

CSPACE 知识分析与可视化功能扩展研究与实践*

吴志强 祝忠明 刘巍 王思丽

(中国科学院兰州文献情报中心 兰州 730030)

摘要: [目的]对 CSPACE 知识分析与可视化功能进行扩展, 实现将知识分析与可视化服务全面嵌入到用户的知识利用和知识创新过程中。 [应用背景] 知识分析与可视化是机构知识库研究和建设的重要发展方向, 对其功能进行扩展, 在知识传播和利用过程中, 可为用户提供更为优质的知识服务。 [方法] 重构知识分析与可视化功能框架; 升级 Solr 索引, 基于其支持 Sub Document 的特性, 对知识的关联存储结构进行优化; 设计并实现机构数据、项目数据、期刊数据规范与管理功能; 采用 Echarts 构建模块化、可灵活嵌入的可视化工具集, 提升知识分析与可视化基础服务能力。并基于用户的知识应用需求, 优化和重构知识分析与可视化功能。 [结果] 实现更细粒度的知识分析, 可灵活定制、随处可得图谱可视化和导出功能, 在 30 多家科研机构、高校进行部署和应用。受限于数据规范性问题, 所研发的学科分析功能没有投入实际应用。 [结论] 以用户需求为中心, 数据规范和关联为基础, 进行知识分析与可视化能力建设, 增强了机构知识库的知识服务属性, 可有效促进机构知识成果利用和知识创新。

关键词: 机构知识库 CSPACE 知识分析 可视化 功能扩展

分类号: G250

Research and Practice on the Extension of Knowledge Analysis and Visualization Function in CSPACE Institutional Repository

Wu Zhiqiang Zhu Zhongming Liu Wei Wang Sili

(Lanzhou Literature and Information Center of Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730030, China)

Abstract: [Objective] The paper aims to expand the function of knowledge analysis and visualization in CSPACE institutional repository, and realize the full integration of knowledge analysis and visualization services into the user's knowledge utilization and knowledge innovation process. [Context] The function of knowledge analysis and visualization is an important development direction of institutional repository research and construction. Expanded their functions could provide users with better quality knowledge services in the process of knowledge dissemination and utilization. [Methods] First, we rebuilt the knowledge analysis and visualization functional framework. Then, we upgrade Solr index and optimized the associated storage structure of knowledge based on Solr sub document. We design and implement organization data, project data, journal data specification and management functions, use Echarts to build a modular, flexible embedded visualization tool set, improved the basic service capabilities of knowledge analysis and visualization. Finally, we optimized and reconstructed the function of knowledge analysis and visualization based on user's knowledge application requirements. [Results] The extension of

*本文系中国科学院 2015 年西部青年学者 B 类项目“科研过程中非文本资源的语义化组织技术研究”(项目编号: Y6AX031001)和中国科学院兰州文献情报中心主任基金项目“支持情报协同工作的自动化引擎技术研究”(项目编号: Y8AJ012004)的研究成果之一。

knowledge analysis and visualization function which can provide users with more fine-grained knowledge analysis, flexible customization, ubiquitous map visualization and export functions in CSpace is realized, and deployed and applied in more than 30 scientific research institutions and universities. Limited by the data normative problem, the developed subject analysis function has not been put into practical use. **[Conclusions]** The ability building for knowledge analysis and visualization based on user needs enhances knowledge service attribute in institutional repository, and can effectively promote knowledge utilization and knowledge innovation.

Keywords : Institutional Repository CSpace Knowledge Analysis Visualization Functional Extension

1 引言

机构知识库(Institutional Repository, IR)是研究机构进行知识组织管理、传播和应用知识成果的基础知识设施,也是机构知识能力建设的重要机制^[1]。自 2002 年 SPARC (Scholarly Publishing and Academic Resources Coalition) 高级顾问 Crow 提出 IR 的概念以来^[2],机构知识库研究已经历近 20 年的发展,根据 OpenDOAR 平台的统计,截止到 2018 年 7 月,登记的机构知识库已经有 3 753 家^[3],IR 的发展目标也从最初的知识成果保存传播,向知识的重组、分析与增值服务方向转型^{[4][5]}。如何基于机构知识产出,提高机构知识库的知识服务能力,为用户提供更好的知识服务,成为机构知识库研究领域的一个重要方向。

机构知识库知识分析与可视化通过综合采用文献计量、数据挖掘、情报分析等技术和方法,从多个维度对机构已有知识进行关联重组、挖掘分析,揭示出隐含在数据背后的知识,并通过计算机可视化技术,将文本格式的分析结果转化为更为直观的图表形式展示给用户,可有效提高机构知识库的知识服务能力,已成为机构知识库研究和建设者的普遍共识与重要发展方向,如著名的机构知识库系统 DSpace-CRIS^[6],以 DSpace 为核心,提供灵活的数据交互模型,可方便地定义和构建不同实体之间的关联关系,并可为用户提供基于文献计量的知识分析与可视化的知识报告服务;中国科学院 CSpace4.0 机构知识库系统,可提供论文收录、发文量与被引频次排行、论文关键词共现、作者合作网络图谱等知识分析与可视化功能^[7];知先信息机构知识库在个人主页嵌入学术历程、作者合作网络、发表期刊等知识分析统计和可视化功能^[8];维普机构智库从学科概览、专家学者和机构院系三个方面提供基于机构知识成果的机构学科分析评价功能^[9]。

CSpace 是中国科学院兰州文献情报中心所研发的机构知识库平台,从 4.0 版本开始,就将知识分析与可视化的相关方法和技术集成到平台中,形成独具特色的知识服务能力,有效支撑了院内外用户的知识服务需求,但随着技术的发展和用户需求的变化,已有的知识分析与可视化知识服务能力已经不能满足用户的现实需求,为适应新的应用需求,需要对现有的知识分析与可视化功能进行重新规划、设计与实现。

针对这一问题,本文对机构知识库知识分析与可视化相关的研究进行梳理,基于当前存在的问题和用户的应用需求,重构 CSpace 知识分析与可视化功能框架,并对相关的关键技术进行研究和实现,优化并重构知识分析与可视化功能,进一步扩展 CSpace 机构知识库的知识服务能力。

2 相关研究

2.1 知识分析

机构知识库知识分析以用户的知识需求为中心,通过对机构内已有知识的关联分析和重新组织,实现知识创新和知识应用。其发展可以分为知识统计、知识关联与分析、知识计算与推理三个阶段。知识统计以基本的数学统计分析方法为基础,以揭示机构内知识产出情况为主要目标;知识关联与分析以文献计量、关联数据、数据挖掘、本体、情报分析等相关理论和技术为基础,以实现机构知识成果在多维度、全方位的揭示与应用为主要目标;知识计算与推理以语义网、深度神经网络、大数据分析、人工智能等方面的技术和方法为基础,以计算机可理解、可计算、可推理、可视化揭示知识为主要研究目标。

从国内外相关研究现状来看,机构知识库知识分析研究尚处于第二和第三阶段之间,但在更广泛的数字知识库平台研究领域,借助知识推理和信息技术,通过知识关联、融合,实现知识的语义化增强和应用已成为主要发展方向,如欧洲开放存取基础架构研究项目(Open Access Infrastructure Research for Europe, OpenAIRE)^[10],通过知识聚合和推理系统,推断条目专题、作者、资助来源等概念实体之间的关联关系,并进行持久化保存,可为用户提供更广泛的知识分析服务。

2.2 知识的可视化

研究表明,人类 80% 的信息是通过视觉获得的^[11]。知识的可视化以认知科学为基础,通过综合采用计算机图形化处理方法和技术,转变知识的表征方式,使所要表达的知识更为具体直观,使知识受众能够更方便明了地获得、理解和掌握知识。

知识可视化的方法和工具较多,按照应用方式,知识可视化可分为客户端模式和 Web 模式,如陈超美博士开发的 CiteSpace 计量分析软件^[12]、专注网络计量分析的 Pajek^[13]分析软件都属于客户端模式,在使用之前,需要根据数据导入格式,对数据进行规范化处理。基于 Web 的知识可视化,数据处理分析和可视化一般都由应用系统完成,机构知识库所提供的知识可视化服务即通过 Web 模式完成。Web 端知识可视化技术较多,如 JavaApplet、Flash、Silverlight 等,但随着技术的发展和移动端应用的增多,基于 JavaScript 的可视化成为发展的主流方向^[14],已涌现出很多优秀的网页端开源可视化开发类库,如百度的 Echarts, 淘宝可视化实验室开源的 datav.js, 谷歌提供的 google.map, 国外著名的 d3.js、highcharts.js 等,这些可视化类库所提供的可视化效果都较为丰富,一般都提供二次开发和功能定制接口,在应用过程中,可基于知识表达的需求,进行功能定制。

总的来看,机构知识库作为面向用户的知识服务平台,为了给用户提供稳定、可靠的知识服务功能,在知识分析功能实现中,一般所采用的方法和技术都相对较为成熟。在知识的可视化方面,面向 Web 应用的可视化技术较多,所提供的知识可视化表达方式非常丰富,在实际应用中,需根据知识表达的需求和用户的认知特征,进行恰当的选择。

3 CSpace 知识分析与可视化功能框架重构

CSpace4.0 从知识成果类型、知识主体产出/被引、关键词共现和作者合作网络 4 个方面实现基于机构知识成果的知识分析与可视化功能,扩展 CSpace 机构知识库的知识服务外延,初步达到应用目标,但也存在一些不足,如知识分析的维度偏少,用户可定制性弱,可视化样式和效果较少,无法全面嵌入到用户的知

识利用和知识创新过程等问题。针对这些问题，在 CSpace6.0 系统研发过程中，项目组对 CSpace 已有的知识分析与可视化功能进行重构，具体功能框架如图 1 所示。

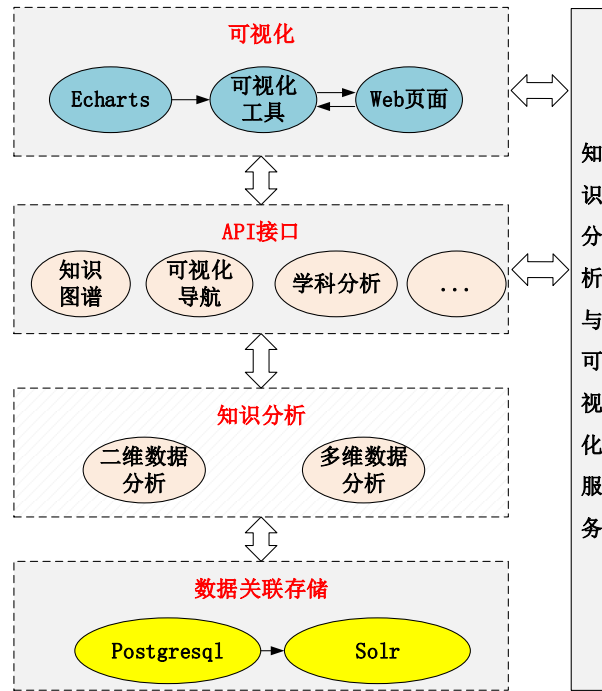


图 1 CSpace 知识分析与可视化功能框架

(1) 数据关联存储

机构知识库涉及人员、机构、成果、期刊、项目等实体，实体之间存在多种关联关系，既有显性关系，也有隐含关系，分散存储于关系数据库的多个表中。数据关联存储的目标是通过数据规范化处理，构建各实体之间的关联关系，并基于知识分析需求，采用恰当的方法存储这些关联关系，降低知识分析算法实现的复杂度，提高知识分析效率，为实现基于多层关联关系的知识分析功能提供数据结构基础。

(2) 知识分析

知识分析方法和算法多样，除了一些公共的分析方法外，针对不同的应用情景，也需要设计并实现一些专用的知识分析算法。知识分析层是知识分析算法的实现层，包括机构知识库涉及的所有知识分析算法的实现方法，可接收用户定制的分析条件和分析需求，通过知识计算分析生成 JSON 格式的分析结果，并返回给 API 接口层。

(3) API 接口

为便于知识分析算法的共享重用，并适应不同的应用场景需求，知识分析算法实现层和 Control 层是分开的。API 接口层即知识分析的 Control 层，负责接收 Page 页面传输到后台的知识分析参数和分析需求，构建知识分析算法所需要的传入参数，调用适当的知识分析算法，获取分析结果，并将分析结果返回到前台供可视化模块使用。

(4) 可视化

可视化模块包括基于 JavaScript 的可视化工具包和 Web 页面两部分，Web 页面具有知识分析定制项，用户可根据知识分析需求，定制分析条件。Web 页面通过 Ajax 方式与 API 层进行数据交互，向后台传输知识分析参数和需求，获得

JSON 格式的分析结果后调用可视化工具包中适当的可视化方法，在页面渲染生成可视化效果。

4 关键技术实现

机构知识库建设必须以用户需求为中心，在不断满足用户需求的过程中，才能得到不断发展的动力。CSpace4.0 系统部署应用后，围绕如何将知识分析与可视化功能全面嵌入到用户的知识利用和知识创新过程这一问题，项目组一直在寻求解决方案，随着 CSpace4.0 知识分析与可视化功能的广泛推广和应用，用户提出了很多富有建设性的意见，为进一步的功能扩展指明方向：更全面的知识分析；更灵活的知识分析定制；可视化的知识导航；更多样化的知识可视化展示；支持知识分析与可视化结果的多样化导出。针对这些关键的应用需求，CSpace6.0 基于重新构建的知识分析与可视化功能框架，通过底层数据存储结构调整、数据规范化与关联、可视化工具集的构建等方面的工作，形成了灵活、高效、模块化、可扩展的知识分析与可视化基础服务能力。

4.1 数据存储结构调整

CSpace 通过一定的数据映射机制^[15]，将关系数据库中的数据存储到 Solr 中，借助其高效的检索效率，为用户提供知识检索和统计分析服务。在 6.0 版本之前，CSpace 系统基于 Solr 的多核心机制，针对知识检索和分析统计，分别构建两个 Solr Core。根据系统配置，用于检索的 Core 只构建需要检索的字段索引，用于统计分析的 Core 存储的索引字段较全，两个 Core 使用的配置文件不同，构建的索引字段命名规则也不同，检索和统计分析分别调用不同的服务，不利于统一调用，同时随着数据量的增多，同时维护两套索引服务，对系统性能也存在一定影响，因此，CSpace6.0 对 Solr 索引服务进行重构，将 Solr1.4.1 版本升级到 4.10.2，同时将原来的索引和统计分析服务进行合并，规范索引字段匹配模式规则，主要的字段匹配模式如表 1 所示。

表 1 CSpace Solr 主要字段匹配模式

Schema 模式名称	存储	特性
*_text	否	分词，用于模糊检索
*_filter	是	不分词，可用于精确检索
*_sort	是	不分词，以小写格式存储，用于排序筛选
*_dt	是	存储日期型字段
*	是	无法匹配到的字段，默认采用此模式，字段不分词

Solr 版本升级后，借助新版本支持嵌套 Sub Document 的特性，对原来的 Solr 索引存储结构进行优化，解决了以往为防止 Solr 误检，将作者的多个属性拼接存储造成的检索分析效率低问题。拼接方式字段存储结构如下。

```
"0#@author#@unique_id@2msldstb-000842#@Wu, Zhiqiang#@sort_name@Wu, Zhiqiang#wu, zhiqiang#@author_type@第一作者#@"
```

Sub Document 存储结构如下。

```
{
  "search.resourcetype": 11,
  "search.resourceid": 7380,
  "handle": "2MSLDSTB/8436_author1",
  "originalName": [
```

```

    "Wu, Zhiqiang"
  ],
  "confirm_type": [
    "0"
  ],
  "author_type": [
    "1"
  ],
  "unique_id": [
    "2msldstb-000842"
  ],
  "sortname": [
    "Wu, Zhiqiang",
    "wu, zhiqiang"
  ]
}

```

4.2 数据规范化与关联

数据的规范化与关联程度决定了知识分析的准确性和可靠性，也是知识分析的基础，CSpace 通过别名管理和作品认领机制^[16]，规范作者姓名信息，建立知识成果和人员之间的关联关系，但由于对知识成果中的机构、项目、期刊信息缺乏规范，无法针对这些实体构建有效的关联关系，从而无法实现更多的知识分析服务。针对这一问题，CSpace6.0 分别实现机构数据规范功能、作品提交/修改时项目规范化提交程序、期刊数据管理等功能，有效增强机构知识库不同实体之间的关联关系，为 CSspace 知识分析与可视化功能扩展提供数据基础。

(1) 机构数据规范

机构名称存在中英文混用、别名等情况，如果机构信息不够规范，基于机构名称的知识分析所获得的结果是不准确的。机构数据规范主要用于规范知识成果中的作者单位信息，页面如图 2 所示。

The screenshot shows a web interface titled '机构数据规范' (Institution Data Normalization). It features a search bar and a table with the following columns: '序号' (Serial Number), '中文规范名称' (Chinese Standard Name), '英文规范名称' (English Standard Name), '别名' (Alias), '条目数' (Number of Entries), and '管理' (Management). The table lists three institutions: Amherst College, East China Normal University, and ShanghaiTech University. Below the table, it indicates '共 3920 条, 页中的第 1 - 10 条' (Total 3920 items, items 1-10 on this page) and provides a list of non-normalized institution names.

序号	中文规范名称	英文规范名称	别名	条目数	管理
10	艾默斯特学院	Amherst College	Elmhurst Coll 安顿学院 爱默斯特学院	2	✎ ✕
9	华东师范大学	East China Normal University	East China Normal ECNU East China Normal Univ	23	✎ ✕
8	上海科技大学	ShanghaiTech University	上科大 Shanghai Tech Univ ShanghaiTech Univ	1477	✎ ✕

共 3920 条, 页中的第 1 - 10 条

ShanghaiTech Univ, Sch Phys Sci & Technol, Shanghai 201210, Peoples R China
Korea Adv Inst Sci & Technol, Grad Sch EEWS, Taejeon 305701, South Korea

图 2 机构数据规范

页面上方是所有的规范数据，下方为未规范的机构数据。每个规范的机构数据只有唯一一个中文规范名称和英文规范名称，但可有多个别名，列表中的“条目数”代表规范的机构名称汇总不同名称所存缴的知识成果数量。页面也包括机构规范数据增加、修改和删除操作，修改页面如图 3 所示。

图3 机构规范数据修改

(2) 项目数据规范

机构知识库中项目信息主要通过创建内容类型为项目的条目进行存储管理，其他内容类型的知识成果中包含的项目信息主要是项目名称或编号，同一资助项目，由于填写方式不同，无法准确地和项目具体信息建立有效关联，也就无法实现基于项目经费、人员、资助机构等信息的知识分析服务。CSpace6.0 修改了知识成果提交/修改页面中项目信息的提交方式，将原来的填写方式改为选择方式，规范条目中包含的项目信息，在项目和知识成果之间建立有效的关联关系。

(3) 期刊数据管理

为方便在机构知识库中管理和统计期刊数据，CSpace 系统新增期刊数据管理功能，如图 4 所示，包含期刊名称、ISSN、期刊创建日期、影响因子、5 年影响因子、期刊类别、收录类别、JCR 分区、CAS 分区、自定义分区等信息。当用户提交/修改知识成果时，系统将会判断此成果中是否包含期刊 ISSN 号或期刊名称信息，自动构建知识成果和期刊之间的关联关系，并将这些信息存储到 Solr 索引中。

期刊名称	ISSN	年份	影响因子	5年影响因子	期刊类别	收录类别	JCR分区	CAS分区	自定义分区	操作
Biomedical Research	0970-930X	2016	0.219	0.36		SCIE	MEDICINE, RESEARCH & EXPERIMENTAL	医学-4	医学-4	编辑 删除

图4 期刊数据管理

4.3 可视化工具集构建

面向 Web 应用的可视化技术和插件较多，CSpace4.0 版本采用 Echarts2 作为主要的知识可视化插件，取得良好的应用效果，新版 Echarts^[17]集成更为丰富的可视化效果和 API 调用接口，针对 CSpace 机构知识库知识分析与可视化的需求，CSpace6.0 采用 Echarts3 可视化插件作为基础，将机构知识库知识分析与可视化常用的饼图、柱状图、条形图、雷达图、词云、关系图等图谱生成调用 API 的代码进行二次封装，进一步简化可视化 API 的调用方式，同时基于 Echarts 提供的 API 接口，对可视化方法进行扩展，实现图谱中可视化元素位置优化和效果增强，多种可视化效果的自由切换，图谱参数调整，图谱数据导出到 Excel, Word, PPT 等功能，形成可灵活方便调用的可视化工具集，为 CSpace 可视化的知识导航、知识分析与可视化功能全面嵌入到用户的知识利用和知识创新过程提供基础保障。

5 CSpace 知识分析与可视化功能扩展

5.1 功能扩展

CSpace 知识分析与可视化流程如图 1 所示，通过数据规范与关联增强、存储结构调整、可视化工具集的构建等工作，提升知识分析与可视化基础服务能力，为给用户提供更好的知识分析与可视化服务，项目组对 CSpace 原有的知识图谱模块进行重构，可为用户提供更细粒度的知识分析与可视化服务。新的知识图谱模块为用户提供更多的知识分析与可视化参数定制选项，如图 5 所示，知识图谱模块预设研究主题分布、研究合作网络、论文期刊分布、专利分析等 11 个子模块，同时为满足用户更多的知识分析需求，知识图谱模块也设置组合分析功能，可为用户提供更全面的定制化服务。

图 5 知识图谱组合分析

新的知识图谱模块也对原来的知识可视化效果进行升级和优化，根据所需要展示的知识类型特点，通过对 Echarts 提供的默认可视化图谱进行定制，丰富知识可视化效果，成果关键词共现图谱如图 6 所示，圆的大小代表关键词出现次数，线条代表关键词共现关系，鼠标悬停，可突出显示所选择的关键词共现关系。基于和旋图，通过设置不同的参数，分别展示作者合作关系、机构合作网络如图 7 和图 8 所示。

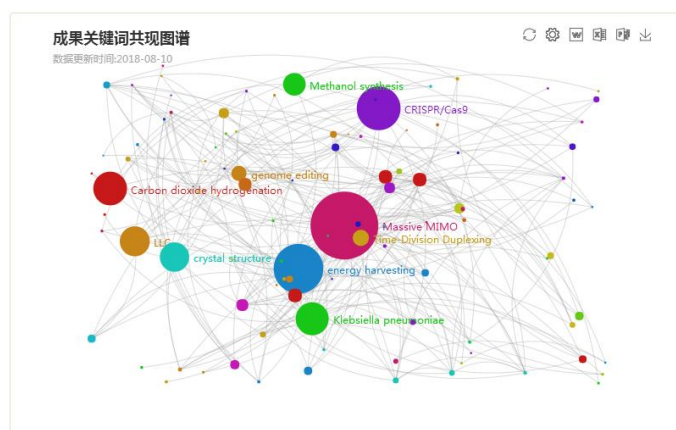


图 6 关键词共现图谱

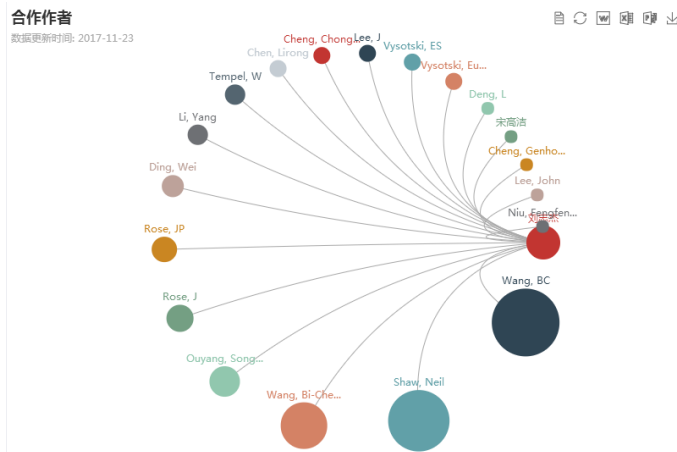


图 7 作者合作图谱

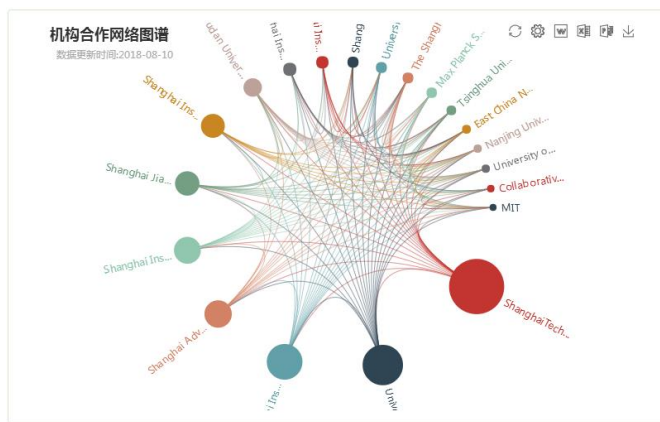


图 8 机构合作网络

知识图谱中的可视化元素如圆点、线条都设置点击属性，点击后可直接跳转到具体知识成果页面，如图 9 所示。在左侧导航的各分面名称后都设置图谱导航图标，点击后，将以弹框的方式弹出显示基于此分面的知识分析与可视化图谱，配合图谱中的超链接功能，基本实现可视化的知识导航服务，同时，基于模块化的知识分析与可视化框架，CSpace 初步实现将知识分析与可视化服务嵌入到用户的知识利用和知识创新过程这一目标。

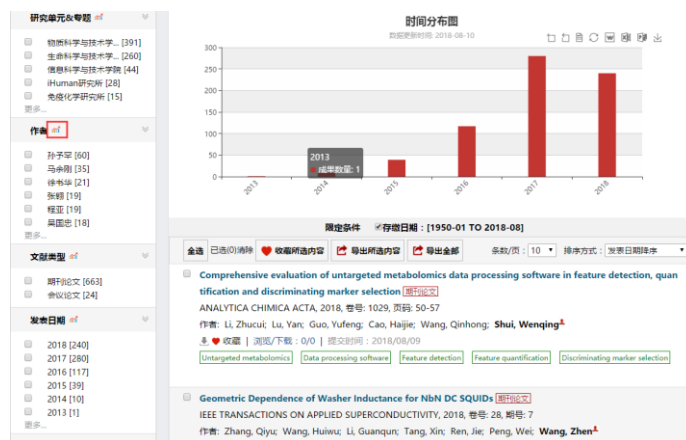


图 9 可视化导航

5.2 应用效果

CSPACE6.0 已在 30 多家科研院所、高校进行部署和应用,其细粒度的知识分析,可灵活定制、随处可得的图谱可视化功能,以及支持多种格式的图表导出功能,得到用户的广泛认可。在 CSPACE 知识分析与可视化功能扩展过程中,项目组也积极探索其他的知识分析与可视化服务方式,如基于机构知识成果的学科分析服务,已基于学科评估的相关指标,实现学科分析功能,但由于缺少相关支撑数据,如规范的学科分类、作者详细信息、资助项目、ESI 数据等信息,目前尚没有投入实际应用,下一步还需针对机构知识库数据完善、规范和关联增强方面的相关方法、流程进行梳理,形成有效的数据支持方案。

6 结语

知识服务的目标是有效支持用户的知识应用需求和知识创新过程。面对技术的革新和用户对机构知识库知识分析与可视化服务所提出的新需求,CSpace 通过重构知识分析与可视化功能框架,调整底层数据存储结构,数据规范化与关联增强,可视化工具集构建等工作,形成灵活、高效、模块化、可扩展的知识分析与可视化基础服务能力,并基于用户的知识应用需求,通过重构和优化相关功能模块,扩展了 CSPACE 的知识分析与可视化功能。未来还需加强知识推理、语义化、数据挖掘等知识关联增强方法的研究工作,探索新的知识服务模式,进一步促进机构知识库从典藏到服务属性的转变,增强用户对机构知识库平台的粘性,充分发挥机构知识库的知识服务作用。

参考文献:

- [1] 张晓林. 机构知识库的发展趋势与挑战[J]. 现代图书情报技术, 2014(2): 1-7. (Zhang Xiaolin. Trends and Challenges for Institutional Repositories[J]. New Technology of Library and Information Service, 2014(2): 1-7.)
- [2] Crow R. The Case for Institutional Repositories: A SPARC Position Paper[R/OL]. http://www.sparc.arl.org/sites/default/files/media_files/instrepo.pdf.
- [3] OpenDOAR[EB/OL]. [2018-07-26]. http://v2.sherpa.ac.uk/view/repository_visualisations/1.html.
- [4] 陈美华, 刘文云, 刘昊, 等. 国内外机构知识库建设研究[J]. 情报理论与实践, 2015, 38(9): 55-59, 63. (Chen Meihua, Liu Wenyun, Liu Hao, et al. Research on the Construction of Institutional Repositories at Home and Abroad[J]. Information Studies: Theory & Application, 2015, 38(9): 55-59, 63.)
- [5] 钱建立. 服务型机构知识库:机构知识库的中国视角[J]. 电子设计工程, 2015, 23(17): 1-6. (Qian Jianli. Service: Perspective of China Institutional Repository[J]. Electronic Design Engineering, 2015, 23(17): 1-6.)
- [6] DSpace-CRIS[EB/OL]. [2018-07-26]. <https://dspace-cris.4science.it>.
- [7] 刘巍, 祝忠明, 张旺强, 等. 基于机构知识库的知识分析及可视化功能实现[J]. 图书与情报, 2016(3): 125-131, 137. (Liu Wei, Zhu Zhongming, Zhang Wangqiang, et al. Implementation of Knowledge Analysis and Visualization Function Based on Institutional Repository[J]. Library and Information, 2016(3): 125-131, 137.)
- [8] 知先信息机构知识库[EB/OL]. [2018-07-26]. <http://ir.zhixianinfo.com/>. (Zhixian IR[EB/OL]. [2018-07-26]. <http://ir.zhixianinfo.com/>.)
- [9] 维普机构智库[EB/OL]. [2018-07-26]. <http://www.irtree.cn/>. (Weipu IR[EB/OL]. [2018-07-26]. <http://www.irtree.cn/>.)
- [10] Atzori C, Bardi A, Manghi P, et al. The OpenAIRE Workflows for Data Management[C]// Proceedings of the 2017 Italian Research Conference on Digital Libraries. Springer, 2017: 95-107.

- [11] 李小涛, 邱均平, 余厚强, 等. 论智慧图书馆与知识可视化[J]. 情报资料工作, 2014(1): 6-11. (Li Xiaotao, Qiu Junping, Yu Houqiang, et al. On Smart Library and Knowledge Visualization[J]. Information and Documentation Services, 2014(1): 6-11.)
- [12] CiteSpace[EB/OL]. [2018-07-26]. <http://cluster.cis.drexel.edu/~cchen/citespace/>.
- [13] Batagelj V, Mrvar A. Pajek—Analysis and Visualization of Large Networks[A]// Jünger M, Mutzel P. Graph Drawing Software[M]. Springer, 2004: 77-103.
- [14] 陈挺, 王小梅, 吕伟民. ng-info-chart: 基于自定义 HTML 标签的交互式可视化组件[J]. 现代图书情报技术, 2016(6): 88-95. (Chen Ting, Wang Xiaomei, Lv Weimin. ng-info-chart: The Visualization Component Based on Customized HTML Tags[J]. New Technology of Library and Information Service, 2016(6): 88-95.)
- [15] 张旺强, 祝忠明, 卢利农, 等. 机构知识库集成 OpenKOS 主题标引与检索聚类服务的实现及应用[J]. 现代图书情报技术, 2012(3): 1-7. (Zhang Wangqiang, Zhu Zhongming, Lu Linong, et al. Implementation and Application of Integrating Subject Indexing and Search Clustering Service of OpenKOS in Institutional Repository[J]. New Technology of Library and Information Service, 2012(3): 1-7.)
- [16] 刘巍, 祝忠明, 张旺强, 等. 机构知识库中作者标识与作品认领机制的研究与实现[J]. 现代图书情报技术, 2014(3): 8-13. (Liu Wei, Zhu Zhongming, Zhang Wangqiang, et al. Development and Research of Author Identifier and Item Claim Service for Institutional Repository[J]. New Technology of Library and Information Service, 2014(3): 8-13.)
- [17] Echarts[EB/OL]. [2018-07-26]. <http://echarts.baidu.com/>.

(通讯作者: 吴志强, ORCID: 0000-0002-2908-6106, E-mail:wuzq@llas.ac.cn。)

作者贡献声明

吴志强: 论文起草, 功能框架设计与实现;

祝忠明: 提出研究思路, 设计研究方案;

刘巍: 系统功能测试;

王思丽: 论文修改;

利益冲突声明:

所有作者声明不存在利益冲突关系。

支撑数据:

支撑数据由作者自存储

[1]吴志强. knowledge-analysis.js.机构知识库可视化工具集. wuzq@llas.ac.cn

收稿日期: 2018-08-15

收修改稿日期: 2018-08-31