

# 基于工业互联网的产业链数字孪生系统框架及信息模型

王文宣<sup>1</sup>, 刘永钦<sup>1,2</sup>, 柴旭东<sup>3</sup>, 张霖<sup>1</sup>

<sup>1</sup>北京航空航天大学自动化科学与电气工程学院, 中国北京市, 100191

<sup>2</sup>吉林大学控制科学与工程系, 中国长春市, 130012

<sup>3</sup>中国航天科工集团航天云网科技发展有限公司, 中国北京市, 100080

**摘要:** 工业互联网、云计算、大数据技术的融合正在改变产业链的经营和管理模式。然而, 产业链涉及领域广泛、发展环境复杂、影响因素众多, 给工业大数据的高效整合与利用带来挑战。针对当前产业链物理空间与虚拟空间的融合, 本文建立基于工业互联网的产业链数字孪生系统框架。进一步, 本文提出一种基于知识图谱的产业链信息模型, 以整合复杂异构的产业链数据并抽取产业知识。首先, 建立产业链本体, 提出基于科技成果的实体对齐方法。第二, 提出基于Transformer的双向编码器表示(BERT)与多头选择模型的产业链信息实体关系联合抽取方法。第三, 提出基于关系图卷积网络与图采样聚合网络的关系补全模型, 该模型同时考虑了知识图谱的语义信息和图结构信息。实验结果表明, 本文所提出的实体关系联合抽取模型和关系补全模型的性能明显优于其他基线模型。最后, 本文基于基础机械领域的18条产业链数据建立了产业链信息模型, 证明了该方法的可行性。

**关键词:** 产业链; 数字孪生; 工业互联网; 知识图谱; 图神经网络

<https://doi.org/10.1631/FITEE.2300123>