

# 基于知识工程的航空制造业知识管理系统的研究和实现

李文举, 杨楠

(沈阳飞机工业(集团)有限公司, 辽宁 沈阳 110850)

**摘要:** 航空制造企业是知识密集型企业, 知识在航空制造企业中是一种重要的隐性资产。一个好的知识应用系统能让员工快速掌握并使用知识, 从而创造价值。文中重点介绍基于知识工程的知识应用系统在航空制造企业中的实现技术, 通过构建多维知识库, 从企业内部和外部吸取显性知识与隐性知识。系统通过工艺服务接口、知识岗位伴随、知识智能化应用等手段服务于企业运转的每个流程节点中, 最终达到提升员工工作效率的目的。

**关键词:** 知识工程; 航空制造; 知识伴随; 工艺服务

中图分类号: V19

文献标识码: A

## Research and Implementation of Knowledge Applying System in Aviation Manufacturing Industry Based on Knowledge Engineering

LI Wenju, YANG Nan

(Shenyang Aircraft Corporation, Shenyang 110850, China)

**Abstract:** Aviation manufacturing enterprise is knowledge-intensive enterprises. Knowledge is an important invisible asset in aviation manufacturing enterprises. A good knowledge management system enables employees to quickly master and use knowledge to create value. This paper focuses on the implementation technology of knowledge management system based on knowledge engineering in aviation manufacturing enterprise. By constructing multi-dimensional knowledge base, implicit knowledge and explicit knowledge can be collected from inside and outside the enterprise. The system serves every process mode of enterprise operation by subsystem of manufacturing process knowledge interface sub, knowledge accompanying assistant and intelligent application of knowledge. Finally we achieve the goal of improving staff's work efficiency.

**Key words:** knowledge engineering; aviation manufacture; knowledge accompany; craft service

在科学技术作为第一生产力的时代, 知识已取代了传统的生产要素成为社会重要的生产

力, 在社会经济发展中所起的作用日益突出, 知识管理便应运而生。

收稿日期: 2019-11-18; 修订日期: 2020-07-14

作者简介: 李文举(1988—), 男, 硕士研究生, 研究方向: 数字化与信息化技术, E-mail: liwj8899@163.com

引用格式: 李文举, 杨楠. 基于知识工程的航空制造业知识管理系统的研究和实现[J]. 飞机设计, 2020, 40(5): 76-80. LI Wenju, YANG Nan. Research and Implementation of Knowledge Applying System in Aviation Manufacturing Industry Based on Knowledge Engineering[J]. Aircraft Design, 2020, 40(5): 76-80.

航空制造企业是典型的知识密集型企业,知识在航空制造企业中是一种重要的隐性资产。一个好的知识管理系统能让员工快捷掌握并使用知识,从而创造价值。知识工程方法是构建知识系统的关键方法。本文基于知识工程方法,研究了知识管理系统在航空制造企业中的实现技术。在知识获取方面,通过构建多维知识库,从企业内部和外部吸取显性知识与隐性知识;在知识应用方面,通过工艺服务接口、岗位伴随、知识的智能化应用等手段,实现知识应在企业运转的每个流程节点中的应用,提升知识对各类业务的支撑程度,最终达到提升员工工作效率,改善工作结果质量的目的。

## 1 知识工程概念

知识工程(Knowledge Engineering, KE)是人工智能的原理和方法,为那些需要专家知识才能解决的应用难题提供求解手段,恰当运用专家知识获取、表达和推理过程的构成与理解,是设计基于知识系统的重要技术问题。知识管理是一个系统工程,不是一个独立的软件平台,知识管理最终目标是提升产品制造和业务管理工作效能,落脚点在3个方面:数据知识规范化、制造设备智能化、业务管控信息化。手段是通过知识工程实现知识获取、积累、创造和应用。实现途径上,通过基础数据管理、业务平台建设和知识库建设整体推进知识管理实施<sup>[1]</sup>。

## 2 应用背景

### 2.1 技术背景

知识工程的普及得益与人工智能的发展,尤其是人工智能在专家系统方面的突破,开辟了通向知识工程的道路,让知识工程成为一门新兴的热门学科。另一方面,知识工程的发展进一步丰富了人工智能领域,让人工智能的应用更为广泛。

### 2.2 航空企业特点

在知识经济时代,企业竞争的激烈程度在不断增强,而企业在竞争中生存和发展必须基于知识、技术,以及组织的不断创新与变革。航空制造型企业是知识密集型企业,知识在企业科研生产中发挥着举足轻重的作用,知识已经成为生产经营和企业发展的关键资源,因此,知识的有序化、资产化、智能化将有利于推进企业知识应用发展。

目前,航空制造业普遍存在业务复杂、流程

多、涉及知识繁多等问题,虽然企业内部的知识库对业务工作起到了积极作用,但是当前的知识总量和应用模式还不足以支撑整个企业生产与运营业务。航空制造业流程繁多,每个岗位会随着业务流程的改变而需要不同的知识,在每个流程节点中,技术人员获取知识的方式是低效的、被动的,严重制约工作效率。知识的传递性差,传统知识主要来自于员工间的师承和个人的主动积累,企业内部虽然不乏经验丰富、技术精悍的技术人员,但缺乏把这些技术精英脑中的知识在范围内流转与交流的有效方式。

## 3 建设形式

### 3.1 总体框架

基于知识工程的航空制造业知识管理系统是为了有效利用航空制造企业内外部大数据,探索其中蕴含的价值,从中提炼知识,用以解决航空制造企业在产品研发、工艺工程、生产制造、售后服务过程中出现的问题。通过对企业内部业务问题的梳理与解决,抽象和提炼符合行业使用的知识库、规则库和算法库。

系统的业务逻辑分为3个层面,分别为资源层、知识层、应用层(见图1)。企业内部应用系统中的知识和其他形式的各种隐性知识、显性知识,以及企业外部可被利用的知识都可以视为平台的资源层,通过隐性知识显性化,显性知识场景化、工具化来实现知识的共享和利用。知识层主要以各种形式的知识库存在,知识库是平台建设的基石,平台围绕企业产品制造进行系统的规划和建设,通过完成多源异构数据的集成和外部数据的扩充加强了知识库的积累。应用层是人与知识交互层,通过积累、检索、伴随、共享、使能化等形式促进知识应用。

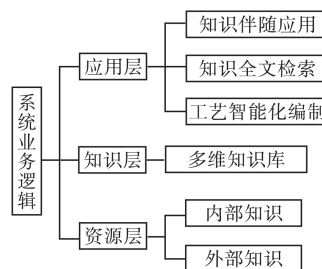


图1 系统业务逻辑

从实际应用角度看,基于知识工程的航空制造业知识管理系统侧重解决航空制造企业从设计

到制造的实际业务问题,对提升型号和产品研制质量、效率都有很大帮助,能够产生非常大的经济效益。

### 3.2 技术方案

系统的技术方案是将大数据技术应用到知识的采集、预处理、深度挖掘、存储、应用等方面。首先,在知识的存储方面,建设了多维知识库和知识图谱。其次,在知识的应用方面,构建了面向航空制造企业岗位业务场景的知识推送模型,实现了知识与人的制动伴随;采用基于语义相关与拓扑关系的检索算法,实现了知识的全文检索。系统提供了一种基于机器学习的工艺规程编制方法,实现了工艺规程编制的自动精准选用。

#### 3.2.1 知识图谱的构建

从源数据出发,采用一系列自动或半自动技术手段,从原始数据中提取出知识要素,并将其存入知识库的数据层和模式层。这是一个迭代更新的过程,根据知识获取的逻辑,每一轮迭代包含3个阶段:信息抽取、知识融合、知识加工<sup>[2]</sup>。技术架构如图2所示。

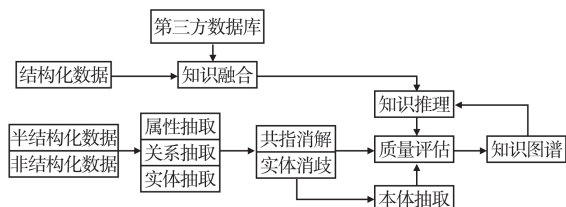


图2 知识图谱技术架构

#### (1) 信息抽取

建设知识图谱的关键是从异构数据源中自动抽取信息,得到候选知识单元,系统采用一种自动化方式,从半结构化和无结构化数据中抽取实例、关系,以及实体属性等结构化信息,以此实现信息抽取。

实体抽取是从文本数据中自动识别出命名实体,实体抽取的质量对后续的知识获取效率和质量影响极大,因此,它是信息抽取中最为关键的部分。实体抽取系统采用了统计与规则相结合的方法,整个识别过程主要分成2个步骤:首先使用隐马尔可夫模型进行词性标注;然后利用具有优先级别的匹配规则对第1步的结果进行修正和转换。关系抽取是从文本语料中经过实体抽取得到一系列的离散命名实体,为了得到语义信息,还需要从相关语料中提取出实体之间的关联关系,通过关系将实体联系起来,才能形成网状的知识结构。

为解决如何从文本语料中抽取实体间的关系问题,采用了一种基于句法语义特征的实体关系抽取方法。通过将2个实体各自的依存句法关系进行组合,获取依存句法关系组合特征,利用依存句法分析和词性标注选择最近句法依赖动词特征,最后将这2个新特征加入到基于特征的关系探测和关系抽取中。属性抽取的目的是从不同信息源中采集特定的属性信息。本项目采用基于深度学习的属性抽取技术,利用词向量作为模型需要的特征,捕捉词与词之间的相似性,防止错误的传播和累加。使用长短期记忆网络训练模型,充分利用句子的时序信息,通过句子前后的上下文关系,学习句子中存在的语法关系和语义关系。长短期记忆网络选择性丢弃取用信息,保留最重要的信息,将非结构的数据转化为结构化的数据,实现实体的属性抽取。

#### (2) 知识融合

通过信息抽取实现从非结构化和半结构化数据中抽取实体、关系,以及实体属性信息的目标,然而,这些结果中可能包含大量冗余或错误信息,数据之间的关系也是扁平化的,缺乏层次感和逻辑性,因此,要对它进行清理和整合。知识整合包含2个部分:实体链接和知识合并。实体链接是将文本中抽取得到的实体对象链接到知识库中对应的正确实体对象的操作。本项目采用一种基于图谱的中文集成实体链接方法,不仅能够充分利用知识库中实体间的结构化关系,而且能够通过增量证据挖掘获取外部知识,从而实现对同一文本中出现的多个歧义实体的批量实体链接。知识合并利用余弦相似度对知识的相似关系进行度量,并根据度量结果进行聚类计算,把相似的知识聚到同一个聚类簇。以每个聚类簇为单位对数据进行梳理、观察,初步评判聚类簇中的知识相关性,对冗余的知识进行去除,达到知识合并的目的。

#### (3) 知识加工

通过信息抽取,可以从原始语料中提取出实体、关系,以及属性等知识要素,再经过知识融合,可以消除实体指称项与实体对象之间的歧义,得到一系列基本的事实表达。然而,事实本身并不等于知识,要想最终获得结构化、网络化的知识体系,还要经历知识加工的过程。知识加工的过程主要包括本体构建和知识推理2个方面。

系统采用计算机辅助的方式构建本体,再利用算法评估和人工审核相结合的方式,加以修正

和确认。构建本体后,再进行知识推理。知识经过预处理、融合之后采用知识推理的技术实现知识的加工,利用描述推理过程进行推理,借助于概念之间和关系之间的关系公理集合、具体事实的公理集合两大工具最终实现知识的关系推理,形成融合后的知识图谱。知识图谱通过用户应用的闭环融合流程,不断迭代增强而逐渐趋于完善。

### 3.2.2 知识的岗位伴随

#### (1) 知识的推送

系统基于多维知识库和知识图谱开展知识嵌入式、伴随式应用,首先构建了面向航空制造企业岗位业务场景的知识推送模型,即分析与感应用户行为信息,从中归纳出可计算的数学模型,按照知识与人的关联程度推送,实现知识与人的主动伴随。知识工程平台中,人与知识主题之间是一种典型的弱关系型(即单向关注关系)关联。由于弱关系型的单向性呈现出明显的异构性特征,普遍存在数据稀疏和冷启动现象等问题,这些问题会导致推送效果不佳。平台采用一种基于两阶段聚类的异构推荐算法,旨在根据弱关系型平台中,人对不同知识的兴趣程度,为用户推荐其可能喜欢的主题内容。通过分析人与知识的喜好矩阵,并根据用户发表内容挖掘出用户的偏好信息,同时,利用图摘要算法和基于相似度算法结合,保证冷启动条件下推荐的多样性。

首先,在预处理阶段筛选出兴趣向量非零值比例大于密度阈值的核心用户集合,根据核心用户对应的用户兴趣向量提取构造出原兴趣矩阵的密集子矩阵。其次,根据核心用户矩阵构成的订阅关系进行图摘要计算,利用摘要迭代的过程生成满足模糊度和独立性约束的核心聚类。再次,利用上一步生成的核心聚类提取内容特征向量,同时提取非核心用户发表内容的特征向量,根据内容特征向量的相似度不断迭代,将非核心用户加入到已有的聚类集合中,直至完成对所有用户的聚类。最后,根据聚类结果及每个用户在聚类内部的相似度和类兴趣特征,生成类成员内部的推荐向量。根据不同主题在不同类聚间的兴趣差异,形成跨类推荐向量,两者综合排序的结果作为最终推荐结果。

#### (2) 知识的全文检索

平台采用基于语义相关性与拓扑关系的检索算法实现知识的全文检索。在知识工程平台中,大量非结构化的异构知识流向数据库,对挖掘不

同模态中,具有相同语义的特征数据的内在相关性带来重大挑战。采用一种基于语义相关性与拓扑关系的检索算法,一方面利用具有相同语义的知识数据之间的潜在相关性去构造语义相关超图;另一方面挖掘知识数据的拓扑关系来构建知识临近关系超图。通过结合知识数据语义相关性与拓扑关系为每种知识类型学习一个最优的投影矩阵,再将知识的特征向量投影到一个公共空间,实现知识的全文检索。

首先,提出一个需要优化的函数,需要优化的是每种知识数据投影到一个共同空间所需要的投影矩阵。将一段文本中,多种知识标签组成数据集,把知识定义成矩阵变量,之后开始构建需要优化的目标函数,将不同知识类型和相同知识类型中标签数据间的语义相关性融合在一个超图中。对语义相关超图正则化,使所有知识中语义类别投影后,数据点之间的欧式距离最小。利用知识数据之间的临近关系定义一个临近关系相似度矩阵,用来构建知识临近关系超图,对这个关系超图正则化,使所有模态数据投影到公共空间后,数据点的近邻领域靠近。接着,定义一个稀疏正则矩阵,为每个投影矩阵进行稀疏计算,得到投影矩阵的稀疏正则矩阵。其次,用一种迭代的算法来最优化目标函数。计算知识语义相关超图中的拉普拉斯矩阵,使用单位矩阵初始化对应各种知识类型的投影矩阵迭代计算,重复迭代,在已知第 $n$ 次迭代的条件下,计算第 $n+1$ 次的投影矩阵,直到收敛为止。最后,对上述优化后的投影矩阵使用数学方法计算向量之间的相似度,实现知识的全文检索。

### 3.2.3 基于知识工程的工艺智能化编制

目前,工艺规程编制领域普遍使用传统的编制方法,严重制约了工艺规程编制的效率和质量,针对这一状况,研究了一种基于机器学习的工艺规程编制方法。这是一种根据当前所要编写工序的工步名称、零件配套、工装工具等信息,以及工步所在工序部分属性信息进行工步内容推荐的工艺规程编制方法<sup>[3]</sup>。

零件从毛坯加工成最终的成品状态,中间的加工过程是连续的,且上下工序之间具有较强逻辑关系。根据工艺设计原则和机床加工特点,具有相同特征零件的加工顺序较为固定,能够形成一个链条,其时序关系只与零件的几何拓扑特征相关,与其他因素关联不大,其数学模型与马尔可

夫链近似。机器学习方法如下:

#### (1) 数据处理

按专业对历史工艺规程进行数据清洗,包括缺失信息自动填补工艺用语标准化和参数归一化等。处理后的数据具有可比性和规范性,可以作为训练数据使用。

#### (2) 工序标准化

以工序为单位对工艺规程内容进行聚类分析,以每个聚类簇为单位对工序的特征进行挑选;对获取的工艺规程内容中图纸编号、零件编号、零件大小尺寸等信息形成量化矩阵,采用余弦相似度计算方法对工序的相似关系进行度量,并根据度量结果进行聚类计算,把相似的工序内容聚到同一个聚类簇;以每个聚类簇为单位对数据进行梳理、观察,初步评判聚类簇中的工序属性相关,初步挑选工序内容,针对挑选出来的工序内容特征采用基于决策树的方法进行相关性打分评判。最终结果经过专业评审,形成标准的工序步骤,可以直接用来编写工艺规程。

#### (3) 建立工序间顺序模型

通过映射标准工序在原始工艺规程中的位置,得到每个标准工序相对于其他工序的位置矩阵,运算获得工序间的顺序模型。

#### (4) 模型特征提取和建模

先对三维模型文件进行处理,利用基于边界表示的特征识别与提取方法,用图谱结构来描述零件的拓扑集合信息,并根据在零件图结构中搜索匹配预定义特征来得到零件的特征描述。根据零件的边界模型构造器边界图,针对一定的边界表示模式,采取适当的特征搜索策略,分解零件的边界图为一组子图;将这些特定的子图与预定义特征库的面边图进行匹配识别,根据识别的预定义特征,利用数学算法计算出零件的边界特征参数。

#### (5) 建立模型特征与工序关系模型

关联规则挖掘将工序的聚类簇与所有模型特征组成一个大的项集,根据工艺规程与模型特征之间的对应关系归纳出两者同时出现的频次,迭代每个几何特征与这个特征所属零件的工艺规程中,所有出现工序的比率,以及与全部工序的比率。再利用数学方法计算出零件特征与工序的支持度与可信度,通过这种挖掘,得到每个零件几何特征与每个工序名称的概率矩阵。

#### (6) 确定单一特征工序顺序

零件加工步骤逻辑性强,加工工序较为固定并且不可逆,采用隐含马尔可夫模型对零件加工步骤模型进行训练。以确定的工艺规程作为标记数据,用极大似然估计对隐马尔可夫模型的参数进行计算,得到工序间在集合中出现的频率及几何特征与工序同时出现的频率,根据大数定律得到工序的链关系。再使用维特比算法比较模型中工序与工序间、工序与零件几何特征间的转换概率和生成概率,计算出最短路径。

#### (7) 确定完整工序顺序

在确定单一特征工序顺序基础之上,选取的特征信息对工序信息采用倒排索引方式建立索引信息,将词索引信息与特征模型进行相关性计算,并对这些类别采用线性融合的方法进行线性加权打分,根据结果把加权分值最高的作为第1工序,然后依次迭代,计算推出后续工序,直到计算出完整的工艺规程。

### 4 结束语

通过知识应用系统的搭建,能促进企业内部知识的整合,提高了知识应用效率。依托多维知识库建立内部知识关联体系,便于管理学习和系统掌握。在航空制造业中,基于知识工程的知识应用平台对知识的挖掘、整合、沉淀、固化、显性化,以及管理,形成了良性的企业知识管理模式,为企业建立了一套系统的知识管理支撑体系。

知识就是价值。越来越多的产业见证知识带来的效益,它正以极快的速度改变着我们的生活,但知识工程在航空制造企业的应用还较为有限。以人工智能相关技术为基础的航空制造企业知识工程平台建设,能够以新的思路解决企业关注问题,同时积累和总结出一整套通用的解决方案,不但能成为企业重要的无形资产,更能作为企业高可伸缩性的大数据生态圈中的重要一环,有着极大的发展空间。

### 参考文献(References)

- [1] 袁国铭. 关于知识工程的发展综述[J]. 计算技术与自动化, 2011, 30(1): 138-143.
- [2] 陈涛, 刘炜, 单蓉蓉, 等. 知识图谱在数字人文中的应用研究[J]. 中国图书馆学报, 2019(6): 1-19.
- [3] 桂卫华. 知识自动化及工业应用[J]. 中国科学, 2016, 4(8): 1016-1034.