

科技资源关联聚合中的元数据框架研究

黄 琪 曾建勋 刘 伟

(中国科学技术信息研究所, 北京 100038)

摘要: 多源异类的科技资源松散孤立, 不利于科技资源协同服务的发展, 通过元数据对科技资源关联聚合是有效的途径之一。为推动科技资源关联聚合的研究, 促进科技资源共享服务的发展, 以科技资源的外部特征、内容特征以及共享特征3个关联维度为基础, 对比分析科技资源管理实践中发展较为成熟的元数据标准及相关规范, 对符合关联聚合需求特征的科技资源元数据进行分类, 从关联聚合的角度构建科技资源元数据框架, 并基于元数据框架提出科技资源关联聚合策略。

关键词: 科技资源; 元数据; 关联聚合; 元数据框架; 共享服务

中图分类号: G203

文献标识码: A

DOI: 10.3772/j.issn.1674-1544.2020.04.006

Research on the Metadata Framework in the Association and Aggregation of Scientific and Technical Resources

HUANG Qi, ZENG Jianxun, LIU Wei

(Institute of Scientific and Technical Information of China, Beijing 100038)

Abstract: Multi-source and heterogeneous scientific and technical resources are loosely isolated, which is not conducive to the development of collaborative services of scientific and technical resources. Metadata is one of the effective ways for the related aggregation of scientific and technical resources. Based on the three related dimensions of external characteristics, content characteristics and sharing characteristics of scientific and technical resources, comparatively analyze the more mature metadata standards and related specifications developed in the practice of scientific and technical resource management. From the perspective of association and aggregation, construct a metadata framework for scientific and technical resources, and a strategy for association and aggregation of scientific and technical resources based on the metadata framework. In this way, the research on the related aggregation of scientific and technical resources, and the development of the sharing service of scientific and technical resources is promoted.

Keywords: scientific and technical resources, metadata, association and aggregation, metadata framework, sharing service

0 引言

科技资源是伴随着科技活动而产生的物质资

源和信息成果, 也是科技创新和科学研究的生产要素集合, 包括直接或间接推动科学技术进步的一切资源。广义上可将科技资源划分为科技人力

作者简介: 黄琪 (1997—), 女, 中国科学技术信息研究所硕士研究生, 研究方向: 知识链接与知识管理; 曾建勋 (1965—), 男, 中国科学技术信息研究所研究馆员, 主要研究方向: 数字图书馆与数字出版、知识组织与知识链接; 刘伟 (1976—), 男, 中国科学技术信息研究所副研究员, 研究方向: 知识组织, 信息检索 (通信作者)。

基金项目: 国家重点研发计划“分布式科技资源体系及服务评价技术研究”(2017YFB1400200)。

收稿时间: 2020 年 6 月 15 日。

资源、科技财力资源、科技物力资源和科技信息资源四大类^[1-2]。科技资源具备以下4个特点：（1）类型多样，存在形式复杂；（2）异构分散，科技资源依附不同载体并以不同结构分散存储存放；（3）覆盖学科领域广泛，科技资源涉及不同学科，同时科研领域的划分逐渐趋于专业、精细化、交叉化；（4）规模大增速快，科研技术条件的提升以及持续增加的科研投入导致科技资源量不断拓展丰富。但还存在科技资源松散孤立、缺少有效的互通协调和配置管理、出现“资源孤岛”现象、重复购置严重、利用效率较低以及不能充分发挥其应有价值与作用等问题^[3]。目前科技资源还不能全面满足多样化协同服务的科研需求。因此，需要深入研究关联分散异构、复杂多样且海量的科技资源，深度聚合形成“物理上异构分布，逻辑上有序集中”的体系结构，提供多种类多来源科技资源的协同服务。

科技资源关联聚合的本质是通过挖掘多源异类科技资源的共性特征，发现科技资源之间存在的关联关系，然后对存在关联关系的科技资源从不同维度聚合，揭示科技资源之间的隐性和显性关联关系，形成有机的知识网络，实现科技资源的规范序化。科技资源关联聚合的方法早期主要从物理结构上聚集资源，如资源导航系统、跨库检索系统^[4]、元数据目录技术^[5]等，但不能消除逻辑上存在的科技资源孤岛现象，需要多元化的关联聚合方法。毕强等^[6]将其划分为组织语义化以及内容语义化两个方向：前者主要包括计量学、社会网络分析以及分众分类法等，后者主要包括本体和关联数据。基于元数据的方法^[7-8]也是实现科技资源关联聚合的重要举措。由于面向组织语义化以及内容语义化方法的具体实现需要大量人工干预和人工知识，大范围推广应用实现难度较大，可行性较低。而作为独立于具体资源表现形式的数据表示方式，基于元数据的操作不需要过多的人工干预，具有良好的可拓展性以及便捷性。目前科技资源共享服务平台广泛使用元数据整合科技资源也提供了一定的基础条件。通过元数据关联是实现科技资源聚合的良好手段，

具备较强的可行性。

本文将针对科技资源元数据特点，在分析科技资源多维度特征需求的基础上，提出面向关联聚合的科技资源元数据类别，系统地揭示科技资源关联聚合中的元数据框架，并论述基于元数据框架的科技资源关联聚合策略，从而为关联推荐科技资源提供基础依据，推动实现科技资源的多元化服务。

1 科技资源元数据

1987年，美国国家航空航天局发布了《目录交换格式》（Directory interchange Format, DIF），提出元数据是“关于数据的数据”（data about data）^[9-10]。这是目前使用范围最广的元数据概念。而科技资源元数据则是描述科技资源数据的数据，是对信息、实物、人力等科技资源的特征属性进行数字信息化加工形成的特征元素集合。

多元化的科技资源导致科技资源元数据应用范围的多变性，使得目前科技资源元数据的发展主要是基础性和专业性两个方向。面向基础性适用的科技资源元数据，是能够广泛用于描述科技资源最基本信息的通用型元数据，如都柏林核心元数据^[11]、《科技平台资源核心元数据》^[12]以及“科技基础性工作专项科技资源核心元数据规范”^[8]等。如此通用型元数据适用范围广泛，有利于不限定类别、跨领域的科技资源进行数据交换。但随之而来的问题是由于缺乏一定的领域针对性以及资源特性，不利于表现不同类型科技资源的专业特性，所以需要发展专业性的科技资源元数据。科技资源的类型差异化导致特定类型科技资源元数据的提出，比如针对科学数据的《中国科学院科学数据库核心元数据标准》^[13]，面向特定类型资源对象的科技资源元数据更加适用于同类型资源跨领域的数据交换。此外，科技领域细分逐渐专业且精细化的趋势，也不断推动基于领域特性的科技资源元数据发展，比如达尔文核心（Darwin Core）元数据标准^[14]、《土壤科学数据元数据》^[15]等学科领域元数据。这些科技资源元数据专业性较强，部分元素设计具备鲜明的领

域特点,不适于跨学科领域的关联。

综上,科技资源元数据的特点:一是规模庞大,为适应不断拓展丰富的科技资源,科技资源元数据的规模也随之上升;二是多源异构,分散存储的科技资源导致科技资源元数据的多来源以及差异化结构;三是复杂多样,通用型以及专业化的科技资源元数据交叉并存,类型差异较大;四是规范标准不统一,制定科技资源元数据的机构或团队多样化,具体使用的元数据标准规范不一致。而科技资源元数据的上述特点为关联聚合科技资源带来了挑战,不仅存在通用型和专用型元数据的矛盾,而且各个独立的元数据集之间存在内容相互交叉或元数据项命名冲突等问题,不利于异构分散的科技资源进行映射集成。需要根据科技资源的关联聚合特征,建立统一规范的科技资源元数据体系,以便于系统化整合科技资源,帮助用户快速准确定位符合其需求的科技资源,进而实现物理分散、跨领域科技资源的聚合共享以及协同服务。

2 关联聚合视角下的科技资源元数据类别

2.1 科技资源元数据的分类

由于科技资源元数据复杂多样,研究者从元数据的获取、组织管理等不同角度对科技资源的元数据进行了分类^[16-17]。K. Jeffery等^[18]提出将科学元数据分成一般性描述、情景性描述、细粒度描述等不同的层次。J. Qin等^[19]将元数据分成标识性、语义性、情景性、空间性、实践性和混合性等类别。肖珑等^[20]对文献类描述性元数据从内容、属性和外观等进行了细分。李未等^[21]提出四面体元数据模型描述非结构化数据,用于对跨领域科技资源元数据的建模和分析。从科技资源共享服务角度来看,目前相关研究中关联聚合科技资源的3个特征维度是科技资源的外部特征、内容特征以及服务需求,而针对不同种类科技资源的交叉关联关系实现多重聚合是该方面研究的发展趋势。科技资源的外部特征是科技资源本身具备且直接链接外部的实体属性,主要包含标识符、名称、来源等信息。内容特征则是能够直接

或间接表现资源内容主题性质的属性,例如关键词、学科分类和描述摘要等。为更加精确反馈与用户偏好相匹配的资源,曾群等^[22]提出依据主观隐性的用户行为习惯区别科技资源关联性程度的关联聚合模式,即通过用户行为挖掘用户对资源的服务需求。

由于服务需求特征难以直接从科技资源元数据角度体现,科技资源的多源性使得科技资源分散存储在不同的部门、平台、数据库以及地域,差异化环境导致对科技资源的共享存在不同的限制,因此本文将围绕外部特征、内容特征以及共享特征3个维度,分析科技资源存在的符合关联需求的共性特征元数据,对科技资源关联聚合的元数据进行分类。外部特征主要针对目前科技资源重复购置带来的冗余问题以及科技资源的来源问题,能够用于对不同来源的相同科技资源进行关联聚合,帮助用户根据实际需求和应用场景从相同的科技资源中选择最适合的,并实现相关资源的推荐;内容特征能够实现从语义角度建立科技资源之间的关联,将相同主题或分类的科技资源聚合在一起,提高科技资源检索、推荐等方面的服务质量;共享特征则从科技资源共享服务约束限定的角度,对科技资源关联聚合,满足用户在科技资源共享服务的时间、地点、价格、产权等方面的需求。

基于上述外部特征、内容特征以及共享特征3个维度,对目前科技平台的元数据、相关文献涉及的元数据以及发展较为成熟的元数据标准进行梳理。首先对不同类型科技资源的元数据元素进行调研,综合曾群^[22]、赵启阳^[23]等提出的科技资源元数据分类以及共享特征的定义范围,将具备关联意义的元数据划分在不同特征维度下,分别对每一维度下的元数据类别进行归纳总结,并规范化元数据元素的统一表达。总结得到可用于关联聚合的科技资源元数据类别,具体划分为标识型元数据、来源型元数据、描述型元数据、分类型元数据、时空型元数据和限定型元数据6种类型,并针对于每一类元数据,提出规范化的可用于关联聚合的元数据元素(表1)。标识型元数

据和来源型元数据属于科技资源的外部特征表现：标识型元数据是通过唯一标识符以及资源名称对科技资源的唯一性存在进行关联的元数据；来源型元数据是能够链接形成科技成果与其对应的所属人员、来源机构以及涉及的相关项目的关联网络的元数据。描述型元数据和分类型元数据是针对科技资源的内容特征：描述型元数据是用于反映科技资源内容特征以及功能特性的元数据；分类型元数据可用于实现相同分类体系下科技资源的关联，主要包括学科领域分类以及专业领域分类，如科技文献的学科分类以及种质资源生物学领域的界门纲目科属种分类。时空型元数据和限定型元数据属于科技资源的共享特征：时空型元数据是对部分以实物形态存在的科技资源在共享过程中的时间和地域的限定；限定型元数据是关于科技资源的使用权限以及知识产权的元数据。

通过归纳 3 个关联特征维度下存在的元数据类别，并对每个类别下能够用于关联聚合的元素名称进行统一化规定，形成层次化的科技资源元数据类别体系结构。该元数据类别是面向关联聚合的元数据框架中的核心组成部分，是针对科技资源共性特征元数据的统一规范化，保证用于关联聚合的元数据特征项表达处于同一类别体系中，方便实现多源异构科技资源的关联聚合。

2.2 示例说明

为方便理解，以及说明面向关联聚合的科技资源元数据类别的适用性，以科技文献、科学数据、仪器设备以及种质资源四类科技资源为例，在综合分析四类科技资源相关元数据的基础上对元数据类别中元数据元素可能对应的元数据内容进行示例说明（表 2）。

从表 2 中可以发现不同类型的科技资源元数据既有共用又有专用，比如大型仪器设备通常由单位或机构部门统一采购，一般不归属于特定人员，所以不适宜采用所属人员元素。并且由于不同类型科技资源采用的元数据标准的不一致，导致每一类资源对应的元数据项命名以及使用的分类体系等存在差异。所以在实际应用中应立足于具体的科技资源元数据，适当调整用于关联聚合的元数据元素内容，部分元数据元素还可以结合具体的关联需求扩展成为元数据实体。下面本文将面向关联聚合需求的科技资源元数据类别为核心提出的科技资源关联聚合中的元数据框架。

3 面向关联聚合的科技资源元数据框架

元数据的复杂多样以及用户对于元数据功能需求不一导致元数据框架发展方向的多元化。部分研究深入元数据的不同功能探索构建元数据框

表 1 面向关联聚合的科技资源元数据类型

元数据特征	元数据类别	元数据元素	内容
外部特征	标识型元数据	唯一标识	科技资源的唯一标识编码
		资源名称	科技资源的名称
	来源型元数据	所属人员	产生科技资源或拥有资源处置权的人员信息
		所属机构	管理保存科技资源的机构信息
		所属项目	支持科技资源产生的项目信息
内容特征	描述型元数据	关键词	反映科技资源主题的词汇
		文本描述	科技资源主要内容及特征的文字性概述
		数值描述	科技资源的参数指标等数值信息
	分类型元数据	资源种类	科技资源类型，如科学数据、科技文献、仪器设备等
		分类体系	符合国家或行业标准的科技资源的学科领域分类或分级归类
共享特征	时空型元数据	时间限定	科技资源共享相关的时间点或时间范围
		地域限定	科技资源所在的地理位置、国别
	限定型元数据	使用限定	使用科技资源的约束或限制条件信息
		产权限定	科技资源相关知识产权方面的共享限定信息

表2 关联聚合元数据元素示例

元数据类别	元数据元素	科技文献	科学数据	仪器设备	种质资源
标识型元数据	唯一标识	DOI	DOI	设备编码	统一编号
	资源名称	题名	数据集名称	仪器名称	种质名称
来源型元数据	所属人员	作者	创建者	联系人	负责人
	所属机构	出版社	发布机构	所属单位	保存单位
	所属项目	科研项目	来源项目	来源项目	关联项目
描述型元数据	关键词	关键词	标签	—	主要特性
	文本描述	摘要	简介	主要功能及特色	特征特性及用途
	数值描述	—	采集时间	参数指标	采集信息
分类型元数据	资源种类	文献类型	科学数据	仪器设备	种质资源
	分类体系	中图法	学科分类	仪器分类	界门纲目科属种
时空型元数据	时间限定	馆藏时间	—	预约时段	—
	地域限定	馆藏位置	—	放置地点	选育单位
限定型元数据	使用权限	使用权限	使用权限	使用状态	共享方式
	产权限定	版权声明	版权声明	—	—

架,其中美国数字图书馆联盟在《元数据编码与传输标准》^[24](Metadata Encoding and Transmission Standard, METS)中提出具体细分为技术元数据、知识产权元数据、来源元数据以及数字起源元数据4个部分的管理性元数据框架,以及开放档案信息系统(Open Archival Information System, OAIS)参考模型^[25]给出的三层架构元数据框架,都为保存性元数据框架以及管理性元数据框架的拓展研究提供了良好的理论基础。同时,对于特定类型资源的元数据研究者也提出了有针对性的元数据框架,如张晓娟等^[26]设计的政府信息元数据标准体系框架,尹书蕊等^[27]提出的由核心元数据、通用元数据以及专用元数据构成的科技资源元数据框架,为后续相关研究提供了重要参考。另外,以元数据为着手点处理资源问题的流程框架也是一个重要的研究方向,如丁迺劲等^[28]为实现文献元数据集成管理提出的框架结构。对于上述元数据框架相关研究,元数据的层次细分是其中重要的组成部分,本文将区别于一般元数据框架中从元数据角度的分类,从关联聚合需求角度对可用于实现不同维度关联聚合的科技资源元数据进行细分,以此为核心构建元数据框架。

资源的共性特征是实现关联聚合的基础^[8]。前文基于相关研究以及元数据集分析总结得出符

合关联聚合需求特点的科技资源元数据体系,是对可用于关联聚合的共性特征元数据进行层次细分。同时,参考文献元数据集成管理框架^[28]中对元数据获取集成直至完成服务流程的系统化说明,综合提出面向关联聚合的科技资源元数据框架(图1)。整体上需要通过抽取多源异构的科技资源元数据,对科技资源元数据进行元数据识别、格式转化以及语义映射,完成从多来源元数据到统一规范化的关联特征项元数据索引的标准化加工,在此基础上进一步实现科技资源的多维度关联聚合。

科技资源元数据来源于复杂多样的科技资源,如科技文献、科学数据、仪器设备以及种质资源等不同类型的科技资源,但并非所有的科技资源元数据都适合用于科技资源的关联聚合,比如侧重于描述科技资源使用情况的元数据。综合分析,对科技资源特征进行描述以及管理存储信息相关的描述型元数据、管理元数据以及保存型元数据中的元数据元素更加适合用于科技资源的关联聚合。因此,需要从多源异构的科技资源元数据中抽取上述3个方向的相关元数据项进行标准化加工。

对于科技资源元数据的标准化,需要完成对元数据的识别、格式转换以及语义映射。首先,对抽取的科技资源元数据进行识别,目的是将抽

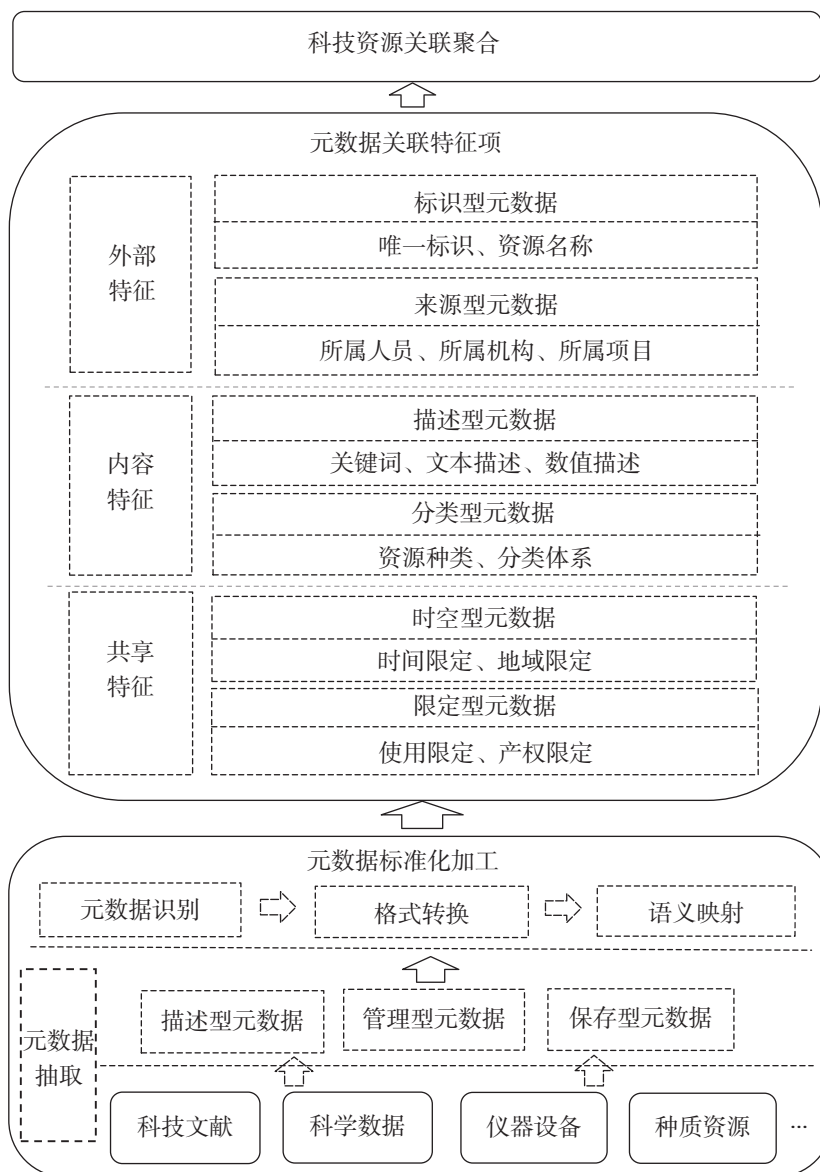


图1 面向科技资源关联聚合的元数据框架

取元数据与面向关联聚合的六类科技资源元数据进行比较，匹配可用于关联聚合的元数据项，从中识别可被映射的候选元数据集合，剔除抽取元数据中不适合被映射的元数据项。然后，在构建元数据格式规范化及表达方式同一化的方法基础上，对识别出来的候选元数据集合进行统一的格式转换，减少因为元数据不同来源导致的格式冲突问题。最后，结合科技资源关联聚合需求的外部特征、内容特征以及共享特征3个维度，完成从分散异构的元数据项到标准化的面向关联聚合的关联特征元数据元素的语义映射，使之成为同一标准下的关联特征元数据项索引。

元数据关联特征项是科技资源元数据框架的核心内容，既是标准化分散异构科技资源元数据的参照，也是语义关联聚合科技资源的基础，主要根据从外部特征、内容特征以及共享特征3个关联维度划分的科技资源元数据类别展开。但关联特征元数据项在不同类型的科技资源中有所差异，比如来源型元数据中的所属项目元素以及描述型元数据中关于资源内容时间及空间的数值型元数据元素并不适用于所有类型的科技资源，是对部分类型、领域或情况较为特殊的资源的表征，所以针对不同类型科技资源的元数据关联特征项需要结合资源特点进行适当调整。

科技资源元数据框架是关联聚合科技资源的基础,后续需要通过元数据框架建立科技资源的关联关系,分析不同维度下的关联角度。使得科技资源能够在同一基础之上根据不同维度的关联关系形成科技资源关联网络,进而完成不同模式下的科技资源聚合。

4 基于元数据框架的科技资源关联聚合策略

基于面向科技资源关联聚合的元数据框架,结合科技资源的外部特征、内容特征以及共享特征3个维度,提出科技资源的关联聚合框架(图2),以框架为基础对不同维度下的关联聚合策略展开进一步的论述。

(1) 基于外部特征维度:主要围绕相同资

源、来源网络以及引用关联3个方向进行科技资源关联聚合。对处于同一体系下的唯一标识符(如DOI和URI)并结合资源名称实现科技资源的查重,关联聚集跨平台分布的相同资源。科技资源的来源也是发现相似科技资源的重要途径,在大量科技资源与其来源机构、人员以及项目相互关联形成的来源网络的基础上,以科技资源的来源共现关系为基础实现科技资源之间的关联,方便用户通过追溯来源获取使用资源或发散查询其他相关资源。而建立科技资源来源网络的前提是需要引入规范化、标准化的机构知识库和学者知识库,避免同名多对象或异名现象的出现。同时,通过科技资源之间存在的相互引用关系可以构建引用网络,既能够直接通过引用关联发现相

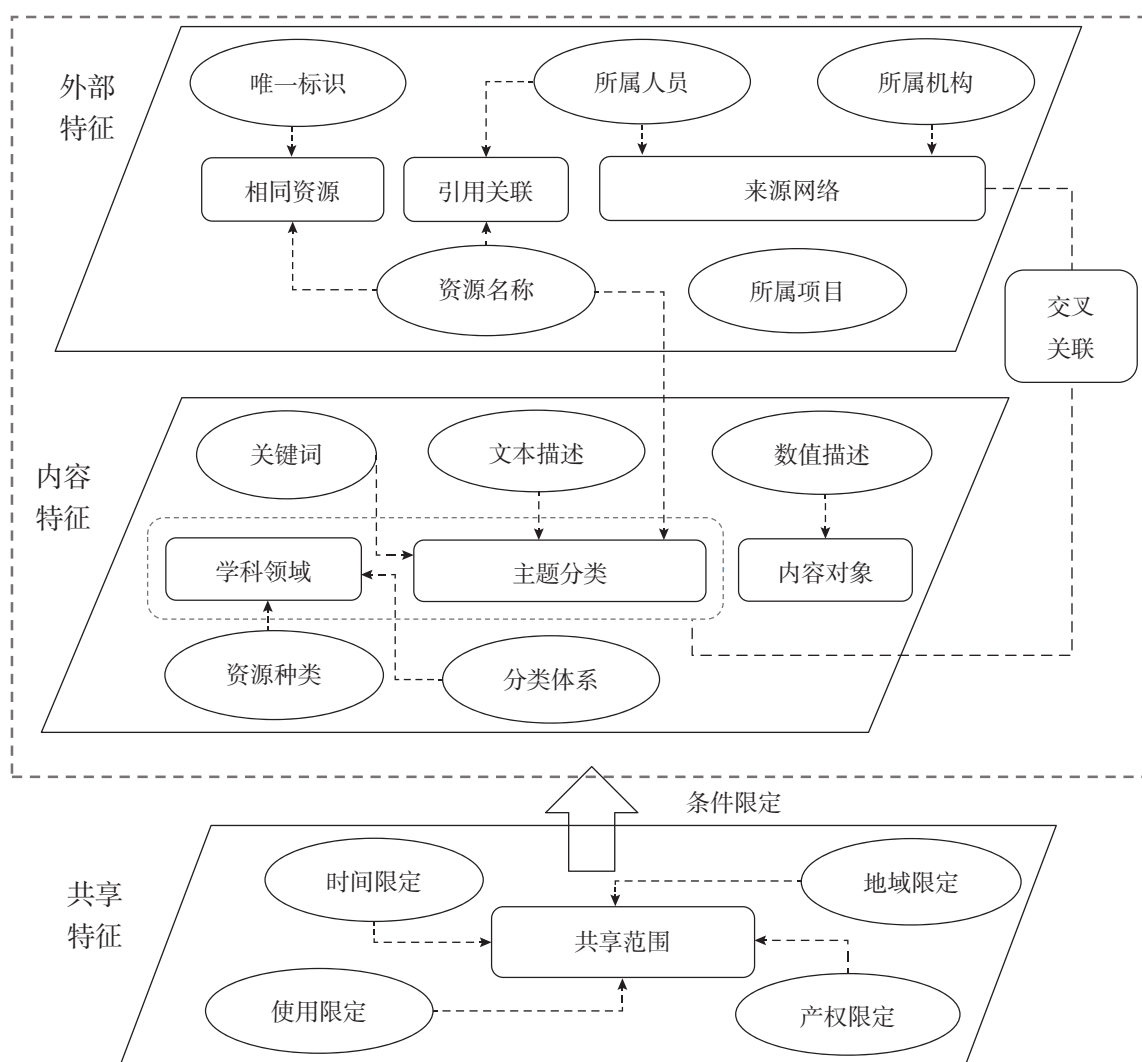


图2 科技资源关联聚合框架

关科技资源以及资源所有者，也能够基于引用网络中存在的共现与耦合关系发现潜在关联的科技资源。

(2) 基于内容特征维度：主要从科技资源的学科领域、主题分类以及内容对象3个方向进行科技资源关联聚合。对科技资源部分描述性元数据进行加权聚类，综合计算得出科技资源所属领域和主题，建立语义相似度算法将主题相近的科技资源关联纳入相应的主题分类中。同时，不同类型的科技资源具有各自的特殊性，比如种质资源和科学数据，其相应的资源内容对于内容的采集对象具有较强的依赖性。所以需要通过数值描述元数据展开对内容对象的语义关联分析，将符合同一内容对象的相关资源进行关联，比如建立空间拓扑和时间拓扑的语义相关度。同时，结合科技资源种类以及表现学科领域或专业领域方向的分类元数据，能够关联聚合在同一分类领域下所涉及的相关科技资源。

(3) 基于共享特征维度：主要针对科技资源的共享范围进行科技资源关联聚合。由于共享特征独立于科技资源的本身特征，是由科技资源差异化环境存在延伸而来的性质，所以对于科技资源的实际存在状态以及共享利用情况具有较强的限定关联作用。通过时空型元数据能够对一定地区或时间区域范围内的可用科技资源进行关联，而限定型元数据则是将符合相关使用限定和产权限定要求的科技资源进行关联，两者都是在内外部特征关联科技资源基础之上的条件关联限定。从共享特征维度进行的关联聚合有利于推进情景敏感性服务的实现，能够在适应用户情景要素的基础上关联符合情景条件限定且满足资源特征需求的科技资源，为用户提供更加全面准确的科技资源推荐服务。

综合科技资源的外部特征、内容特征以及共享特征3个维度的关联聚合策略，发现即使各特征层次的元数据所对应的关联聚合策略方向不一，但科技资源关联聚合的3个维度是互联互通的，总体上需要对元数据框架中的3个特征维度综合拓展实现关联聚合。外部特征形成的来源网

络可以结合内容特征中的学科领域或主题分类进行不同维度的交叉关联，形成不同主题或专业领域下具备一定共现来源关系的关联性科技资源簇，有利于发现具备强关联性的科技资源，比如发现某一科研领域下的相关研究者集群或拥有某一研究主题涉及的相关科技资源的机构集群。而外部特征中的资源名称元数据也可用于内容特征维度中主题分类的关联聚合。同时，对科技资源进行条件限定关联的共享特征也与科技资源的外部特征和内容特征关联聚合维度紧密结合。所以，基于元数据框架能够实现科技资源多维度综合性的关联聚合。

5 总结与展望

科学技术的飞速发展，使得用户对于科技资源协同服务的需求愈加迫切，但科技资源松散孤立的状态仍未得到有效解决，阻碍了科技资源协同服务的发展。本文结合科技资源元数据特点，从科技资源的外部特征、内容特征以及共享特征3个关联维度出发，在对比分析各类型科技资源元数据的基础上，将符合关联聚合需求特征的科技资源元数据类别分为标识型元数据、来源型元数据、描述型元数据、分类型元数据、时空型元数据和限定型元数据六类。在科技资源元数据类别基础上提出通用的面向科技资源关联聚合的元数据框架，并基于元数据框架论述不同维度下的关联聚合策略。为今后多维度关联聚合科技资源打下基础，并为科技资源协同服务的研究提供一定程度的参考。

基于本文提出的元数据框架，能够将可用于关联聚合的科技资源共性特征元数据进行统一化表现，有利于实现科技资源的共享服务。但针对具体实现关联聚合部分的内容还不够全面深入，在后续研究中，需要重点关注和完善以下两个方面的问题：(1) 多源异构科技资源元数据的映射实现。由于科技资源元数据来源广泛，所采用的元数据标准、编写习惯不同，其元素和属性的名称难以统一，需要深入研究如何实现由多源异类科技资源元数据到元数据框架的映射，从而完善

元数据框架的可行性,为实现科技资源关联聚合提供重要保障。(2)基于元数据框架的科技资源关联聚合方法研究。在本文提出的元数据框架基础之上,如何根据框架中的元数据类别实现不同维度的关联聚合是需要考虑的重点内容,也是实现科技资源共享服务的核心部分,需要进一步深入拓展研究,从而完善元数据框架的可用性。

参考文献

- [1] 周寄中.科技资源论[M].西安:陕西人民教育出版社,1999.
- [2] 刘玲利.科技资源要素的内涵、分类及特征研究[J].情报杂志,2008,27(8):125-126.
- [3] 徐晓霞.中国科技资源的现状及开发利用中存在的问题[J].资源科学,2003,25(3):83-89.
- [4] 何艳群.图书馆数字资源整合的方式与原则[J].情报探索,2006(5):46-48.
- [5] 马伯元.元数据目录技术在科学数据整合中的应用[J].石家庄铁路职业技术学院学报,2007,6(4):90-93.
- [6] 毕强,尹长余,滕广青,等.数字资源聚合的理论基础及其方法体系建构[J].情报科学,2015,33(1):9-14,24.
- [7] 宋佳,高少华,杨杰,等.科技资源元数据的关联与推荐方法[J].中国科技资源导刊,2017,49(5):37-44,103.
- [8] 黄筱瑾.基于元数据的科学数据与科技文献关联研究[J].情报理论与实践,2013,36(7):27-30.
- [9] OLSEN L. A short history of the Directory Interchange Format (DIF)[EB/OL]. [2020-03-20]. <http://gsfc.nasa.gov/add/difguide/whatisadif.html>.
- [10] STUART W, JEAN G, MILLER E. OCLC/NCSA Metadata workshop report[EB/OL].[2020-03-20]. <http://xml.coverpages.org/metadata.html>.
- [11] ANSI. The Dublin Core Metadata Element Set: ANSI/NISO Z39.85-2012 [S]. NISO, 2013.
- [12] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.科技平台资源核心元数据:GB/T 30523-2014 [S].北京:中国标准出版社,2014.
- [13] 浦燕妮,刘琪,耿骞.通用型科学元数据标准研究[J].数字图书馆论坛,2016(12):33-39.
- [14] Darwin core[EB/OL].[2020-03-30]. <http://rs.tdwg.org/dwc/index.htm>.
- [15] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.土壤科学数据元数据:GB/T 32739-2016 [S].北京:中国标准出版社,2016.
- [16] 赵庆峰,鞠英杰.国内元数据研究综述[J].现代情报,2003(11):42-45.
- [17] 吴淑娟.2002-2003年我国元数据研究综述[J].图书情报工作,2004,48(12):105-109.
- [18] JEFFERY K. Metadata: An overview and some issues[J].ERCIM News, 1998(35):1-6.
- [19] QIN J, LI K. How portable are the metadata standards for scientific data? A proposal for a metadata infrastructure, DC 2013. [EB/OL]. [2020-06-30].https://www.researchgate.net/publication/288661331_How_portable_are_the_metadata_standards_for_scientific_data_A_proposal_for_a_metadata_infrastructure.
- [20] 肖珑,冯项云,沈芸芸.描述元数据结构及其扩展规则研究[J].现代图书情报技术,2004(9):5-7.
- [21] 李未,郎波.一种非结构化数据库的四面体数据模型[J].中国科学:信息科学,2010(8):1039-1053.
- [22] 曾群,刘昊,李瑞娟.基于知识关联理论的数字图书馆信息资源聚合研究[J].图书馆学研究,2016(23):36-41.
- [23] 赵启阳,张辉,王志强.科技资源元数据标准研究的现状分析与新的视角[J].标准科学,2019(3):12-17.
- [24] CANTARA L. METS: The metadata encoding and transmission standard[J]. Cataloging & Classification Quarterly, 2005, 40(3/4):237-253.
- [25] Reference model for an Open Archival Information System(OAIS) [EB/OL].[2020-06-30]. <https://public.ccsds.org/Pubs/650x0m2.pdf>.
- [26] 张晓娟,唐长乐.我国政府信息元数据标准体系框架构建及其应用流程[J].信息资源管理学报,2018(3):25-36.
- [27] 尹书蕊,王志强,程苹,等.科技平台元数据标准化初探[J].标准科学,2013(6):48-51.
- [28] 丁迺劲,曾建勋.文献元数据集成管理研究[J].情报学报,2019,38(6):568-577.