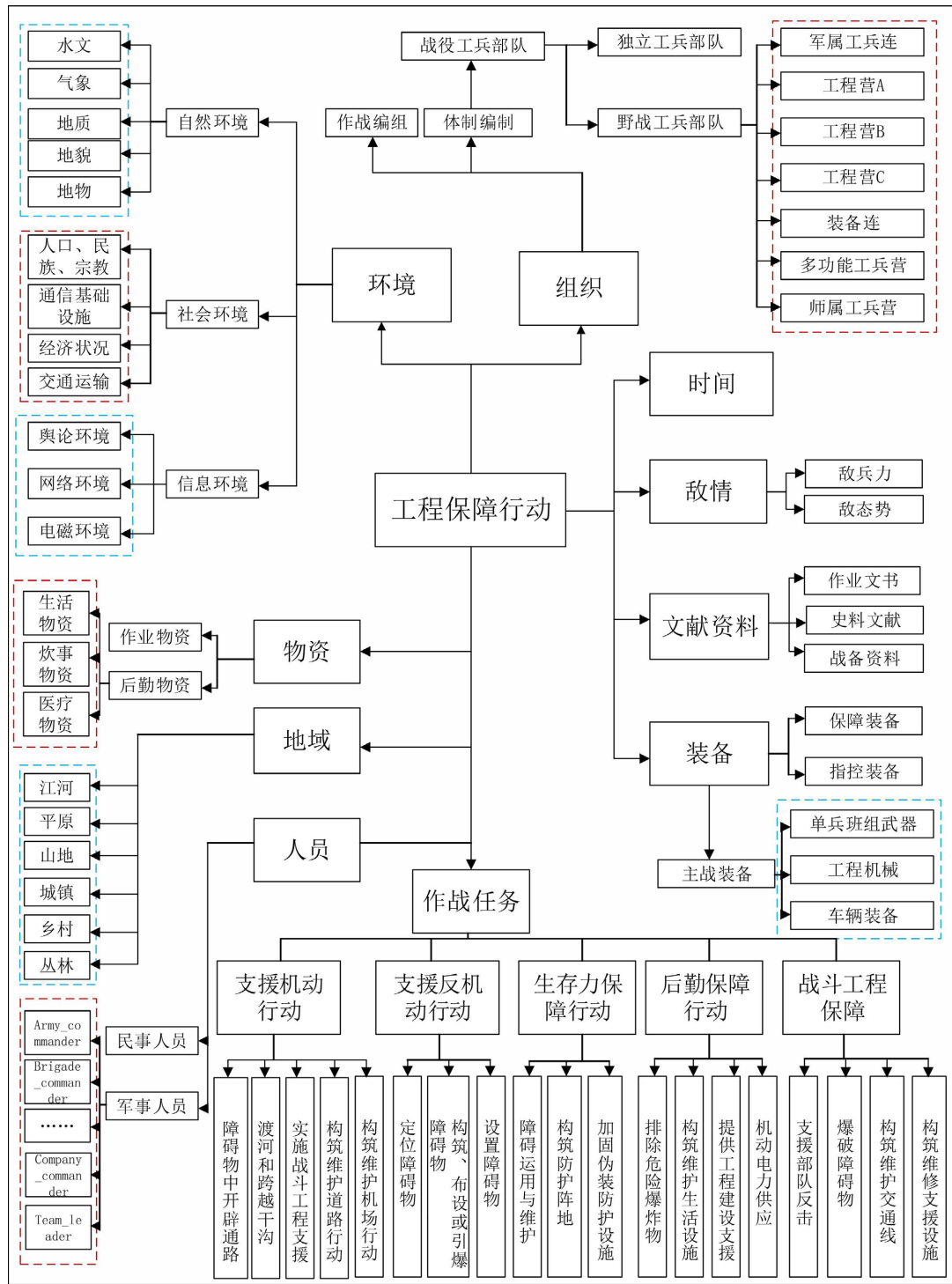


Figure 2. Hierarchy system of engineering support action field
图 2. 工程保障行动领域层次体系

依据工程保障行动领域层次体系，本文运用 Protégé 软件构建类层级图。如图 3 所示。

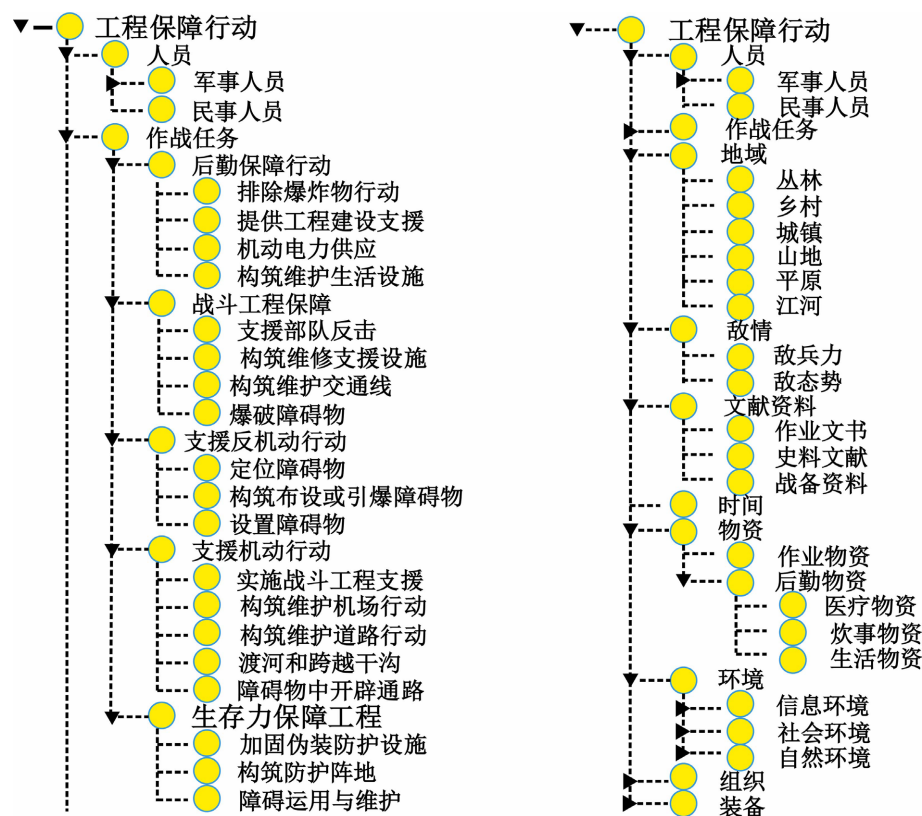


Figure 3. Protégé class hierarchy
图 3. Protégé 类层级图

3.2. 关系与属性设计

关系分为对象属性(Object Property)和数据属性(Data Property)。概念间的关系分为等级关系和非等级关系。等级关系用于规定各层级概念间的层次结构关系，主要指 Kind-of；非等级关系用于规定不同概念类间的关联关系，指 Part-of、Instance-of、Attribute-of、指挥管理、编配配备、支援保障、协同配属、操作使用、维修维护、时空关系等共 10 个。本体概念类之间关系示例，见表 1。

Table 1. Relations between ontology concept classes
表 1. 本体概念类之间关系

对象属性	关系类型	描述
Attribute-of	非等级关系	概念间的属性关系，如“姓名”是“人员”的属性
Instance-of	非等级关系	概念与个体的关系，如“XX 型工兵指挥车”是“指控装备”的一种
Kind-of	等级关系	概念间的继承关系，如“工程装备”是“装备”的子类
Part-of	非等级关系	整体与部分的关系，如“工程营”包含“装备连”
协同配属	非等级关系	实体间的关联关系，如“独立连”配属“工程营”
指挥管理	非等级关系	实体间的关联关系，如描述“name21”负责指挥“信息连”
操作使用	非等级关系	实体间的关联关系，如“name26”负责操作“XX 型挖掘机”
支援保障	非等级关系	实体间的关联关系，用于描述“组织”与“组织”间的关系

续表

时空关系	非等级关系	实体间的关联关系，用于描述“保障行动”与“时间”、“地域”间的关系
维修维护	非等级关系	实体间的关联关系，如描述“name26”维护“XX 型装载机”
编配配备	非等级关系	实体间的关联关系，用于描述“组织”与“人员”、“装备”之间的关系

数据属性是实体的性质，主要包括属性名、属性值和属性的数据类型，如装备的名称、型号、性能；人员的姓名、类别、职务；组织的编制、层级、概况、职能等，共 10 个。见表 2。

Table 2. Ontology data attribute categories

表 2. 本体数据属性类别

数据属性	属性类型	描述
人员名称	人员属性	描述人员的姓名、编号，如“name1”、“010120”
职务	人员属性	描述人员的职务，如“Brigade_commander”、“Company_commander”
类别	人员属性	描述人员的类别，如“军官”、“士兵”
装备名称	装备属性	描述装备名称，如“XX 型装载机”
装备型号	装备属性	描述装备的型号，如“XX 式”
装备性能	装备属性	描述装备性能，如“长 5 米，高 2 米，战斗全重 5 吨”
层级	组织属性	描述组织的级别，如描述“军级”、“旅级”、“连级”
概况	组织属性	描述组织的基本情况，如组织人员、装备情况
职能	组织属性	描述组织的基本职能，组织担负的任务
编制	组织属性	描述组织的编制情况，如人员、装备编制

3.3. 实体的创建

实体(Individuals)是本体中的最基本元素。根据概念、类的定义，为其创建具体对应的实体，共创建实体 269 个。人员为各级组织机构人员，这里以 name1、name2、……表示；组织机构由体制编制的战役工兵部队、独立工兵部队、野战工兵部队、工程营、装备连等表示；单兵班组武器的实体：XX 式手枪、XX 式自动步枪、XX 式班用轻机枪；车辆装备对应实体：XX 型运输车、XX 自卸车；工程装备对应实体为：XX 型挖掘机、XX 型推土机、XX 型装载机等，如图 4 所示。

- ◆ 开发和构造防护型阵地
 - ◆ 战役工兵部队
 - ◆ 战救器材
 - ◆ 指挥所配置方案
 - ◆ 指挥车
 - ◆ 挖掘机
 - ◆ 推土机
 - ◆ 提供工程建筑支援
 - ◆ 提供设施工程技术支援
 - ◆ 防光学伪装网
 - ◆ 机动电力供应
 - ◆ 机动通路合成障碍透明图
- ◆ 水泽
 - ◆ 河床断面测绘仪
 - ◆ 清障行动
 - ◆ 热带丛林
 - ◆ 生化核辐射行动
 - ◆ 破障行动
 - ◆ 空中和导弹防御
 - ◆ 给养物资
 - ◆ 自动步枪
 - ◆ 自卸车
 - ◆ 运输车
 - ◆ 起爆器

Figure 4. Part of the entity display

图 4. 部分实体展示

4. 工程保障行动本体应用

为检验本体构建的有效性,依据本体应用规范和映射机理,利用 Protégé 软件自带的推理机进行了推理检验。本体的应用主要体现在知识图谱的可视化展示、初步的信息检索及形式化语言表达。

4.1. 知识图谱可视化展示

知识图谱可以清晰的展示节点、边和连线间的映射情况,即反映出实体间的关系及属性。本文采用 Protégé 软件对工程保障行动领域知识图谱进行可视化展示,如图 5 所示。图中以工程保障行动为核心,人员、地域、物资、作战任务等为二级本体,其它各级按规则指代链接,其内容表达与图 2 的层次体系保持一致。图中“+”表示含下级,可以点击进一步查看。

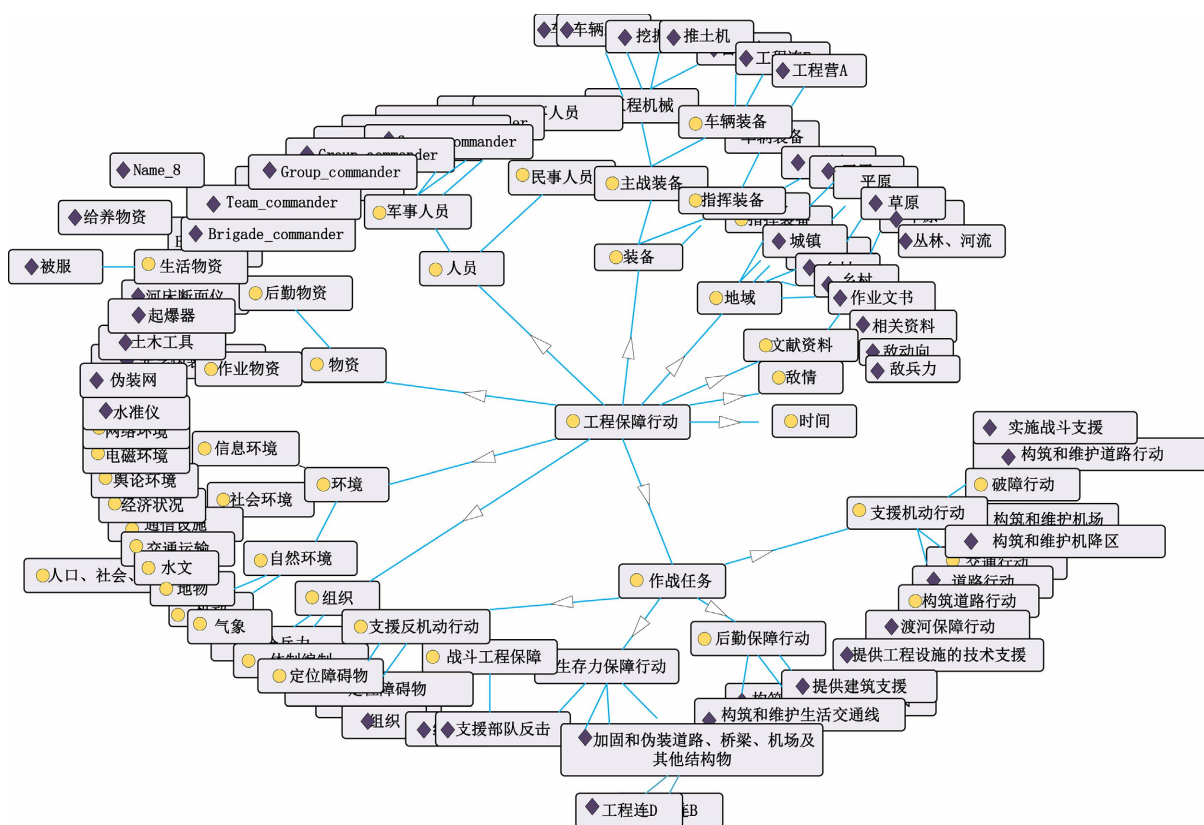


Figure 5. Knowledge map of engineering support action

图 5. 工程保障行动知识图谱

4.2. 信息检索

通过已构建的知识图谱可以实现初步的信息查询。如在图 6 中输入“工程营 A”可以查询到关于工程营 A 相关的任务、装备、人员等信息。

4.3. 形式化语言表达

基于本体库构建的领域知识图谱具有较强的数据完整性、互操作及兼容性,通过应用 RDF/RDFS、DAML、OWL 等语言可以实现知识共享、数据融合、信息推理等智能应用。本文采用 OWL/XML 语言对本体进行描述。

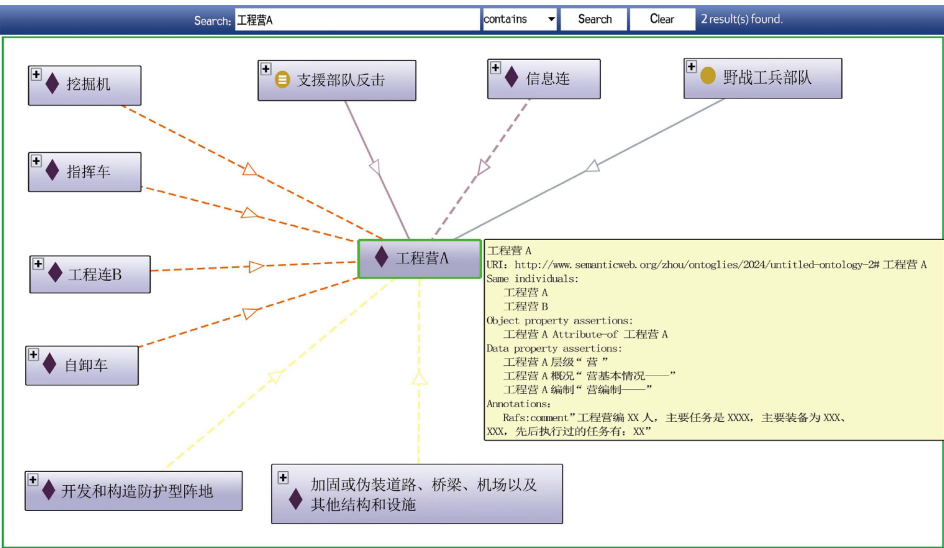


Figure 6. Engineering camp a information retrieval results
图 6. 工程营 A 信息检索结果

1) 类的表示:

<Declaration>

<Class IRI="#丛林"/>

<Class IRI="#作战任务"/>

<Class IRI="#主战装备"/>

2) 关系的表示:

<Object Property Assertion>

<Object Property IRI="#执行"/>

<Named Individual IRI="#作战区域安全"/>

<Named Individual IRI="#工程连 C"/>

<Data Property Assertion>

<Data Property IRI="#编制"/>

<Named Individual IRI="#信息连"/>

<Literal>基本编制: -----</Literal>3)实例表示:

3) 实体的表示:

<Declaration>

<Named Individual IRI="#工程机械修理车"/>

<Named Individual IRI="#提供设施的工程技术支援"/>

<Named Individual IRI="#工程营 A"/>

5. 结束语

本文对当前工程保障行动领域本体现状进行了研究分析, 结合工程保障行动作战任务, 提出了该领域本体构建的原则和方法, 使用 Protégé 软件构建了一个涵盖范围广、层次多级的本体库, 生成了该领域知识图谱, 并进行了初步信息检索和形式化语言描述, 为下步研究基于知识图谱的工程保障行动智能化辅助决策提供了理论支撑。

参考文献

- [1] 邓可, 陈爱国. 作战辅助决策中的人工智能方法[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2022: 53-55.
- [2] 汤再江, 徐享忠, 薛青, 等. 作战行动本体构建及基于本体的语义推理[J]. 计算机仿真, 2018, 35(6): 1-5.
- [3] 赵颜利, 李连军, 余红梅, 等. 面向战例知识图谱的本体构建[J]. 海军航空工程大学报, 2020, 35(5): 407-413.
- [4] 李肖, 刘德生. 面向武器装备体系知识图谱的本体构建[J]. 兵工自动化, 2022, 41(3): 25-30.
- [5] 赵绍彩, 张海川, 李楠. 作战能力图谱概念和应用研究[J]. 国防科技, 2021, 42(2): 106-112.
- [6] 汪志浩, 周卿, 石敏, 等. 作战目标知识图谱构建与应用[J]. 海军航空工程学院报, 2020, 35(6): 471-477.
- [7] 杨丽萍, 方其庆, 胡亚慧, 等. 细粒度预警装备领域知识图谱本体构建[J]. 指挥控制与仿真, 2024, 46(2): 53-62.
- [8] 顾丹阳, 李明倩, 权冀川, 等. 基于本体的主战武器装备知识图谱构建[J]. 指挥控制与仿真, 2021, 43(6): 14-20.
- [9] 徐享忠, 汤再江, 杨建东, 等. 本体理论与工程应用[M]. 北京: 国防工业出版社, 2019.
- [10] 周育伟, 杨朝红, 王宏宇. 军事领域本体构建[J]. 计算机时代, 2022(9): 96-99.
- [11] 单义栋, 王衡军, 王娜. 基于多标签的军事领域命名实体识别[J]. 计算机科学, 2019, 49(11A): 9-12.
- [12] 侯振瑜, 张仰森, 苏振江, 等. 军事知识图谱的构建和检索方法研究[J]. 北京信息科技大学学报, 2022, 37(3): 82-87.