doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2023.06.001

开放科学
（资源服务）
标识码
（OSID）

跨领域本体标准连续体概念体系研究

安小米[1]　张红卫[1]　魏玮[2]　董宇[3]

1. 中国人民大学信息资源管理学院 北京 100872；
2. 中国人民解放军军事科学院系统工程研究院 北京 100071；
3. 北京石油化工学院 北京 102627

摘要：[目的 / 意义] 在对国际标准中相关本体概念及概念关系的研究过程中发现，虽然关于本体有多个定义，但是这些定义的应用场景限于单一领域，其核心的概念特征及概念关系类型尚待研究。引入连续体思想，为当前国际标准中跨领域本体概念体系构建、标准体系构建及跨领域本体概念共识构建提供了新视角和方法论。[方法 / 过程] 采用案例分析法、问卷调查法和德尔菲法，首先将跨领域智慧城市标准建设作为案例并进行缺口分析，验证和发现当前本体相关标准，然后设计一份问卷，通过电子邮件方式，发送相关智慧城市领域专家。期间，共有 15 位专家反馈意见。之后，通过对反馈结果进行映射分析和偏好分析，形成专家对跨领域本体概念体系和标准体系建设路径的共识。[结果 / 结论] 提出的跨领域本体构建的连续体概念体系，对关联非正式到正式本体构建过程，构建人机协同本体概念体系具有理论意义，对发现智慧城市领域概念体系标准建设缺口具有实践指导意义，对促进多样化本体标准间互联互通协同，支持跨领域合作、精准决策和智慧行动具有潜在价值。

关键词：本体标准；连续体概念体系；标准协同；跨领域；国际标准

中图分类号：G35；G250

Studies about Cross-domain Ontology Standards Continuum Concept System

AN Xiaomi[1]　ZHANG Hongwei[1]　WEI Wei[2]　DONG Yu[3]

1. Renmin University of China, Information Resource Management School, Beijing 100872, China;
2. Systems Engineering Institute, AMS, PLA, Beijing 100071, China;
3. Beijing Institute of Petrochemical Technology, Beijing 102627, China

基金项目　中国人民大学重大项目“政府大数据治理与综合利用的标准化协同管理体系构建与应用研究”（21XNL019）。

作者简介　安小米（1965-），博士，教授，研究方向为大数据治理、政府信息资源管理、电子文件管理、标准治理；张红卫（1988-），博士研究生，研究方向为城市数据治理、智慧城市标准化；魏玮 (1988-)，博士，研究方向为政府信息资源管理，知识管理，E-mail：37952385@qq.com；董宇（1973-），博士，副教授，研究方向为数据治理、政府信息资源管理。

引用格式　安小米 , 张红卫 , 魏玮 , 等 . 跨领域本体标准连续体概念体系研究 [J]. 情报工程 , 2023, 9(6): 3-19.

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2023.06.001

Abstract: [Objective/Significance] Based on analysis of ontology definitions in international standards and discussions of common understandings on ontology concepts and concept relations, the authors find that there are many definitions for ontology, however, their applications are limited to single domain, the characteristics of the core concepts and the types of concept relations in different definitions are unknown. Therefore, this paper employs the continuum theory to provide a new perspective and method for cross-domain ontology concept system building, standard system building and consensus building of cross-domain ontology concept in international standardization. [Methods/Processes] This paper uses case study, survey and Delphi method. First, a case about smart city standardization is analyzed and the relative ontology standards are found. Second, a questionnaire is designed and sent to smart city-relative expert by email. Totally, 15 feedback are collected. Third, the feedback are analyzed for mapping and indicating preference, and then form the consensus of roadmap of cross-domain ontology concept building and ontology standard system building. [Results/Conclusions] This paper find the ontology continuum concept system would have theoretical values, to relate to the procedure of ontology building from informal to formal, to extent the application of current ontology standards to human understandable and machine executable. This ontology continuum concept system would also have practical values to analyze the gap of the standard development of smart city concept system and based on mapping current smart city ontology standards with continuum concept system and case studies of cross-domain ontology standards building for smart cities and smart city systems, this paper not only rationalize the pragmatic values of the proposed cross-domain ontology continuum concept system for analyzing gaps of ontology standards in smart cities standards development. Furthermore, its potential values are useful for improving the communication, connection, and collaboration of many and various types of ontology standards to support cross-domain cooperation, precisely decision making and smart action.
Keywords: Ontology Standards; Continuum Concept System; Standard Collaboration; Cross-domain; International Standards

引言

随着数字经济、数字政府和数字社会的建设发展，互联网 + 人工智能和大数据技术在跨领域在线业务及服务的应用越来越普及。同时，本体在数字化、人机交互、互操作等标准建设发展过程中发挥着重要作用。然而，跨领域本体标准不一致和不兼容问题日益凸显。本体标准协同不仅是本体认知和共识构建的基础，也是开发机器可读、可执行和可解释标准，促进不同本体标准之间保持协同一致的前提。

要确保标准的使用者（包括人或机器）对标准的要求有共同的理解，标准的制定需要对标准所涉及的核心概念有清晰和明确的描述。这包括描述每个核心概念的特征及与之相关的概念关系。然而，不同领域对核心概念的应用场景及对象和特征的描述存在差异。本体标准协同对促进跨领域标准之间可连接、可关联和可融合，促进不同领域知识共享至关重要。

然而现有中文文献尚未关注跨领域本体标准协同的问题，也无相关研究。本文采用“本体”篇名检索中文社会科学引文索引（CSSCI）共有 3488 个检索结果（1988-2022）。然而采用“本体”+“跨领域”篇名检索 CSSCI，检索结果为 0。采用“本体”+“标准”篇名检索 CSSCI 共有 12 个检索结果，去除 5 篇哲学领域讨论的与本文标准化工作无关的检索结果，仅有 7 篇文献与领域本体标准有关，但讨论的内容限于单一领域的本体标准化议题，包括科技档案的分

类标准与基本体系、档案著录本体标准构建、文化遗产信息交换参考本体标准、篇章修辞块本体标准、中文知识组织系统形式化表述标准体系、本体技术标准化和网络本体语义标准体系等议题。

据不完全统计，目前已出版本体国际标准的国际标准化组织有 12 个，各标准组织已出版或在研本体标准数量为 78 个（见表 1）。其中发布本体标准 3 个以上的国际组织有 7 个，包括 ISO/TC 211、ISO/IEC JTC1/WG11、ISO/IEC JTC 1/SC 29、ISO/IEC JTC 1/SC 32、IEC/TC 3/SC 3D、IEEE Robotics and Automation Society 和 W3C OGC，主要涉及数字地理信息领域，信息技术 - 智慧城市领域，音频、图像、多媒体、超媒体信息领域，信息技术 - 数据管理和交换领域，产品通用数据词典，产品的类别、特性和识别领域，机器人和自动化、万维与开放地理空间等多个领域。目前，本体标准多局限于特定应用场景和特定领域，尚缺少跨多个领域本体标准协同的研究。现有本体标准间存在何种关系，如何促进和实现跨领域标准的协同联动亟待研究。

表 1　国际标准化组织出版或在研本体标准现状

编码	本体标准制定组织	出版或在研本体标准数	本体标准应用领域	本体标准主题
SDO-1	ISO/TC 46/SC 4	1 个	技术互操作	文化遗产信息的文化交换参考本体
SDO-2	ISO/TC184/SC4	2 个	工业数据	产品本体标识语言和描述方法论
SDO-3	ISO/TC 211	5 个	数字地理信息	地理信息本体框架，采用 OWL 本体研发的规则、服务本体及服务本体注册
SDO-4	ISO/IEC JTC1/WG11	4 个	信息技术 - 智慧城市	智慧城市指标高层本体、基于本体的基础级、城市级和服务级数据模型
SDO-5	ISO/IEC JTC 1/SC 29	10 个	音频、图像、多媒体、超媒体信息	媒体价值链本体、媒体合同本体、高层级本体
SDO-6	ISO/IEC JTC 1/SC 32	6 个	信息技术 - 数据管理和交换	本体产生的框架、会计和经济本体、本体注册元模型、基本形式化本体、高层本体、语言和认知工程的描述性本体
SDO-7	ISO/IEC JTC 1/SC 38	1 个	云计算和发布式平台	云计算及分布式平台服务的体系结构的本体
SDO-8	IEC/TC 3/SC 3D	9 个	产品通用数据词典，产品的类别、特性和识别	产品本体注册和转移清单的数据包逻辑结构、通用数据词典的应用指南、通用信息模型的接口、通用信息模型活动描述的接口、数据包网络服务的接口
SDO-9	ITU-T Study group 20	1 个	物联网智慧城市	语法和语义互操作性
SDO-10	IEEE Robotics and Automation Society	3 个	机器人和自动化	机器人和自动化的本体和自动化的机器人本体
SDO-11	IEEE Consumer Technology Society	1 个	消费者技术领域的工程和技术信息全球技术交换	开放数据的本体
SDO-12	W3C OGC	35 个	万维与开放地理空间	时间本体、组织本体、语义传感网络本体、网络本体语言、RDF/XML 等

本文以标准中的本体定义为主要研究对象，首先梳理出标准中本体的核心概念及关系类型，提出了关联并融合多类本体标准概念关系的本体连续体概念体系；以具有跨领域特征的智慧

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2023.06.001

城市领域本体标准为调查对象与本体连续体概念体系映射，揭示出现有智慧城市领域本体标准研制中存在的缺口，与其他领域本体标准比较，通过问卷调查和专家讨论，论证了跨领域本体构建连续体概念体系对分析跨领域本体标准研制缺口和规划智慧城市领域本体标准体系建设路线的指导意义，其应用不局限于智慧城市领域。

1 跨领域本体标准研究：连续体概念体系构建

1.1 概念及概念关系识别和分析的方法

本文遵循 ISO 704:2022 概念构建的原则，概念及概念关系识别与分析的基本流程如图 1 所示：

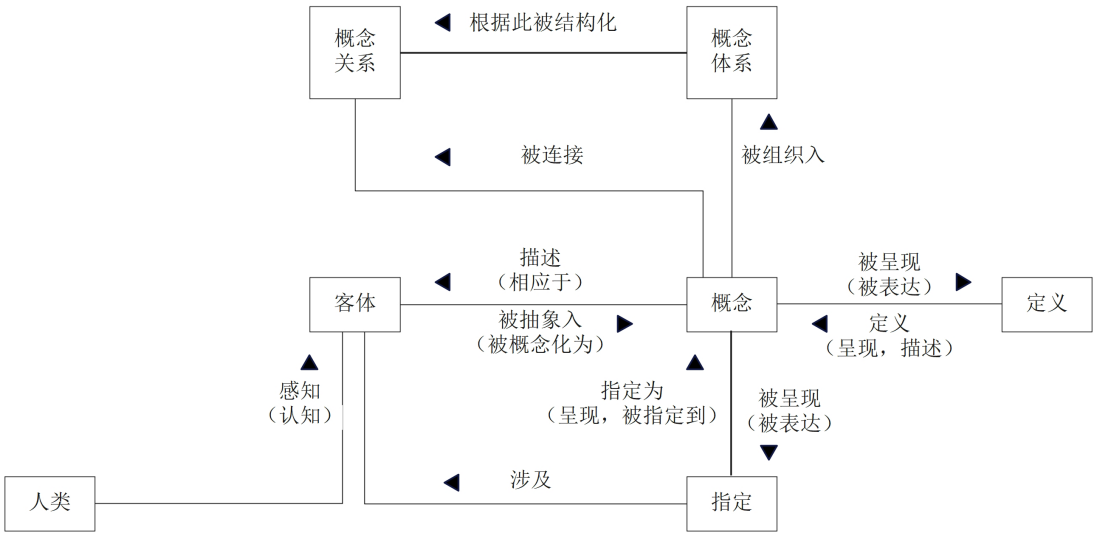

图 1 概念及概念关系的识别
（来源：ISO 704:2022[1]）

在 ISO 704：2022 中“概念”（Concept）指将人类描述和感知的客观事物（客体）进行抽象分类后所形成的特定领域的知识单元。客体具有属性且可以被抽象形成特征，这些特征是组成概念的关键部分。当概念反映了多个客体及相同的客体属性时，该概念被称为一般概念。相反，当概念只反映一个独特的客体及客体属性时，该概念被称为个体概念。无论是一般概念还是个体概念，都可以通过连接概念形成概念关系。ISO 704:2020 提出了 3 种基本概念关系，即属种关系、整体—部分关系和关联关系（见表 2），这也为概念关系的类型识别提供了依据。

表 2 概念关系的类型划分

编号	概念关系类型	解释	来源
1	属种关系（generic relation）	对于两个概念，其中下位概念的内涵包含了一个上位概念所没有的区别特征	ISO 1087:2019[2], 3.2.13
2	整体—部分关系（partitive relation）	如果上位概念表示了一个整体，下位概念代表了整体中的一部分	ISO 1087:2019[2], 3.2.1
3	关联关系（associative relation）	具有非层级的概念关系	ISO 1087:2019[2], 3.2.23

1.2 本体概念及概念关系的识别

“定义是描述一个概念，并区别于其他相关概念的表述。”[2] 为了获取对本体概念的通用理解，本文收集了 12 个国际标准化组织术语标准库中的 17 个本体定义，同时补充了 2020 年 IEC 智慧城市系统委员会本体标准研讨会上国际专家推荐的来自文献的代表性本体定义 7 个，共 24 个本体定义作为分析样本（见附录 1）。

分析 24 个本体定义中本体的概念和概念关系，得到 6 种本体概念关系类型（见表 3），包括（1）领域的概念化或概念模型；（2）专业术语词典；（3）概念或术语的逻辑结构；（4）概念化的正式明确的规范；（5）概念和关系的正式呈现；（6）具有语义联系的规则和知识。

表 3　本体核心概念及关系类型

编号	本体概念关系类型	本体核心概念描述	来源 (见附录 1)
1	领域的概念化或严格的概念模式或模型	领域的概念化 / 表示学科领域 / 模型的严格概念模式代表着领域用于推理该领域中的客体以及它们之间的关系	D1 D6 D11 D16
2	专业术语词典	专业术语的词典以及词典中术语含义的一些规范	D13 D17
3	概念或术语的逻辑结构	可以对其进行合理论证的概念的组织或逻辑结构 / 用于描述知识领域的术语的逻辑结构	D2 D5 D21D23
4	概念化的、正式、明确和一致的规范	明确和一致的概念规范 / 具体或抽象事物的规范以及它们之间的关系，共享概念化的非正式、明确规范 / 概念化的正式规范 / 概念化的明确规范	D3 D4 D10 D14 D15 D18 D22
5	一组概念和关系的正式呈现	现象的正式表示 / 对世界理解的正式陈述 / 领域内一组概念的正式表示以及这些概念之间的关系	D7 D8 D9 D12 D19
6	具有语义联系的规则和知识	一组由具有语义联系的规则构建的知识术语到特定主题	D20

1.3 本体连续体概念体系的提出

本文将本体构建的全过程视为有机整体，同时将本体定义中涉及的概念关系按其在本体产生过程中所起作用进行关联，并基于 Mark Fox 提出的本体构建连续体思想，提出跨领域本体连续体概念体系。该方法论覆盖非正式到正式 6 个阶段（见图 2）：P1（P 表示“place”）-词汇表（Vocabulary）构建；P2- 分类体系（Taxonomy）构建；P3- 概念模型（Concept model）构建；P4- 术语规范（Terminology）构建；P5- 描述性逻辑（Description Logic）；P6- 一阶逻辑（First Order Ontology）[3]。图 2 显示出本体概念关系之间具有从非正式到正式的本体生成逻辑，从人可理解到机器可读的关联性、连贯性和一致性。通过将表 4 中的 6 类本体概念关系与连续体概念体系进行映射，获得本体标准的核心概念。

2 跨领域本体标准建设研究：以智慧城市本体标准建设为例

2.1 智慧城市本体概念体系标准建设缺口分析

IEC 63235:2021[4] 智慧城市系统概念构建方法论明确提出智慧城市系统概念构建具有典型的跨领域特征。本文选择智慧城市系统本体概念体系构建作为示例，利用上述本体构建连续体概念体系，对现有智慧城市领域本体标准和基于本体的国际标准进行映射，可以发现当前

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2023.06.001

图 2　关联本体概念关系的本体连续体概念体系

表 4　本体概念关系类型与本体概念形成阶段映射

编号	本体概念关系类型	本体核心概念描述	连续体阶段映射
1	专业术语词典（A lexicon of specialized terminology）	专业术语的词典以及词典中术语含义的一些规范	P1- 词汇表构建（Vocabulary）
2	概念或术语的逻辑结构（Logical structure of concepts or terms）	可以对其进行合理论证的概念的组织或逻辑结构 / 用于描述知识领域的术语的逻辑结构	P2- 分类体系构建（Taxonomy）
3	领域的概念化或严格的概念模式或模型（Conceptualization of domain /rigorous conceptual schema/model）	领域的概念化 / 表示学科领域 / 模型的严格概念模式代表着领域用于推理该领域中的客体以及它们之间的关系	P3- 概念模型构建（Concept model）
4	概念化的、正式、明确和一致的规范（Formal, explicit and consensual specification of conceptualization）	明确和一致的概念规范 / 具体或抽象事物的规范，以及它们之间的关系，共享概念化的非正式、明确规范 / 概念化的正式规范 / 概念化的明确规范	P4- 术语规范构建（Terminology）
5	一组概念和关系的正式呈现（Formal representation of a set of concepts and relationships）	现象的正式表示 / 对世界理解的正式陈述 / 领域内一组概念的正式表示以及这些概念之间的关系	P5- 描述性逻辑呈现（Description Logic）
6	具有语义联系的规则和知识（Rule and knowledge with sematic connections）	一组由具有语义联系的规则构建的知识术语到特定主题	P6- 语义逻辑呈现（First Order Ontology）

本体相关标准主要为概念模型类标准（ISO 37105:2019, IEC SRD 63235:2021，IEC SRD 63188:2022）[4-5]、数据模型类标准（ISO/IEC 5087）和知识表达模型类标准（ISO/IEC 30145-2:2020）[6]，涉及本体连续体的第 P2，P3，P5，P6 阶段（见表 5）。其中，关注较多的是以信息技术、城市系统和机器可读标准为中心的客体以及关联要素的分类体系、描述性逻辑呈现和语义逻辑呈现。通过映射和缺口分析，构建人机协同、连贯一致的智慧城市本体词汇表和术语规范，构建全面覆盖 6 个阶段和 6 类概念关系的智慧城市本体概念体系标准是未来智慧城市本体概念体系标准建设研究的重要方向和本体标准化协同的重要内容。

表 5　基于本体连续体概念体系的标准映射与智慧城市本体概念标准缺口发现

本体连续体阶段	其他领域可借鉴标准示范	智慧城市本体相关标准
P1- 词汇表构建	ISO/IEC 18384-3:2016 ISO/IEC 15944-42:2015 IEEE P2896:2020	
P2- 分类体系构建	IEC/SC3D（IEC 61360 系列）	ISO37105:2019 城市系统描述性框架 IEC SRD63235:2021 概念构建方法论 IEC SRD 63188:2022 参考架构构建方法论
P3- 概念模型构建	ISO/TC184/SC4（ISO 13584-31:2010; ISO 13584-42:2010; ISO15926-11:2015）	
P4- 术语规范构建 -D23	ISO/IEC JTC1/SC32（ISO/IEC 21838 系列）	
P5- 描述性逻辑呈现 -D7	ISO/TC211（ ISO 19150 系列）； IEEE P1872 系列	ISO/IEC 21972:2020 智慧城市指标的上层本体 ISO/IEC 30145-2:2020 智慧城市知识管理框架 ISO/IEC5087 城市数据模型
P6- 语义逻辑呈现	W3C OGC 16-071r3, OGC 16-079，OGC 20-022，OGC20-023	

2.2　智慧城市本体标准体系建设缺口分析

基于对既有本体标准范围和应用场景的通用性与专用性聚类分析，图 3 揭示了目前智慧城市领域的本体标准建设局限于上层智慧城市指标本体标准和基于本体的城市数据模型标准。建设覆盖多个领域和多类应用场景的本体生成

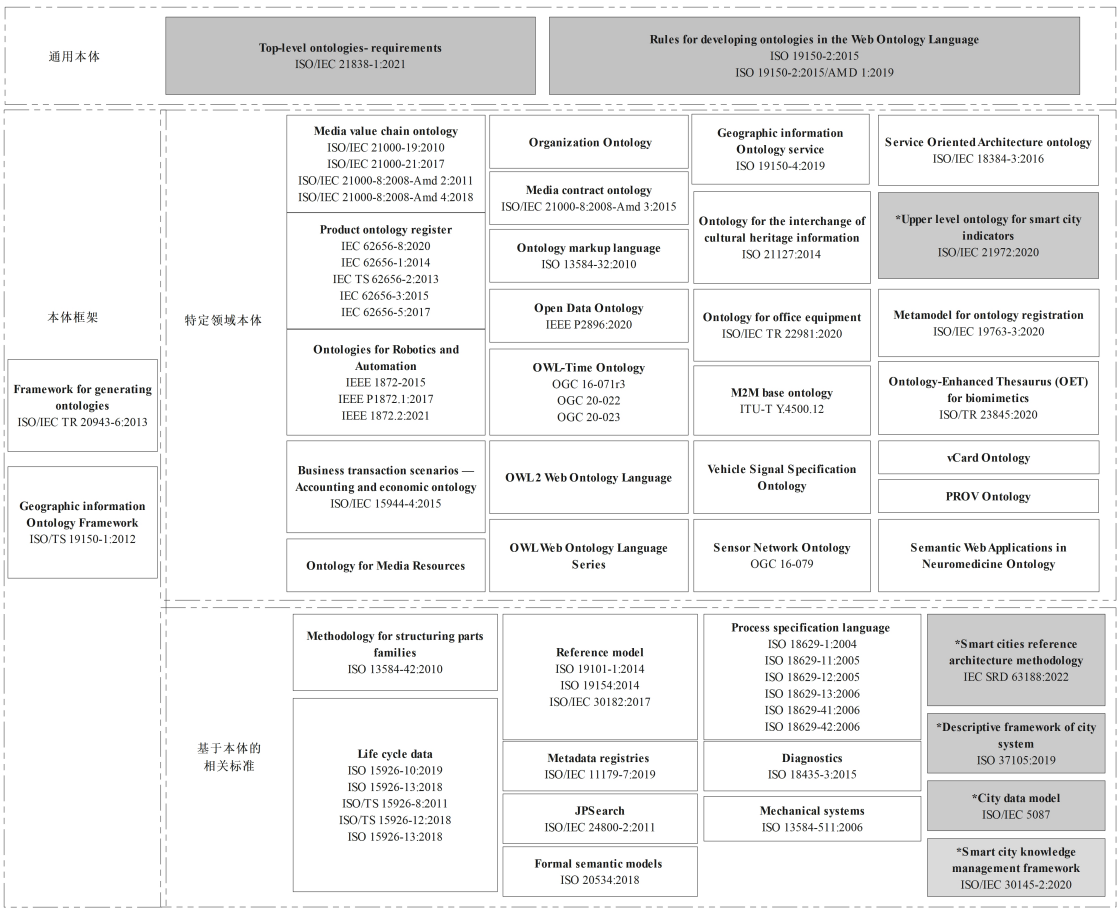

图 3　智慧城市本体标准及相关标准与既有其他领域本体标准的关系

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2023.06.001

式框架标准已成为未来智慧城市本体标准体系建设的重要方向。如图 3 所示，智慧城市本体标准体系可由 4 个部分构成：

（1）通用本体标准。通用本体标准包括可应用于广泛领域的本体开发指南和规则。

（2）涉及本体框架标准。本体框架标准仅限于地理信息领域和元数据注册领域。

（3）特定领域本体标准。许多本体标准适用于特殊功能、服务和用途的特定领域。

（4）本体相关标准。一些基于本体的相关标准，即标准标题中没有本体，而是以本体作为其数据建模、信息管理、知识管理框架等的基础。

3 跨领域本体标准建设需求问卷调查及分析

3.1 问卷设计和数据收集

为了解标准研制者对跨领域本体标准在概念体系构建和标准体系建设方面的需求，在跨领域本体概念体系构建及标准建设研究方面达成共识，本文设计了一份调查问卷，发放给 IEC 智慧城市系统委员会术语工作组、ISO/IEC JTC1/WG11/AHG16 智慧城市本体 - 术语任务工作组及国家信标委智慧城市标准工作组的专家，调查对象均为智慧城市领域的标准专家。问卷共包含 11 个封闭式问题，由 2 个部分构成。该问卷于 2022 年 6 月 5 日—2022 年 7 月 1 日期间，通过电子邮件发送给来自不同标准开发组织的专家，且收集了 15 位专家的反馈意见。本文对反馈结果进行分析，形成领域专家对本体概念体系和标准体系建设路径的共识。

3.2 数据分析与发现

首先将已经收集的样本进行编码（见表 6），总共有 15 位来自不同国家或地区的专家参与了本次调查，并给出了他们的意见。

表 6 问卷样本分布情况

专家编码	国家或地区
E-1	中国湖北
E-2	中国济南
E-3	中国广东
E-4	中国北京
E-5	中国济南
E-6	中国济南
E-7	中国济南
E-8	中国北京
E-9	中国北京
E-10	中国内蒙古
E-11	中国北京
E-12	中国北京
E-13	中国广东
E-14	中国北京
E-15	美国

注：“E”代表 Expert 的缩写

3.2.1 国际标准中既有本体定义的使用偏好情况调查

前期，作者在 2020 年 9 月 30 日举办的 IEC 智慧城市系统委员会本体研讨会之前，已经收集到 15 个来自不同国际标准化组织标准中的本体定义（见附录 1 D1-D15）。研讨会期间经过专家推荐新增加了 7 个来自权威来源的本体定义（见附录 1 D16-D22）。此外，2022 年 3 月，在 IEC 智慧城市 /WG1 和 ISO/IEC JTC 1/WG 11/AHG 16 会议中，专家一致推荐出 1 个本体定义（见附录 1 D23）。由此，总共收集了 23 个在既有国际标准或国际标准化活动中使用的本体定义，同时也

作为问卷调查的样本。此次问卷调查对这 23 个本体定义进行了编码 (见附录 1，D1-D23)，问卷设计通过调查对象对这些定义的选择来统计本体定义在国际标准中的使用偏好。从图 4 可以看出，D4(53.33%) 和 D5(46.67%) 在国际标准中使用最多（见表 7），处于关注边缘 (小于 10%) 的定义为 D3、D6、D11、D15 、D16、D17、D18、D22，其中 D15、D16、D21 甚至无人关注。

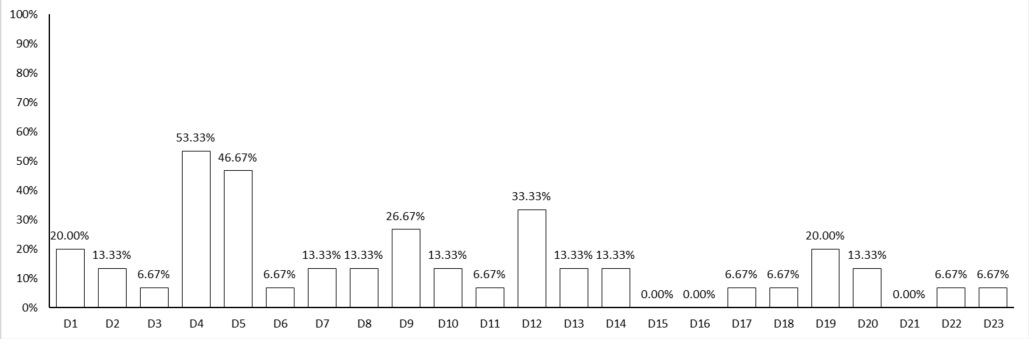

图 4　国际标准中本体定义的使用偏好选择情况

表 7　偏好选择排前两名的本体定义

编码	定义	解释
D4	在规定的知识领域内对具体或抽象事物以及它们之间的关系进行规范。 注：计算机应可处理该规范。	机器可处理的，对规定的某知识领域具体或抽象的事物及关系的规范
D5	用于描述知识领域中的术语逻辑结构，包括与这些术语相适应的定义及其关系。	用于描述某一领域知识的术语的逻辑结构，包括适用术语的定义及其术语间的关系

注：“D”代表 Definition 的缩写

3.2.2　本体核心概念及概念类型偏好情况的调查

从现有的本体定义中识别出了 6 种本体概念类型，并且这些本体概念类型也被进行了编码（见表 8）用来进行本体核心概念偏好的调查。结果（见图 5）发现专家们对本体核心概念的偏好选择中占比最高的是 C3，即“将本体视为某一知识领域术语的逻辑结构或为可以得出理性论证，概念的逻辑结构或组织”（来源：D2 D5 D21），其所占比例为 53.33%。

表 8　本体概念的 6 种类型

编码	本体概念	来源
C1	领域的概念化 / 表示主题领域的严格概念图式 / 表示领域的模型，用于推理该领域中的对象及其之间的关系	D1 D6 D11 D16
C2	专业术语词典，以及词典中涉及术语含义的一些规范	D13 D17
C3	将本体视为某一知识领域术语的逻辑结构或为可以得出理性论证，概念的逻辑结构或组织	D2 D5 D21
C4	明确和一致的概念规范 / 具体或抽象事物的规范以及它们之间的关系，包括非正式的，明确的共享概念化规范 / 概念化的正式规范 / 概念化的明确规范	D3 D4 D10 D14 D15 D18 D22
C5	现象的形式表示 / 对世界的一种理解的形式陈述 / 在一个领域内的一组概念的形式表示以及这些概念之间的关系	D7 D8 D9 D12 D19
C6	由规则构造的一组知识术语，这些规则与特定主题有语义联系	D20 D23

注：“C”代表 Concept 的缩写

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2023.06.001

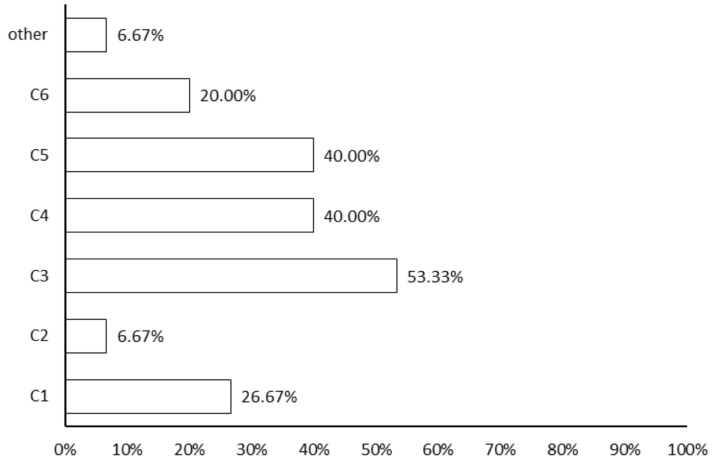

图 5　本体核心概念使用偏好选择情况

另一方面，在与之相对应的 6 类本体概念关系中（见表 9），专家们偏好选择最多的是一组概念和概念关系的正式表达，所占比例为 66.67%（见图 6）。

表 9　本体概念关系编码

编码	本体概念关系	来源
R1	领域的概念化 / 严格的概念模式 / 模型	C1
R2	专业术语词典	C2
R3	概念或术语的逻辑结构	C3
R4	正式的、明确的和一致的概念化说明	C4
R5	一组概念和概念关系的正式表达	C5
R6	语义链接的规则和知识	C6

注：“R”代表 Relation 的缩写

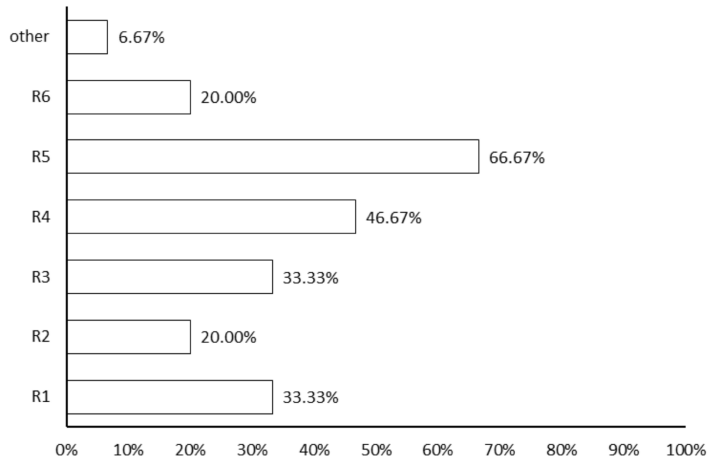

图 6 本体概念关系类型使用偏好选择情况

3.2.3 本体连续体概念体系使用偏好情况调查

图 7 显示有超过 86% 的专家认为本体标准的建设及标准协同活动需要本体连续体概念体系。

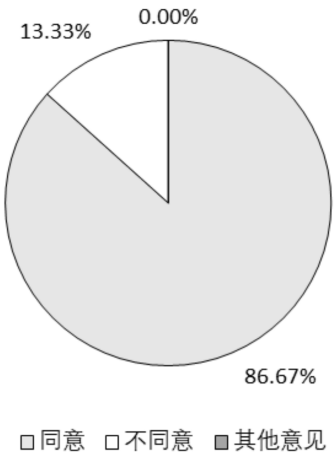

图 7 本体连续体概念体系使用偏好情况

3.2.4 跨领域本体概念体系标准建设偏好情况调查

图 8 显示 93.33% 的专家认同在智慧城市标准建设中需要建设覆盖 6 种本体核心概念及其对应的概念关系类型的综合性跨领域本体概念体系。

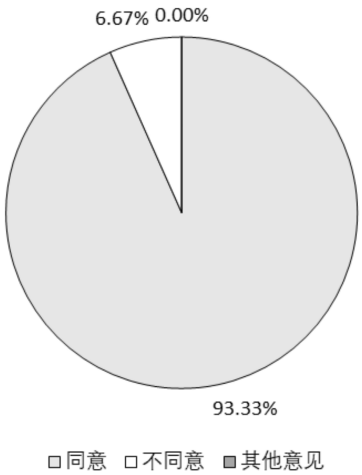

图 8 跨领域本体概念体系标准建设偏好情况

3.2.5 跨领域本体标准体系顶层设计建设偏好情况调查

调查结果显示有 93.33% 的专家认为智慧城市领域应该构建本体标准体系建设的协同框架（见图 9）。

3.3 讨论

（1）跨领域本体概念体系标准亟待建立

调查揭示，本文提出的本体连续概念体系构想将既有本体概念和概念关系看成有机整体，

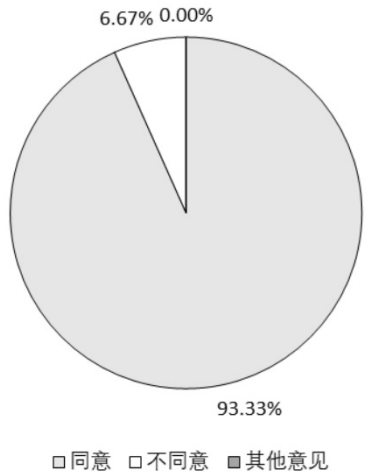

图 9 智慧城市本体标准体系建设协同框架偏好情况

映射出本体标准研制过程中的人机认知逻辑及认知过程，揭示出本体标准研发过程中本体的不同认知，当前本体标准建设多侧重机器可处理本体标准，尚缺少与人可理解的本体标准关联，亟待构建基于连续体概念体系的，人机认知逻辑连贯一致的，人机均可理解和可合作的本体及其认知逻辑。

（2）跨领域本体标准体系建设亟待顶层设计和标准协同框架构建

目前适合智慧城市的本体标准局限于上层智慧城市指标和城市数据模型专用场景，尚缺

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2023.06.001

少跨领域本体标准协同应用的顶层设计，包括概念体系标准和框架标准，尚缺少对既有标准应用于智慧城市领域适用性研究和路径选择及规划研究。

4 结语

本体标准建设已经成为多个国际标准化组织在多个领域关注的共同议题，国际标准化组织关注较多的是特定知识领域本体的构建或本体在数据模型、语义模型和知识表达模型特定场景的应用，既有本体标准建设具有技术主导的特点，较少考虑本体本身定义和概念及概念体系标准化建设的问题。

本文采用术语工作原则和方法，通过对标准化文件中本体定义的核心概念及概念关系类型的识别，发现国际标准中存在 23 个本体定义和 6 种本体概念关系类型，融合既有本体核心概念及概念关系，提出了跨领域本体构建的连续体概念体系，对关联非正式到正式本体构建过程，构建人机协同本体概念体系具有理论意义，对发现智慧城市领域概念体系标准建设缺口具有实践指导意义。对跨领域本体标准建设需求的专家问卷调查结果揭示，现有本体通用标准、本体框架标准的跨领域应用亟待从多领域、多场景、多利益相关者的需求方面进行考虑。理解非正式到正式本体构建的核心概念及概念关系类型，建立连贯一致的人机协同认知逻辑，建设综合全面的概念体系和标准体系是本体专家们的共同期望。

附录1 国际标准中的本体定义

编码	定义	来源
D1	一个领域的一种概念化活动。	ISO/TS 21526:2019, 3.36[7]
D2	可进行合理论证的概念组织。 注：该定义来源于 ISO/TS 17117。	ISO/TR 13054:2012, 2.6 [8] ISO/TR 12300:2014, 2.1.15[9]
D3	明确和一致规范的概念，可在任何应用领域中独立使用。 注：在 ISO 13399 系列标准中，字典被视为一种正规和机器感知的本体表示形式。	ISO/TS 23768-1:2011, 3.1.25[10] ISO/TS13399-50:2013,3.19[11] ISO/TS 13399-2:2014, 3.19[12] ISO/TS 13399-3:2014, 3.20[13] ISO/TS 13399-4:2014, 3.20[14] ISO/TS 13399-5:2014, 3.19[15] ISO/TS13399-60:2014,3.20 [16] ISO 18435-3:2015, 3.1[17] ISO/TS 13399-3:2021, 3.1[6][18]
D4	在规定的知识领域内对具体或抽象事物以及它们之间的关系进行规范。 注：计算机应可处理该规范。	ISO/IEC TR 20943-6:2013, 3.2.1[19] ISO/IEC 19763-1:2015, 4.1.20[20] ISO/IEC TR 19763-9:2015[21] ISO 37105:2019, 3.2[5] ISO/IEC 11179-7:2019 [22] ISO/IEC 19763-3:2020, 3.1.1.1[23] ISO/IEC TR 22981:2020, 3.2[24] ISO 21597-1:2020, 3.1.[7][25]

（续附表 1）

编码	定义	来源
D5	用于描述知识领域中的术语逻辑结构，包括与这些术语相适应的定义及其关系。	ISO/IEC/IEEE 24765:2017,3.2691[26] ISO 20534:2018,3.36[27] ISO 4454:2022, 3.1[1][28]
D6	表示主观领域的严格概念架构。	ISO/TR 25100:2012, 2.1.5[29]
D7	话语规律现象的正式表示及一种重点词汇，包含可明确涵义和描述现象及内在关系的定义和公理。	ISO/TS 19150-1:2012, 4.10[30] ISO 19101-1:2014, 4.1.26[31] ISO 19154:2014, 4.16[32] ISO 19150-2:2015, 4.1.29[33] ISO/IEC 30182:2017,2.11[34] ISO 19150-4:2019, 3.1.19[35] ISO/IEC 21972:2020, 3.6[36]
D8	对现实实践理解的正式陈述。 注 1：本体可以用任意语言来表示，无需被特定的语言表示，如 OWL。本体可以有不同的表示。 注 2：本体无需特指要记录关于现实世界的哪些数据。 注 3：本体主要关注计算机系统之外的世界。	ISO/TS 15926-12:2018, 3.1.3[37] ISO 15926-13:2018, 3.1.19[38] ISO 15926-10:2019, 3.6[39]
D9	在知识管理和人工智能领域中对话语领域中的概念以及它们之间的关系进行正式、结构化和明确的描述。 注：本体与一组单独的分类本质一起构成了知识库。	ISO/TR 23845:2020, 3.6[40] ISO/TR 23846:2022, 3.5[41]
D10	共享概念化正式和明确的规范。 注：本体通常包括概念的定义及其特定关系，用正式的方式列出后，机器可以进行推理。	ISO 5127:2017, 3.1.2.03[42] ISO/TR 23262:2021, 3.12[43]
D11	表示领域的模型，可推理该领域中的对象及其关系。 注：ISO/IEC 18384 这部分是高层级的且并不意味着用来正式推理。	ISO/IEC 18384-3:2016, 3.1.2[44]
D12	领域中一组概念及概念关系的正式表示。 注 1：本体通常用来推理某个领域的属性以及定义该领域。 注 2：本体通常被表达为一种逻辑性语言，但这不是一种要求，也不是必须用来推理。另外，关系、类别、属性、本质和公理等也可用来表达本体。	ISO/TS 15926-8:2011, 2.1.21[45]
D13	专业术语词典及术语含义的规范。 注 1：一组结构化的相关术语，指定了正式语言中术语的含义。含义规范地解释了术语相关的原因和方式，并限制集合的分区和结构。 注 2：过程规范语言（如 ISO 18629）的主体部分是本体。原始概念是符合 ISO18629 本体概念的，且足够用来描述基础的制造、工程和业务过程。 注 3：本体的重点不仅在术语，而且在术语的涵义。本体可包含任意一组术语，但这些术语只有在其含义达成一致的情况下才能共享。共享的是术语的预期语义，而不仅仅是术语。 注 4：任何没有明确定义的术语都可能引起歧义和混淆。本体的挑战在于，需要一个框架来明确其中术语的含义。对于 ISO 18629 中的本体概念，有必要对其过程信息进行严格的数学表示，并在 ISO 18629 的语言中精确表达该信息的基本逻辑属性。	ISO 18629-1:2004, 3.1.17[46] ISO 18629-11:2005, 3.1.17[47] ISO 18629-12:2005, 3.1.17[48] ISO 18629-41:2006, 3.1.13[49] ISO 18629-42:2006, 3.1.11[50] ISO 18629-13:2006, 3.1.16 [51]

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2023.06.001

（续附表 1）

编码	定义	来源
D14	概念化的正式规范。如将概念定义为具有属性和关系的对象，而不是其他概念。	ITU-T Y.4500.12[52]
D15	概念化的明确规范。	ITU-T X.1570[53]
D16	从技术角度上看，本体可以定义为对某些领域或主题领域中存在或可能存在的实体的规范。 本体由概念和关系类型的名称集合指定，这些名称按类型 / 子类型关系按部分顺序组织。	Sowa[54]; Lacasta et al.[55]
D17	以类似的方式，本体可以被定义为一个工程产品，由描述某个现实的特定词汇及词汇预期含义的明确假设构成。这组假设通常采用一阶逻辑理论的形式，其中词汇以一元或二元谓词名称的形式出现，分别称为概念和关系。	Lacasta et al.[55]; Guarino[56]
D18	本体可定义为共享概念化的正式规范。	Borst and Akermans[57]; Zemmouchi-Ghomar et al.[58]
D19	本体是用计算机可读语言表达的领域概念和关系的共享描述。	Roche[59]
D20	本体是一组知识术语，包括词汇、语义互联及特定主题的简单的推理和逻辑规则。	Swartout & Tate[60]
D21	本体是围绕知识构建的一种基本结构。	Hendler[61]
D22	本体是在共同利益领域中对共同理解的重要概念的明确表示。	Kalfoglou and Chorlemmer [62]
D23	术语、关系表达和相关自然语言定义的集合，以及一种或多种形式理论的集合，旨在捕捉这些定义的预期解释。	ISO/IEC 21838-1:2021, 3.14[63] ISO 23903:2021，3.18[64]
D24	本体是术语的规范，指定了领域的类别、属性和数据类型，而公理则用来定义和约束术语的解释	Mark Fox , 2022[3]

参 考 文 献

[1] ISO. Terminology work — Principles and methods: ISO 704: 2022[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2022: 1.

[2] ISO. Terminology work and terminology science — Vocabulary: ISO 1087: 2019[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2019: 1.

[3] FOX. M. ISO/IEC JTC 1/WG 11/AHG 16 Meeting[C]//Geneva: ISO Copyright Office, 2022, 03, 23.

[4] IEC. Smart city system - Methodology for concepts building: IEC SRD 63235: 2021[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2021: 1.

[5] ISO. Sustainable cities and communities — Descriptive framework for cities and communities: ISO 37105: 2019[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2022: 1.

[6] ISO/IEC. Information technology — Smart city ICT reference framework — Part 2: Smart city knowledge management framework: ISO/IEC 30145-2: 2020[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2020: 1.

[7] ISO. Health informatics — Metadata repository

requirements (MetaRep): ISO/TS 21526: 2019[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2019: 1.

[8] ISO. Knowledge management of health information standards: ISO/TR 13054: 2012[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2012: 1.

[9] ISO. Health informatics — Principles of mapping between terminological systems: ISO/TR 12300: 2014[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2014: 1.

[10] ISO. Rolling bearings — Parts library — Part 1: Reference dictionary for rolling bearings: ISO/TS 23768-1: 2011[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2011: 1.

[11] ISO. Cutting tool data representation and exchange — Part 50: Reference dictionary for reference systems and common concepts: ISO/TS 13399-50: 2013[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2013: 1.

[12] ISO. Cutting tool data representation and exchange — Part 2: Reference dictionary for the cutting items: ISO/TS 13399-2: 2014[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2014: 1.

[13] ISO. Cutting tool data representation and exchange — Part 3: Reference dictionary for tool items: ISO/TS 13399-3: 2014[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2014: 1.

[14] ISO. Cutting tool data representation and exchange — Part 4: Reference dictionary for adaptive items: ISO/TS 13399-4: 2014[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2014: 1

[15] ISO. Cutting tool data representation and exchange — Part 5: Reference dictionary for assembly items: ISO/TS 13399-5: 2014[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2014: 1.

[16] ISO. Cutting tool data representation and exchange — Part 60: Reference dictionary for connection systems: ISO/TS 13399-60: 2014[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2014: 1.

[17] ISO. Industrial automation systems and integration — Diagnostics, capability assessment and maintenance applications integration — Part 3: Applications integration description method: ISO 18435-3: 2015[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2015: 1.

[18] ISO. Cutting tool data representation and exchange — Part 3: Reference dictionary for tool items: ISO/TS 13399-3: 2021[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2021: 1.

[19] ISO, IEC. Information technology — Procedures for achieving metadata registry content consistency — Part 6: Framework for generating ontologies: ISO/IEC TR 20943-6: 2013[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2013: 1.

[20] ISO, IEC. Information technology — Metamodel framework for interoperability (MFI) — Part 1: Framework: ISO/IEC 19763-1: 2015[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2015: 1.

[21] ISO, IEC. Information technology — Metamodel framework for interoperability (MFI) — Part 9: On demand model selection: ISO/IEC TR 19763-9: 2015[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2015: 1.

[22] ISO, IEC. Information technology — Metadata registries (MDR) — Part 7: Metamodel for data set registration: ISO/IEC 11179-7: 2019[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2019: 1.

[23] ISO, IEC. Information technology — Metamodel framework for interoperability (MFI) — Part 3: Metamodel for ontology registration: ISO/IEC 19763-3: 2020[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2020: 1.

[24] ISO, IEC. Information technology — Office equipment — Guidelines for the development of an ontology (vocabulary, components and relationships) for office equipment: ISO/IEC TR 22981: 2020[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2020: 1.

[25] ISO. Information container for linked document delivery — Exchange specification — Part 1: Container: ISO 21597-1: 2020[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2020: 1.

[26] ISO, IEC, IEEE. International Standard - Systems and software engineering—Vocabulary: ISO/IEC/IEEE 24765: 2017[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2017: 1.

[27] ISO. Industrial automation systems and integration

doi:10.3772/j.issn.2095-915x.2023.06.001

— Formal semantic models for the configuration of global production networks: ISO 20534: 2018[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2018: 1.

[28] ISO. Genomics informatics — Phenopackets: A format for phenotypic data exchange: ISO 4454: 2022[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2022: 1.

[29] ISO. Intelligent transport systems — Systems architecture — Harmonization of ITS data concepts: ISO/TR 25100: 2012[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2012: 1.

[30] ISO. Geographic information — Ontology — Part 1: Framework: ISO 19150-1: 2012[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2012: 1.

[31] ISO. Geographic information — Reference model — Part 1: Fundamentals interoperability (MFI) — Part 9: On demand model selection: ISO 19101-1: 2014[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2014: 1.

[32] ISO. Geographic information — Ubiquitous public access — Reference model: ISO 19154: 2014[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2014: 1.

[33] ISO. Geographic information — Ontology — Part 2: Rules for developing ontologies in the Web Ontology Language (OWL): ISO 19150-2: 2015[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2015: 1.

[34] ISO, IEC. Smart city concept model — Guidance for establishing a model for data interoperability: ISO/IEC 30182: 2017[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2017: 1.

[35] ISO. Geographic information — Ontology — Part 4: Service: ISO 19150-4: 2019[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2019: 1.

[36] ISO, IEC. Information technology — Upper level ontology for smart city indicators: ISO/IEC 21972: 2020[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2020: 1.

[37] ISO. Industrial automation systems and integration — Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities — Part 12: Life-cycle integration ontology represented in Web Ontology Language (OWL): ISO/TS 15926-12: 2018[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2018: 1.

[38] ISO. Industrial automation systems and integration — Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities — Part 13: Integrated asset planning life-cycle: ISO 15926-13: 2018[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2018: 1.

[39] ISO. Industrial automation systems and integration — Integration of life cycle data for process plants including oil and gas production facilities — Part 10: Conformance testing: ISO 15926-10: 2019[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2019: 1.

[40] ISO. Biomimetics — Ontology-Enhanced Thesaurus (OET) for biomimetics: ISO/TR 23845: 2020[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2020: 1.

[41] ISO. Biomimetics — Image search engine: ISO/TR 23846: 2022[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2022: 1.

[42] ISO. Information and documentation — Foundation and vocabulary: ISO 5127: 2017[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2017: 1.

[43] ISO. GIS (geospatial) / BIM interoperability: ISO/TR 23262: 2021[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2021: 1.

[44] ISO, IEC. Information technology — Reference architecture for service oriented (SOA RA): ISO/IEC 18384-3: 2016[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2016: 1.

[45] ISO. Industrial automation systems and integration — Integration of life-cycle data for process plants including oil and gas production facilities — Part 8: Implementation methods for the integration of distributed systems: Web Ontology Language (OWL) implementation: ISO/TS 15926-8: 2011[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2011: 1.

[46] ISO. Industrial automation systems and integration — Process specification language — Part 1: Overview and basic principles: ISO 18629-1: 2004[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2004: 1.

[47] ISO. Industrial automation systems and integration — Process specification language — Part 11: PSL

core: ISO 18629-11: 2005[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2005: 1.

[48] ISO. Industrial automation systems and integration — Process specification language — Part 12: Outer core: ISO 18629-12: 2005[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2005: 1.

[49] ISO. Industrial automation systems and integration — Process specification language — Part 41: Definitional extension: Activity extensions: ISO 18629-41: 2006[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2006: 1.

[50] ISO. Industrial automation systems and integration — Process specification language — Part 42: Definitional extension: Temporal and state extensions: ISO 18629-42: 2006[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2006: 1.

[51] ISO. Industrial automation systems and integration — Process specification language — Part 13: Duration and ordering theories: ISO 18629-13: 2006[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2006: 1.

[52] ITU-T Y.4500.12. One M2M base ontology [EB/OL], (2018-03). [2022-09-05]. https://www.itu.int/itu-t/recommendations/rec.aspx?rec=13507.htm.

[53] ITU-T X.1570. Discovery mechanisms in the exchange of cybersecurity information [EB/OL]. (2011-09) [2022-09-05]. https://handle.itu.int/11.1002/1000/11344.htm.

[54] SOWA J F .Top-level ontological categories[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 1995, 43(5-6): 669-685.

[55] LACASTA J, NOGUERAS-ISO J, ZARAZAGA-SORIA F J.Terminological ontologies: design, management and practical applications[M].Springer Publishing Company, Incorporated,2010.

[56] GUARINO N. Formal Ontology in Information Systems[C]// Proceedings of the First International Conference, Trento, 1998.

[57] BORST W N, AKKERMANS J M. An Ontology Approach to Product Disassembly[C]// In Report on the 2nd Workshop on Product Knowledge Sharing and Intergration '97, ProKSI, 1997.

[58] ZEMMOUCHI-Ghomari L. Ontology versus terminology, from the perspective of ontologists[J]. International Journal of Web Science, 2012, 1(4): 315-345.

[59] ROCHE.C. TOTh, Terminologie et ontologie : théories et applications. Proceedings of the First TOTh Conference, Annecy — 1st June, 2007[J]. 2009, 15(2): 306-309.

[60] SWARTOUT W, TATE A. Guest Editors' Introduction: Ontologies[J]. IEEE Intelligent Systems, 1999, 14(1): 18-19.

[61] HENDLER J. Agents & the Semantic Web[J]. IEEE Intelligent Systems, 2001, 16(2): 30-37.

[62] KALFOGLOU Y, CHORLEMMER M. Ontology Mapping: The State of the Art[J]. The Knowledge Engineering, 2003, 18(1): 1-31.

[63] ISO. Information technology — Top-level ontologies (TLO) — Part 1: Requirements: ISO/IEC 21838-1:2021[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2021: 1.

[64] ISO. Health Informatics - Interoperability And Integration Reference Architecture – Model And Framework: ISO 23903:2021[S]. Geneva: ISO Copyright Office, 2021: 1.