附件1

中国电子工业标准化技术协会团体标准项目建议书

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 建议项目名称  (中文) | 基于模型的系统工程 元元模型建模框架 | | | | 建议项目名称  （英文） | Model-Based Systems Engineering Modeling Framework based on Meta meta-model | | |
| 制定或修订1 | ■ 制定 | | □ 修订 | | 被修订标准号 |  | | |
| 转化程度2 | □IDT | □MOD | | □NEQ | 被转化标准号 |  | | |
| 国际国内外先进标准名称（中文） |  | | | | 国际国内外先进标准名称（英文） |  | | |
| 采用快速程序3 | □FTP | | | | 快速程序代码 | □ B | □ C | □ D |
| 发起单位 | 北京航空航天大学 | | | | 建议起止时间 |  | | |
| 所属分支机构或  建议技术归口 |  | | | | 所属技术领域及  利益相关方 | （作为立项征询参考） | | |
| 联合发起单位 | （单位名称和盖章联合发起函另附页）  电子标准院  北京理工大学 王国新 13811626787 | | | | | | | |
| 参与单位 | 北京中科蜂巢科技有限公司、兵器208所、中国航天科技集团信息中心、商飞北研、中国兵器工业信息中心、电子科技大学、上海交通大学、中国船舶工业系统工程研究院、华为、中国空间技术研究院、中航发606所、兵器208所、中航602所、兵器202所、奇安信科技集团股份有限公司、国防科技大学等 | | | | | | | |
| 标准体系中位置  （如有） | （可另附页）  a77bc0c00240f2eb0d3e34cefce159f  图 1标准体系框架  本项目围绕2技术类-16软件及系统工程-4工具和方法开发相关标准。 | | | | | | | |
| 目的﹑意义或  必要性 | 指出标准项目涉及的方面，市场和创新的需要，期望解决的问题  核心工业软件是工业制造与工程设计创新发展的支柱，是《中国制造2025》的制胜法宝。但近三十年来，国内核心工业软件市场逐步被国外软件垄断。打破国外垄断，改变被动局面，发展自主化国产核心工业软件已成上下共识。如何实现军工、民航、航空航天、核工业方面体系化复杂装备的研制，利用现有知识与技术进一步提升设计效率，融入智能化设计理念是当代智能制造技术的关键。本体通过建立特定领域内概念和概念之间的关系，以明确的方式表达知识的内涵与真实含义，从而支持知识集成共享和知识智能推理等行为。规范本体能够对实体形态、分布、关系、变化等信息进行概括和凝练，创造知识获取、积累、创造、演化和推理的服务平台或环境，是解决知识融合，解决领域信息分散、知识异构、知识推理问题的关键技术。  系统工程及基于模型系统工程是核心工业软件的王冠，是掣肘复杂装备研发数字化及智能化转型落地的关键技术。基于先进系统工程复杂装备系统设计方法采用统一标准规范化语义形式描述研发信息，通过统一图形化规范表达工业设计要素，实现智能制造新工科专业发展。基于系统工程理论基础，构建复杂装备智能设计及智能制造标准化生命周期，采用基于模型系统工程技术，实现智能设计及智能制造的模型化描述。通过基于模型系统工程相关研究，打造开源知识建模环境，构建智能设计及智能装备的知识共享生态。  如图1所示，本项目围绕2技术类-16软件及系统工程-4工具和方法开发相关标准。目前，复杂产品的研发跨域协同困难，提升产品研制质量和运维服务保障能力，有力支撑航天航空设计制造服务一体化集成建模和全周期信息透明追溯管控需求，助力航天航空保家卫国的重大战略发展。  随着语义网络的快速发展，以本体为代表的知识表示方法在复杂装备研制过程中扮演着越来越重要的角色。近年来，国内外本体的应用研究以方法论为中心，本体构建方法根据实际需求创建本体的基本步骤及原理，即用计算机可理解的方式将领域知识表示出来，它影响着本体对知识的表达。目前己有的本体构建方法都是在具体项目的本体构建实践中提出来的，国外主要的本体构建方法有７种：骨架法、KACTUS工法、SENSU法、IDEF5法、TOVE法、MRTHONTOLOGY法、七步法等。上述方法都是各个研究人员开发的领域本体构建方法，不同领域的人使用上述方法时会根据本身所在领域内的知识创建不同的本体类，本体对象属性等，造成研究人员之间的本体重用和共享的困境。  为了能够克服上述困难，使得研究人员使用统一的规范性本体进行知识的构建和知识的表达，不同国家和地区的研究人员开发了不同的本体规范，如表1所示，主要标准规范有GFO, SUMO, BFO, GUM, SBO, MOD等主流本体标准，上述规范提前定义好本体中所包含的类与对象属性，研究人员需要丰富本体中的子类和个体（实例）。其具备以下几大特点：1）大部分方法论的发源地在美国或者欧盟；2）所支持的工具全部来自欧美；3）所支持的语言全部来自欧美。  表 1典型的方法论   |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | 规范本体名称 | 中文名称 | 语言 | 发源地 | 管控风险 | 独立流程 | 定义标准 | 领域本体 | | General Formal Ontology, GFO | 通用形式化本体 | OWL语言 | 德国 | 高 | √ | √ | × | | Suggested Upper Merged Ontology, SUMO | 推荐上层合并本体 | OWL语言 | 美国 | 高 | √ | √ | × | | Basic Formal Ontology， BFO | 基本形式本体 | OWL语言 | 美国 | 高 | √ | √ | × | | Generalized Upper Model， GUM | 通用上层本体 | OWL语言 | 美国 | 高 | √ | √ | × | | Systems Biology Ontology, SBO | 系统生物学本体 | OWL语言 | 美国 | 高 | √ | √ | √ | | Metadata for Ontology Description， MOD | 元数据描述本体 | OWL语言 | 美国 | 高 | √ | √ | × |   利用本体构建一个领域的知识，实际上是将领域内的知识进行转换、映射、处理后成本体中类、对象属性、个体的过程。无论是将原先储存在关系型数据库中的结构化数据进行映射，还是对半结构化和非结构化经过抽取形成的知识三元组进行融合转换，这两个过程都需要讲领域数据及知识映射到一个规范的本体规范中，进而形成统一的知识表达。在基于模型系统工程领域，由于全生命周期存在各种异构模型结构，因此，这个本体规范及标准的存在是必要的，它是知识获取、存储、更新和共享的标准化准绳。此规范采用统一标准化语义形式描述系统工程模型，包括且不仅限于研发信息、系统架构、研发流程等，实现智能设计及智能制造的统一模型化描述。通过规范表达相关系统设计要素，实现智能制造新工科专业发展，打造开源知识建模环境，构建智能设计及智能装备的知识共享生态。  虽然基于本体的知识管理、知识表达、特定域建模技术已经被广泛用于复杂产品的全生命周期中，在使用基于模型的系统工程方法的系统全生命周期过程中，还没有任何系统工程架构可以支持全要素、全周期、多领域设计要素表达。而本标准所提倡的围绕GOPPRR（图-对象-点-属性-关系-角色）六种元元模型的建模框架，能够支持其他特定域建模语言元模型要素描述及建模，因而在该架构基础上，可以实现全生命周期基于模型系统工程模型的统一表达。与此同时，考虑如何与高层级本体结合，实现统一系统描述、流程表达、系统模型集成的一体化模型顶层本体框架。  当前国外构建的本体标准只能够针对特定领域的领域知识进行建模，其中绝大部分应用于医学领域，对复杂装备领域内的关注度较低，并且本体之间的互通性由于规范的歧义性导致集成困难。以SUMO、GFO、BFO为代表的通用领域本体规范体系由于体系的加工程度、知识粒度、组织形式等都存在差异，缺少一种能一体化建模、准确、无歧义、易维护的统一规范标准本体构建方法，尤其是可以与顶层本体规范结合的专门支持对基于模型系统工程相关模型进行描述的统一规范。由于缺乏相关本体，装备的智能化设计及智能化装备的应用无法落地，因此急需一个可以支持基于模型系统工程领域模型统一描述，并可以和顶层本体相结合的本体规范。  国内具备唯一自主可控的元元模型建模框架是基于GOPPRR的基于模型的系统工程形式化本体， 由北京航空航天大学、北京理工大学、上海交通大学、北京中科蜂巢科技有限公司等单位研发并应用于航空及航天领域。在国际关系不确定性的情况下，研发自主可控的统一规范化本体，构建语言生态，制定系统工程领域标准，构建符合中国复杂产品研制的本体，已经变得极为紧迫。 | | | | | | | |
| 范围和主要  技术内容 | 元元模型建模框架是由北京航空航天大学、北京理工大学、上海交通大学、北京中科蜂巢科技有限公司等机构合作开发的。已经应用在多家国内外高校、航天、航空、兵器、电子等相关工业部门，多个国家级（欧盟级）及省部级（瑞士创新项目）科研项目落地验证。  元元模型建模框架是一种基于GOPPRR元元模型的建模框架。目标提出一种统一的本体构建架构及构建规范以描述基于模型系统工程相关模型，实现建模过程中多元模型信息的共享和通用。如下图所示，该方法将真实世界及模型分为M0-M3层，M3层表示真实世界中的某个架构视图，即数字孪生物理实体。M1层表示多架构领域模型，即数字孪生虚拟实体。M2层表示元模型，相关元模型可以构成一种通用或者领域建模语言。元模型为构建模型过程中的建模基础。M0层表示元元模型，包括图、对象、关系、属性、角点六种元素及相关扩展概念。    图 2 基于GOPPRR的系统模型工程架构建模方法  M0：元-元模型指的是构建的模型组合及其相互连接的基本元素。工具采用GOPPRR元-元模型及其扩展来支持元模型开发。  M1：元模型指的是开发模型所需的模型组合和连接。在元-元模型的基础上，为了开发模型需要构建元模型。  M2：利用元模型，开发MBSE模型代表真实世界的系统。  M3：考虑真实世界的产品，包括学科、系统工程的视角和复杂系统的开发过程。  在元元模型建模框架中，采用GOPPRR六种核心的元元模型概念，即图、对象、关系、角色、点及属性，来描述基于模型的系统工程模型的形式化描述及规则，根据这些规则可以在本体构建工具中建立基于模型系统工程模型的元模型，用于定义特定域建模语言，也可以直接用于构建模型本身。    图3 元元模型建模框架本体内容  为了指导系统工程相关研究人员规范化、科学化地运用本体建模技术支持系统架构模型的统一表达，本规范以GOPPRR方法为构建基础，借助OWL语言的数据组织结构，构建了适用于多领域的知识语义模型，包括元元模型（图、对象、关系、角色、点、属性等）主要规范内容、共构建23个类，18个对象属性，建立起能够对多领域复杂系统进行描述的语义网络，实现了知识的结构化表达。  本规范在OWL语言规范的基础之上，使用GOPPRR法作为标准本体的构建方法，可以采用Protégé 作为本体编辑工具，或采用MetaGraph 2.0 作为本体模型生成工具。主要构建过程为从GOPPRR总体概念视图出发，将图、对象、属性、点、角色、关系等六种元模型构建为为OWL本体中的基础类。同时构建Connector、Function、Language、Plugin类作为辅助类。辅助类的作用是将Protégé编辑的本体能够同步到MetaGraph 2.0中，支持Protégé 与MetaGraph 2.0对标准本体的双向读写。其次，构建Include、hasProperty等对象属性描述以上23个类之间的相互作用对象属性。  元元模型建模框架的目的是解决现有本体构建过程中由于基于模型系统工程语言及应用对象不统一造成的多种类型本体异构所引发的知识重用困难等问题。为了形成能够支持多种架构建模语言（如Sysml、BPMN）的统一规范本体，实现多领域知识整合和结构化表达的基础，使用所提出的领域规范有利于多领域建模过程中的信息加工、重用与共享。  该标准主要技术内容是规定了基于模型的系统工程相关架构工具中符合MO/M3建模框架的元元模型、元模型及模型的统一语义表达,采用图、对象、关系、角色、点及属性的六种元元模型，支持元模型设计及架构建模，适用于基于模型系统工程相关架构工具的基础语言规范表达,为基于模型的系统工程核心软件开发商提供基础语义支持。包含基于模型的系统工程、语义建模、架构建模等相关语义规范定义，同时定义对应元模型及模型实例的相关固定语法及抽象语法。  该标准的适用于系统全生存周期过程中的使命任务定义及分析、体系定义及分析、系统需求、系统概念设计、系统架构设计、系统研发过程定义、系统研发信息定义等生命周期活动，支持对使命任务、体系、系统、系统研发过程及领域架构模型的全要素一体化语义表达。 | | | | | | | |
| 是否涉及消费者权益 | □ 涉及 ■ 不涉及 | | | | | | | |
| 国内外情况  简要说明 | 1. 国内外对该技术研究情况简要说明：国内外对该技术研究情况、进程及未来的发展；该技术是否相对稳定，如果不是的话，预计一下技术未来稳定的时间，提出的标准项目是否可作为未来技术发展的基础；  目前，国际上相关标准由ISO/IEC JTC1负责制定，国内由TC28归口，现有标准情况包括：  （1）系统工程过程标准类，如ISO/IEC/IEEE 15288、ISO/IEC 24748等，国家标准以采标为主，发布了GB/T 22032等。这类标准规定了建模语言涉及到的过程活动，本标准采用本体设计架构支持针对这些系统工程标准规范的领域元模型构建；  （2）基础本体构建方法类，如GFO/SUMO/BFO/GUM/SBO/MOD等通用形式化本体规范，这类标准规定了使用OWL本体的使用方法。本标准定义了在MBSE中的使用方法，可以与这些本体构建方法兼容，支持不同本体构建规范中元模型的定义；  （3）图形化建模语言类，如SysML、UML、UPDM、BPMN、EAST-ADL、OPL、Capella等语言规范，以ISO/IEC 19514为典型代表，此类标准核心技术由欧美国家牵头研发，中国企业基本无法参加相关标准制定组织。同时, 由于相关语言，如SysML等的旧版本存在缺陷，下一代语言规范开发过程中，中国企业参与度低，无法主导类似标准研发及规范，这对我国软件发展产生了制约。本标准一方面可以跟这类国际通用标准兼容，另一方面采用目前主流新技术，形成我国自主的元元模型建模框架规范。  （5）架构模型建模框架类，包括面向对象组织所提出的MetaObject Facility Specification规范提出MOF建模框架等。  目前，元元模型建模框架标准围绕北京理工大学、北京中科蜂巢科技有限公司、上海交通大学等机构所开发的GOPPRR（图-对象-点-属性-关系-角色）核心本体规范。该团队已经发表多篇IEEE系统学会会刊，INCOSE国际系统工程学会论文。相关语言规范在美国标准院深度合作的OAGI/IoF工业本体组织进行推广。目前，该语言及工具在欧洲地平线H2020项目Factlog、QU4LITY、Ontocommons等项目在进行落地及应用。华为欧研所、KTH及EPFL等高校准备基于该语言规范开发相关网端开源的建模平台。  如图4所示，目前元元模型建模框架的相关技术共同应用于三个欧盟地平线项目，与此同时，相关技术在两个在申请的地平线项目作为核心技术。空客、华为等研究机构也有相关项目及文章用于支撑该语言规范。    图4 GOPPRR本体在欧盟的项目应用  如图5所示，目前本标准所推荐的相关基于模型系统工程本体规范标准在国际工业本体组织 （https://www.industrialontologies.org/systems-engineering-wg/）进行重点推荐。    图5 GOPPRR本体在IOF系统工程组进行推广应用  2. 项目与国际标准或国外先进标准转化程度的考虑：该标准项目是否有对应的国际标准或国外先进标准，标准制定过程中如何考虑转化的问题；  无。  3. 指出是否发现有知识产权的问题。  无。 | | | | | | | |
| 与现有国内标准间的关系说明 | 与相关国家或行业标准的关系：该标准项目是否有相关的国家或行业标准，该标准项目与这些标准是什么关系，该标准项目在标准体系中的位置；  与现有标准GB/T 22032进行配套。  与协会现有团体标准的关系（如有）：该标准项目是否有相关的协会现有团体标准，该标准项目与这些标准是什么关系。  目前没有相关的团体标准与本标准相关。 | | | | | | | |
| 经费来源说明 | 自筹 | | | | | | | |
| 发起单位意见 | （盖章） 年 月 日 | | | | | | | |
| 分支机构意见  （如有） | （盖章） 年 月 日 | | | | | | | |
| 专家意见  （必要时） | （由立项征询意见时专家填写）  （签名） 年 月 日 | | | | | | | |
| 协会意见 | （盖章） 年 月 日 | | | | | | | |

[注1] 填写制定或修订项目中，若选择修订必须填写被修订标准号；

[注2] 选择转化国际标准或国内外先进标准，必须填写转化标准号及转化程度；

[注3] 选择采用快速程序，必须填写快速程序代码。