

# 学习语义关联数据构建研究与实践

吴鹏飞, 余胜泉, 丁国柱, 潘 升

(北京师范大学“移动学习”教育部—中国移动联合实验室, 北京 100875)

[摘 要] 当前大多数 e-Learning 系统后台学习数据以关系数据模型进行组织,然而这种数据组织方式不利于后续学习资源的大规模机器自动化处理和理解,如何利用关联数据实现学习资源的语义组织和机器可理解已备受关注。以教育领域中的学习元平台为例,可利用关联数据相关技术,通过构建学习元本体模型,并复用多个成熟本体,实现学习元平台中学习关系数据到 RDF 数据语义映射,从而构建学习资源的语义关联。实践表明,学习语义关联数据为学习资源的语义检索、知识关系发现等服务提供条件,是知识深度融合、共享和发现的重要基础。

[关键词] 关联数据; 语义关联; 学习元本体模型; 语义映射; 学习资源

[中图分类号] G434 [文献标志码] A

[作者简介] 吴鹏飞(1982—),男,山东兖州人。博士研究生,主要从事语义网教育应用、知识本体以及移动学习资源设计与开发等方面的研究。E-mail:wupengfei\_2000@163.com。

## 一、引 言

e-Learning 系统是网络化学习环境中的重要组成部分,为学习资源内容管理、教师教学活动设计与评价、学习者学习交流等提供了关键平台支撑。随着移动学习、泛在学习、智慧教育等新的学习理念的提出和发展,对 e-Learning 系统的研究和开发提出了新的需求。智能化的 e-Learning 系统如情境适应性学习系统、智能导学系统、个性化学习系统、语义化知识社区等<sup>[1]</sup>是当前 e-Learning 系统的发展趋势和方向。

语义网可为网络信息资源提供机器可理解的语义信息,为机器大规模自动化智能理解和推理提供技术条件和支撑,为未来智慧网络提供语义数据基础。由于语义网技术在知识组织、重用、共享和智能推理上的优势,在 e-Learning 领域出现了许多研究和实践,如基于本体的自适应 e-Learning 系统<sup>[2][3][4][5]</sup>,学习资源语义组织管理与检索<sup>[6][7]</sup>等。

关联数据<sup>[8]</sup>作为语义网轻量级实现模型,是利用 W3C 技术标准和轻量级本体来实现海量、异构网络信息资源的知识组织、语义关联和共享重用的方法,是网

络发布、共享、链接各类数据和知识的一种方式。关联数据克服了本体的领域应用局限性,实现了数据之间开放的无缝互联,同时提供了机器可理解的实现途径,已经在包括 e-Learning 等多个领域中得到广泛关注和应用实践。国外 e-Learning 领域已开展了许多学习语义关联数据的应用,如英国开放大学的 LUCERO 项目<sup>[9]</sup>、意大利巴勒莫大学的 LOD.CS.UNIPA 关联数据研究项目<sup>[10]</sup>、欧盟教育学术机构的 mEducator 项目<sup>[11]</sup>、法国高等教育机构的 SemUnit 项目<sup>[12]</sup>等。另外,欧洲语义网大会和国际万维网大会对关联数据教育应用特别关注,其中的关联学习工作坊<sup>[13]</sup>主要关注关联数据在教育领域中的应用,目的是充分利用学习语义关联数据来革新教学、学习和教育。

学习语义关联数据是开发各种智能学习系统的基础,学习资源间丰富的语义关联,不仅可以增强学习资源间的彼此联通,促进学习资源的快速发现与进化,还可以为学习资源动态聚合成更大粒度、具有内在逻辑联系的知识群体提供语义数据基础<sup>[14]</sup>,是知识深度融合、共享和发现的重要条件。然而,当前大多数 e-Learning 系统后台学习数据以关系数据模型进行

基金项目:“移动学习”教育部—中国移动联合实验室建设项目(项目编号:移有限技合同[2012]934)

组织,采用关系型数据库如 MySQL、SQL Server 等进行关系数据存储,实体和关系通过关系型数据来描述,这种数据组织方式不利于后续学习资源的大规模机器自动化处理和理解。因此,笔者拟从学习语义关联数据构建视角探索 e-Learning 系统后台学习数据语义化关联方法,并以新一代泛在学习平台——学习元平台为例开展实践研究,探索关联数据在学习资源语义关联中的应用,以期能为其他学习平台中学习语义关联构建提供参考和借鉴。

## 二、关联数据在 e-Learning 系统中的应用现状

### (一) 关联数据技术模型

关联数据是语义网轻量级实现模型,核心技术主要包括 URI、RDF、SPARQL 和本体等。其中,URI (Universal Resource Identifier) 是统一资源标识符,用于唯一标志 Web 上可用的资源名称,是关联数据实体命名标准和关联的基础;RDF<sup>[15]</sup> (Resource Description Framework,资源描述框架)是 W3C 组织基于可扩展标记语言 XML 开发的一种语义网信息元数据描述框架和标准的资源描述语言,用来描述元数据以及元数据之间的关系,为应用程序之间交换机器可理解的网络数据提供了互操作性,是关联数据的语义存储模型;SPARQL<sup>[16]</sup> (SPARQL Protocol and RDF Query Language,SPARQL 协议与 RDF 查询语言)是 W3C 推荐的语义检索标准协议,用于描述语义查询中的相关参数,是关联数据语义应用和服务的接口标准;本体是形式化、规范化的概念及其关系描述,用于概念、知识共享与重用,是关联数据语义组织的基础和核心条件,目前较为成熟并应用广泛的本体包括描述网络数字资源的本体 DC<sup>[17]</sup>、描述概念语义关系的简单知识组织系统本体 SKOS<sup>[18]</sup>、描述网络个人信息的朋友本体 FOAF<sup>[19]</sup>、描述在线社区的本体 SIOC<sup>[20]</sup>等。

伯纳斯·李提出了语义关联数据构建的四个基本原则:使用 URI 作为任何事物实体的标识名称;使用 HTTP URI 让任何人都可以访问这些标识名称;当有人访问某个标识名称时,提供有用的信息;尽可能提供相关的 URI<sup>[21]</sup>。

### (二) 基于关联数据的 e-Learning 系统

关联数据教育应用是语义网教育应用研究的最研究热点<sup>[22]</sup>,国外研究者开展了许多基于关联数据的 e-Learning 系统研究。

Yu 等提出了利用关联数据的方法来对学习资源元数据、服务及 API 接口进行语义建模和发布,设计

了基于关联数据驱动和面向服务的三层医学学习资源共享系统框架<sup>[23]</sup>。Sicilia 等研究了语义关联数据在 Organic.Edunet 学习资源库中的应用<sup>[24]</sup>,具体包括利用 RDF 和多个本体来组织学习资源,将关系数据库语义映射转换为 RDF 数据,利用 DCMI/IEEE draft 发布关联数据,并对概念关系进行可视化展示,目的是将学习资源库中的学习资源发布为语义关联数据,从而实现跨库语义检索与浏览。Bratsas 等设计了一个利用 Greek DBpedia 作为关联知识库来创建网络游戏学习的案例,基于开放关联数据开发了一个游戏学习平台<sup>[25]</sup>,实验表明该智能化学习平台能激发学习者的学习积极性,取得了良好的学习效果。Deursen 等基于关联数据设计了一个移动多媒体学习发布平台 NinSuna<sup>[26]</sup>,该学习平台集成了多个本体模型,如学习项目元数据模型、多媒体资源元数据模型、学习者模型、学习记录本体等,利用 RDF 格式的语义关联数据存储学习练习和学习者模型语义信息,并设计了资源语义推理功能,实现了智能化的环境自适应和学习者自适应。Siadaty 等将关联数据应用到了个性化的工作场所学习环境创建中,设计与开发了一个情境性和个性化的工作场所学习环境——Learn-B 平台<sup>[27]</sup>,利用关联数据模型表征和关联学习资源,通过整合不同的 Web2.0 工具如 MediaWiki、Elgg、Twitter 等来支持职业工作场所环境下的非正式学习。

从上述研究和实践看,基于关联数据的 e-Learning 系统的出发点都是利用关联数据来解决 e-Learning 领域中学习资源的语义组织、发现、检索和利用问题。与国外相比,国内教育领域开展学习语义关联数据的研究还不多见,仅有国外关联数据教育应用项目<sup>[28]</sup>案例介绍等少量关注,更缺乏相关的实践案例。

## 三、语义关联数据构建工具

针对面向关系数据的语义关联数据构建问题,RDB2RDF<sup>[29]</sup>是关系数据库中的关系数据到 RDF 三元组格式数据的转换映射过程,为面向关系数据的关联数据构建提供条件,同时 RDB2RDF 也为基于关系数据库的传统应用向基于 NoSQL 图数据库的大数据应用转变提供了一种可能的途径和方法<sup>[30]</sup>。

从关系数据库管理系统的关系型结构迁移到机器可读的 RDF 三元组格式是非常困难的<sup>[31]</sup>,针对 RDB2RDF 问题,W3C 先后组织制定了 DM<sup>[32]</sup> (Direct Mapping of Relational Data to RDF) 和 R2RML<sup>[33]</sup> (RDB to RDF Mapping Language) 两个推荐标准规范,标准

的提出为各种软件和工具的开发提供了指导标准和规范,便于推广应用,也为 Web 应用系统后台关系数据库映射提供帮助。目前出现了支持上述标准的语义关联数据构建的开源软件和工具<sup>[34]</sup>。

1. db2triples<sup>[35]</sup>是 Java 轻量级开源软件,同时支持 W3C 的 R2RML 和 DM 映射标准及关系数据库 MySQL 和 PostgreSQL 映射,利用 R2RML 映射配置文件,支持数据库动态连接、按需映射和 SPARQL 语义查询,查询结果格式支持 RDF/XML、N3、N-Triples、Turtle。

2. Morph<sup>[36]</sup>是 Perl 开源 RDB2RDF 引擎,支持 R2RML 及关系数据库 MySQL、PostgreSQL、MonetDB 映射,支持两种操作模式:数据更新即根据 R2RML 映射描述动态从关系数据库中生成 RDF 格式数据。

3. RDF-RDB2RDF<sup>[37]</sup>是 Perl 的开源软件,支持关系数据库 MySQL、PostgreSQL、SQLite 映射,支持 SPARQL 1.1 查询处理器和端点,可以作为关联数据服务器,提供 RDFa 的解析器。

4. Virtuoso<sup>[38]</sup>是面向企业的对象关系数据库系统,内部的 RDF 视图支持 RDB 向 RDF 转换,支持 RDF 三元组存储和 OWL 推理,支持 Java 和 .Net 语言的内嵌,可以通过 Web、Web Services、ODBC 和 JDBC 等进行数据的访问,支持数十亿规模的三元组存储和管理。

5. XSPARQL<sup>[39]</sup>是支持 XML 和 RDF 转换的 Java 开源软件,遵循 Apache 2 许可证。XSPARQL 支持 W3C 的 R2RML 和 DM 映射标准,同时支持 XQuery 和 SPARQL 两种查询方式。

6. D2RQ<sup>[40]</sup>是开源的 RDB2RDF 转换工具,支持 W3C 的 DM 映射标准,但是不支持 R2RML。D2RQ 对关系型数据库的数据进行关联数据的转化与发布有两种方法:将关系型数据库的数据转换为虚拟的 RDF 数据进行访问;直接将关系型数据库的数据包装成真实的 RDF 文件。

从上述典型开源软件特性具体支持情况可以看出,db2triples、morph、RDF-RDB2RDF、Virtuoso 和 XSPARQL 同时支持 W3C 的 R2RML 和 DM 映射标准,而 D2RQ 只支持 DM,不支持 R2RML,D2RQ 利用 DM 实现 RDB 到 RDF 的转换映射,转换配置复杂度高。这些开源软件主流的开发语言还是 Java,也包括少数的 Perl 和 .Net。上述开源软件为学习语义关联数据构建提供了工具支持。

#### 四、学习语义关联数据构建实践案例

学习元平台(简称 LCS)是在“学习元”<sup>[41]</sup>理念指导

下设计和开发的学习平台<sup>[42]</sup>,融合了资源内容管理系统 CMS 和学习管理系统 LMS 特性,具有资源管理和学习管理的功能。然而,目前学习元平台系统中学习数据大部分还是采用关系型数据库进行存储,基于关系数据存储的模型不利于学习资源的语义关联、关系搜索和知识关系发现。因此,为实现学习语义关联数据构建,笔者以学习元平台为例,介绍了具体实践过程。

##### (一)学习元本体模型

学习元平台中核心概念包括用户(人)、学习元、知识群、学习社区、学习活动、学习工具、素材资源、个人学习空间等。其中学习元由素材资源、学习工具、学习活动和评价等组成;知识群由学习元、学习评价、素材资源、学习活动等组成;学习社区包括学习元和知识群等,学习元与学习元、知识群与知识群存在引用、关联等关系。同时,用户与学习资源如学习元、知识群、学习社区等存在多种学习交互关系,如创建、评论、收藏等;用户与用户之间存在多种社会学习交互关系,如好友、学伴。

本体是对概念及其关系的形式化、明确化描述,学习元本体是学习语义关联数据构建的前提条件,为了明确表征学习元平台中存在的多种概念及其关系,利用本体构建方法建立了学习元平台本体语义模型。学习元本体模型(Learning Cell Ontology Model, LCOM)是描述学习元相关概念及其关系的形式化的、明确的说明,学习元本体模型核心视图如图 1 所示。

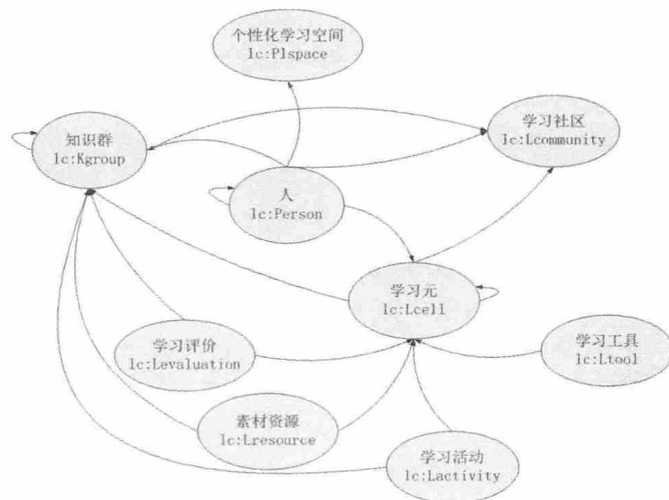


图 1 学习元本体模型核心视图

利用本体开发工具 Protégé 实现学习元本体,学习元本体概念类和对象属性如图 2、图 3 所示。其中,图 2 中的类 Person、Lcell、Kgroup、Lcommunity、Lactivity、Ltool、Lresource 分别表示学习元平台中的用户(人)、学习元、知识群、学习社区、学习活动、学习工



具、素材资源,同时为表征学习元平台中包含的大量学习交互关系,定义了人与知识的关系类 PKR。PKR 又分为 K2K 类(描述知识与知识关系)、K2P 类(描述人与知识关系)和 P2P 类(描述人与人关系)等三个子类,这三个子类又分为多个下一级子类。图 3 是定义的学习元本体三种类型的对象属性来描述人与知识的关系类 PKR,其中包括 k2kp(描述知识与知识关系类的对象属性)、p2kp(描述人与知识关系类的对象属性)、p2pp(描述人与人关系类的对象属性),这三个对象属性又分为多个下一级对象属性,例如 createObject 对象属性的域(Domain)为创建关系类 Creation,值(Range)为上述定义的各种资源类。

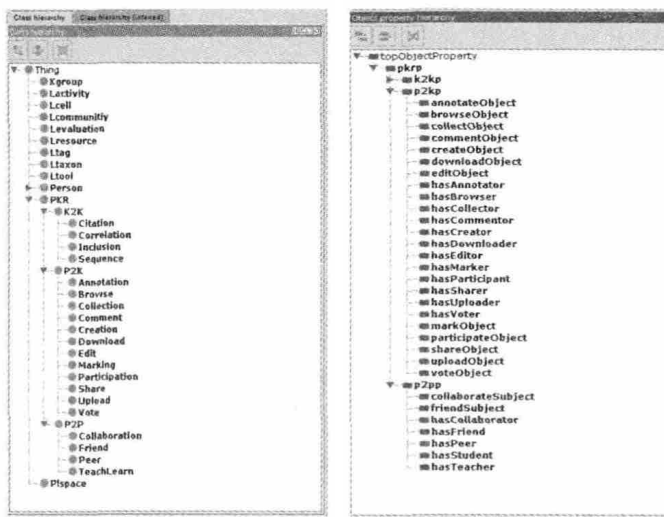


图 2 学习元本体概念类

图 3 学习元本体对象属性

另外,目前 W3C 推荐的本体如 DC、SKOS、FOAF、SIOC 等已经非常成熟,并且在各种关联数据集中应用广泛,同时考虑和其他关联数据集的共享和重用,在构建学习元本体模型时也复用了上述成熟的本体概念和属性,如利用 dc:title、dc:description、foaf:Person 来语义化描述资源实体标题、描述和用户。同时,也定义了学习元的本体命名空间(<http://lcell.bnu.edu.cn/ontologies/lc#>)。

## (二)学习资源实体命名

学习资源实体命名是为学习元平台中每个学习资源实体(包括关系实体)定义唯一的资源定位名称 URI,定义学习资源实体的 URI 格式模版如下:

```
<baseURI>/<className>/<id>
```

其中,定义的<baseURI>是学习元语义关联数据资源描述统一的基址,具体为 <http://lcell.bnu.edu.cn/resource>;定义的<className>是实体对应的类名称,对应关系数据库中的表名称;定义的<id>对应表中的主键,这样保证资源的唯一命名。一个学习元实体命名

的 URI 为:<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/132>。

## (三)实体和关系 RDF 实例化

实体和关系 RDF 实例化实现是利用轻量级 RDB2RDF 开源软件 db2triples,这是一个利用 Java 语言开发的工具,同时支持 W3C 的 R2RML 和 DM 映射标准,并且在 W3C 用例测试中获得了很好的测试效果,因此选择 db2triples 作为实体和关系 RDF 实例化过程中关联数据映射转换工具。首先从 github 网站上(<https://github.com/antidot/db2triples/>)下载 db2triples 软件包,由于 db2triples 是基于 RDF 数据处理框架 Sesame 和 Apache Maven 构架和管理的工程项目,因此对 db2triples 开发需要配置 Maven 来管理和编译工程。

基于 db2triples 的学习资源实体及关系 RDF 实例化具体实现过程:首先,对学习元平台关系数据库中的关系数据表对应的实体和关系进行分析;其次,根据 W3C 推荐的标准的 R2RML 映射语言设计和利用学习元本体开发 ttl 语义映射文件,同时配置相应的输入输出参数;最后,在 db2triples 中 RDB2RDF 用户接口文件中调用 R2RML 映射器实现概念和关系 RDF 实例化,同时也实现了对学习资源的语义标注,具体构建流程如下。

### 1. LCS 表结构关系分析

由于 LCS 表结构关系复杂,截取了部分的实体关系图作为示例数据进行概念和关系 RDF 实例化说明(如图 4 所示),其中包括 users(用户表)、knowledgeobject(学习元表)、course(知识群表)、community(学习社区表)、gadget(学习工具表)、uploadres(素材资源表)。

### 2. 语义映射文件配置

语义映射文件是一种符合 W3C R2RML 标准的模板映射文件,该映射文件定义了关系数据模型到 RDF 数据模型的词汇转换标准,是实现领域语义驱动映射的关键。由于学习元平台关系数据表中的定义采用不同的字段名,例如 knowledgeobject 表中定义的学习元的标题是采用了 title 字段,而在 course 表中采用 name 字段表示知识群的名称,在上述实体关系图的实际映射过程中,综合复用了 DC、FOAF、SIOC 本体等,对学习元、学习元、知识群、学习社区、学习工具、素材资源等学习资源进行统一映射转换。其中,实体属性通过关系数据表中的字段映射生成,关系主要通过关系型数据库 E-R 模型中的主键和外键关联关系映射得到。选取了学习元属性语义映射及用户—学习元“创建关系”语义映射作为实例数据(如图 5 所示)。

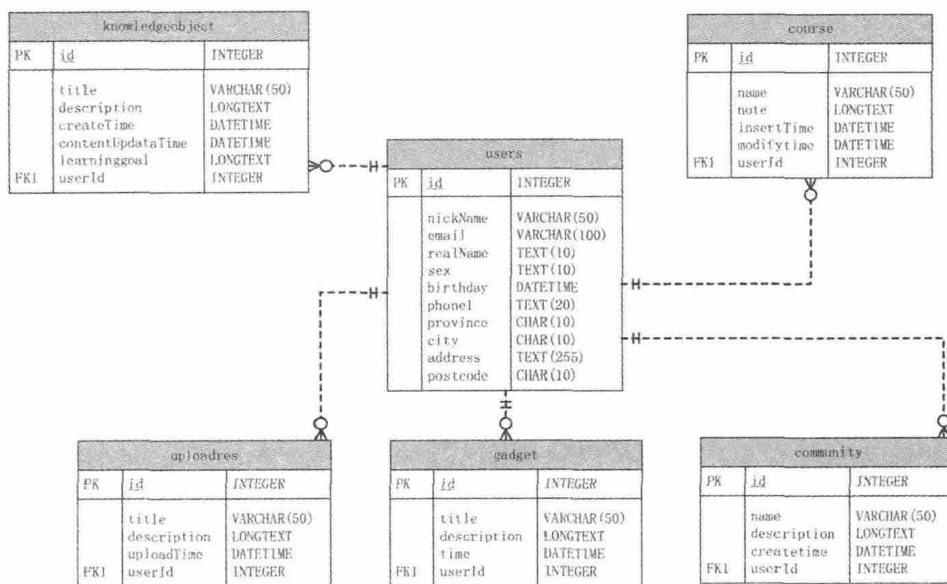


图4 LCS中部分实体关系图

3. 输入输出参数配置

在 db2triples 的主程序中配置数据库连接参数、rdb2rdf 转换标准、R2RML 模板文件路径、生成的 RDF 文件路径、映射生成的文件的格式 (RDF/XML、N3、TURTLE、NTRIPLES) 等参数。

4. RDF 实例生成结果

实验利用 db2triples 工具自动生成学习资源类实例三元组总数为 787805, 其中学习元类实例为 66005、知识群类实例为 4670、学习社区实例为 453、学习活动实例为 3883、学习工具实例为 96、素材资源实例为 98163、人类实例为 13956; 学习元学习交互关系实例 RDF 三元组总数为 2331872。

(四) 学习资源语义服务

通过架设语义服务器实现学习资源的语义服务, 可以面向不同的学习者提供资源的多维度动态化的

语义搜索、关联关系检索和知识发现功能, 例如检索“人为‘余胜泉’在不同时间创建的知识, 知识类型为学习元”, 转换为 SPARQL 语句, 如图 6 所示。

```

prefix dc: <http://purl.org/dc/elements/1.1/>
prefix rdf: <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#>
prefix foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
prefix lc: <http://lcell.bnu.edu.cn/ontologies/lc#>
select ?知识 ?知识标题 ?创建时间 {
  ?人 foaf:name "余胜泉".
  ?人 a lc:Person.
  ?创建关系 a lc:Creation.
  ?创建关系 lc:hasCreator ?人.
  ?创建关系 lc:createObject ?知识.
  ?创建关系 lc:createTime ?创建时间.
  ?知识 rdf:type lc:Lcell.
  ?知识 dc:title ?知识标题.
} order by ?创建时间.
    
```

图6 SPARQL 示例语句

利用语义服务器对生成的学习资源 RDF 实例数

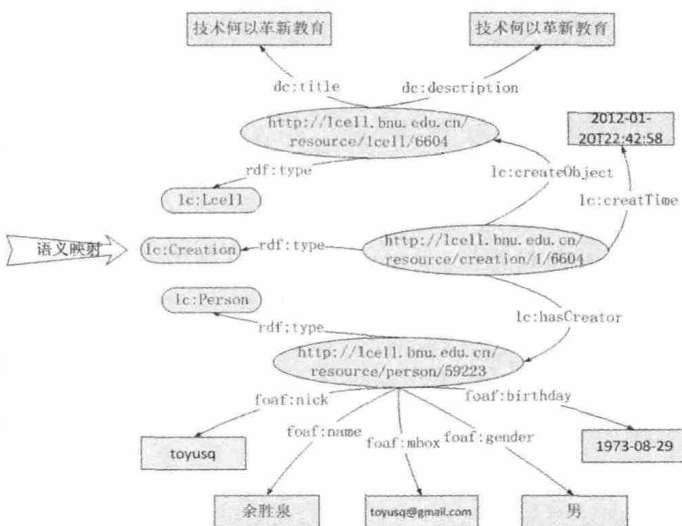
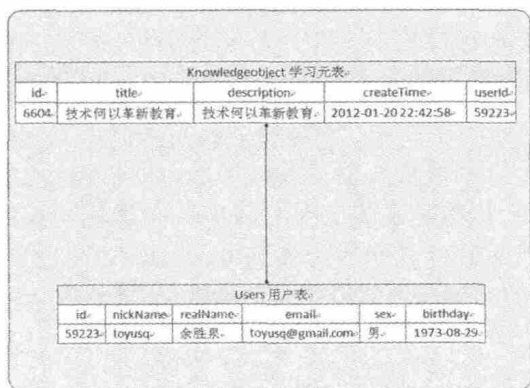


图5 语义映射实例图

知识	知识标题	创建时间
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/5993>	"构建和谐教育信息生态, 深层次推进区域教育信息化"	"2011-11-15T2
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6184>	"山中秋雨"	"2011-12-02T23:22:34"^^C
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6271>	"冬行林中"	"2011-12-11T23:17:57"^^C
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6386>	"平板电脑在幼儿数学教学中应用理论指导"	"2011-12-20T11:0
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6385>	"基于平板电脑的幼儿数学课程评估方案设计"	"2011-12-20T11:1
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6394>	"基于平板电脑的幼儿数学课程改进"	"2011-12-20T11:18:
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6595>	"坐井观天"	"2012-01-15T23:23:37"^^C
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6596>	"云计算, IT决定未来—王波波"	"2012-01-16T16:41:40"
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6600>	"拼音课两课时教学目标分配有哪些建议?"	"2012-01-19T14:2
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6602>	"祝石景山区跨越项目老师们2012元旦快乐"	"2012-01-19T15:04
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6603>	"开源项目大全"	"2012-01-19T19:53:40"^^
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6604>	"技术何以革新教育?"	"2012-01-20T22:46:33"^^
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6605>	"网络学习平台新趋势"	"2012-01-21T10:03:14"^^
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6606>	"移动时代的教与学——从知识传递到认知建构, 再到情境认知"	"2012-01-22
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6607>	"Shift Happens—你知道吗?"	"2012-01-23T08:58:37"^^C
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6608>	"在学习环境的基本结构及其关键技术"	"2012-01-23T09:24
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6610>	"跨越项目语文中高年级教学要点"	"2012-01-24T11:49:0
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6611>	"基于教育信息生态的数学乐园建设"	"2012-01-25T20:49:
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6612>	"E-Learning学习技术环境的标准化——SCORM深入解析"	"2012-01-26T21:06
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6613>	"信息技术与课程整合的误区分析"	"2012-01-28T20:02:4
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6614>	"面向信息化的课堂教学设计"	"2012-01-31T21:11:46
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6616>	"基础教育跨越式发展研究实施目标与策略(小学)"	"2012-02-02T09:
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6617>	"基础教育跨越式发展研究实施目标与策略(中学)"	"2012-02-02T09
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6670>	"跨越式课题语文学科教学理念问答"	"2012-02-17T20:35:
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6674>	"跨越式项目英语课堂教学实践常见问题解答"	"2012-02-18T21:5
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6675>	"跨越式项目语文课堂教学实践常见问题解答"	"2012-02-18T22:1
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6769>	"教学软件设计指导手册—参考素材"	"2012-02-27T23:26:1
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/6817>	"关于学习元使用的知识问答"	"2012-03-03T22:22:10
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/7859>	"叶澜: 21世纪社会发展与基础教育改革的报告"	"2012-04-03T23:1
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/7605>	"陋习共诛, 《美的历程》"	"2012-04-05T17:23:04"
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/8471>	"推进技术与教育的双向融合——《教育信息化十年(2011-2020年)发展规划》解读"	"2012-04
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/8596>	"《班铃飞渡》教学设计方案与课件"	"2012-04-28T21:36:
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/8599>	"德国确——互联网时代的阅读"	"2012-04-29T09:43:37"
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/9422>	"信息技术与课程整合的层次"	"2012-05-17T22:41:00
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/9424>	"多面体欧拉公式的发现"	"2012-05-17T23:20:32"
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/9464>	"轴对称图形——整合优秀案例"	"2012-05-18T23:14:2
<http://lcell.bnu.edu.cn/resource/lcell/9466>	"三鲜——聊通元"	"2012-05-18T23:44:49"^^

图7 学习资源 RDF 实例数据语义检索结果

据进行语义检索,返回结果如图7所示,其中返回界面第一列为具体学习元类实例的URI,第二列为学习元的标题信息,第三列为创建关系类实例的生成时间。可以看出,基于学习语义关联数据提供的学习资源语义服务,不仅可以满足不同学习者对学习资源检索的需求,而且可以为学习者提供学习资源的语义关系发现;不但可以搜索到相关的知识,更能发现知识与知识之间的语义联系,从而更好地实现知识的关联检索与知识发现,为知识深度融合、共享和发现提供重要语义基础。

## 五、结 语

本研究以学习元平台为例,设计了学习元平台

学习语义关联数据实现流程,利用关联数据相关技术具体实现了学习语义关联数据构建,提供了一个关联数据教育应用的实践案例。由于关联数据在国内教育领域尚未有影响力的或者成熟的教育应用案例,基本上处于起步探索阶段,因此本研究对教育领域的开放学习语义关联数据构建具有较强的实践参考价值。

学习语义关联数据为学习资源的语义检索、知识可视化导航等服务提供条件,学习语义关联数据构建是知识的深度融合、共享和发现的重要语义基础。如何基于学习语义关联数据开展个性化资源推荐、知识可视化导航、知识的深度融合和发现是进一步研究的方向。

## [参考文献]

- [1] 杨现民,余胜泉.学习元平台的语义技术架构及其应用[J].现代远程教育研究,2014,(1):89-99.
- [2] José dos Reis Mota, & Márcia Aparecida Fernandes. Adaptivity and Interoperability in e-Learning Using Ontologies [C]. Lecture Notes in Computer Science, Volume 6433, Advances in Artificial Intelligence - IBERAMIA, 2010.
- [3] J. Tane, C. Schmitz, G. Stumme, S. Staab, & R. Studer. The Courseware Watchdog: An Ontology-Based Tool for Finding and Organizing Learning Material [C]. In: Klaus David and Lutz Wegner, Editors, Mobiles Lernen und Forschen - Beitrge der Fachtagung An der Universitt, Kassel University Press, 2003.
- [4] 曹乐静,刘晓强.基于本体和Web服务的适应性e-Learning系统[J].计算机系统应用,2005,(4):16-23.
- [5] 刘卫红,吴江.本体在E-learning系统中的应用研究[J].计算机应用研究,2006,(4):63-67.
- [6] G. Vega-Gorgojo, M.L. Bote-Lorenzo, E. Gomez-Sanchez, Y.A. Dimitriadis, & J.I. Asensio-Perez. Semantic Search of Learning Services in A Grid-Based Collaborative System[C].CCGRID, Fifth IEEE International Symposium on Cluster Computing and the Grid (CCGrid'05), 2005.
- [7] 李艳燕.基于语义的学习资源管理及利用[D].北京:中国科学院计算技术研究所,2005.
- [8] Berners-Lee T. Linked Data [EB/OL]. [2012-07-01]. http://www.w3.org/DesignIssues/LinkedData.html.
- [9] Fouad Zabli, Miriam Fernandez and Matthew Rowe. The OU Linked Open Data: Production and Consumption [EB/OL]. [2014-01-



- 06].[http://stefandietze.files.wordpress.com/2011/05/20110529\\_linkedlearning2\\_eswc\\_fouad\\_zablith\\_et al.pdf](http://stefandietze.files.wordpress.com/2011/05/20110529_linkedlearning2_eswc_fouad_zablith_et al.pdf).
- [10] Davide Taibi, Giovanni Panasci, Biagio Lenzitti .LOD.CS.UNIPA Project: an Experience of LOD at the University of Palermo[EB/OL]. [2014-01-06].<http://ceur-ws.org/Vol-840/04-paper-24.pdf>.
- [11] mEducator Multi-type Content Repurposing and Sharing in Medical Education[EB/OL]. [2012-10-12].<http://www.meducator.net/>.
- [12] Yoann Isaac, Yolaine Bourda, Monique Grandbastien .SemUNIT – French UNT and Linked Data [EB/OL]. [2014-01-06]. <http://ceur-ws.org/Vol-840/09-paper-22.pdf>.
- [13] LILE2013 [EB/OL]. [2013-12-01]. <http://www2013.org/papers/companion.htm#5>.
- [14] 杨现民,余胜泉,张芳. 学习资源动态语义关联的设计与实现[J]. 中国电化教育, 2013, (1): 70~75.
- [15] RDF-Semantic Web Standards [EB/OL].[2014-02-26].<http://www.w3.org/RDF/>.
- [16] SPARQL 1.1 Overview [EB/OL].[2014-02-26].<http://www.w3.org/TR/sparql11-overview/>.
- [17] The Dublin Core (DC) ontology[EB/OL].[2014-02-26]. <http://dublincore.org/documents/demi-terms/>.
- [18] SKOS Simple Knowledge Organization System RDF Schema[EB/OL].[2014-02-26]. <http://www.w3.org/TR/2008/WD-skos-reference-20080829/skos.html>.
- [19] The Friend of A Friend (FOAF) Ontology[EB/OL].[2014-02-26].<http://xmlns.com/foaf/spec/>.
- [20] SIOC Core Ontology Specification[EB/OL].[2014-02-26]. <http://www.w3.org/Submission/sioc-spec/>.
- [21]王忠义,夏立新,石义金,郑森茂.数字图书馆中层关联数据的创建与发布[J]. 现代图书情报技术, 2013, (5): 28~33.
- [22] 吴鹏飞,余胜泉. 语义网教育应用研究新进展: 关联数据视角[J]. 电化教育研究, 2015, (7): 66~72.
- [23] Yu, H. Q., Dietze, S., Li, N., et al. A Linked Data-Driven & Service-Oriented Architecture for Sharing Educational Resources[EB/OL].[2015-02-05].<http://stefandietze.files.wordpress.com/2011/05/linkedlearningworkshop-yu.pdf>.
- [24] Sicilia, M.A., Ebner, H., Alonso, S.S., et al. Navigating Learning Resources Through Linked Data: A Preliminary Report on the Re-Design of Organic.Edunet [EB/OL].[2015-05-05].<http://stefandietze.files.wordpress.com/2011/05/sanchezalonso-presentation-linkedlearning2011.pdf>.
- [25] Bratsas, C., Chrysou, D.E., Eftychiadou, et al. Semantic Web Game Based Learning: An I18n Approach with-Greek DBpedia[EB/OL]. [2015-02-05].<http://ceur-ws.org/Vol-840/01-paper-23.pdf>.
- [26] Deursen, D.V., Jacques, I., Wannemacker, S.D., et al. A Mobile and Adaptive Language Learning Environment Based on Linked Data[EB/OL]. [2015-02-05].<http://stefandietze.files.wordpress.com/2011/05/presentationiegorjacques.pdf>.
- [27] Siadaty, M., Jovanovic, J., Gasevic, D., et al. Semantic Web and Linked Learning to Support Workplace Learning[EB/OL]. [2015-02-05].<http://ceur-ws.org/Vol-840/06-paper-29.pdf>.
- [28] 吴鹏飞,马凤娟. 国外关联数据教育应用项目研究与启示[J]. 电化教育研究, 2013, (4): 114~120.
- [29] RDB2RDF Working Group[EB/OL].[2014-02-26].<http://www.w3.org/2001/sw/rdb2rdf/>.
- [30] 邹益民,张智雄,钱力等. 语义仓储 Virtuoso 的技术分析和应用[J]. 图书情报工作, 2012, 56(23): 97~102.
- [31] RDF and Ontology[EB/OL].[2013-12-01].<http://www.ibm.com/developerworks/cn/xml/x-rdfconcepts/index.html>.
- [32] A Direct Mapping of Relational Data to RDF [EB/OL].[2014-02-26]. <http://www.w3.org/TR/rdb-direct-mapping/>.
- [33] R2RML and Direct Mapping Test Cases [EB/OL].[2014-02-26].<http://www.w3.org/TR/2012/NOTE-rdb2rdf-test-cases-20120814/>.
- [34] A Survey of RDB to RDF Translation Approaches and Tools [EB/OL].[2014-02-26]. <http://credible.i3s.unice.fr/lib/exe/fetch.php?media=credible-13-2-v1-rdb2rdf.pdf>.
- [35] Db2triples [EB/OL].[2014-02-26]. <http://www.antidot.net/en/ecosystem/db2triples/>.
- [36] Morph [EB/OL].[2014-02-26]. <https://github.com/jpcik/morph>.
- [37] RDF-RDB2RDF [EB/OL].[2014-02-26]. <https://metacpan.org/release/RDF-RDB2RDF>.
- [38] Virtuoso[EB/OL].[2014-02-26]. <http://virtuoso.openlinksw.com>.
- [39] XSPARQL [EB/OL].[2014-02-26]. <http://xsparql.deri.org/>.
- [40] D2RQ [EB/OL].[2014-02-26]. <http://d2rq.org/>.
- [41] 余胜泉,杨现民,程罡. 泛在学习环境中的学习资源设计与共享——‘学习元’的理念与结构[J]. 开放教育研究, 2009, 15(1): 47~53.
- [42] 杨现民,程罡,余胜泉. 学习元平台的设计开发及其应用场景分析[J]. 电化教育研究, 2013, (3): 55~61.

## The Study and Practice of Constructing Learning Linked Data

WU Peng-fei, YU Sheng-quan, DING Guo-zhu, PAN Sheng

[Abstract] At present, learning data of most e-learning systems are organized using the relational data model. However, this data organization method is not conducive to large-scale, automated machine processing and understanding. Research attention has focused on how to implement semantic organization and machine understanding of learning resources using linked data. Using learning cell system as an example, this article describes a method to achieve the semantic mapping from the relational learning data of learning cell system to RDF data. This method utilizes linked data technology to construct semantic link among learning resources via the means of constructing learning cell ontology model and re-using multiple, fully-developed learning cell ontologies. Practical application shows that learning semantics linked data provide 1) the condition for learning semantics indexing, knowledge discovering, and other services; and 2) the key foundation for deep knowledge integration, sharing and discovery.

[Keywords] Linked Data; Semantic Link; Learning Cell Ontology Model; Semantic Mapping; Learning Resources Resource

---

(上接第 65 页)

subtitles in online instructional video have redundant effect. Online instructional video clips were grouped according to three types of subtitles: full subtitles, keywords subtitles, and no subtitles. One hundred and thirty one pre-service teacher students were randomly assigned to watch one type of videos. Students' retaining scores and transferring scores were measured. Results indicate that: 1) compared to providing no subtitles, providing narrative subtitles helps learners improve their testing scores, which indicates that narrative subtitles in online instructional video have no redundant effect; 2) compared to providing full subtitles, providing only keywords subtitles is more reasonable; 3) redundant effect of narrative subtitles is affected by learners' prior knowledge, and learners with low level of prior knowledge can benefit more from subtitles than high level learners do. At conclusion, the author of this paper proposes a modification to the boundary condition of redundant effect, and discusses how to provide flexible display mode and control strategies to learners when design narrative subtitles for online instructional video.

[Keywords] Online Instructional Video; Narrative Subtitles; Redundant Effect; Prior Knowledge Level