

面向信息检索的术语服务构建与应用研究*

欧石燕 唐振贵 苏翥斐

摘 要 在信息检索中,叙词表作为一种辅助有效检索的工具变得日益重要。术语注册与术语服务是在网络环境下对叙词表进行维护和应用的一种理想方式,能够极大促进叙词表在信息检索中的应用。本文的研究重点是面向信息检索的术语服务构建与应用。首先,以《汉语主题词表》为来源词表,采用语义网技术和 REST 架构构建术语服务。其次,以“获取同义词”服务为例,对术语服务在图书馆 OPAC 系统和百度搜索引擎中的有用性进行测评,结果表明,采用这一服务使 OPAC 系统的 F 值提高 13%,使百度搜索引擎的 P@5 查准率提高 16%。最后,设计了四种术语服务在信息检索系统中的应用方式,即复选扩检式、单选替换式、混合式和自动扩检式,并采用用户测评法对这四种应用方式进行可用性测评,结果表明,复选扩检式是可用性最佳的术语服务应用方式。图 13。表 9。参考文献 34。

关键词 信息检索 叙词表 术语注册 术语服务 REST 架构 有用性 可用性 层次分析法
分类号 G254

Construction and Usage of Terminology Services for Information Retrieval

OU Shiyen, TANG Zhengui & SU Feifei

ABSTRACT

In information retrieval, thesauri have increasingly become vital as an aid to effective retrieval. However, the traditional way of incorporating one or more thesauri into an information retrieval system has its big limitation because it has to separately maintain the thesauri and develop access interfaces in individual systems. In recent years, terminology services become an ideal way to use thesauri in the networked environment. While calling terminology services in an information retrieval system, users need to interact with the system, which makes an information retrieval system become an interactive one. Usefulness and usability are two different but closely related aspects of evaluating an interactive system. The overall purpose of this study is to investigate the construction and usage of terminology services. On the one hand, it explores how to construct terminology services with appropriate Web service architecture and emerging Semantic Web technologies; on the other hand, it studies the usefulness and usability of terminology services in information retrieval systems and intends to find out the best usage mode.

* 本文系国家自然科学基金项目“基于 SOA 架构的术语注册与服务系统构建与应用研究”(编号:11BT0023)的研究成果之一。(This article is an outcome of the project “Research on the Construction and Application of SOA-based Terminology Registry and Terminology Services” (No. 11BT0023) supported by National Social Science Foundation of China.)

通信作者:欧石燕,Email:oushiyan@nju.edu.cn,ORCID:0000-0001-8617-6987 (Correspondence should be addressed to OU Shiyen, Email:oushiyan@nju.edu.cn, ORCID:0000-0001-8617-6987)

In this study, taking *Chinese Thesaurus* as a source vocabulary, a system was built with the use of the SKOS and RDF technologies and REST architecture, which consists of two parts: a terminology registry and a set of terminology services. The terminology registry is to provide an authoritative, continually updated source of various vocabularies, and contains three components: metadata registration, vocabulary uploading and vocabulary validation. Six basic terminology services, including *SearchConceptByKeyword*, *getBroaderConcept*, *getNarrowerConcept*, *getRelatedConcept*, *getSynonym*, and *getEnglishTranslation*, were built with Sun's Jersey, a reference implementation to develop RESTful Web Services based on JAX-RS. To show the application of terminology services, two kinds of clients were developed: one is a Web client which provides a graphic interface for human users, and the other is an embedded client which can be integrated into a specific application system.

Afterwards, this study investigated the usage of the constructed terminology services in information retrieval systems based on the embedded client. Firstly, taking the *getSynonym* service as an example, we tested the usefulness of this terminology service with an experiment of 30 user queries to the library OPAC system and Baidu search engine. OPAC's experiment results showed that the average recall increased 26.7% while the average precision decreased 4.6%, which means that using the *getSynonym* service to expand user queries can greatly improve the completeness of the retrieval results while there is a little reduction in recall. Baidu's experiment results showed that the P@5 precision increased 16%, which means that there are more related items among the top retrieval results returned by the search engine. Next, the way of using terminology services in information retrieval systems was studied. Four usage modes were designed, including *multiple choice for query expansion*, *single choice for query replacement*, *hybrid of query expansion and replacement*, and *automatic query expansion*. To evaluate their usability, a user testing was carried out in OPAC and Baidu with 24 human subjects based on four usability criteria (effectiveness, efficiency, user satisfaction and learnability). The evaluation results showed that *multiple choice for query expansion* was the best usage mode which is more effective, easier to use, easier to learn, and has higher user satisfaction.

This study is one of few practical efforts on the construction of terminology services in China and thus has realistic significance. Furthermore, it fills the research gap on the usage of terminology services and thus has an important role to facilitate their application in information retrieval. In the future work, we plan to construct more complicated terminology services based on more vocabularies and expand them to other applications. 13 figs. 9 tabs. 34 refs.

KEY WORDS

Information retrieval. Thesaurus. Terminology registry. Terminology services. REST architecture. Usefulness. Usability. Analytic Hierarchy Process.

0 引言

在信息检索中,叙词表为文献标引和检索提供了一种通用的、精确的受控词汇,从而帮助提高标引语言和检索语言的一致性,因此作为

一种辅助有效检索的工具变得日益重要。随着万维网的飞速发展,网络信息资源的日益丰富,将叙词表应用于网络信息检索系统中,为检索提供词汇服务成为一种趋势。早在20世纪末,一些数据库或信息检索系统就通过集成叙词表对用户浏览和搜索提供帮助^[1]。譬如,英

国最大的人文社会科学数据仓储平台 Data Archive 利用 HASSET 人文与社会科学电子叙词表的词汇层级对用户搜索进行不同程度的扩展^[2];美国教育资源信息中心(Education Resources Information Center, ERIC)利用 ERIC 叙词表为用户推荐规范的检索词^[3]。但是,这种应用方式有很大局限性:一方面,被集成在特定应用系统中的叙词表无法被其他系统所用,每个应用系统都需要花费很大开发代价将所需的词表集成到系统中;另一方面,每个应用系统都需要花费很大力气来维护所集成的词表。一种理想的应用方式是,提供一个专门的仓储系统,对各类叙词表进行统一管理与维护,并对外提供统一的网络接口,以供应用系统或个人访问或调用叙词表,这就是术语注册与术语服务的功能。

术语注册是指对各类受控词表提供权威的、集中控制的存储,从而促进词表的发现、重用、管理、标准化和互操作^[4]。术语服务是对词表元数据和词表内容进行浏览、查询、应用的各种 Web 服务的统称^[5]。术语服务通过 Web 应用程序接口(API)支持机器对词表的访问与调用,是在网络环境下对词表进行应用的重要途径。术语注册与术语服务是一个系统的两个方面,两者相辅相成,前者是后者的前提与保证,后者是前者的目的与应用。因系统侧重点不同,侧重于词表仓储与管理的被称为术语注册系统,而侧重于提供词汇服务的则被称为术语服务系统。

自 2005 年以来,术语注册与术语服务成为各种元数据会议和知识组织系统会议的热门主题。国外许多机构开展了术语注册与术语服务的研发工作,不仅有许多关于此方面的研究项目,如 HILT 项目^[6],STAR 项目^[7],ADL 地名表与叙词表协议^[8-9],还有一些实用系统问世,如 FAO 术语服务^[10],OCLC 术语服务^[11],UMLS 术语服务^[12],Open Metadata Registry^[13]。通过对这些项目与系统进行深入调研与分析,我们发现采用 REST (Representational State Transfer) Web 服务架构和语义网技术是构建术语服务的

主流趋势,但国内目前采用此种方式构建术语服务的研究还非常少^[14]。此外,如何保证提供服务的词表的正确性是术语注册与术语服务中一个非常值得关注的问题,但即使在国外研究中,也只有很少的系统(如 Open Metadata Registry)提供注册词表的自动验证功能,目前国内研究对此没有涉及。

术语服务在信息检索中有着非常重要的应用,能够帮助用户规范、扩展或者精炼检索词,从而获得更好的检索结果。但是国内外研究大多注重于术语服务的构建,对于术语服务的应用,尤其是在信息检索系统中的应用,则很少涉及。在信息检索系统中调用术语服务,用户需要通过用户界面与系统进行交互,从术语服务返回的推荐词汇中选择合适的词汇用于检索,这使得普通的信息检索系统在申请术语服务后成为交互式检索系统。有用性(Usefulness)和可用性(Usability)是分析和测评交互式信息系统虽不相同却又紧密相关的两个方面^[15]。前者侧重于用户与系统返回内容的交互,而后者则更关注用户与系统特征的交互^[15]。通过对应用术语服务的信息检索系统的有用性和可用性进行评估,可了解术语服务在何种程度上能够提高信息检索系统的性能,以及以何种方式应用术语服务能够获得更好的用户体验。

本文的研究重点是术语服务的构建与应用。在构建研究中,以《汉语主题词表》为来源词表,探索如何采用语义网技术和 REST Web 服务架构构建术语服务,同时提供注册词表自动验证功能以保证提供服务的词表的质量。在应用研究中,一方面,对术语服务在信息检索系统中的有用性进行定量测评;另一方面,对术语服务应用于信息检索系统的不同方式进行可用性研究,以发现用户满意度较高、易于操作的术语服务应用方式。

1 相关文献综述

国外代表性术语服务系统主要有四个:一

个是FAO^①针对AGROVOC多语言农业词表提供了18个基于SOAP协议的术语服务^[10];一个是OCLC^②在2004至2008年间基于LCSH^③等10个受控词表所开发的一个实验型术语服务系统^[11];第三个是美国国立医学图书馆于2012年基于UMLS^④和其他术语资源构建的一个术语服务系统^[12];最后一个是美国自然科学数字图书馆研究项目于2005年构建的一个大型词表与元数据注册系统(Open Metadata Registry,简称OMR)^[13]。除了上述实际运行的系统,在一些相关研究项目中也涉及了术语服务的研究与开发。由英国斯特斯克莱德大学数字图书馆研究中心和爱丁堡大学国家学术数据中心开展的系列研究项目HILT(High-level Thesaurus, 2007—2009),其第四阶段的主要任务就是术语服务,采用SOAP协议和SRU/SRW^⑤协议实现了七个用于术语检索的术语服务^[6]。由英国格拉摩根大学、英国文物委员会和丹麦图书情报学皇家学院合作研究的STAR(Semantic Technologies for Archaeological Resources, 2007—2010)项目中,基于有关英国遗产的叙词表和术语表实现了七个术语服务^[7]。在美国亚历山大数字图书馆(Alexandria Digital Library, ADL)项目中,开发了访问分布式地名表和叙词表资源的两个协议(截至2009),其中ADL地名表协议提供了三个基于SOAP协议的术语服务,实现对地名表属性和地名表中地名的查询^[8],而ADL叙词表协议则提供了五个SOAP术语服务,用于实现对叙词表内容的查询与浏览^[9]。

较早期的术语服务一般采用传统的XML或关系型数据库格式表示并存储词表内容,如OCLC、ADL、HILT和UMLS。随着词表语义化表

示语言SKOS的出现与发展,术语服务基本上都采用SKOS/RDF作为词表的表示格式,采用RDF三元组存储器进行存储,采用SPARQL查询访问RDF词表数据,如AGROVOC、OMR、STAR。即使是底层不支持SKOS格式的系统,也提供了检索结果的SKOS格式输出,如OCLC和HILT。

除UMLS同时采用SOAP和REST两种Web服务架构模式外,较早期的术语服务多采用SOAP模式,如HILT、STAR和ADL,但后期的术语服务则多采用了REST模式,如OCLC和OMR,这与Web服务开发中越来越多地采用REST架构的情况相一致。此外,OCLC和HILT由于采用关系型数据库格式存储词表,因此采用SRU/SRW协议支持异构数据间的互操作,其中,SRW采用SOAP模式,而SRU则采用REST模式。

上述系统与项目所开发的主要术语服务可概括为七种,包括:获取语义相关的概念,查询术语信息,获取词表中的概念,术语扩展,获取词表的元数据信息,通过URI标识符获取概念,获取词表中的概念体系。除了FAO术语服务是专为AGROVOC一个词表开发的,其他服务都是面向任何词表或者某一类型的多个词表,这也是术语服务系统的主流做法,因为支持的词表数量越多,术语服务的功能就会越强大。

国内的术语服务研究总体来说理论探讨较多而实践研究较少。2007年,司莉等人最先将术语服务这一概念引入国内,对OCLC术语服务进行介绍^[16]。2011年,欧石燕提出了一个基于SOA(Service Oriented Architecture)的术语注册与术语服务架构^[17]。此外,范炜^[18]、宋培

① FAO(Food & Agriculture Organization)指联合国粮农组织。

② OCLC(Online Computer Library Center),即联机计算机图书馆中心,是全球最大的提供计算机图书馆服务的非营利性会员制组织。

③ LCSH(Library of Congress Subject Heading)指美国国会图书馆标题词表。

④ UMLS(Unified Medical Language System)指医学一体化语言系统。

⑤ SRU/SRW是一对针对Web的信息检索协议,用于查询网络上的索引或数据库并返回检索结果,它们利用Web服务的架构实现了Z39.50的一些基本服务。

彦^[19]、常春^[20]等人也对术语服务进行理论探讨。国内比较有代表性的术语服务实践研究有以下几项。2008年,史新等人面向关系型数据库格式的《汉语主题词表》构建了一套基于SOAP服务的汉语科技词系统^[21]。2012年,徐雷和董慧以OWL格式表示的NCI癌症叙词表^①为例,采用NoSQL图形数据库Neo4j为存储平台,以描述性图形查询语言CQL为检索语言,构建了一个REST架构的术语注册与术语服务平台^[22]。同年,范炜和邹庆以SKOS格式表示的《中国分类主题词表》为例,采用三元组存储器Jena TDB、SPARQL查询终端Jena Joseki和Python Web应用框架CherryPy构建了REST架构的术语服务^[23]。可以看出,国内采用语义网技术和REST架构构建术语服务的实践还较少,更没有实际系统问世,这和国外相比还有一定差距。

纵观国内外相关研究,只有OCLC和HILT对术语服务的应用进行了探索,其他研究对此都没有涉及。OCLC术语服务被应用于美国印第安纳大学数字图书馆项目中,提供查询词扩展功能^[11]。HILT术语服务的客户端应用则包括Intute^②、SCONE^③和The Depot at EDINA^④,这些系统展示了术语服务在实际应用中的功能与作用^[6]。但是,OCLC和HILT也只是对术语服务的应用场景进行展示,缺少相应的用户研究。交互式信息检索系统的用户研究一直是一个热门话题,有大量研究对数字图书馆、搜索引擎等信息检索系统的有用性或(与)可用性进行测评^[24-26],但是应用术语服务的信息检索系统的有用性与可用性研究还处于一片空白,该类研究对于发现术语服务在信息检索中的最佳应用方式具有重要意义。

2 术语服务的构建

词表表示格式是构建术语服务系统的前提与基础,支持什么样的词表格式决定了系统需采用的存储与检索策略。鉴于SKOS格式已经成为当前词表数字化表示的主流格式,在本研究中,我们以SKOS语言表示的《汉语主题词表》为来源词表,在后台采用语义网存储与检索技术构建术语服务。所构建的术语服务系统整体架构如图1所示,分为术语注册与术语服务两大部分。

在该系统中,术语注册的功能主要是为术语服务提供权威的、持续更新的词表来源,因此主要包含词表元数据注册、词表文档上载和词表验证三部分,没有提供术语在线编辑、版本跟踪等词表编辑与管理功能。词表元数据注册是对系统提交词表元数据信息,供用户查找词表并了解词表信息。词表文档上载是将SKOS/RDF语义化格式的词表文档上载到系统中,进行集中控制的存储和统一管理。为了保证上载词表的正确性与合法性,需要对词表文档进行验证,只有通过验证的词表才能被提交到系统的RDF三元组存储器中。词表验证分为三个层次:①RDF句法验证,即验证词表文档是否符合RDF/XML序列化格式的句法规则;②SKOS标签验证,即验证词表文档中使用的标签词汇是否是在SKOS模型(含SKOS扩展模型)中定义过的词汇;③SKOS完整性验证,即验证词表数据是否与SKOS模型(含SKOS扩展模型)相一致。此外,为了保证提供服务的词表的时效性,系统允许所提交的新版本词表文档覆盖旧版本文档。

① 美国国家癌症中心发布的基于描述逻辑的癌症叙词表。

② Intute,英国一个社会科学信息门户网站。

③ SCONE,一个提供英国苏格兰地区图书馆、博物馆和档案馆馆藏描述和搜索服务的网站。

④ The Depot at EDINA,英国爱丁堡大学EDINA数字技术和在线服务交付中心的一个项目,提供对英国科研人员的学术论文和其他成果的免费在线收藏与存储。

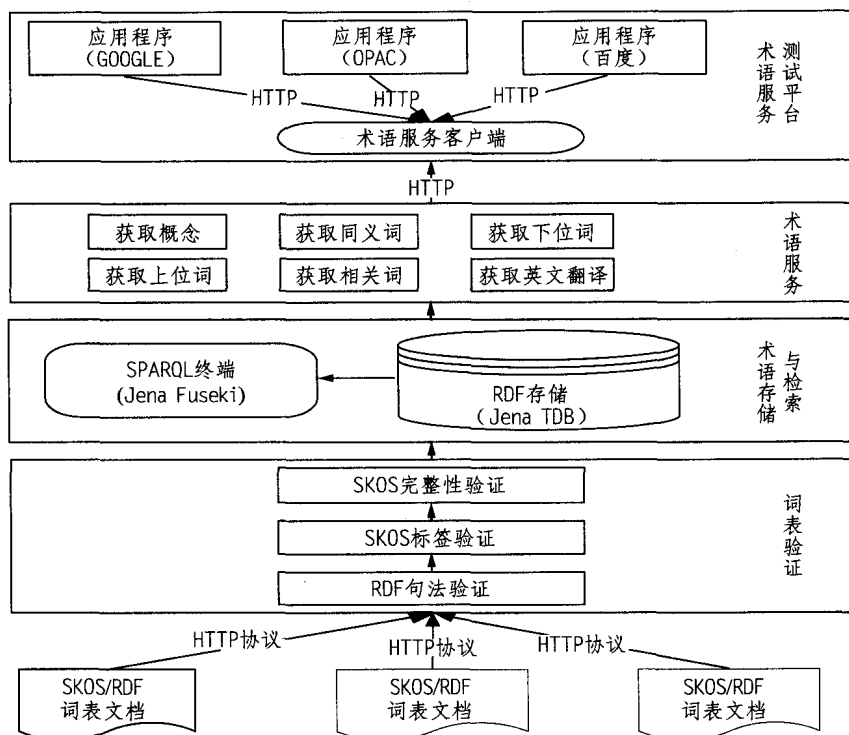


图1 基于语义网技术的 REST 术语服务架构图

术语服务的本质是 Web 服务。目前 Web 服务的架构方式主要有两种:基于 SOAP 的 Web 服务和基于 REST 的 Web 服务,两者各有优缺点。SOAP 是比较成熟的 Web 服务架构方式,有一套完整的协议,适用于面向事务的应用,安全性高,而且厂家支持也更好,但由于其实现方式复杂,不利于快速实现,造成效率低下。REST 则是一种轻量级的架构方式,其实现和操作比 SOAP 更为简洁,适用于面向资源的应用,非常适合对于效率要求很高但对于安全要求不高的场景。在本研究中,我们选择 REST 架构来实现术语服务。一方面,术语服务本身就是一种资源提供行为,主要提供查询功能,这与 REST 相契合;另一方面,在基于 REST 的 Web 服务中,一个 URI 对应着一个资源,这与 RDF 的基本原

理相契合。

本文重点对术语的存储与检索以及术语服务的构建进行详细介绍。有关传统叙词表语义化转换和词表自动验证的详细信息,请参见前期的研究成果^[27]。

2.1 术语存储与检索

上载的 SKOS/RDF 词表数据存储在 RDF 三元组存储器中。三元组存储器主要有三种类型:①基于关系型数据库的三元组存储,如 Jena SDB 和 Virtuoso;②天生的三元组存储,如 AllegroGraph、Jena TDB 和 Sesame;③非 SQL 数据库,如构建在 Cassandra^①之上的 CumulusRDF。基于关系型数据库的三元组存储依托成熟的关系型数据库管理系统,在处理并发和频繁数据更

① Apache Cassandra 是一个开源的分布式数据库管理系统,介于非 SQL 索引—值 (key-value) 数据库和传统的表格式数据库之间的混合物。

新等操作时具有优势,适于事务性存储,但需绑定一个关系型数据库,在安装使用时不是非常灵活方便。非 SQL 方式是一种有前途的存储方式,但目前该类产品大多数还不够成熟,处于研究探索阶段(近期出现了一款较成熟的图形数据库 Neo4j,在下一步工作中我们将探索使用该数据库存储词表数据)。因此,综合来看,天生的三元组存储器具有更多优势,安装灵活方便,速度快,可扩展性好,是当前主流的三元组存储系统。当前完全免费的天生三元组存储器主要有 Jena TDB 和 Sesame 两种。与 Sesame 存储相比,TDB 提供了更好的数据加载功能,面对大数据量时表现更好,而且可以和 Jena 开发工具很好地结合,而 Sesame 则在查询上表现更好,同时具备一定的推理功能。在术语服务中,需要处理大规模的词表数据,但对推理的要求并不高,因此我们选择 Jena TDB 作为 SKOS 词表数据的存储器,并选用 Jena Fuseki 作为 TDB 之上的 SPARQL 查询终端。之所以要选用 Fuseki,而不是直接通过代码来对 TDB 进行操作,是因为 Fuseki 提供了一个 REST 的 SPARQL 查询接口,可以将 RDF 数据的存储与查询分布在不同服务器中,同时可以屏蔽 TDB 底层的改动,而且具有

更好的并发支持。

2.2 术语服务

如果没有工具的支持,开发 REST Web 服务并不是一件容易的事情。在本研究中,我们采用 JAX-RS(Java API for RESTful Web Services)开发术语服务,这是一个面向 Java 编程语言的应用程序接口,属于 Java EE 6 的一部分,提供一组 API 以简化 REST Web 服务的开发。制定 JAX-RS 的提议始于 2007 年,1.0 版(又称 JSR 311)于 2008 年 10 月定稿,目前最新版本是 2013 年 5 月正式发布的 2.0 版(又称 JSR 339)。JAX-RS 的具体实现由第三方提供,如开源的 Web 服务框架 Apache CXF、Sun 公司的 Jersey 和 JBoss 的 RESTEasy 等^[28]。因为 Jersey 简单易学且更加直观,搭建和运行测试服务很容易,因此我们采用 Jersey 1.4 来构建术语服务,该版本支持 JAX-RS 1.1,服务器采用 Tomcat 7.0。根据对国外相关系统和项目进行调研分析得出的结论与建议^[14],并结合《汉语主题词表》的实际,我们选择构建六种基础性术语服务(见表 1),这些术语服务可以相互组合构成更复杂的术语服务。

表 1 本研究构建的基础性术语服务

序号	术语服务	功能	输入	输出
1	searchConceptByKeyword(String keyword) (搜索匹配概念)	查询与输入关键词相匹配的概念	文本字符串,如“照相机”	概念的 URI 标识符,首选标签、可选标签
2	getBroaderConcept(String keyword) (获取上位词)	获取输入术语的直接上位词	文本字符串,如“X 射线衍射照相机”	
3	getNarrowerConcept(String keyword) (获取下位词)	获取输入术语的直接下位词	文本字符串,如“照相机”	
4	getRelatedConcept(String keyword) (获取相关词)	获取输入术语的直接相关词	文本字符串,如“X 射线衍射照相机”	
5	getSynonym(String keyword) (获取同义词)	获取输入术语的同义词	文本字符串,如“X 射线测角仪”	同一语种的同义词(文本字符串)
6	getEnglishTranslation(String keyword) (获取英文翻译)	获取输入术语的英文翻译	文本字符串,如“X 射线测角仪”	对应的英文翻译(文本字符串)

图2所示是以“searchConceptByKeyword”服务为例采用 Jersey 实现术语服务的核心 Java 代码。首先,通过 Java 注释的方法定义一个术语服务资源类,如“TermServices”。其中,@Path 定义术语服务资源类的路径(即根 URI),如<http://host:port/rest/termservices>;@Produces 标注术语服务返回响应的 MIME 类型,如“application/json”;@Consumes 定义术语服务可接受请

求的 MIME 类型,如“text/plain”。在该资源类中,继续定义不同的术语服务方法,如“searchConceptByKeyword”。该方法的@Path 路径与根路径相结合形成子资源的路径,如<http://host:port/rest/termservices/searchConceptByKeyword>;@GET 表示该方法可响应 HTTP GET 方法。不同的术语服务方法采用不同的 SPARQL 查询通过 Fuseki 服务器端口获取词表中的相应信息。

```
@Path("termservices")
@Consumes("text/plain")
@Produces("application/json")
public class TermServices {
    /* TS1:查询与输入关键词相匹配的概念 */
    @Path("searchConceptByKeyword")
    @GET
    public Response searchConceptByKeyword(@QueryParam("searchString") String searchString, @QueryParam("format") String format, @QueryParam("searchMode") String searchMode) {
        String query = "..."; //SPARQL 查询语句
        query = String.format(query, searchString, searchString);
        Response rp = null;
        String service = "http://localhost:3030/data/query"; //提供 SPARQL 查询服务的服务器地址
        QueryExecution qex = QueryExecutionFactory.sparqlService(service, query); //执行查询
        ResultSet resultSet = qex.execSelect(); //查询结果集
        Map<String, String> m = new HashMap<>();
        QuerySolution qso;
        RDFNode lt;
        while(resultSet.hasNext()) { ... (略) } //依次读取查询结果集的结果
        String str+ = "<skos:Concept rdf:about=\"" + http://www.example.com/CT/Concept/prefLabel\">\n";
        Iterator<Map.Entry<String, String>> iter = m.entrySet().iterator();
        while (iter.hasNext()) {
            Map.Entry<String, String> entry = iter.next();
            str+ = "<skos:altLabelxml:lang=\"zh\">" + entry.getValue() + "</skos:altLabel>\n";
        }
        str+ = "</skos:Concept>";
        rp = Response.ok(str).header("Content-type", "application/rdf+xml").header("Access-Control-Allow-Origin", "*").build(); //构建返回客户端的数据
        return rp; //向客户端返回服务器响应
    }
}
```

图2 实现 REST 术语服务的核心代码

在客户端页面上使用 AJAX^① 请求访问不同域中的服务器端数据时,会出现跨域问题,跨域问题是由于 Javascript 语言安全限制中的同源策略造成的。为了允许不同域名下 AJAX 客户端调用 REST 术语服务,需要解决跨域操作问题。我们通过在服务器端修改 AJAX 客户端的响应代码来实现 RESTful 服务的跨域调用。Jersey 提供了 `javax.ws.rs.core.Response` 类来实现对 HTTP 响应数据 HEADER 各字段的修改。`Response` 类的 `ok` 方法创建了一个 `ResponseBuilder` 实例,通过 `ResponseBuilder` 对象的 `header` 方法修改 HEADER 参数。HEADER 的“Access-Control-Allow-Origin”字段控制着可访问的域名列表,将其值设置为“*”,则允许所有域名调用 REST 服务。HEADER 的“Content-type”字段控制返回的内容类型,将其设置为“application/rdf+xml”即以 RDF/XML 格式返回查询结果。最后利用 `build` 方法来创建 `Response` 实例,将包含有查询结果的数据返回给客户端。

2.3 术语服务客户端

我们开发了两种术语服务客户端:一种是 Web 页面客户端,直接提供术语服务的参数输入和结果显示;另一种是嵌入式客户端,将术语服务嵌入到应用系统中对特定应用提供词汇支持,譬如,嵌入到信息检索系统中对查询词进行扩展或精炼。

(1) Web 页面客户端

Web 页面客户端使用 JavaScript 及 HTML 技术开发,主要通过 AJAX 调用的方式实现 REST 术语服务的客户端应用。AJAX 是一种创建交互式网页应用的网页开发技术,通过在后台与服务器进行少量数据交换,使网页实现异步更新。在编程实现时,我们使用 JavaScript 脚本库 jQuery 来简化 JavaScript 编程,快速搭建术语服务接口的展示页面。jQuery 提供 `ajax([settings])` 方法通过 HTTP 请求加载远程数据,该方法是 jQuery 底层 AJAX 实现。图 3 为“searchConceptByKeyword”术语服务的 Web 页面客户端显示。

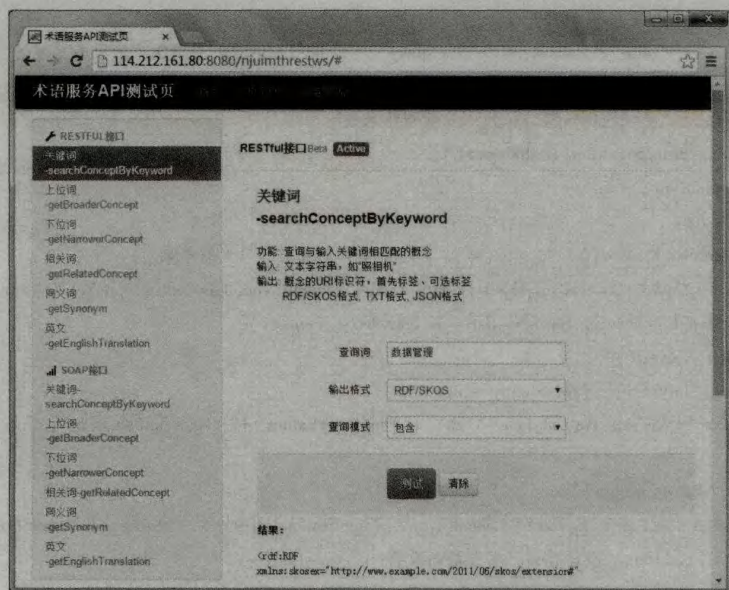


图 3 术语服务的 Web 页面客户端

① AJAX,即异步的 JavaScript 和 XML,是一种在无需重新加载整个网页的情况下,能够更新部分网页的技术。

(2) 嵌入式客户端

理论上,术语服务客户端可嵌入到任意应用系统(如数字图书馆系统、搜索引擎)内部实现对术语服务的调用。但实际上,直接修改这些系统需要得到开发者的支持,这对于第三方系统是很难实现的。因此,我们构建了一个术语服务测试平台,将术语服务的调用界面与信息检索系统的检索结果界面相集成,模拟在信息检索系统内部调用术语服务的过程,用于查看调用不同的术语服务对不同检索系统检索结果的影响。该测试平台的主页面被分为两个区:上半区为术语服务调用和选择界面,通过该

界面,用户输入检索词并调用术语服务获取该检索词在词表中的完整信息,然后从中选择不同的词汇对原检索词进行优化,譬如,利用同义词对其进行扩展(即用“逻辑或”连接原检索词及其同义词),利用下位词对其进行精炼(即用下位词替代原检索词)等,最后将新形成的检索式提交给特定的检索系统(如图书馆 OPAC 系统或百度搜索引擎);下半区为检索系统的检索结果界面,显示通过术语服务对原检索词进行修正后所形成的新检索式的检索结果。图 4 为通过测试平台将术语服务与图书馆 OPAC 系统进行集成的界面。



图 4 术语服务测试平台中术语服务与图书馆 OPAC 系统的集成

3 面向信息检索的术语服务有用性

从理论上讲,术语服务无疑对信息检索是有用的,能够提高信息检索系统的性能,譬如,通过术语服务对检索词进行同义词扩检应该能够提高检索结果的查全率。但是,术语服务到底能够在多大程度上提升检索结果一直没有得到定量测量。在本研究中,我们以图书馆 OPAC 系统和百度这两个信息检索系统为测试对象,以《汉语主题词表》为术语服务的来源词表,定

量测试“获取同义词”这一术语服务对信息检索结果的影响,通过比较使用术语服务与否的检索结果来证明术语服务对信息检索的有用性。之所以选择该术语服务进行测试,是因为在信息检索中利用同义词对检索词进行扩展是一种非常普遍的做法,而其他术语服务如何使用则更多地依赖用户各自的选择,个体差异比较大。

3.1 实验设置

我们在《汉语主题词表》中选择 30 个术语进行检索实验,这些术语有些是叙词,有些是非

叙词,每个术语都有一个或多个同义词。检索实验进行两轮:第一轮采用每个术语作为检索词,对两个信息检索系统分别进行查询实验;第二轮利用“获取同义词”术语服务得到每个术语的同义词,然后以逻辑“或”将每个术语及其同义词连接起来形成新检索式进行查询实验。检索结果以查全率(Precision)、查准率(Recall)和F值测量,但对于封闭的机构检索系统和开放的搜索引擎,查全率和查准率的计算有所不同。

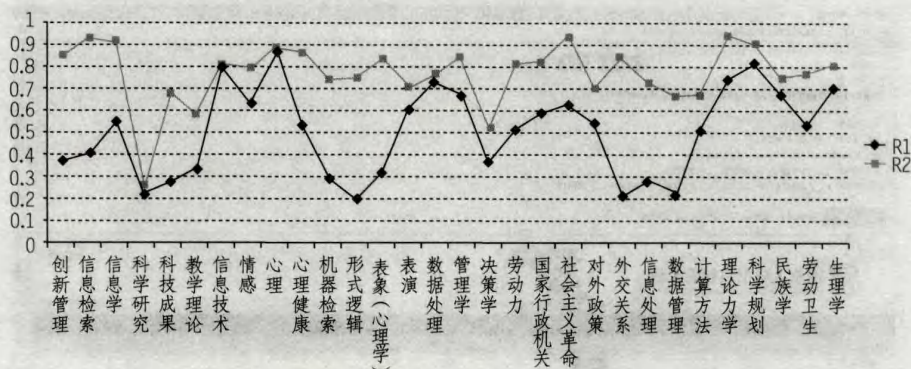
3.2 实验结果

针对图书馆 OPAC 系统和百度搜索引擎,

检索实验的结果及其分析详述如下。

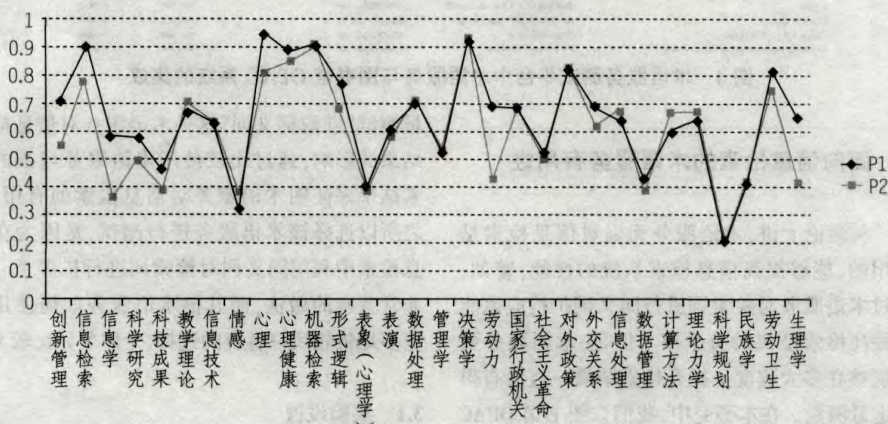
(1) 图书馆 OPAC 系统测试结果

对于 OPAC 系统,检索到的文档总数和相关文档数都是有限的,因此很容易精确计算出查准率的值;但是文献集中相关文档总数无法直接确定,无法精确计算查全率的值。我们的解决方法是,首先获得每个检索词所对应的中图分类号,然后在 OPAC 系统中根据分类号浏览所有相关文档,从而获得相关文档总数。针对 OPAC 系统,两轮检索实验的查全率和查准率结果分别如图 5 和图 6 所示。



注: R1为未使用术语服务的查全率, R2为使用术语服务的查全率

图5 图书馆 OPAC 系统使用“获取同义词”术语服务前后查全率对比图



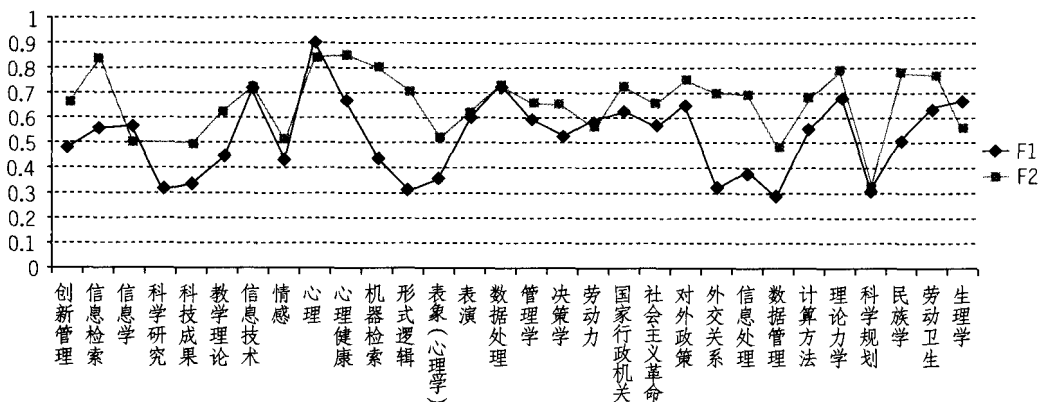
注: P1为未使用术语服务的查准率, P2为使用术语服务的查准率

图6 图书馆 OPAC 系统使用“获取同义词”术语服务前后查准率对比图

如图5所示,所有查询使用术语服务后的查全率全部有所提高,第一轮检索的平均查全率为50.3%,第二轮检索的平均查全率为77%,增长了26.7个百分点,说明使用“获取同义词”术语服务对检索词进行扩展能够显著提高检索结果的全面性。如图6所示,第一轮检索的平均查准率是64.4%,第二轮检索的平均值是59.8%,平均查准率降低了4.6个百分点。相较于所有查询查全率的一致性提高,查准率的变化则具有差异性。只有1/3的查询在使用术语服务后查准率有所提高,而其余2/3的查询在使用了术语服务后查准率反而有所下降。但无论

增加还是减少,查准率的变化幅度都并不大,只在小范围内上下波动。我们通过分析发现,查准率变化的差异性是因为:通过术语服务对检索词扩展使得检索结果中相关文档数量增多,但同时检索到的文档总数也在增多,两者增加的幅度大小决定了最终查准率的变化情况。

查全率与查准率作为衡量检索结果的指标,是相辅相成的,也是相互制约的,对两者分别做判断并不能全面反映信息检索系统的性能变化。因此,我们采用F值对两者进行综合测评,结果如图7所示。



注: F1为未使用术语服务的值, F2为使用术语服务的值

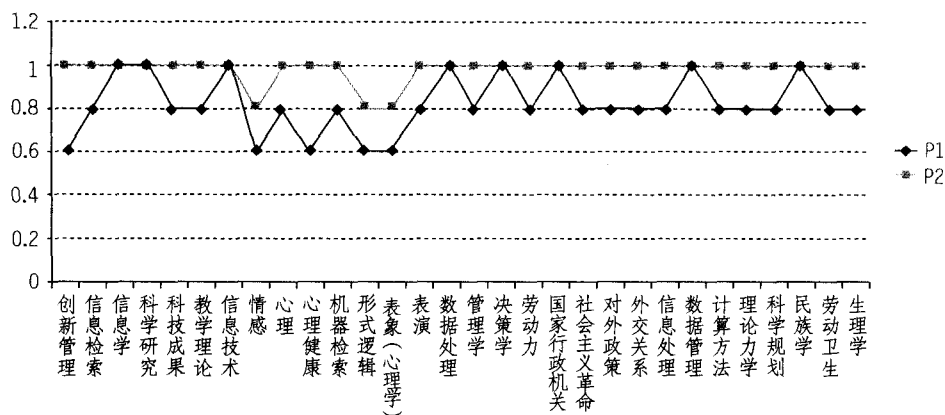
图7 图书馆 OPAC 系统使用“获取同义词”术语服务前后 F 值对比图

如图7所示,在30个查询中,26个查询的F值在使用术语服务后有所提高,只有4个查询的F值稍有降低。第一轮检索的F值平均值是52.6%,第二轮是65.6%,提高了13个百分点。因此,从整体上说,使用术语服务对检索词进行同义词扩展后,使图书馆 OPAC 系统的检索性能有了较大提高。

(2) 百度测试结果

对于搜索引擎,因为 Web 文档集合是无限的,几乎无法精确计算出查全率,而且这个指标对搜索引擎也并不重要,因此通常只采用查

准率来衡量其检索性能。搜索引擎的检索结果是按照相关性降序排列的,因此查准率通常用前N条检索结果中相关文档的比率来计算,记为 $P@N$,通常N取5或10,在本实验中,我们测试 $P@5$ 的值,如图8所示。从该图可以看出,第一轮检索 $P@5$ 的平均值是82%,第二轮检索的平均值是98%,查准率提高了16个百分点,说明在使用“获取同义词”术语服务后,在搜索引擎返回的高排序结果中含有更多的相关文档。



注: P1为未使用术语服务的P@5值, P2为使用术语服务的P@5值

图8 百度使用“获取同义词”术语服务前后查准率 P@5 值对比图

4 面向信息检索的术语服务可用性

根据 ISO 9241-11 标准的定义,可用性(Usability)是指“特定用户在特定使用环境下使用产品达到特定目标时,产品所具有的有效性、效率和用户主观满意度”^[29]。可用性是交互式信息检索系统的一个重要质量属性,用于评估检索系统的界面是否易于使用、易于学习和是否有帮助^[30]。术语服务的使用在很大程度上需要依赖用户与信息检索系统的交互,以何种方式将术语服务应用到信息检索系统中,使用户既能从术语服务中获得最大益处,又能使操作简单方便,是一个值得研究的问题。在本研究中,我们设计了四种在信息检索系统用户界面中使用术语服务的方式,并对这四种方式进行可用性评估。

4.1 术语服务应用方式设计

通过文献调研,叙词表在数据库或信息检索系统中被利用的方式可大致归纳为:规范用户输入的检索词、推荐相关检索词、利用上位词或下位词对用户输入的检索词进行扩检、浏览词表内容供用户选择合适的词汇进行检索等^[1]。此外,我们还对用户希望在信息检索系

统中获得的词汇帮助进行调研分析。在此基础上,设计了以下四种在信息检索系统中使用术语服务的方式。

第一种是复选扩检式:如图9所示,该方式的目的是对用户输入的检索词进行扩展。用户可从术语服务返回的上位词、下位词、相关词、同义词或英文翻译中勾选一个或多个词汇对原检索词进行扩展。为使用户操作方便,该方式还提供了快捷的“全选”按钮,用户可一次勾选某种类别的所有词汇(如所有相关词),然后系统自动采用“逻辑或”将原检索词与所勾选的词汇进行组合形成新检索式。为了帮助用户了解其选择所带来的影响,用户的勾选或解选操作会第一时间清晰地反映在界面下方的“当前检索式”上。

第二种是单选替换式:如图10所示,该方式的目的是对用户输入的检索词进行替换。用户可从术语服务返回的上位词、下位词、相关词、同义词或英文翻译中选择某一词汇替换原有的检索词,譬如,用上位词替换原检索词扩大检索范围,用下位词替换原检索词缩小检索范围。为了减少用户操作的冗余,该方式将用户选择词汇和执行检索两步合并在一起,用户单击某个词汇后系统直接用该词汇替代原检索词进行检索。

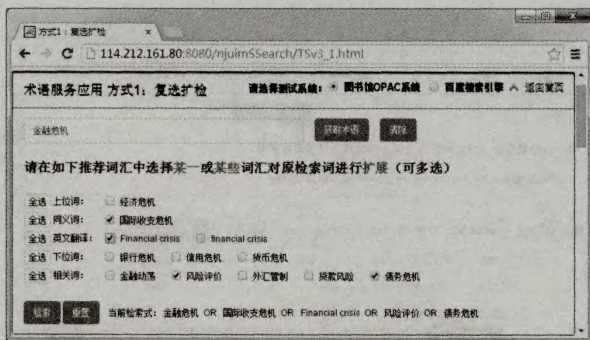


图9 术语服务应用方式1:复选扩检式

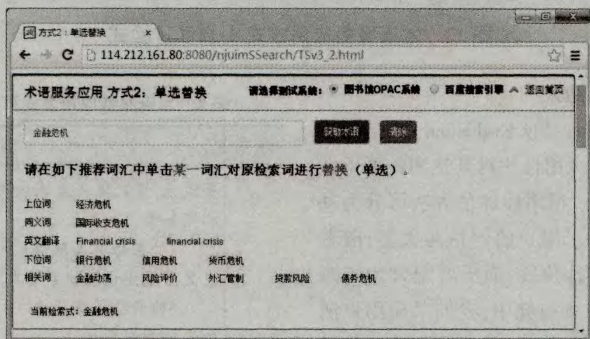


图10 术语服务应用方式2:单选替换式

第三种是混合式:如图11所示,该方式的目的是对用户输入的检索词进行扩检或替换,是第一和第二两种方式的混合。用户可从术语服务返回的上位词、下位词、相关词、同义词或英文翻译中勾选一个或多个词汇对原检索词进行扩展,或者直接点击某个词汇对原检索词进行替换。

第四种是自动扩检式:如图12所示,该方式的目的是自动采用术语服务返回的同义词和英文翻译对用户输入的检索词进行扩检。用户无需手动选择,系统自动采用“逻辑或”连接原检索词及其同义词和英文翻译形成新检索式并执行检索。

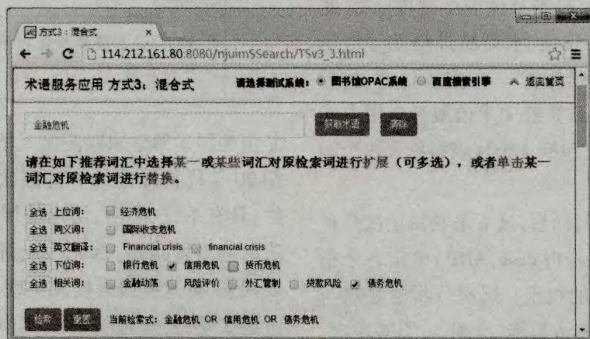


图11 术语服务应用方式3:混合式



图 12 术语服务应用方式 4:自动扩检式

4.2 可用性评估及结果

可用性评估(Usability Evaluation)是指描述和测量信息系统的可用性并对其达到的可用性水平进行量化表示。可用性评估方法可分为基于专家的评估和基于用户的评估两大类,前者主要用于产品的设计阶段,而后者则常用于测试最终产品^[31]。在本研究中,我们采用用户测评法对四种术语服务应用方式的可用性进行评估,以期找到可用性最佳的应用方式。

(1) 可用性评估指标及其权重

从 ISO 对可用性的定义可以看出,有效性(Effectiveness)、效率(Efficiency)和用户满意度(User Satisfaction)是可用性最主要的三个评估维度^[29]。人机交互专家 Nielsen 从用户操作心理出发,将可用性划分为易学习性、交互效率、易记性、出错率和用户满意度五个维度^[32]。此外,易用性、界面美观性、术语易理解性等也是常用的可用性评估指标^[15]。在此基础上,我们设计了针对信息检索系统中术语服务应用方式的可用性评估指标,包括 4 个顶级指标和 5 个次级指标,如表 2 所示。

在确定了评估指标后,接下来利用层次分析法(Analytic Hierarchy Process, AHP)确定各个指标在可用性评估中的权重。层次分析法是将与决策有关的元素分解成目标、准则、方案等层次,在此基础上进行定性和定量分析的决策方法,

表 2 术语服务应用方式可用性评估指标

序号	可用性评估指标
1	<p>有效性:用户使用系统达到特定目标的精确度和完备性</p> <p>-检索需求反映度:系统是否能够帮助用户更好地描述其检索需求</p> <p>-检索结果提升度:系统是否有助于最终检索结果的提升</p> <p>-词汇选择自由度:用户对系统提供的推荐词汇进行选择时的自由度</p>
2	<p>效率:用户使用系统完成任务所消耗的资源</p> <p>-操作时间:用户优化检索词所需的时间</p> <p>-点击次数:用户优化检索词所需的鼠标点击次数</p>
3	<p>用户满意度:用户在使用系统过程中的主观感知体验</p>
4	<p>易学习性:系统的操作和使用是否容易被用户学习和掌握</p>

是由美国运筹学家匹茨堡大学教授萨蒂于 20 世纪 70 年代初提出的一种层次权重决策分析方法,具有系统、灵活、简洁的优点^[33]。层次分析法的基本思路是:首先找出解决问题涉及的主要因素,将这些因素按其关联、隶属关系构成递阶层次模型,通过将各层次中各因素两两比较的方式确定诸因素的相对重要性,然后进行综

合判断,确定评价对象相对重要性的总排序。 阶层次结构如图 13 所示。
针对“术语服务应用方式选择”这一目标,其递

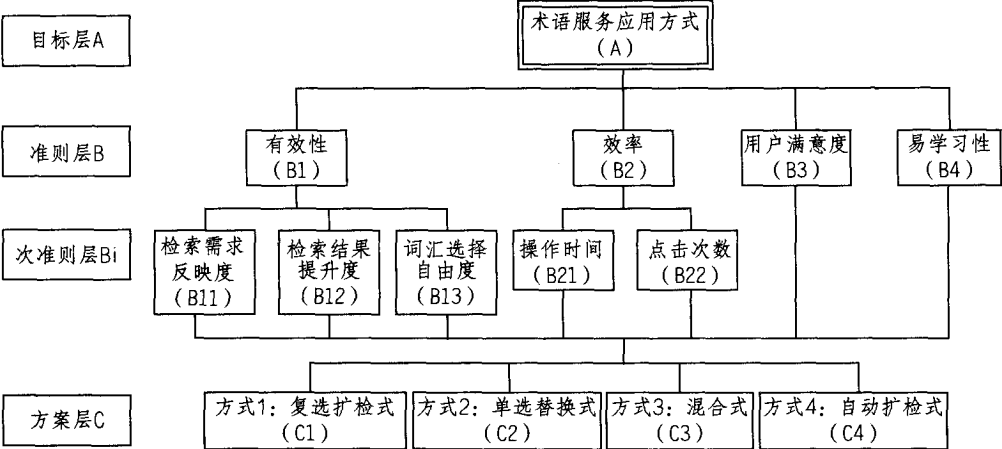


图 13 针对术语服务应用方式选择的递阶层次结构示意图

根据递阶层次结构很容易构建每级准则 (即指标)的判断矩阵,对指标的相对重要性进行两两比较。采用专家评审法来对判断矩阵打分,分值采用表 3 所示的 1 至 9 级重要性标度。Nielsen 认为在专家评审法中,5 个评审人员即可发现 75%的可用性问题^[32]。因此,我们选择了 5 名专家让其分别打分,而后对他们的评分平均后再四舍五入取整,得到各级指标最终的重要性判断矩阵,见表 4—表 6。层次分析法中有多种计算指标权值的方法,如和法、特征根法、几何平均法、最小二乘法等,计算结果相差并不大^[34]。这里采用特征根法进行计算,计算出的各指标权值同样见表 4—表 6。在计算权值的过程中对判断矩阵的一致性也进行了检验,其一致性比例均小于 0.1,符合要求。根据权值计算结果,得到了表 7 所示的可用性评估指标体系。在这 7 个指标中,除操作时间和点击次数外,其余 5 个指标均直接采用李克特 5 点量表进行主观判定。但在后续计算总得分时,为使所有指标度量一致,对操作时间和点击次数的观测值需进行离散化处理,也转换为李克特 5 点量表度量。

表 3 重要性标度含义表

标度	1	3	5	7	9	2,4,6,8
重要性比较	同等重要	稍重要	明显重要	强烈重要	极端重要	上述判断的中间值

注:若元素 i 与元素 j 的重要性之比是 a_{ij} ,则元素 j 与元素 i 的重要性之比是 $a_{ji} = 1/a_{ij}$

表 4 顶级指标的重要性判断矩阵

A	B1	B2	B3	B4	权值(%)
B1	1	2	1/2	2	26.3
B2	1/2	1	1/3	1	14.1
B3	2	3	1	3	45.5
B4	1/2	1	1/3	1	14.1

注:一致性比例 $CR=0.4\%<0.1$

表 5 “有效性”指标的重要性判断矩阵

B1	B11	B12	B13	权值(%)
B11	1	1	1/2	25
B12	1	1	1/2	25
B13	2	2	1	50

注:一致性比例 $CR=0.0\%<0.1$

表 6 “效率”指标的重要性判断矩阵

B2	B21	B22	权值(%)
B21	1	1/2	33.3
B22	2	1	66.7

注:一致性比例 $CR=0.0\%<0.1$

表7 信息检索系统中术语服务应用方式的可用性评估指标体系

顶级指标	次级指标	测度
B1. 有效性 (26.3%)	B11. 检索需求反映度(25%)	①不能够②较不能够③一般能够④较能够⑤能够
	B12. 检索结果提升度(25%)	①无提升②较无提升③一般提升④较有提升⑤有提升
	B13. 词汇选择自由度(50%)	①无自由度②较无自由度③一般自由度④较有自由度⑤有自由度
B2. 效率 (14.1%)	B21. 操作时间(33.3%)	秒→①长②较长③一般④较短⑤短
	B22. 点击次数(66.7%)	次→①多②较多③一般④较少⑤少
B3. 用户满意度(45.5%)		①不满意②较不满意③一般满意④较满意⑤满意
B4. 易学习性(14.1%)		①不易学习②较不易学习③一般容易学习④较易学习⑤易学习

注:括号中的数值为每个指标的权值,顶级指标是全局权值,次级指标是本地权值

(2) 用户测评

测评选用的信息检索系统有两种,即图书馆 OPAC 系统和百度搜索引擎。用户为 24 名来自图书情报学科的研究生,对信息检索系统的操作与使用有着充分的经验。在测评中,这 24 名用户带着各自的检索需求分别使用以四种不同方式集成了术语服务的两种信息检索系统来完成检索任务,然后对使用过程中的各项指标和检索结果进行客观测量或主观判定。

在测评时,为了避免因检索系统和测评顺序不同而造成的测量偏差,我们精心设计了测评方案:针对四种术语服务应用方式的 24 种排

列顺序,每个用户采用一种顺序进行测评;针对两种检索系统,有一半用户优先测评 OPAC 系统,另一半则优先测评百度搜索引擎。通过这种均衡分布的测评顺序,可以从总体上平衡每个用户使用不同测评顺序而造成的不公平性。每种术语服务应用方式的总得分为各指标的加权总和,即:

$$\begin{aligned} \text{总得分} = & (B11 \times 25\% + B12 \times 25\% + B13 \times 50\%) \\ & \times 26.3\% + (B21 \times 33.3\% + B22 \times 66.7\%) \times 14.1\% + \\ & B3 \times 45.5\% + B4 \times 14.1\% \end{aligned}$$

表 8 所示为图书馆 OPAC 系统的测评结果,表 9 所示为百度搜索引擎的测评结果。

表8 图书馆 OPAC 中术语服务应用方式的可用性测评结果

测评指标		术语服务应用方式							
		复选扩检式		单选替换式		混合式		自动扩检式	
有效性	检索需求反映度	3.92	4.13	3.02	3.29	3.92	4.25	3.1	3.75
	检索结果提升度		4.13		3.04		3.83		3.50
	词汇选择自由度		3.71		2.88		3.79		2.58
效率	操作时间	4.38	3.88	4.13	3.46	4.13	3.54	5	5
	点击次数		4.63		4.46		4.42		5
用户满意度		4.04		2.92		3.88		3.42	
易学习性		4.21		3.96		4.04		4.33	
加权总分		4.08		3.30		3.95		3.69	

注:各指标的得分是 24 个用户评分的平均值,总得分是各指标得分的加权总和

用户测评结果表明,在图书馆 OPAC 系统和百度搜索引擎两个信息检索系统中,四种术语服务应用方式获得了基本一致的可用性测评结果,其可用性排序依次是:复选扩检式、混合

式、自动扩检式和单选替换式。在有效性上,复选扩检式和混合式要优于单选替换式和自动扩检式,因为在这两种方式中用户具有较大的词汇选择自由度,能够构建更好反映用户检索需

表 9 百度搜索引擎中术语服务应用方式的可用性测评结果

测评指标		术语服务应用方式							
		复选扩检式		单选替换式		混合式		自动扩检式	
有效性	检索需求反映度	4.04	4.22	3.15	3.38	3.85	4.22	3.03	3.38
	检索结果提升度		4.13		3.38		4.00		3.58
	词汇选择自由度		3.91		2.92		3.58		2.58
效率	操作时间	4.4	3.91	4.17	4.00	4.28	3.75	5	5
	点击次数		4.65		4.25		4.54		5
用户满意度		3.78		3.25		3.83		3.33	
易学习性		4.09		3.92		4.00		4.08	
加权总分		3.98		3.45		3.92		3.59	

注:各指标的得分是 24 个用户评分的平均值,总得分是各指标得分的加权总和

求的检索式,从而使检索结果有所提升;混合式的有效性(3.92,3.85)反而小于或等于复选扩检式(3.92,4.04),说明混合式中的检索词替换功能没有起到什么效果。在效率上,自动扩检式最优,因为无需用户做任何工作全由系统自动完成,复选扩检式次之,其他两种方式则差异不大。感到意外的是,在单选替换式的设计中,我们特意将词汇选择和执行检索合并在一起,其初衷是为了减少用户点击次数,提高操作效率,但结果表明这种做法实际上并没有起到多大作用。在权重最高的用户满意度上,复选扩检式和混合式要远远优于单选替换式和自动扩检式。在易学习性上,自动扩检式略大于或几乎等于复选扩检式,两者都远优于单选替换式和混合式,而单选替换式则是最不易学习的。总体看来,复选扩检式是最好的术语服务应用方式,在有效性、效率、用户满意度和易学习性上均获得了最优或次优的结果,综合有用性达到最佳水平;而单选替换式则是最失败的一种应用方式设计,既不有效,也不易学习,在效率上也没有提高多少。

5 结论与展望

本文首先对术语服务的构建方式进行研究,

采用语义网技术和 REST Web 服务架构,对术语服务系统中的两个主要模块,即术语存储与检索和术语服务构建,进行重点探索,然后以 SKOS/RDF 格式的《汉语主题词表》为来源词表,构建了六个基础性术语服务,即检索匹配概念,获取同义词,获取上位词,获取下位词,获取相关词和获取英文翻译。接下来,本文重点对术语服务在信息检索系统中的应用进行研究。一方面,以“获取同义词”服务为例,对该服务在图书馆 OPAC 系统和百度搜索引擎中的有用性进行测评,结果表明,采用这一服务使 OPAC 系统的 F 值提高 13 个百分点,使百度搜索引擎的 P@5 查准率提高 16 个百分点。另一方面,设计了四种术语服务在信息检索系统中的应用方式,并对它们的有用性进行了用户测评,结果表明,复选扩检式是可用性最佳的应用方式。上述研究进一步表明,术语服务是叙词表在信息检索系统中应用的一种理想方式,通过统一的叙词表维护和术语服务开发,可使叙词表在多个系统中被方便地调用,极大地促进了叙词表的广泛应用。

本研究中所构建的术语服务只是基于单一词表,而且服务的类型也比较简单。在下一步工作中,我们将进一步基于多个词表构建更加复杂的术语服务,并将其扩展到信息检索之外的更多应用。

参考文献

- [1] Shiri A, Revie C. Thesauri on the Web: current developments and trends[J]. Online Information Review, 2000, 24(4): 273-279.
- [2] UK data service discover[EB/OL]. [2015-07-30]. <http://discover.ukdataservice.ac.uk>.
- [3] ERIC[EB/OL]. [2015-07-30]. <http://eric.ed.gov>.
- [4] Golub K, Tudhope D. Terminology registry scoping study (TRSS): final report[R/OL]. UK: Joint Information Systems Committee (JISC), 2009 [2015-07-30]. <http://www.jisc.ac.uk/media/documents/programmes/shared-services/trss-report-final.pdf>.
- [5] Tudhope D, Koch T, Heery R. Terminology services and technology: JISC state of the art review[R/OL]. UK: Joint Information Systems Committee (JISC), 2006 [2015-07-30]. http://www.jisc.ac.uk/Terminology_Services_and_Technology_Review_Sep_06.
- [6] Nicholson D, McCulloch E, Joseph A. HILT phrase IV and embedding extension: final report[R/OL]. [2015-04-30]. <http://strathprints.strath.ac.uk/14046/1/strathprints014046.pdf>.
- [7] Binding C, Tudhope D. Terminology Web services[J/OL]. Knowledge Organization, 2010, 37(4): 287-298 [2015-06-20]. http://hypermedia.research.southwales.ac.uk/media/files/documents/2010-12-16/cbinding_dtudhope_KO_rev7.pdf.
- [8] Janee G, Hill Linda L. The ADL gazetteer protocol[EB/OL]. [2015-06-20]. <http://legacy.alexandria.ucsb.edu/~gjanee/gazetteer/specification.html>.
- [9] Janee G, Ikeda S, Hill Linda L. The ADL thesaurus protocol[EB/OL]. [2015-06-20]. <http://legacy.alexandria.ucsb.edu/thesaurus/protocol/specification.html>.
- [10] Lauser B, Sini M, Salokhe G, et al. Agrovoc Web services: improved, real-time access to an agricultural thesaurus[J]. Quarterly Bulletin of the International Association Agricultural Information Specialists, 2006, 51(2): 79-81.
- [11] Vizine-Goetz D. Terminology services[C/OL]. // Presentation for the 2008 Joint NKOS/CENDI Workshop "New Dimensions in Knowledge Organization Systems" [2015-05-05]. <http://www.oclc.org/content/dam/research/presentations/vizine-goetz/cendi-nkos-isko.ppt>.
- [12] UMLS terminology services[EB/OL]. [2015-07-30]. <https://uts.nlm.nih.gov/home.html>.
- [13] Phipps J, Hillmann D. The open metadata registry: an update[J/OL]. Bulletin of the American Society for Information Science and Technology, 2011, 37(4): 35-37. [2015-06-20]. http://www.asis.org/Bulletin/Apr-11/AprMay11_Phipps_Hillmann.pdf.
- [14] 欧石燕. 国外术语注册与术语服务综述[J]. 中国图书馆学报, 2014, 40(6): 109-125. (Ou Shiyen. A review of foreign terminology registries and terminology services[J]. Journal of Library Science in China, 2014, 40(6): 109-125.)
- [15] Tsakonas G, Papatheodorou C. Analysing and evaluating usefulness and usability in electronic information services[J]. Journal of Information Science, 2006, 32(5): 400-415.
- [16] 司莉, 徐丽晓, 吴钢, 等. OCLC 术语服务研究: 背景、进展与启示[J]. 中国图书馆学报, 2007, 33(1): 58-61. (Si Li, Xu Lixiao, Wu Gang, et al. Research of OCLC terminologies services: background, progress and inspiration[J]. Journal of Library Science in China, 2007, 33(1): 58-61.)
- [17] 欧石燕. 基于 SOA 架构的术语注册和服务系统设计与应用[J]. 中国图书馆学报, 2011, 37(5): 13-25. (Ou Shiyen. Design and application of SOA-based terminology registry and terminology services[J]. Journal of Library Science in China, 2011, 37(5): 13-25.)
- [18] 范炜. 受控词表的术语服务研究[J]. 图书情报工作, 2012, 56(14): 34-39. (Fan Wei. Terminology service for controlled vocabularies[J]. Library and Information Service, 2012, 56(14): 34-39.)
- [19] 宋培彦. 基于知识组织的术语服务体系研究[J]. 图书情报工作, 2012, 56(22): 6-11. (Song Peiyan. Framework of terminology services based on knowledge organization[J]. Library and Information Service, 2012, 56

- (22):6-11.)
- [20] 常春. 叙词表的术语服务方式研究[J]. 图书情报工作, 2012, 56(22): 12-15. (Chang Chun. Study of terminology services based on thesaurus[J]. Library and Information Service, 2012, 56(22): 12-15.)
- [21] 史新, 乔晓东, 张志平, 等. 汉语科技词系统的 Web 服务研究与实现[J]. 现代图书情报技术, 2008, 24(12): 37-42. (Shi Xin, Qiao Xiaodong, Zhang Zhiping, et al. Research and implementation of the Web service of Chinese technological vocabulary system[J]. New Technology of Library and Information Service, 2008, 24(12): 37-42.)
- [22] 徐雷, 董慧. 基于 REST 架构的术语注册与服务研究实现[J]. 现代图书情报技术, 2012(7/8): 59-65. (Xu Lei, Dong Hui. Terminology registries and terminology services research and implement based on REST[J]. New Technology of Library and Information Service, 2012(7/8): 59-65.)
- [23] 范炜, 邹庆. 《中国分类主题词表》的术语网络服务探索——以主题词规范数据为例[J]. 图书情报工作, 2012, 56(14): 40-48. (Fan Wei, Zou Qing. An exploratory study on terminology Web service of Chinese Classified Thesaurus—Taking subject authority data as an example[J]. Library and Information Service, 2012, 56(14): 40-48.)
- [24] Tsakonas G, Papatheodorou C. Exploring usefulness and usability in the evaluation of open access digital libraries[J]. Information Processing & Management, 2008, 44(3): 1234-1250.
- [25] Buchanan S, Salako A. Evaluating the usability and usefulness of a digital library[J]. Library Review, 2009, 58(9): 638-651.
- [26] Dudek D, Mastora A, Landoni M. Is Google the answer? A study into usability of search engines[J]. Library Review, 2007, 56(3): 224-233.
- [27] 欧石燕. 中文叙词表的语义化转换[J]. 图书情报工作, 2015, 59(16): 66-75. (Ou Shiyan. Semantic representation of Chinese thesauri[J]. Library and Information Service, 2015, 59(16): 66-75.)
- [28] Litte M. A comparison of JAX-RS implementations[EB/OL]. [2015-04-05]. <http://www.infoq.com/cn/news/2008/10/jaxrs-comparison>.
- [29] International Standards Office. ISO 9241-11:1998-ergonomic requirements for office work with visual display terminals(VDTs)—Part 11: guidance on usability[EB/OL]. [2015-10-30]. <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:16883:en>.
- [30] Kelly D. Methods for evaluating interactive information retrieval systems with users[J]. Foundations of Trends in Information Retrieval, 2009, 3(1/2): 1-224.
- [31] Roger B. Usability and usefulness evaluation: an experiment on the DTU Digital Library[D/OL]. Copenhagen: Royal School of Library and Information Science, 2011[2015-10-30]. http://pure.iva.dk/files/31040280/Usability_usefulness_evaluations_DTU_DL.pdf.
- [32] Nielsen J. Usability engineering[M]. Cambridge, MA: Academic Press, Inc., 1993.
- [33] Saaty T L. The Analytic Hierarchy Process[M]. New York: McGraw Hill International, 1980.
- [34] 高尚. 三种计算层次分析法中权值的方法[J]. 科学技术与工程, 2007, 7(20): 5204-5207. (Gao Shang. Three calculating weights methods in Analytic Hierarchy Process[J]. Science Technology and Engineering, 2007, 7(20): 5204-5207.)

欧石燕 南京大学信息管理学院教授, 博士生导师。江苏 南京 210023。

唐振贵 南京大学信息管理学院博士研究生。江苏 南京 210023。

苏翥斐 南京大学信息管理学院硕士研究生。江苏 南京 210023。

(收稿日期: 2015-11-30)