

情景本体研究综述

刘蔚然 曹天成 高 静 穆文歆
(北京交通大学, 北京 100044)

摘要: 参考国内外核心文献, 从概念、发展历程、研究方法与趋势等角度, 对情景和本体研究分别进行综述性分析, 并着重阐述两个概念从隔离到逐渐融合的历程及情景本体的构建、集成、应用方法, 为今后的相关研究提供理论依据与支撑。同时指出情景由单一学科、单一应用逐渐多维发展, 情景本体建模将成为解决实际问题的重要方法之一, 且本体集成在多维情景建模及多维知识融合上的应用等研究成为新的发展趋势。

关键词: 情景本体; 情景构建; 本体集成; 知识推理; 本体建模

中图分类号: TP311; G350

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2017.02.006

Concepts and Methodologies of Scenario Ontologies—A Review

LIU Weiran, CAO Tiancheng, GAO Jing, MU Wenxin
(Beijing Jiaotong University, Beijing 100044)

Abstract: Referring to domestic and foreign core documents, the paper respectively reviews about the scenario ontologies, including the definitions, development history, research methods and trends. Besides, the paper points out the period from isolation to combination between two concepts and their construction, integration and application methodology, which provides the theoretical basis for future research. At the same time, it is pointed out that the application and discipline of scenario is gradually developing from single to multidimensional, and scenario ontologies will become one of the important methods to solve practical problems. Furthermore, Research on the application of ontology integration in multidimensional scenario modeling and multidimensional knowledge fusion will become a new trend.

Keywords: scenario ontology, scenario construction, ontology integration, knowledge reasoning, ontology modeling

1 概述

情景的相关研究起源于文学戏剧, 后逐渐延伸至计划、战略等领域, 在经济管理、环境规

划上多通过情景分析和情景规划进行统一建模处理。因情景复杂多变, 又因本体建模对复杂系统的高解析度, 情景与本体相结合的研究日渐增多, 相关应用研究增长快速。20 世纪 90 年代以

作者简介: 刘蔚然 (1996—), 女, 北京交通大学本科生, 研究方向: 数据分析与挖掘; 曹天成* (1997—) 男, 北京交通大学本科生, 知识工程、知识管理; 高静 (1996—) 女, 北京交通大学本科生, 数据挖掘、风险管理; 穆文歆 (1986—) 女, 北京交通大学副教授, 本体论、知识发现与获取。

基金项目: 大学生创新训练项目“基于铁路事故情景本体的风险关联推理研究”(160140057); 自然科学基金资助项目“基于多层次集成建模的道路交叉口人性化设计综合模拟研究”(51278030); 高校基本科研业务费项目“基于情景模拟的多维本体构建与集成研究”(B15JB00340)。

收稿日期: 2016 年 11 月 21 日。

来,本体论在各专业领域发展,成为知识工程、过程管理、语义分析、企业管理等各领域研究的核心方法之一。与本体相关的研究多集中在本体建模工具与本体语言转化工具,但研究过程中的本体建模方法涉及较少,尤其是涉及情景元素时,对于概念与关系的权衡把控并不存在较为高效的方法论,因此对本体建模标准需进一步深入研究。

本文通过研究国内外情景建模以及情景本体集成研究的核心文献,分析情景建模脉络、情景本体集成方法和当前情景本体建模的研究热点,为知识表达、发现、推理的相关研究提供重要背景和理论支撑。

2 情景

2.1 情景的概念及发展历程

情景是对未来情形或能使事态由初始状态向未来状态发展的一系列事实的描述,其发展历程如表1所示^[1-14]。其中,Herman Kahn和Wiener在合著的《2000年》一书中认为,“未来是多样的,几种潜在的结果都有可能在未来实现;通向这种或那种未来结果的路径也不是唯一的,对可能出现的未来以及实现这种未来的途径的描述构成了一个情景”^[3]。近年来,国内外对情景的研究逐渐由对单一学科、单一知识研究变为多维立体研究。情景研究逐渐和本体结合,利用本体的多变性与高适应性解决复杂情景知识建模与知识推理问题。

图1是由万方数据提供的情景研究趋势图,表明从20个世纪末至今情景研究的发展趋势:由教学、文学等方向逐步转向医药卫生、工业技术等领域。有关情景的研究逐年增长,应用领域逐渐增多,其中在2008年左右开始与本体相结合。在2014年有关情景的研究数量达到峰值。

2.2 情景的主要研究方法

情景的研究方法主要有情景分析、情景预测、情景规划和情景模拟等,具体分类情况见图2。其研究方法与研究领域多种多样,尤其根据情景构建知识模型的研究逐渐增长。与此同时,本体作为知识的形式化表达工具也成为研究热点,利用本体解决情景知识建模与知识推理问题的研究逐渐展开,使本体与情景关系更加密切。

3 本体

3.1 本体论的发展

“本体论”诞生于17世纪的哲学领域,德国哲学家郭克兰纽首次提出“Ontology”一词,在哲学上研究世界在本质上有什么样的东西存在的问题^[15],定义为“对世界上客观存在物的系统描述,即存在论”。由于承担着对世界“存在”的研究,使得本体论成为现在哲学体系的根基。

20世纪90年代初期,有关本体的国际计算机界会议屡次召开,本体成为包括知识工程、自然语言处理和知识表示在内的人工智能研究团队的热门课题。本体的研究逐渐流行起来,广泛应用于各个领域。例如在研究农业和气候变化对水

表1 情景概念发展脉络

时期	情景的发展	来源
1945年以前	在文学、戏剧等取情节、场所、人物、感情与景色、景象之意	文献[1]
	延伸到教学、医疗救护、法庭审理、心理治疗等取环节、情形、情况、环境之意	
1945年	“情景分析”或“情景规划”由兰德(RAND)公司的赫尔曼凯恩引入计划、规划、战略等领域	文献[1]-文献[2]
1967年	英文的“情景”(scenario)最早出现于《2000年》一书中	文献[3]
2005年	对情景的研究主要有情景分析、情景规划等,研究方法主要有情景归类、相似度分析、算法、情景树等	文献[3]-文献[10]
2008年	情景和本体相结合解决实际问题	文献[11]-文献[13]
2015年	出现情景点、情景地图等概念,应用也更加广泛	文献[14]

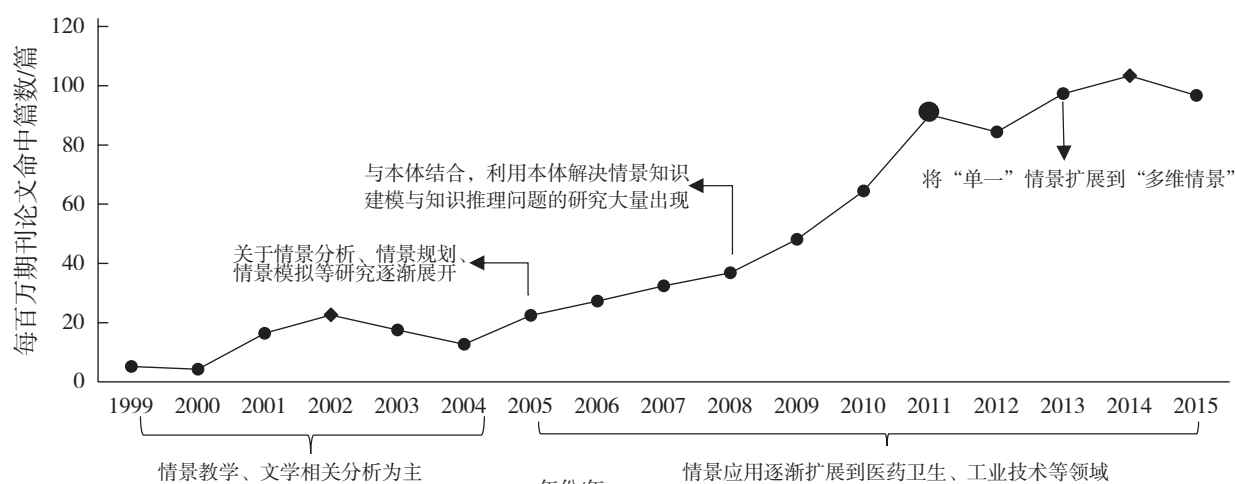


图1 各时期情景研究趋势

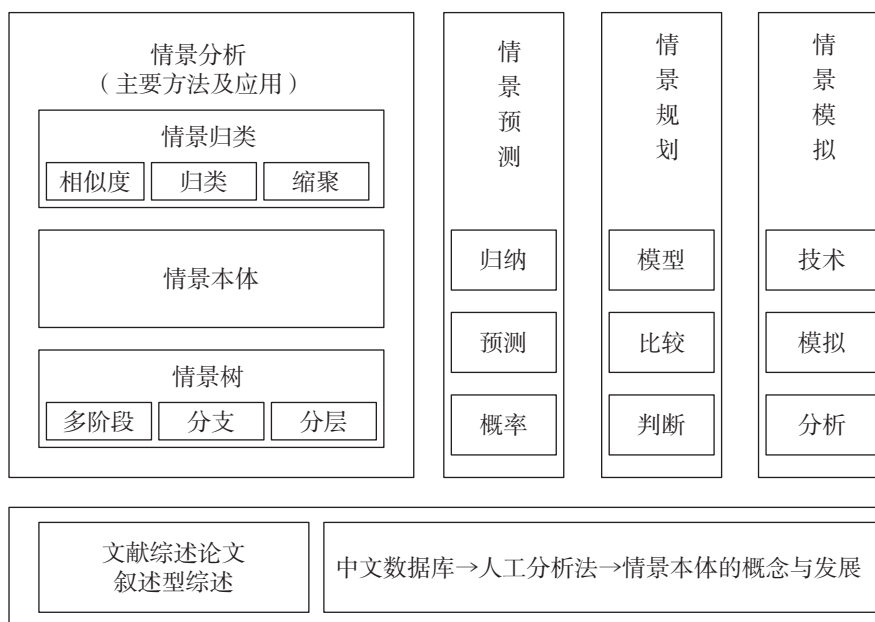


图2 情景研究方法分类归纳图

资源的影响过程中，基于语义的互操作性、复杂知识模型的构建和信息恢复问题，Bonacin Rodrigo等^[16]提出为研究数据提供有效管理和信息共享的协同系统，创建本体OntoAgroHidro。该本体可以有效处理在网络共享和信息恢复时的语义操作性问题，并且在信息恢复方面具有很大潜力。在安全工程领域，由于信息的复杂程度较高，如何高效地进行交换、搜索和重用信息成为难点，而本体恰恰可以解决这一问题，并支持自动化推理。Batres Rafael等^[17]用本体来描述和定位事故，保证信息的长期保存和沟通，

同时避免了不同时期不同人员的重复工作。但类型单一的本体增加了在不同情景下知识推理的复杂度，影响了本体重用性和共享性。城市灾害情景下，于峰等人^[18]结合案例推理技术对已有的本体进行优化，降低本体建模和重用的难度，为不同类型的灾害案例知识应急提供有效决策。根据现实复杂状况构造复杂智能本体是未来发展趋势之一

3.2 本体的定义

计算机领域的本体论在近二十年来开始发展并赋予新的概念，处于相对年轻的状态，很

多学者在 20 世纪末给出了合理解释。其定义的发展总结如表 2 所示^[19-29]。其中,学者 Gruber、Giaretta 和 Studer 所定义的本体被研究者广为接受。

总的来讲,本体就是通过对概念、术语及其相互关系的规范化描述,勾画出某一领域的基本知识体系和描述语言^[30]。

4 情景本体

情景与本体的集成研究经历了从隔离到逐渐统一的过程,在这个过程中情景对于模型建立和完善的重要性呈上升趋势,对于情景感知度较为敏感的本体构建起着至关重要的作用。

4.1 发展动态分析

图 3 汇总了 Web of Science 上分别以“本体集成”“本体协同”“情景”与“本体”“情景”与“本体协同”为关键词得到的引文报告。由图 3 可以看出,与本体相关的研究有两个关键时间段,分别是 2006—2009 和 2010—2014。2006—2009 年,本体集成的发展达到顶峰,带动了本体在情景领域的研究。2012—2015 年,本体集成发文量先缓慢增加后下降,逐步转入实证研究;本体协同发文量上升,基础理论研究发展显著,又

一次带动了本体在情景领域内的应用研究。

从统计数据的角度看,由图 3 中“情景/本体”曲线在 2009 年和 2014 年的两个峰值可以知道,情景与本体相结合的研究随着本体相关理论的阶段性突破而波动起伏,体现了本体在情景领域的研究价值与应用价值。2014 年的峰值正是本体协同相关研究的发展引起的,因此,“情景/本体”的发展趋势可以总结为本体协同在情景建模中的应用研究。图 3 “情景/本体协同”曲线在 2008 年和 2013 年突破了往年的 0 发文量,说明随着本体相关理论的发展,已经有学者将“情景”和“本体协同”联系在一起,作为未来的研究方向。

从学科概念的角度看,情景的定义发展到“情景空间”“情景维度”和“情景树”,体现了:(1)情景知识复杂关联特性;(2)情景本身多维知识融合特性;(3)以问题为导向认识情景的必要性。本体论本身就是一种描述复杂关联知识的方法,多个领域本体可以实现多维情景描述,本体协同又能解决多个领域本体知识协同,从而最终实现对多维情景进行知识融合。因此,“情景/本体”的发展趋势是本体协同在情景建模中的应用研究。

表 2 本体定义发展

发表时间	主要发表人	定义	来源
1991年	Neches R	本体定义了组成主题领域的词汇表的基本术语及其关系,以及结合这些术语和关系来定义词汇表外延的规则	文献[19]
1993年	Gruber	本体是概念化的明确的规范说明	文献[20]
1995年	Noy F N	本体是对某个领域中的概念的形式化的明确的表示,每个概念的特性描述了概念的各个方面及其约束的特征和属性	文献[21]
1996年	Uschold M、Gruninger M	本体是概念化的精确表示	文献[21]
1997年	Borst W N	本体是共享的概念模型的形式化的规范说明	文献[23]
1998年	Studer	共享概念模型的明确的形式化规范说明	文献[24]
2001年	杨学功	作为一种特殊的哲学理论形态,Ontology是以追求终极实在为依归,依奠定知识基础为任务,已达到终极解释为目标的哲学	文献[25]
2002年	张晓林	Ontology是概念集,指特定领域公认的关于该领域的对象及其关系的概念化描述	文献[26]
2002年	刘柏嵩、高济	CM(即本体)由一个类(概念)层次和类属性以及一组符合有关类或其属性的公理的规则组成,可能推出新的事实	文献[27]
2003年	张玉峰	概念网络(即本体)的每一个节点均反映唯一的知识内容,采用若干属性的元组来表示	文献[28]
2005年	李景	本体是一个关于某些主题、层次清晰的规范说明	文献[29]

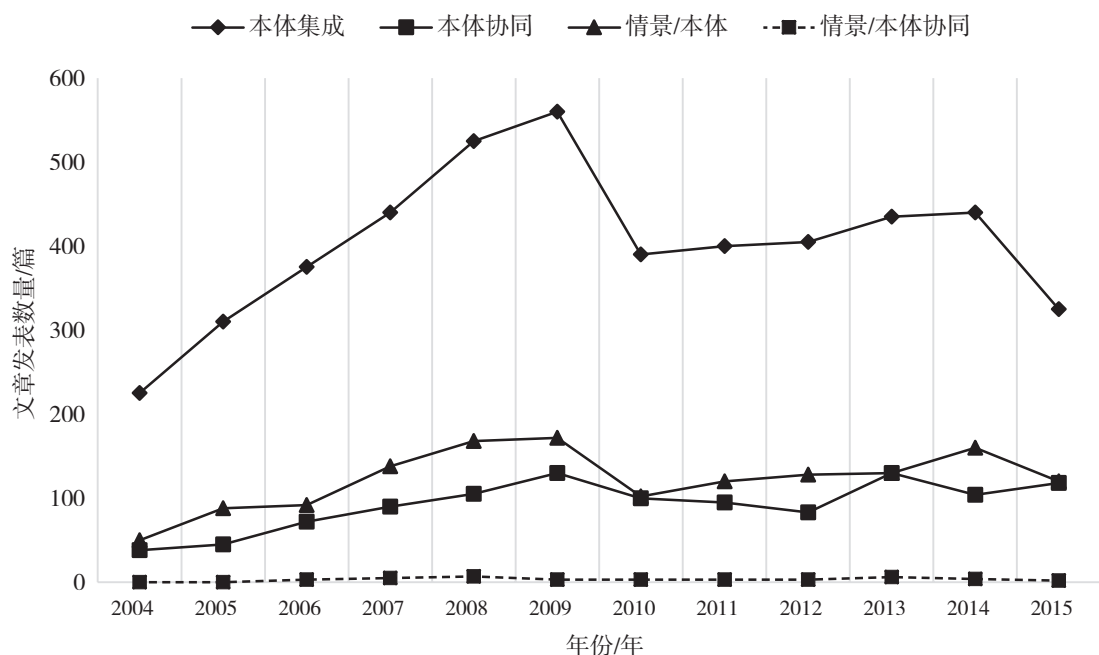


图3 Web of Science 2004—2015 年情景本体相关论文发表数量

4.2 情景本体集成的研究历程

4.2.1 情景因素与本体模型隔离

在情景与本体相关联的研究初期，情景仅作为对本体进行筛选和矫正的依据之一，没有具体体现对于决策过程的影响。通过领域情景的特殊性确定本体建立的框架和研究的涉及范围，这种方法被各领域广泛使用，如企业产品的设计^[31]，情景的选择决定了产品的层次和使用范围。构建中医脾胃病本体知识库时，直接模拟医学基础知识在临床应用时的情景关系来组织知识间的神经网络关系，以提高逻辑的真实性和高效性^[32]。在计算机信息安全领域，结合本体在语义层次上的形式化描述，对实体、区域、行为信任进行本体化描述，语义演绎和推理，为了验证信任模型的本体化理论，通常也采用激发场景实例，通过不同的情景因素验证准确性^[33]。考虑到情景信息的异构性以及各个概念之间的关系的复杂性，为了使本体模型能够更有效地处理和存储情景数据，进行关联规则的准确推理和挖掘，情景因素和本体模型的集成度仍有待提高。

4.2.2 情景因素影响本体构建

在这一阶段，情景作为本体中所必不可少的元素，通过分析情景，使得本体的构建更加具体

和完善。2006年，苗红等^[11]在运用本体进行企业数据模型构建中，利用情景因素描述本体中的活动属性，通过确定企业业务动作或活动的状态变化点，可以将业务描述为连续的过程域，实现各环节数据的联动变化。但情景维度考虑过于单一，需要扩展为多种情景因素的综合比较。2008年，李书宁等^[34]的情景敏感数字图书馆服务系统用户情景的本体建模研究，将用户情景以本体的类、属性和关系形式进行描述，构建服务用户情景本体，通过对多种情景进行分类，使得本体属性在本体建模初期比较具体。但是情景更新对本体的影响不确定性较大，仅适用于单一知识，推理算法仍需进一步完善，从而进一步把握情景之间的关系。2012年，杨继东等^[35]对情景应对模式下数字化应急预案的语义模型研究，构建了情景与预案两个本体模型，通过本体映射分析情景与预案的关联关系，所构建的情景体系涵盖了主要的情景因素，实现情景本体与应急预案本体的集成，但仍然存在不同情景因素对本体的影响程度不一的问题，并在建立情景体系时意识到要加入权重设计，以对情景进行更有效的挖掘和知识推理。2014年，Hu Daning等^[36]将情景本体引入银行压力测试中，提出并利用BESST方法构建

一个合理的银行压力测试方案。本体作为良好的知识表达工具,结合概念模型进行情景建模、风险事件的逻辑推理。同时指出,情景模拟将是其研究发展方向之一。可见,情景的改变对本体的影响很大。

4.2.3 情景本体的学习演化

在该阶段的相关研究上,情景本体表现出了高度的集成,模型的情景感知度和自适应性有了进一步的提高,但也随着集成程度的提高而产生了一系列难题。2014年,张楚才等^[13]研究了一种基于本体和自定义规则的情景推理方法,通过构建本体让机器实现自动推理,基于领域本体的推理将底层情景信息转换为高层情景信息,提出的方法结合了基于本体的推理和基于规则的推理两种方法,既利用了本体的高效推理,又利用了规则推理的灵活性和可扩展性。但提出的情景因素适用环境较窄,需要进一步扩大知识库,有针对性地选取有代表性的情景,深入研究其智能化与自动学习。而针对代表性情景的研究,2015年,李枫林等^[37]做了基于语义关联和情景感知的个性化推荐方法研究,通过情景后过滤的方式,为情景感知分配不同的权重对资源进行推荐排名,本体全面考虑了层次和属性关系,并且考虑用户偏好对情景进行分类,可以改善缺乏情景敏

感性的问题。但是没有考虑本体协同过程中情景冲突的解决方案。

在情景本体的相互学习演化中,首先将情景体系采用本体的表示方法呈现出来,采用语义分析和语义关联的措施进行情景挖掘和推理,从而形成预案本体加入知识库中(图4),进行演化推理过程。

4.3 情景本体的集成方法

从研究历程上看,情景本体的集成对于本体的构建及演化影响程度较大,而在分析情景建立模型的过程中,针对不同领域和环境,情景分析的方式有所不同,情景的复杂程度决定了情景建模方法。

4.3.1 简单情景的本体表示

由于本体模式本身具有良好的层次结构、支持逻辑推理以及方便知识的共享和复用,当所研究的领域在对情景的划分上较清晰和容易时,为了更好地与原有本体进行结合,情景模型的组织形式也可以用本体表示。

在电影的个性化推荐领域^[38],仅通过构建电影本体分析信息资源特征中的层次关系会忽略属性关系对于相似度的影响,所以构建情景维度模型来进行情景感知可以改善缺乏情景敏感性问题。例如,将情景本体划分为时间、空间、环

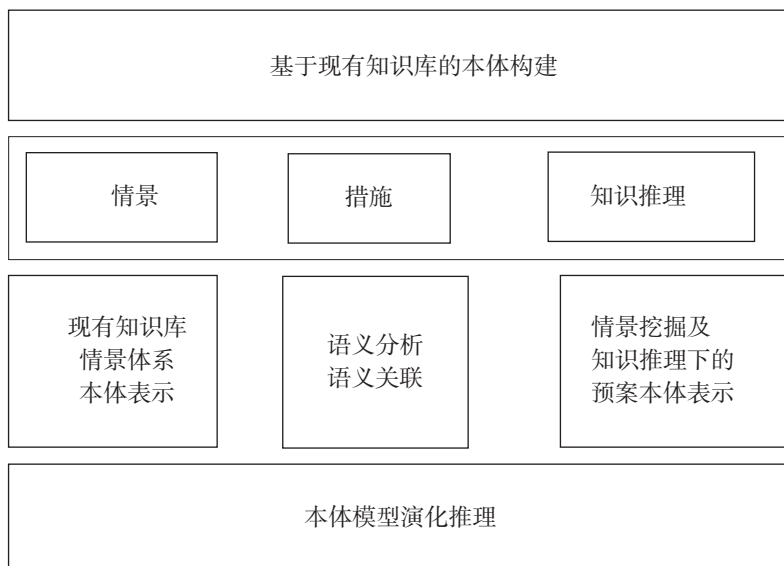


图4 情景本体的学习演化过程

境、用户状态等不同维度，每个维度均采用 n 元组表示，根据多重继承关系计算相交关联度，提高模型准确率。在企业管理领域，通过对管理过程中的主要活动构建情景本体，由在不同逻辑情景之间可发生改变状态的值亦即流的值来反映动态系统的变化，从而对动态系统进行推理和规划^[39]。

考虑本体自身互操作性、共享性强等特点，其不仅可以实现情景和知识建模，而且提供基于描述逻辑的语意推理。因此，本体逐渐成为主要的情景建模方式之一。在医药信息服务领域中，为给普通用户提供专业的抗高血压药物信息以及个性化健康信息服务，李枫林、李娜等^[40]设计了基于本体的情景建模以及基于情景的推理优化方法，在分别构建环境和用户情景本体后进行基于描述逻辑的推理与基于SWRL规则的推理（情景演绎和推理优化）实现个性化推荐。

通过构建情景本体强化了数据模型的情景感知，从而更全面地对本体模型进行分析，建立本体驱动的系统。但是因为各情景之间错综复杂的关系使得动态情景本体的具体描述和建立难度较

大，会产生相应的误差。

4.3.2 复杂情景的三层映射表示

当在研究过程中，出现情景分类模糊不清，情景因素多且复杂时，就需要通过解析情景语义，通过分析和细化建立情景模型。图5为本文所介绍的情景—本体—数据模式三层映射模型的大概表示形式，通过该过程可以灵活地建立情景集合来描述新生突发事件。

在风险控制领域，对于突发事件建模^[12]，通过解析情景语义描述，构建本体关联关系，同时新情景的加入也是对当前系统架构的检查验证，评估系统的完整性和一致性，所以完善模型是一个迭代过程。在智能空间领域，情景同时又是对系统运行的一个模拟，基于领域本体的推理将底层情景信息转换为高层情景信息，通过一致性和正确性检验后，存入知识库中。既利用了本体的高效推理，又利用了规则推理的灵活性。一方面，该模型通过触发情景行为，利用推理机制得到新的情景信息。另一方面，对所有的情景信息均进行冲突检测，进一步完善了知识模型及推理机制。通过这种机制，有效地增加了系统的适应

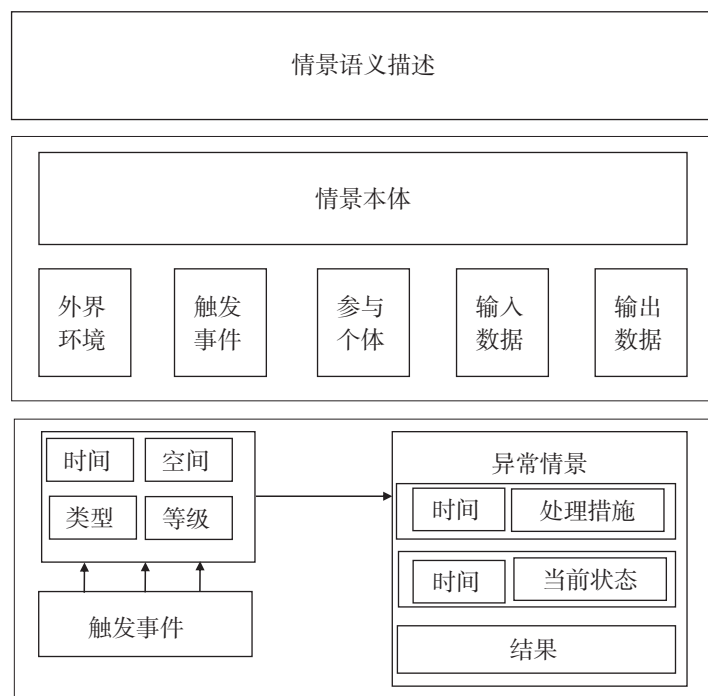


图5 三层映射模型的简要概括

性和实时性,并且三层映射模型可以通过修改情景有效地移植到其他领域中。但是,它的局限性在于情景中的术语和数据模式发生变化时还需要人工参与将它们重新映射到本体,这增加了工作量和出错概率。

4.3.3 基于SKOS和OWL的情景本体构建方法

本体集成的过程涉及越来越多的复杂映射关系,即其对挖掘知识的关联规则的要求越来越高,所以一些知识组织系统的框架也被用于情景集成中,完善关联规则的发现,明确属性类之间的联系,并辅助情景案例中的概念提取。基于SKOS (Simple Knowledge Organization System) 知识组织系统表示语言框架的应用^[41],对于挖掘复杂情景知识语义、构建关联规则方面起着极大的推动作用。SKOS作为面向概念框架表示的RDF (Resource Description Framework, 资源描述框架) 应用,包括3个主要部分:一是SKOS Core,可以用于表示除Ontology外的几乎所有NKOS (Networked Knowledge Organization Systems);二是SKOS Mapping,用于概念框架之间的映射;三是SKOS Extensions,用于辅助SKOS的特定应用。基于这种框架,本体的概念层和推理层的联系更加密切。

在SKOS Core的词汇集分类中,含有本体构建的重要属性,如概念、标签属性、语义关系属性、概念框架等。相较而言,OWL是一种面向本体表示的NKOS语言,同样也是以RDF为基础的,但它吸收了描述逻辑作为其内在的逻辑基础,因而有着强大的描述和推理能力,适用于表示复杂的本体。因为OWL结构相对复杂,准确合理地运用OWL的代价较大,而OWL所体现的精确表述能力在该领域不是十分关键。与SKOS相比,OWL虽然表述、推理性能更为强大,但对于SKOS,框架的概念足够多且推理结构易于建立,从而利于降低使用成本。SKOS、OWL互有所长,OWL也是基于RDF,可以组合使用;SKOS可以用OWL来增强推理性能,同时避免在表述和推理结构建立上的冗余。

5 结语

近年来,情景与本体关系逐渐密切。情景由单一学科单一应用的单一知识研究逐渐与其他学科领域相结合,并且在本体构建过程中影响很大。而本体构建又是情景建模的重要工具,未来情景本体建模将成为解决实际问题的重要方法之一,二者相互促进,共同发展。

情景概念从单一知识维度向多维度扩展,同时本体在情景中从单一应用发展到与传统方法相结合的应用,且本体建模在情景领域的实证研究成果显著。但由于情景概念的多维扩展,本体建模方法也需完善扩展。本体集成在多维情景建模及多维知识融合上的应用研究成为新的发展趋势。而精确本体处理模糊情景信息的难度较大,仍需考虑如何构建处理情景信息模糊性问题的模糊粗糙本体。

参考文献

- [1] 李仕明,张志英,刘樑,等.非常规突发事件情景概念研究[J].电子科技大学学报(社会科学版),2014(1):1-5.
- [2] 于红霞,钱荣.解读未来发展不确定性的情景分析法[J].未来与发展,2006,27(2):12-15.
- [3] 张学才,郭瑞雪.情景分析方法综述[J].理论月刊,2005(8):125-126.
- [4] 陈曼莎.情景规划:一种新的规划态度、方法与过程[C]//2007中国城市规划年会.广州:中国城市规划学会,2007.
- [5] 魏小安,魏诗华.旅游情景规划与项目体验设计[J].旅游学刊,2004,19(4):38-44.
- [6] 陈俊良,王长春,陈超.基于情景的装备发展战略环境分析方法[J].系统工程理论与实践,2011,31(9):1816-1824.
- [7] 杨君,吴菊华,艾丹祥.一种基于情景相似度的多维信息推荐新方法研究[J].情报学报,2013,32(3):262-269.
- [8] 刘滨强.移动环境下的个性化推荐用户兴趣建模研究[D].北京:北京邮电大学,2009.
- [9] 刘永,郭怀成,王丽婧,等.环境规划中情景分析方法及应用研究[J].环境科学研究,2005,18(3):82-87.
- [10] 冯俊文.决策分析的情景树方法及其应用[J].管理工

- 程学报, 2000, 14(3):70-72.
- [11] 苗虹, 葛世伦. 本体支持下的企业数据模型构建[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2006, 46(Z1):1131-1137.
- [12] 王肃, 杜军平, 高田, 等. 基于情景和本体的非常规突发事件建模[C]//2011年中国智能自动化会议论文集. 北京: 中国自动化学会, 2011:835-840.
- [13] 张楚才, 刘昀岢, 瞿绍军. 一种基于本体和自定义规则的情景推理方法[J]. 计算机技术与发展, 2014(4): 139-142.
- [14] 陈祖琴, 苏新宁, 杨建林. 基于突发事件情景地图的应急决策模式研究[J]. 情报学报, 2015, 34(8):845-853.
- [15] 顾金睿, 王芳. 关于本体论的研究综述[J]. 情报科学, 2007, 25(6): 949-956.
- [16] BONACIN R, NABUCO O F, JUNIOR I P. Ontology models of the impacts of agriculture and climate changes on water resources: scenarios on interoperability and information recovery[J]. Future Generation Computer Systems, 2016, 54:423-424.
- [17] BATRES R, FUJIHARA S, SHIMADA Y, et al. The use of ontologies for enhancing the use of accident information[J]. Process Safety & Environmental Protection, 2014, 92(92):119-130.
- [18] 于峰, 李向阳, 刘昭阁. 城市灾害情景下应急案例本体建模与重用[J]. 管理评论, 2016, 28(8):25-36.
- [19] NECHES R, FIKES R, FININ T, et al. Enabling technology for knowledge sharing[J]. Ai Magazine, 1991, 12(3):36-56.
- [20] GRUBER Thomas R. A translation approach to portable ontology specifications[J]. Knowledge Acquisition, 1993, 5(2):199-220.
- [21] NOY N F, MCGUINNESS D L. A guide to creating your first ontology[J]. Stanford University, 1995(2):14.
- [22] GRUNINGER M U M. Ontologies: principles, methods and applications[J]. Knowledge Engineering Review, 1996, 11(2):93-136.
- [23] BORST P, AKKERMANS H. An ontology approach to product disassembly[C]//European workshop on knowledge acquisition, modeling and management. London, UK: Springer-Verlag, 1997:33-48.
- [24] STUDER R, BENJAMINS V R, FENSEL D. Knowledge engineering: principles and methods[J]. Data & Knowledge Engineering, 1998, 25(1/2):161-197.
- [25] 杨学功. 本体论哲学批判是马克思哲学变革的实质[J]. 哲学动态, 2001(10):10-14.
- [26] 张晓林, 李宇. 描述知识组织体系的元数据[J]. 图书情报工作, 2002(2):64-69.
- [27] 刘柏嵩, 高济. 基于RDF的异构信息语义集成研究[J]. 情报学报, 2002, 21(6):691-695.
- [28] 张玉峰, 李敏. 动态约束性概念网络与知识检索研究[J]. 情报学报, 2003, 22(3):278-281.
- [29] 李景. 本体理论在文献检索系统中的应用研究[M]. 北京: 北京图书馆出版社, 2005.
- [30] 钱平, 郑业鲁. 农业本体论研究与应用[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2006.
- [31] 刘征, 孙守迁. 面向产品外观设计的知识管理系统[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2009, 21(3):376-381.
- [32] 李敬华, 易小烈, 杨德利, 等. 面向临床决策支持的中医脾胃病本体知识库构建研究[C]//世界中联信息专业委员会学术年会暨大数据与中医药国际信息化发展论坛. 甘肃: 中医药研究院, 2014.
- [33] 王海艳, 谢武锋. 信任本体的形式化语义研究[J]. 武汉大学学报(理学版), 2011, 57(5):369-374.
- [34] 李书宁. 情景敏感数字图书馆服务系统用户情景的本体建模[J]. 情报资料工作, 2008(6):61-65.
- [35] 杨继东. 情景应对模式下数字化应急预案的语义模型研究[D]. 南京: 南京邮电大学, 2012.
- [36] HU D, YAN J, ZHAO J L, et al. Ontology-based scenario modeling and analysis for bank stress testing[J]. Decision Support Systems, 2014, 63(63):81-94.
- [37] 李枫林, 陈德鑫, 梁少星. 基于语义关联和情景感知的个性化推荐方法研究[J]. 情报杂志, 2015(10):189-195.
- [38] 陈沈焰, 吴军华. 基于本体的概念语义相似度计算及其应用[J]. 微电子学与计算机, 2008(12):96-99.
- [39] 代逸生, 黑秀玲. 制造企业生产管理过程本体建模[J]. 哈尔滨工程大学学报, 2008, 29(8):877-881.
- [40] 李枫林, 李娜. 基于情景的医药信息服务本体建模及规则推理研究[J]. 情报理论与实践, 2016(5):120-124.
- [41] 王一丁, 王军. 网络知识组织系统表示语言:SKOS[J]. 大学图书馆学报, 2007, 25(4):30-35.