

国外多领域数字资源整合研究进展^{*}

肖希明 唐 义

摘 要 在泛在信息和泛在知识环境下,数字资源整合日益受到关注。国内对数字资源整合研究主要集中于图书情报领域和计算机领域。国外研究领域除此之外,还包括企业管理、物流管理、电子医疗记录管理、城市规划、地理信息系统、化学工程、生物信息学等;国外研究主题甚广,涉及整合的必要性和作用,整合的影响因素,整合的方法(数据整合、信息整合、知识整合)等。我国应该借鉴国外的研究成果,比如加大数字资源整合研究和实践力度,尤其是电子医疗信息整合等关系国计民生的领域。图1。参考文献54。

关键词 数字资源整合 数据整合 信息整合 知识整合

分类号 G250

Foreign Research Progress in a Variety of Fields on Digital Resources Integration

Xiao Ximing & Tang Yi

ABSTRACT In the environment of ubiquitous information and knowledge, there is growing concern about digital resources integration. Digital resource integration researches mainly focus on library and information field and computer field in China. But at abroad, apart from the two areas, there are many other disciplines taking an interest in digital resources integration, such as, business management, logistics management, management of electronic medical records, urban planning, geographical information system, chemical engineering, bioinformatics and so on; research themes refer to the need and the role, influencing factors and approaches of digital resources integration. China should learn from foreign research to promote the research and practice on integration of digital resources, especially the areas connected to people's livelihood, such as electronic medical information integration and so on. 1 fig. 54 refs.

KEY WORDS Digital resources integration. Data integration. Information integration. Knowledge integration.

1 引言

信息技术的迅速发展、人类生活学习工作所处信息环境的不断改变以及用户信息需求的持续提高,是数字资源整合的技术前提和需求动因。在利润、利益或职责的驱使下,国外政府、企业以及第三方部门都积极地进行数字资源整合。美国、欧盟

等发达国家和地区投入了大量的人力、物力研究数字资源整合。例如,美国国家航空航天局的信息分享与整合组(The Information Sharing and Integration Group)、美国生物医学信息学研究网络(Biomedical Informatics Research Network)的信息整合工作组(Information Integration Working Group)、德国洪堡大学的“信息整合组”等都是世界著名的以信息整合为主要研究方向的科研机构。与此同时,国际上

^{*} 本文系国家社会科学基金重点项目“公共数字文化服务中的资源整合研究”(批准号:13ATQ001)的研究成果之一。

通讯作者:肖希明,Email:xxmwhu2011@163.com

还召开了许多关于信息整合连续性的国际大会,如网络信息整合国际研讨会(International Workshop on Information Integration on the Web,从1998年起至今已召开9届)、信息整合与基于网络的应用与服务国际大会(International Conference on Information Integration and Web Based Applications & Services,从1999年起至今已召开13届)、W3C 数据与服务整合研讨会(W3C Workshop on Data and Services Integration)、IEEE 信息再利用与整合国际大会(IEEE International Conference on Information Reuse and Integration,至今已召开13届)等。这些会议上发布很多有价值的研究成果,涉及数字资源整合领域的各个行业,代表了数字资源整合研究的先进水平。在国内,数字资源整合也是近年来学者十分关注的领域,但讨论集中于图书情报界,主要针对学术信息资源,对其他领域的数字资源整合鲜有涉及。因此,本文将对国外数字资源整合在多领域的研究进展情况进行系统梳理,以期为我国在这些领域的研究和实践提供参考借鉴。

2 概念说明与研究概况

2.1 概念说明

国内学者对“Integration”这个单词的中文翻译进行了阐释。“Integration”对应的中文翻译是“整合”、“集成”,二者都具有内部相互联系、融合为一个整体或一体化的含义,其内涵并无本质差别,只是应用的领域不甚相同。在实际应用中,也几乎没有人对“整合”和“集成”二者的内涵加以界定,二者是不加区分的^[1]。因此,本文也将“整合”、“集成”当作同一词语。数字资源整合包括数据、信息和知识三个层次的整合,本文的“数据/信息/知识整合”与“数据/信息/知识集成”同义。

2.2 研究概况

本文主要以 Elsevier 全文数据库为数据源,以标题-摘要-关键词(TITLE-ABSTR-KEY)为检索项进行检索,剔除无关检索结果,得到787篇全文文献^①。按文献发表年代统计,结果见图1。

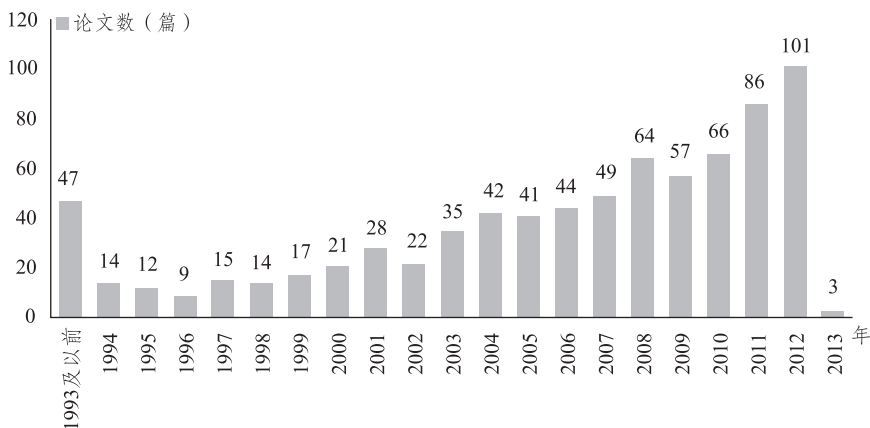


图1 国外数字资源整合领域研究论文时间分布

① 检索式:TITLE-ABSTR-KEY((“Knowledge Integration”)OR (“Information Integration”)OR (“Data Integration”)OR (“Information Resource* Integration”)OR (“Digital Information Integration”)OR (“Digital Information Resource* Integration”)OR (“Digital Resource* Integration”)),检索时间:2012年9月9日。因部分期刊优先出版,故检出了2013年的数据。

图1表明国外对数字资源整合的研究一直处于波动上升的状态。国外对该领域的研究始于20世纪80年代,当时主要集中于计算机界和企业界的“数据集成”。如1987年美国学者Cheng Hsu构建了一个概念框架,提出了制造型企业进行信息集成的基本方法^[2]。20世纪90年代,数字资源整合对象扩展到各种分布式、异构网络数据库、网络上的网页、文件等半结构化和非结构化信息。进入到21世纪,随着信息通信技术的发展以及对“整合”概念理解的加深,数字资源整合对象由数据、信息逐渐扩展到应用程序、服务等。例如,Waring和Wainwright将“整合”由技术维度^[3]扩展到了技术的、组织的、系统的和战略的整合四个维度^[4];Gulledge认为“整合”包括六种类型:点到点的整合、数据库到数据库之间的整合、数据仓储的整合、企业应用的整合、应用服务的整合以及企业到企业的整合^[5]。

3 研究主题分析

国外在该领域的研究主题广泛,主要涉及数字资源整合必要性及其作用、整合影响因素、整合方式等方面。

3.1 数字资源整合必要性及其作用

国外对数字资源整合必要性及其作用的研究领域甚广,涉及企业管理、物流管理、电子医疗记录管理、城市规划、地理信息系统等。Boone和Ganesan的研究表明,已经成为生产流程一部分的信息技术与生产力的提高存在着密切的联系^[6]。生产信息整合建设体现了信息的本质,信息在供应链中不同的机构实体之间分享,且被不同机构的合作努力所支持,从而带来生产信息准确性的提高。Sarv Devaraj等探讨了在供应链中生产信息整合对企业经营业绩的作用^[7]。越来越多的公司已经和它们的合作伙伴建立起物流信息集成系统,以协调货物流通。通过分享诸如订单状态和及时发货通知之类的相关信息,这种信息集成可以增强物流链的可见性,可以潜在地加快经济交易,实现组织的快速

反应,充分满足市场需求^[8]。

在农业食品部门,信息整合同样起着举足轻重的作用。目前农业食品经济关注的焦点在于满足消费者需求的响应,基于食品安全、质量以及可持续性(如公平交易、二氧化碳排放)等属性,能够让消费者做出选择。在这个过程中,正确且完整的信息传递已经成为一个非常重要的竞争因素^[9]。农业食品部门日益成为一个种类繁多、相互联系的复杂关系系统,这些复杂关系体现在市场上通过联盟、横向和纵向合作、上游和下游供应链整合以及持续创新所形成的(虚拟)供应链。农业食品部门利用信息通信技术可以有效地组织和简化大量数据(数据仓库),有助于知识的获取并将其应用到正确的环境当中,促进模型中知识和数据的联结^[10]。

在一个不断变化且充满不确定性因素的商业环境里,伴随着日益激烈的竞争和全球化进程的不断加快,健康医疗机构对机构内外部的信息需求不断增长,要求可以快速高效地分析病人信息,这促使健康医疗机构纷纷开发了客户关系管理系统。高质量的数据及其整合有利于实现客户关系管理业务目标。数据质量是指数据的完整性、有效性、一致性、时效性和准确性状态。一个成功的数据整合战略开始于全面的数据评估研究,并依赖于这些高质量的数据。英国学者Alshawh等提出了健康医疗部门客户关系管理应用中的病人数据质量及其整合评价框架^[11]。Grimson强调了在21世纪传递经过整合的电子健康记录的必要性,探讨了创建和永久利用终生电子健康记录服务所需的相关技术问题。实现持续医疗护理的一个基本要求就是临床重要多媒体信息的无缝共享。因此,在新兴全球信息社会背景下,许多国家考虑将公民电子健康记录的创造和获取作为公民的一项优先权利^[12]。

3.2 数字资源整合的影响因素

数字资源整合涉及不同的行为主体(主要包括企业、政府、图书馆以及医疗机构等),这些主体都存在于一个复杂的社会网络中,主体系统内部以及主体之间存在着各种各样的利益联系。因此,对

数字资源整合不仅仅涉及技术问题,还涉及很多诸如法律、组织业务流程、政策、文化等方面的问题。国外学者对影响数字资源整合的因素展开了较多研究,研究角度主要分为两种:一是详细探讨一种或两种影响因素,二是全面探讨该研究者发现的所有因素。

3.2.1 市场和法律因素

市场和法律因素极大影响着企业信息化实施工作,市场预期可能成为投资的一个推动因素。有调查表明,企业所有者对建筑信息模型的需求状况是影响建筑信息模型实施与否的第二大原因^[13]。合同安排也可能是企业采用整合技术的动力或者障碍^[14]。法律环境开创了信息流动的路径。除了合同之外,数据所有权^[15]以及知识产权^[16]明显地影响着信息整合项目的实施。

3.2.2 技术和业务流程因素

一个组织的信息系统资源与其他组织资源相互依存,国外许多研究者已经观察到新技术的采用带来组织的巨大转变,会促进组织在政策、规章制度、组织结构、工作实践和组织文化等方面发生变化^[17]。Ahmad 等人的一项早期研究表明,资本项目流程需要技术来明确各种参与实体的复杂关系^[18]。一些数据统计研究表明,整合技术的应用缩短了工期、降低了项目成本^[19]。Anumba 等人认为,更高层次的流程并发性需要一个更高层次的合作与交流,这反过来又增加了支撑各种流程的信息技术的重要性^[20]。荷兰学者认为农业食品企业是在一个复杂且动态的环境中运营,为了满足消费者、政府和商业伙伴不断提高的需求,在农业食品供应链网络中,企业必须不断促进产品、流程和合作的创新。他们在考虑了技术和组织发展这两个因素的基础上,提出了一整套分析、设计和实施信息整合的方法^[10]。

3.2.3 文化因素

许多研究者认为成功实施信息整合的一个关键因素就是组织文化鼓励创新的程度和合作的程度^[21]。Davis 和 Songer 认为在工程建造行业文化问题是实施信息技术的主要阻力^[22]。在进行信息整合的诸多合作关系中,信任一直被认为是代替价

格和权威的替代治理机制,尤其是在网络环境中。Gefen 等人在信息系统社区的研究表明机构信任机制与信息系统研究尤其相关^[23]。Gajendran 等探讨了建筑行业中国文化环境对信息及通信技术整合的影响^[24]。

3.2.4 综合因素

早在 1990 年,Tatum 等人较早开展的研究发现将 CAD 应用在一个特定公司的挑战,这些挑战来自于技术、法律、行为等方面^[25]。不仅企业数字资源整合受到众多因素的影响,医疗机构电子健康记录的整合和政府信息资源的整合也不例外。加拿大滑铁卢社区护理中心 CEO Mercer 认为,电子健康记录、唯一的病人标示符、社区健康信息网络、健康信息数据库和远程医疗应用程序是健康信息系统实现融合的主要构件。实施医疗信息整合的主要障碍来自于投入不足、缺乏数据标准、没有安全和隐私政策、组织变革的阻力、风险厌恶、缺乏业务计划及指导。他们描述了加拿大最新的与医疗信息技术相关的技术政策发展状况,探讨了 CANARIE 和健康信息高速公路对于解决医疗信息技术中遇到的问题作用,提出了政府、健康利益相关者和私营技术公司合作的独特框架^[26]。

随着相关技术的发展,电子政务、数字政府成为政府变革的方向。政府对信息和通讯技术的运用即数字政府被认为是行政改革强大的战略举措。但是,寻求更加高效的政府项目面临着技术、组织和体制上的种种挑战。Butler 等人已经用制度视角来理解政府设置的信息技术^[27]。也有研究发现信任和合作是多组织政府信息技术项目成功的因素^[28]。从世界范围的最新实践来看,为了获得数字政府的最大效益,跨组织的信息整合需求越发明晰。但是,由于跨组织的合作和信任层次并没有受到既定的制度安排、组织结构和管理流程的支持,很多数字政府举措都面临着额外的挑战。Luna-Reyes 等在对墨西哥联邦政府进行案例研究的基础上,认为制度安排和组织结构不仅决定了采用的技术,而且塑造了政府信息技术项目的其他流程和结果。对于需要协作的数字政府举措,核心参与机构之间的信任是最重要的,这反过来也会促进或限

制合作的意愿^[29]。

3.3 数字资源整合方式

目前数字资源整合方式主要有基于数据的资源整合(数据整合)、基于信息的资源整合(信息整合)和基于知识的资源整合(知识整合)。

3.3.1 基于数据的数字资源整合

基于数据的数字资源整合也就是数据整合,数据整合就是对异构资源系统中的异质、异类的数据库在逻辑上或物理上有机地集中,提供统一的表示和操作,以解决多种异构数据资源的互联与共享。在集成化信息管理系统中,绝大多数信息是以数据的方式存在和处理的,因此,通常将信息集成与数据集成等义^[30]。国外数据整合方式主要包括:基于数据仓库的整合、基于中介和封装的整合和基于网格的整合。

(1) 基于数据仓库的数据整合

基于数据仓库的整合方式实现了数据的物理集成,该方式可以集中多种数据源,实现数据信息的多维集成。国外在这方面的研究焦点在于需要进行多维信息集成的城市规划领域、农业食品企业领域以及建筑工业领域等。

城市规划是一项需要多维城市信息(空间的、社会的、经济的等)的复杂任务。在政府政策和新兴信息通讯技术的支撑下,在实施城市规划任务中需求城市信息系统、尤其是“电子规划”系统的快速发展。为了提高电子规划的能力,促进 3D 可视化的利用,加强对复杂城市问题的分析,允许不同来源的信息分享和整合是非常重要的。此外,城市规划决策制定涉及许多利益相关者^[31]。这些利益相关者包括城市规划者、地产开发商、政界人士、建筑师、工程师、运输和公用事务服务提供商以及城市公民。这些利益相关者依赖多种类型的信息,这些信息既包括正式报告也包括诸如普查和污染数据等定量数据集^[32]。因此,需要一个集成的多维信息模型结合相关信息以提供有效的决策支持。这就促使 N 维城市信息模型概念的产生。英国学者开发了建构数据集成系统,它是互联城市项目(欧盟资助的包括 75 个合作伙伴的项目)的一部

分。该系统允许轻松分享数据以促进密切的协调工作,提高工作质量和效率。建构数据集成系统基于 N 维城市模型概念,实现了地理信息和其他城市数据的数字化建设和数据的集成,它可以提升智能城市的规划服务^[33]。

Howell 等设计的建筑信息模型^[34]是一个建筑设计信息的计算机模型数据库,它包含关于建筑的建设、管理、运行以及维护方面的信息。Azhar 等人阐释了该建筑信息模型在可持续设计中的应用^[35]。由国际互操作联盟开发的工业基础类数据模型具有互操作能力,这个工业基础类数据模型是一个面向对象的数据模型,是基于在建设或者设施管理项目软件应用中的代表元件(元素、流程、形状等)的类定义,在很多建设 IT 系统集成项目中有的应用了该工业基础类数据模型^[36]。此外,斯坦福大学提出了 N 维模型概念,让多维信息集成成为可能,该校将其视为将来建设管理的基础^[37]。

(2) 基于中介和封装的数据整合

基于中介和封装的整合是一种对异构数据源进行集中式管理和分布式存储的模式。其目标是用户提出一个查询请求,该模式的查询机制能够在多个空间数据库源进行检索,并将查询结果在统一的输出界面显示出来,实现无缝查询输出。基于中介模式整合的主要应用之一就是采用 XML 技术来构建中间件结构。新加坡学者 Bo Huang 等认为位置和时间是相互关联的,并在各种数据库应用中起到非常重要的作用,他们对这两种类型的信息如何集成在 XML 中进行了探索性的研究^[38]。互联网上存在着大量有用的信息源,比如电话目录、产品目录、股票行情、事件列表等,但提取其内容比较困难。Kushmerick 认为,之前的大多数系统都是使用定制的包装程序执行抽取任务,其缺点在于编写封装程序繁琐且容易出错。他开发了一种叫做封装诱发(wrapper induction)的程序,这是一种自动构建实现封装的技术^[39]。但是,基于中介和封装的数据整合模式存在缺陷,缺点之一是它是基于定义的且利用中间件查询语言,很难想象一种查询语言能够满足来自不同领域的科学家的需要。比如,一个生物数据库的查询表达式与一个天文数据库的

查询表达式可能是完全不同的,这就迫使遗留系统用户去学一门新的语言^[40]。

(3) 基于网格的数据整合

基于网格的数据整合技术综合利用了已有的技术标准,克服诸如兼容性、距离性、地域性的约束条件,使各个系统能够协同工作,系统地整合那些潜在的数字资源。在网格资源整合系统中,不需要预先设定某一种语言或某种数据模型,即不需要将异构的系统完全同化,只需要一个中介作为异构系统之间的媒介。基于网格技术的资源整合系统整合的对象除了数据库之外,还包括能够提供服务的应用程序、服务器、局域网和工作站等^[41]。Gianadakis 等开发了可以在网格框架下运行的数据集成中间件引擎 InfoGrid。InfoGrid 是一个灵活的网格系统,它着重提供信息获取服务,并且给所有用户一个查询系统,在保持各个应用程序域接口参数熟悉性(familiarity)的同时,以通用的方法为各种不同的大范围的科学应用提供数据出版和整合机制。InfoGrid 服务主要应用在开放世界的数据挖掘领域:提供分析和解释原始数据集所需的信息。他们在案例研究中使用集成了 InfoGrid 的 Kensington Discovery 1.7 版。研究结果表明,在数据挖掘环境里,应用 InfoGrid 实施整合的交互式 and 批处理方法是最有效的^[40]。

3.3.2 基于信息的资源整合

数据整合是通过一定的标准和技术实现了异构异质资源物理或逻辑上的集中与互联互通,实现了多种资源的“一站式”检索,但并没有对数据对象之间的关系进行有效揭示和组织。在泛在信息环境下,用户希望能在一个统一的入口实现“一站式”检索,又能够“一步到位”地获取多种关联资源。这就需要对信息实体关系进行有效组织和整合。对于信息整合的研究主要集中在数字图书馆领域以及图书馆、档案馆和博物馆数字资源整合领域,整合方式主要是基于信息门户的整合。

巴西研究人员以圣卡塔琳娜州联邦大学的博硕士论文库为例,对早期在线大学硕博论文数字图书馆的互操作和信息整合进行了研究^[42]。美国学者分析了数字图书馆整合的问题,并基于信息流、

结构、空间、场景和社会框架提出了一个综合的解决方法。他们将这个框架应用于整合特定领域——考古数字图书馆,以此来说明他们在解决整合数字图书馆中关键问题的方法。他们利用经过整合的考古数字图书馆——ETANA 数字图书馆——作为案例来验证和评价整合方法^[43]。国际图联在 2008 年发布了题为《公共图书馆、档案馆与博物馆:协作与合作趋势》的报告,该报告依据能否支持终身学习、能否提供优化服务、能否使全民获取社区资源、能否拓宽相关参与机构的用户群和能否满足遗产资料保存需要五项标准,推荐了七个公共图书馆、档案馆与博物馆数字资源整合门户的最佳实践范例^[44]。笔者已对国外图书馆、档案馆和博物馆数字资源整合研究进展进行过系统梳理^[45],在此不再赘述。

3.3.3 基于知识的资源整合

信息整合实现了信息实体关系的整合,但没有对信息实体内部概念和语义进行揭示。而知识整合则是对信息实体中的内在概念及概念之间的关系进行表征。本体技术的发展,为知识整合提供了强有力的工具,本体是知识整合的核心。国外关于知识整合的研究主要是基于本体的知识整合。国外在这方面的研究成果丰富,研究领域广泛,涉及计算机、地理信息系统、化学工程、生物信息学等领域。

计算机领域出现了许多描述和分析语义匹配即本体匹配的方法、框架和系统的调查。比如, Kalfoglou 做了基于本体的数据集成系统调查^[46]。墨西哥研究人员介绍了一种轻量级本体 OntOAlr,它是一种机器就能够实现的多方面文献聚集的轻量级本体学习方法,几乎不需要人工干预。与其他本体学习方法相比,OntOAlr 优势体现在:使用通用领域文档,产生标记簇的层次结构,支持可扩展的信息检索模型,但也存在对关键词权重的分配没有考虑文献结构的问题。他们的实验结果表明,OntOAlr 在利用开放档案协议(Open Archives Initiative)提供文献方面有着积极的作用,这种方法允许人类和软件组织及检索来自多种来源的文献^[47]。

目前,全球定位系统技术广泛应用于手机、汽

车以及其他设备上,所有这些地理信息都被分析和存储在不同详简层次的地理信息系统上,也可能分布在网络上。比如关于某一国家河流的信息就可能通过查询两个或者多个系统获得,这就是地理信息的异构性问题。为了解决此类问题,许多学者提出应用本体工具。比如,运用统一本体去丰富概念框架,从而促进数据集成度的提高和查询过程的优化^[48]。阿根廷学者分析了很多主张地理信息应该被整合的协议,他们既考虑了来自本体视角的特征,也考虑了来自信息整合流程本身的特征,关注映射发现任务^[49]。Cruz 等人开发了一个本体显示工具 Agreement Maker,该工具支持许多地理信息可视化映射层,自动呈现出生成的映射^[50]。

本体技术在生命科学领域应用方面的研究不断增多。Stevens 等介绍了一个可以同时访问多个生物信息学资源的开放访问应用程序 TAMBIS (Transparent Access to Multiple Bioinformatics Information Sources),该应用程序允许生物学家询问有关生物信息学资源的复杂问题,它是基于分子生物学和生物信息学领域的概念及概念与概念之间的关系(本体)的知识模型^[51]。Sahoo 等运用本体驱动的方法,整合了包括人类在内的五种有机体的两种基因资源和三种路径资源,旨在说明语义网技术如何能够促进信息整合,如何让创建语义混搭(语义整合的资源)变得容易。他们认为,语义网技术给生命科学领域的信息整合提供了一个有效的框架。本体驱动整合代表了灵活的、可持续的以及可扩展的对大量信息进行整合的解决方案^[52]。Wilkinson 等人介绍了一个开发资源研究项目 BioMOBY,其目的是通过网络服务生成生物数据的发现和分布的体系结构。虽然数据和服务是分散的,但这些资源以及它们之间进行交互的指令是集中注册在 MOBY 中心的。通过建立一个由对象驱动的对象和服务本体注册查询系统,BioMOBY 添加到了网络服务。用户可以遍历膨胀且分散的数据集,其中每一个可能的步骤都是基于手中的数据对象呈现出来的^[53]。

本体技术在化学工业领域也有应用。德国学者 Wiesner 等基于正式本体 OntoCAPE (OntoCAPE

是一个领域本体,应用在计算机辅助工艺工程领域,尤其是在化学工程领域的整合)开发了数据整合软件,并通过案例展示了该软件的一个化学工业用途^[54]。

4 结语

国外已经成立了不少对数字资源整合进行研究的科研机构,这些机构定期举办连续性的国际会议,推动了该领域的研究。国外在数字资源整合方面的研究主要呈现出以下特点:

第一,研究领域甚广。国外在数字资源整合的研究领域涉及图书情报、计算机、企业管理、物流管理、城市规划、化学工程、电子医疗记录管理、地理信息系统、农业食品经济、生物信息学、数字政府等,几乎涵盖了所有可以进行数字资源整合的领域。正因为其研究领域广泛,才能够指导各个领域数字资源整合实践的开展。

第二,研究主题深入。国外在数字资源整合方面的研究主题包括整合的必要性及作用,整合的影响因素,以及基于数据、信息、知识三个层次的整合方法等。每一个研究主题都有较多的研究进行深入的探讨。例如,在对整合影响因素的研究方面,有的学者详细探讨一种或者两种影响因素,有些学者则全面探讨该研究者发现的所有因素。这就可以确保研究成果能够最大限度地包括影响某个领域数字资源整合的所有因素。可以说,国外从整合的必要性、可能存在的障碍以及整合的实现方法等角度进行了全面深入的研究。

第三,研究成果的实践指导性很强。研究成果的实践指导性取决于研究领域的广度和研究主题的深度。国外在数字资源整合方面的研究领域广泛、研究主题深入,决定了其研究成果具有很强的实践指导性。这些研究成果不仅从理论上分析了整合的必要性、影响因素,而且通过语义网、本体等技术实现了特定领域的数字资源整合,并进行了实验。这些研究成果在具体领域的数字资源整合实践过程中起到了极大的指导作用。

数字资源整合能更好地满足社会公众的信息

知识需求,降低交易成本,促进经济发展。归根到底,数字资源整合可以增加社会福利。因此,我国也应该在现有关于数字资源整合研究和实践的基础上,借鉴国外理论研究和实践的成果,加大理论

研究力度,从而推进我国数字资源整合的实践,尤其是在电子医疗信息整合、农业信息整合等关系国计民生的领域,加快社会发展成果由全体人民共享的步伐。

参考文献

- [1] 张晓娟, 望俊成, 张洁丽, 等. 我国信息资源整合的研究进展分析[J]. 情报科学, 2009(10): 1545 - 1550. (Zhang Xiaojuan, Wang Juncheng, Zhang Jieli, et al. Development of the research in information resources integration in China [J]. Information Science, 2009(10): 1545 - 1550.)
- [2] Cheng H. Integration of data and knowledge in manufacturing enterprises: A conceptual framework[J]. Journal of Manufacturing Systems, 1987, 6(4): 277 - 285.
- [3] Waring T, Wainwright D. Interpreting integration with respect to information systems in organizations—Image, theory and reality[J]. Journal of Information Technology, 2000, 15(2): 131 - 48.
- [4] Wainwright D, Waring T. Three domains for implementing integrated information systems: Redressing the balance between technology——Strategic and organizational analysis[J]. International Journal of Information Management, 2004, 24(4): 329 - 346.
- [5] Gullede T. What is integration?[J]. Industrial Management & Data Systems, 2006, 106(1): 5 - 20.
- [6] Boone T, Ganeshan R. The effect of information technology on learning in professional service organizations[J]. Journal of Operations Management, 2001, 19(4): 485 - 495.
- [7] Devaraj S, Krajewski L, Wei J C. Impact of eBusiness technologies on operational performance: The role of production information integration in the supply chain[J]. Journal of Operations Management, 2007, 25(6): 1199 - 1216.
- [8] Stefansson G. Business-to-business data sharing: A source for integration of supply chains[J]. International Journal of Production Economics, 2002, 75(2): 135 - 146.
- [9] Kinsey J D. The new food economy: Consumers, farms, pharms, and science[J]. American Journal of Agricultural Economics, 2001, 83(5): 1113 - 1130.
- [10] Wolfert J, Verdouw C N, Verlop C M, et al. Organizing information integration in agri-food—A method based on a service-oriented architecture and living lab approach[J]. Computers and Electronics in Agriculture, 2010, 70(2): 389 - 405.
- [11] Alshawi S, Missi F, Eldabi T. Healthcare information management: The integration of patients' data[J]. Logistics Information Management, 2003, 16(3): 286 - 295
- [12] Grimson J. Delivering the electronic healthcare record for the 21st century[J]. International Journal of Medical Informatics, 2001, 64(2 - 3): 111 - 127.
- [13] McGraw-Hill Construction Analytics. Interoperability in the construction industry[EB/OL]. [2012 - 09 - 21]. http://construction.ecnext.com/coms2/summary_0249-259123_ITM_analytics.
- [14] Dossick C S, Sakagami M. Implementing web-based project management systems in the United States and Japan[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2008, 134(3): 189 - 196.
- [15] Nitithamying P, Skibniewski M J. Web-based construction project management systems; How to make them successful? [J]. Automation in Construction, 2004, 13(4): 491 - 506.
- [16] Allen R K, Becerik B, Pollalis S N, et al. Promise and barriers to technology enabled and open project team collaboration[J]. Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice, 2005, 131(4): 301 - 311.
- [17] Brynjolfsson E, Hitt L M. Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance[J]. The Journal of Economic Perspectives, 2000, 14(4): 23 - 48.
- [18] Ahmad I U, Russell J S, Abou-Zeid A. Information technology (IT) and integration in the construction industry[J].

Construction Management and Economics, 1995, 13(2): 163–171.

- [19] El-Mashaleh M, O'Brien W J, R Edward Minchin Jr. Firm performance and information technology utilization in the construction industry[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2006, 132(5): 499–507.
- [20] Anumba C J, Bouchlaghem N M, Whyte J, et al. Perspectives on an integrated construction project mode[J]. International Journal of Cooperative Information Systems, 2000, 9(3): 283–313.
- [21] Mitropoulos P, Tatum C B. Forces driving adoption of new information technologies[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2000, 126(5): 340–348.
- [22] Davis K A, Songer A D. Resistance to IT change in the AEC industry: Are the stereotypes true?[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2009, 135(12): 1324–1333.
- [23] Gofen D. ICIS panel summary should institutional trust matter in information systems research?[J]. Communications of the Association for Information Systems, 2006, 17(9): 205–222.
- [24] Gajendran T, Brewer G. Integration of information and communication technology: Influence of the cultural environment [J]. Engineering, Construction and Architectural Management, 2007, 14(6): 532–549.
- [25] Mahoney J J, Tatum C B, Kishi K. Construction site applications of CAD[EB/OL]. [2012–09–21]. <http://cife.stanford.edu/sites/default/files/TR036.pdf>.
- [26] Mercer K. Examining the impact of health information networks on health system integration in Canada[J]. Leadership in Health Services, 2001, 14(3): 1–30.
- [27] Butler T. An institutional perspective on developing and implementing intranet-and Internet-based information systems [J]. Information Systems Journal, 2003, 13(3): 209–232.
- [28] Black L J, Cresswell A M, Luna L F, et al. A dynamic theory of collaboration: A structural approach to facilitating intergovernmental use of information technology[EB/OL]. [2012–09–21]. <http://www.albany.edu/~im7797/presentations/HICSS-36Revised1i.pdf>.
- [29] Luna-Reyes L F, Gil-Garcia J R, Cruz C B. Collaborative digital government in Mexico: Some lessons from federal web-based inter-organizational information integration initiatives[J]. Government Information Quarterly, 2007, 24(4): 808–826.
- [30] 马文峰, 杜小勇. 数字资源整合: 理论、方法与应用[M]. 北京: 北京图书馆出版社, 2007: 98. (Ma Wenfeng, Du Xiaoyong. Digital resources integration: Theory, methods and applications [M]. Beijing: Beijing Library Press, 2007: 98.)
- [31] Hamilton A, Trodd N, Zhang X N, et al. Learning through visual systems to enhance the urban planning process[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2001, 28(6): 833–845.
- [32] Innes J E. Information in communicative planning[J]. Journal of the American Planning Association, 1998, 64(1): 52–63.
- [33] Wang H X, Song Y H, Hamilton A, et al. Urban information integration for advanced e-planning in Europe[J]. Government Information Quarterly, 2007(24): 736–754.
- [34] Howell I, Batcheler B. Building information modeling two years later—Huge potential, some success and several limitations[EB/OL]. [2012–09–18]. http://www.laiserein.com/features/bim/newforma_bim.pdf.
- [35] Azhara S, Carlton W A, Olsen D, et al. Building information modeling for sustainable design and LEED rating analysis [J]. Automation in Construction, 2011, 20(2): 217–224.
- [36] Plume J, Mitchell J. Collaborative design using a shared IFC building model—Learning from experience[J]. Automation in Construction, 2007, 16(1): 28–36.
- [37] Lee A, Aouad G, Cooper R, et al. ND modeling—A driver or enabler for construction improvement?[EB/OL]. [2012–09–21]. <http://usir.salford.ac.uk/621/>.
- [38] Huang B, Yi S Z, Chan W T. Spatio-temporal information integration in XML[J]. Future Generation Computer Systems, 2004, 20(7): 1157–1170.
- [39] Kushmerick N. Wrapper induction: Efficiency and expressiveness[J]. Artificial Intelligence, 2000, 118(1–2): 15–

68.

- [40] Giannadakis N, Rowe A, Ghanem M, et al. InfoGrid: Providing information integration for knowledge discovery[J]. Information Sciences, 2003, 155(3-4): 199-226.
- [41] 毕强, 陈晓美, 等. 数字资源建设与管理[M]. 北京: 科学出版社, 2010: 89. (Bi Qiang, Chen Xiaomei, et al. Construction and management of digital resources[M]. Beijing: Science Press, 2010: 89.)
- [42] Roberto Carlos dos Santos Pacheco, et al. Interoperability and information integration in an early online academic digital library of theses and dissertations: The case of BTD[J]. The International Information & Library Review, 2003, 35(1-2): 319-333.
- [43] Shen R, Vemuri N S, Fan W, et al. Integration of complex archeology digital libraries: An ETANA-DL experience[J]. Information Systems, 2008, 33(7-8): 699-723.
- [44] Yarrow A, Clubb B, Draper J L. Public libraries, archives and museums: Trends in collaboration and cooperation[M/OL]. [2012-09-09]. <http://www.ifla.org/files/public-libraries/publications/prof-report-108/108-zh.pdf>.
- [45] 肖希明, 郑燃. 国外图书馆、档案馆和博物馆数字资源整合研究进展[J]. 中国图书馆学报, 2012(3): 26-39. (Xiao Ximing, Zheng Ran. Research progress on digital resources convergence of libraries, archives and museums in foreign countries[J]. Journal of Library Science in China, 2012(3): 26-39.)
- [46] Kalfoglou Y, Schorlemmer M. Ontology mapping: The state of the art[J]. The Knowledge Engineering Review, 2003, 18(1): 1-31.
- [47] J Alfredo Sánchez, et al. Organizing open archives via lightweight ontologies to facilitate the use of heterogeneous collections[J]. Aslib Proceedings, 2012, 64(1): 46-66.
- [48] Fonseca F, Davis C, Câmara G. Bridging ontologies and conceptual schema in geographical information integration[J]. Geoinformatica, 2003, 7(4): 307-321.
- [49] Buccella A, Cechich A, Fillottrani P. Ontology-driven geographic information integration: A survey of current approaches[J]. Computers & Geosciences, 2009, 35(4): 710-723.
- [50] Cruz I F, Sunna W, Makar N, et al. A visual tool for ontology alignment to enable geospatial interoperability[J]. Journal of Visual Languages and Computing, 2007, 18(3): 230-254.
- [51] Stevens R, Baker P, Bechhofer S, et al. TAMBIS: Transparent access to multiple bioinformatics information sources [J]. Bioinformatics, 2000, 16(2): 184-185.
- [52] Sahoo S, Bodenreider O, Rutter J L, et al. An ontology-driven semantic mash up of gene and biological pathway information: Application to the domain of nicotine dependence[J]. Journal of Biomedical Informatics, 2008, 41(5): 752-765.
- [53] Wilkinson M D, Links M. BioMOBY: An open-source biological web services proposal[J]. Brief Bioinform, 2002, 3(4): 331-341.
- [54] Wiesner A, Morbach J, Marguardt W. Information integration in chemical process engineering based on semantic technologies[J]. Computers and Chemical Engineering, 2011, 35(4): 692-708.

肖希明 武汉大学信息管理学院教授, 博士生导师。通讯地址: 湖北省武汉市珞珈山。邮编: 430072。

唐 义 武汉大学信息管理学院 2012 级博士研究生。通讯地址同上。

(收稿日期: 2012-11-12)