

科学数据价值共创系统构建及仿真分析*

任颖 李楠

(华东理工大学科技信息研究所, 上海 200237)

摘要: 科学数据及其价值对科技创新和经济发展具有重要作用, 为促进其价值增值, 分析科学数据价值创造过程中各要素的相互关系及共创机制至关重要。通过确定价值共创系统的要素及相互关系, 在价值共创过程分析的基础上, 构建科学数据价值共创模型, 并使用系统动力学方法对模型进行仿真模拟。研究发现, 价值共创是在环境影响下多主体协同识别价值、生成价值、传递价值并实现价值的过程, 仿真模拟结果能够验证所构建的科学数据价值共创系统要素间的逻辑关系及运行规律, 科学数据价值共创主体参与度、协同互动程度以及政策与技术等环境因素均对科学数据的价值共创具有正向影响作用。

关键词: 科学数据; 价值共创; 仿真模拟; 系统动力学

中图分类号: G350 **DOI:** 10.3772/j.issn.1673-2286.2023.05.006

引文格式: 任颖, 李楠. 科学数据价值共创系统构建及仿真分析[J]. 数字图书馆论坛, 2023(5): 42-53.

科学数据作为最重要的战略资源之一, 是国家科技创新和社会产业发展的重要支撑。国家先后出台了《科学数据管理办法》和《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》, 提出要促进资源整合、加强数据产业化应用、鼓励社会公众开展市场增值服务^[1]。如何将科学数据转化为产品或服务以实现价值增值, 对于促进科技产品应用创新和提高人民生活水平至关重要, 其价值实现的核心意义在于将数据资源转化为产业应用发展动力。然而, 随着应用环境的发展变化, 如今科学数据的价值不再由产生数据的科研机构内部独立创造, 而是与其他利益相关者共同实现, 价值共创的不同主体及环境影响因素都可能对科学数据价值共创结果产生直接影响。可以说, 科学数据的价值实现过程已成为一个由多要素共同作用的过程^[2], 各要素间的相互关系及相互作用成为推动科学数据共享进程、实现数据价值共创的关键。因此, 本文希望通过挖掘不同要素在科学数据价值共创过程中的作用及相互关系, 剖析科学数据的价值共创过程, 并在此基础上构建生命周期视角下的科学数

据价值共创系统, 为深入理解科学数据价值创造过程与机理提供系统化分析。同时, 为更好地推动科学数据价值共创目标的达成, 研究拟采用仿真技术手段对科学数据价值共创系统内部的运转流程进行模拟分析, 探索科学数据价值实现的关键影响因素, 据此提出针对性建议, 为科学数据价值创造提供参考和借鉴。

1 文献梳理

1.1 价值共创理论

价值共创理论 (value co-creation) 由Prahalad等^[3]在2004年首次提出, 其研究视角随着应用环境的变化也在逐渐演变。目前, 关于价值共创的相关研究主要从消费者体验逻辑、服务主导逻辑和服务生态系统等视角展开。①基于消费者体验逻辑的价值共创理论认为, 消费者和其他利益相关者作为价值创造主体与企业共同创造价值, 并通过协同合作整合各方资源以实现共享价值创造成果。Prahalad等^[3]认为价值创造的过程正在

收稿日期: 2023-04-10

*本研究得到中央高校基本科研业务专项“专利分析视角下科技创新技术与人才要素挖掘评价研究”(编号: JKR02232601)资助。

迅速从以产品和公司为中心转变为以个性化的消费者体验为中心,企业和消费者之间的互动逐渐成为价值创造的核心,此外还提出共创体验的互动模型,模型包含对话(dialogue)、获取(access)、风险评估(risk-benefits)和透明(transparency)。^②基于服务主导逻辑的价值共创理论认为,服务是交易行为发生的基础,企业提出价值主张,而消费者是价值的共同创造者^[4]。Vargo等^[5]还提出了服务主导逻辑的8个基本命题,强调服务在共创过程中的重要性。^③基于服务生态系统的价值共创的观点集中在价值的共同创造和动态资源的整合,以及影响和被影响的多个行为者之间的互动。Vargo等^[6]指出服务生态系统是一个自发感知和反应的空间及时间结构,认为该系统由大体上松散耦合的、提出价值的社会和经济行为者组成,通过机构、技术和语言进行互动,强调制度和规范在价值共创中的重要性。由此可知,价值共创理论和思想大多被应用于商业和管理领域,虽然研究视角存在差异,但其核心观点基本一致,都强调利益相关者通过互动进行资源整合以共创价值,而科学数据价值形成是众多参与主体协同合作共创价值并共享其利益的过程,与价值共创理论的核心思想相符。因此本文基于价值共创理论来分析科学数据价值形成过程,为科学数据价值研究提供理论参考。

1.2 科学数据的相关研究

近年来科学数据研究主要聚焦科学数据开放共享、科学数据管理、科学数据服务和科学数据安全等方面,相关研究为科学数据价值研究提供了不同关注视角。^①开放共享是实现科学数据自身潜在价值的根本途径,也是顺应科研范式转变的必然要求^[7],如李成赞等^[8]指出科学数据只有经过开放共享,才能使其价值最大化。^②科学数据价值取决于其开发过程的组织管理方式,董诚等^[9]提出数据资源价值增值的特点之一是数据资源在全生命周期都可以为科技活动所利用并创造价值,数据利用是科学数据价值的实现环节^[10]。^③科学数据服务是数据价值的实现形式,共享服务是科学数据价值实现的桥梁和媒介,良好的共享服务形式是科学数据价值充分发挥的必要条件^[10]。^④科学数据的安全是科学数据价值实现的基础和前提,刘桂锋等^[11]认为人员与数据之间存在作用与反作用的关系,当生产科学数据的研究人员不能感知到科学数据的潜在价值时,

可能不会保存他们生产出来的数据,科研机构应当帮助研究人员挖掘数据潜在价值,这个过程通常基于安全管理条例等进行。

目前,已有的科学数据价值研究主要关注价值属性和价值评估两方面,如:刘闯^[12]认为科学数据的价值表现在科学价值、经济价值和社会价值3个方面;涂志芳^[13]分别基于案例服务分析视角和利益相关方调查视角分析开放科学数据的价值,并构建了评价科学数据价值的指标体系;邓君等^[14]曾提出鉴定科学数据价值的原则和标准。然而,对科学数据价值的分析不能停留于静态的属性和评价研究,这是由于科学数据价值的产生始于数据生成,并伴随后续的数据处理、保存、共享、利用等阶段,因此有必要结合数据生命周期的全过程规律,从动态发展的视角探讨科学数据价值在生命周期的各个阶段是如何流转并相互作用的。

系统动力学方法对信息反馈系统建模与分析,对于揭示系统内部组成要素的反馈机制具有很好的应用效果,近年来在科学数据研究中运用频次逐渐增多,如:阮冰颖等^[15]通过构建系统动力学模型分析科学数据安全的影响因素,为科研人员提出相应的保护建议;是沁等^[16]基于系统动力学探究科学数据开放共享的保障机制,分析了科学数据的流动过程及其保障因素;高晓宁等^[17]运用系统动力学仿真方法分析关键影响因素对科学数据共享效率的作用,对影响因素的作用程度进行排序并提出应对措施。然而,目前大多数研究对于科学数据的系统动力学分析仅停留在影响因素层面,对数据生态系统的交互作用及其内部机制研究还有待深入,利用系统动力学方法揭示科学数据价值共创过程的内在机理或成为推动数据要素价值研究纵深发展的有效路径。

基于以上理论和应用背景分析,本文将在构建科学数据的价值共创系统的基础上,借助系统动力学,对价值共创的过程进行仿真分析,通过模拟系统内部的运转流程以及各要素间的交互作用,实现对科学数据价值创造过程的深层揭示。在现代运筹学基础上,通过动态仿真模型的构建系统梳理科学数据生态系统的内在机理,解决以下数据要素价值的核心问题:①价值共创的关键要素有哪些(Who);②价值共创的过程机制是什么(What);③如何更好地实现价值共创(How)。

2 科学数据价值分析的关键要素

要实现对科学数据价值共创系统的全面分析,需

要明确价值分析的关键要素,本文重点关注科学数据的价值属性以及参与价值共创的相关主体。

2.1 科学数据的价值属性

当前,科学数据在各领域的实际应用场景广泛,不仅体现在科研中,还对经济和社会发展产生了重要影响,数据的科学价值、经济价值、历史价值和社会价值等属性逐渐显现,成为科学数据价值分析的重要内容。科学数据具有原始性,使用者通过对科学数据进行加工处理,可实现不同的数据价值。

(1) 科学价值。科学研究随时都在产生大量数据,这些数据既是当前的研究成果,也是科技创新活动的基石。通过开放数据,可以使更多研究人员获得所关注领域的研究成果。在此基础上,他们可以通过复现实验过程学习新方法,或对已发表成果进行修正完善以推动进一步发展。可以说科学数据的重要特点之一是其自身所具有的科学价值。

(2) 经济价值。科学数据可被转化为产品或服务,企业可根据开放科学数据研发符合自身发展规划的产品,提高创新能力。《科学数据管理办法》提出要鼓励企业对可获得的科学数据进行分析挖掘,以形成有价值的科学数据产品,开展市场化增值服务^[1]。此外企业也可以向外分享自身实践经验,实现协同创新与发展,创造更大的经济价值。美国国家航空航天局(NASA)所创造的科学数据在开放后为美国每年带来超过1亿美元的收入。

(3) 历史价值。科学数据的使用者既包括科研人员,也包括一些社会团体和公众用户,此时科学数据的历史价值就体现在这些使用者上。基于长期保存的科学数据,可以看到某个时期的科学发展水平和科学发展状况,为现代科技发展提供参考。

(4) 社会价值。进入信息时代后,数据在社会发展中具有举足轻重的作用,数据所具有的社会价值有助于社会的快速发展。政府通过开放数据促进社会公平和便利,人们可以对开放后的数据进行加工处理,形成新成果,从而促进发展;开放医学科学数据有助于数据的重复利用,可对相似疾病的预防和治疗提供参考;国家材料腐蚀与防护科学数据中心促进了我国钢铁工业的发展,国家微生物科学数据中心建立的新冠病毒虚拟突变与预警数据库为社会提供了参考。

2.2 科学数据价值的共创主体

科学数据的价值在数据产生、加工和利用过程中形成,涉及多种相关主体。基于文献调研,结合司莉等^[18]、盛小平等^[19]、陈媛媛等^[20]对科学数据开放共享的利益相关者的分类,归纳整理出参与科学数据价值共创的8类相关主体作为后续价值共创系统分析的核心要素。

(1) 研究人员。研究人员是科学数据的主要生产者和利用者,主要承担以下职责:①创建与提供科学数据,履行科学数据生产者角色;②合理运用科学数据,促进科学数据的传播以及开发应用。在生命周期流程中,研究人员在数据生产和数据利用两方面有着不可替代的作用:一方面推动了数据科学价值的产生,另一方面也在应用中体现了数据的科学价值。有研究表明,研究人员的数据共享态度和意愿是科研数据共享的关键影响因素^[21]。因此,提高研究人员数据共享认知水平,推动科学数据的共享与再利用,对于实现科学数据价值最大化至关重要。

(2) 科研机构。科研机构是科学数据的主要来源和科研活动进行的场所,其主要职责为:①鼓励研究人员开放所生产的科学数据并保障其所有权,同时引导数据利用者合理引用数据;②制定科学数据开放共享的相关政策和标准,加强科学数据管理;③开展教育培训,辅助科研人员制定符合资助机构要求的数据政策。在生命周期流程中,科研机构是生产、加工与管理数据的主要行动者,同时也是科学数据的核心用户。

(3) 资助机构。资助机构主要提供资金支持,保障科研活动的顺利进行,激励科研人员共享其产生的数据。同时,资助机构的数据管理规则与要求也会影响科研人员的科研行为。其主要职责有2项。①制定科学数据共享政策,引导科研人员开放数据。英国生物技术和生物科学研究理事会(Biotechnology and Biological Sciences Research Council)的数据共享政策提出,资助者应当按照其规定的标准将数据提供给科学界以进行后续研究^[22]。英国癌症研究中心(Cancer Research UK)要求,数据应当在相关出版物出版后6个月内开放^[23]。②监管数据质量,保护科研数据安全及数据所有权,要求被资助者提供科学数据管理计划,并对计划的制定提供指导与服务,同时监督计划的实施情况^[24]。美国国立卫生研究院(National Institutes of Health)要求从2023年1月开始,受其资助的30万名研究人员和2 500家机构在资助申请中增加数据管理计划,并最终将研

究数据公开^[25]。

(4) 图情机构。图书馆、档案馆等机构具有保存人类知识文化遗产、开发各类信息资源等职能, 随着信息环境的变化和数字化技术的发展, 现有的图情机构服务内容不断拓展, 图情机构逐渐发展成为获取和管理科学数据的重要机构, 承担以下两类职责: ①收集、组织和存储科学数据, 履行科学数据管理者角色; ②提供数据服务和技术标准, 参与制定科学数据开放的相关政策。

(5) 数据中心。数据中心是实施科学数据存储、传递、展示、运维的核心枢纽, 能够有效汇聚各种数据资源, 同时实现对数据资源全生命周期的监护与管理, 并依托网络基础设施为数据利用者提供服务, 是数据传播利用的重要媒介。①对收集到的科学数据进行保存和管理。荷兰数据归档和网络化服务(DANS)有超过23万个数据集, 涵盖社会科学与人文学科、考古学、生命健康和医学科学、物理和技术科学等诸多学科, 保存内容丰富, 形成了科学数据长期保存机制^[26]。②为利用者提供服务, 是数据传播的媒介。科学数据中心主要方便用户发现、获取和使用数据, 为了实现这一用途, 数据中心首先需要确保用户可以获得数据, 且要根据用户需求为其提供必要的支持服务^[27]。③参与数据标准、政策的制定。英国数据存储库(UK Data Archive)是存储英国社会科学研究数据的主要知识库, 其基本功能就是长期保存数据, 制定完善的科学数据管理政策^[28]。

(6) 出版商。出版商主要负责科学数据成果的公开出版, 对收集到的数据进行筛选和管理, 在数据质量监管方面有着重要作用^[29]。出版商会对收集到的信息资源进行加工处理, 为科研人员提供所需服务。Elsevier公司的科学数据管理与共享平台Mendeley Data具有数据检索功能, 可供用户快速检索, 其还支持用户与其他合作者开展数据协作, 为用户提供更好的服务。出版商作为科学数据价值的共创主体, 越来越多地参与数据管理与开放共享。科学数据为出版商的传统出版物提供了增值空间^[30], 为出版领域带来了新的经济增长点^[31]。

(7) 行业协会。行业协会可对政策、标准的制定提出建议, 对开放共享活动提出要求, 举办学术会议或宣传活动来促进开放数据的推广, 为其他利益相关者建立沟通联络的桥梁, 比如中国科学技术协会设有“科创中国”平台, 主要为用户提供最新前沿动态及活动宣传服务。行业协会为领域内科学数据在更大范围内的宣传推广提供了专业平台。

(8) 政府。政府主要担任领导者角色, 制定国家或地区开放科学数据政策和标准。《科学数据管理办法》对科学数据管理、安全和开放共享提出了更加具体的要求。政府也是主要的资助者, 国家自然科学基金和国家社会科学基金对于科学数据开放存取的要求推动了科学数据的规范化管理, 促进了数据科学价值的发挥。

《促进大数据发展行动纲要》提出促进数据资源整合以极大提升政府整体数据分析能力, 从而有效处理复杂社会问题^[32], 发挥科学数据的社会价值。

3 科学数据价值共创系统

3.1 科学数据价值共创过程分析

价值共创理论强调价值是由多主体通过协同整合资源所创造的, 科学数据的价值共创则是各主体以价值实现为目的进行合作, 通过互动和资源整合建立联结, 共同完成科学数据的价值实现和增值的过程。价值共创的前提是相关主体提出的价值主张与价值需求相匹配, 关键是多主体互动和资源整合, 实质是多主体通过协同互动对资源进行合理配置, 以更有效地实现科学数据价值。

3.1.1 科学数据价值共创的4个阶段

参考周文辉^[33]对价值共创过程的划分, 将科学数据价值共创过程划分为价值识别、价值生成、价值传递、价值实现4个阶段, 同时结合数据生命周期的阶段性特点, 分别剖析不同阶段共创主体的参与作用。

(1) 价值识别。由于科学数据价值共创主体参与共创活动的动机不同, 追求的共创结果不同, 因此各主体根据自身动机提出各自的价值主张: 数据生产者期望所生产的数据能够获得同行认同与学术引用, 从而提升其学术影响力; 数据管理者希望获取更多数据, 开发智能技术, 以提供更好的服务; 数据传播者致力于克服科学数据获取难题, 提高科学数据共享效率; 数据利用者通过使用科学数据来创新产品和服务, 推动社会的进一步发展。当各主体提出的价值主张与价值需求相一致时, 主体间达成价值共识。

(2) 价值生成。主体完成价值识别后, 根据所获得的反馈信息从事科研活动, 在数据产生阶段生产出大量所需数据, 产生的科学数据又被其他价值共创主

体用于科研活动,多主体通过相互对话深化对科学数据的理解,共同生成价值。

(3) 价值传递。在数据共享阶段,经过组织管理的科学数据对外开放,以使用户方便快捷地获得所需资源。在此阶段,各主体以科学数据为纽带增强联结,通过科学数据共享平台进行跨学科交流合作,优化彼此资源配置,促进价值共享。此外,数据数字化出版以及网络传播等为出版商盈利拓展了新的方式,极大提高了出版商的经济收益。

(4) 价值实现。在数据利用阶段,用户可将获得的数据资源转化为有价值的产品并开展增值服务。价值共创主体通过交流合作,彼此整合并利用科学数据资源,这也为新科学数据集形成提供了机会,节约了社会成本,推动了科学数据社会价值的实现。在此过程中形成的协同互动关系进一步加强了各主体间的价值共识,鼓励各主体继续参与科学数据价值共创活动,由此,科学数据价值共创得以持续稳定发展。

3.1.2 科学数据价值共创的核心特征

在科学数据价值共创过程中多元主体具有不同的角色分工,发挥各自的作用,主体间协同互动,共同促进价值的实现与增值,体现出科学数据价值共创的核心特征。

(1) 多元主体共同参与。科学数据价值共创涉及多主体,根据承担的主要职责可将主体分为主导型主体和支持型主体。①主导型主体包括科研人员、科研机构、数据中心、图情机构,是数据生命周期各阶段的主要行动者。科研人员是主要的数据生产者,是整个生命周期的起始,可以认为,如果没有数据生产,就没有整个生命周期的循环。科研人员同时也是数据的利用者,在生命周期的利用阶段发挥着必不可少的作用,因此将科研人员作为价值共创的核心。科研机构是由科研人员组成的进行科研活动的主要场所,是连接科研人员和其他利益主体的中介。数据中心作为科学数据开放共享平台,一方面收集存储大量数据,促进科学数据开放共享;另一方面向使用者提供服务,提高科学数据的使用效率,是连接数据来源和使用者的媒介,在数据保存管理和共享阶段具有不可替代的作用。图情机构主要在数据处理与分析阶段对科学数据进行收集、组织和分析,并为用户提供科学数据服务,是管理科学数据

的核心机构。②支持型主体包括资助机构、政府、行业协会、出版商。政府作为政策制定的领导者,建立全方位的政策引导。出版商主要提供开放获取的科学数据,是连接数据来源与用户的主要纽带之一。行业协会属于社会中介组织,与各主体之间的关系较为紧密,为各主体之间的沟通交流提供渠道。

(2) 主体间协同互动。支持型主体为主导型主体提供所需资金,制定相关政策,促进科学数据的开放与共享,其宏观调控作用贯穿整个数据生命周期:在数据产生阶段,为科研人员和科研机构提供资金支持,保障科研活动的顺利进行,并通过政策制度要求进一步促进科学数据的开放共享;在数据处理与分析阶段,为数据的规范化制定标准,以生成元数据供后期使用;在数据保存与管理阶段,主要为建立基础设施提供支持,为主导型主体提供数据管理培训^[28]。在数据共享阶段,各主体共享资源,推动科学数据资源交互,主体之间通过协同实现资源整合。

3.2 科学数据价值共创环境影响因素分析

科学数据价值共创活动主要受到技术、政策、文化水平以及主体间信任度等因素的影响,涉及技术、社会、制度、文化等环境影响因素。①技术环境。数据中心是基于一定的信息技术和网络技术搭建而成的科学数据共享平台,平台的稳定性、安全性和可用性会影响用户的使用体验,进而影响用户对共享平台的使用效率,在一定程度上影响科学数据共享。②社会环境。社会环境包括团队规范和同辈压力^[34]。良好的团队规范会对团队内成员的个人绩效产生积极的影响,提高科研人员从事科研活动的积极性。同辈压力的一个主要因素是人际信任,毕达天等^[2]认为人际信任可以显著正向影响科研人员的数据共享意愿。③制度环境。政府出台的关于科学数据相关政策法规对科学数据管理、共享提出新的要求^[27],引导科学数据发展方向。④文化环境。文化环境通过影响人而间接影响价值增值,当科研人员不愿将自己的成果与他人共享时,主体获取资源有限,不利于资源整合和交互。

综上,基于价值共创理论,结合数据生命周期分析,完整地构建了以价值共创过程为主线、以共创主体协同互动为支撑、以环境因素分析为补充的生命周期视角下科学数据价值共创系统(见图1)。

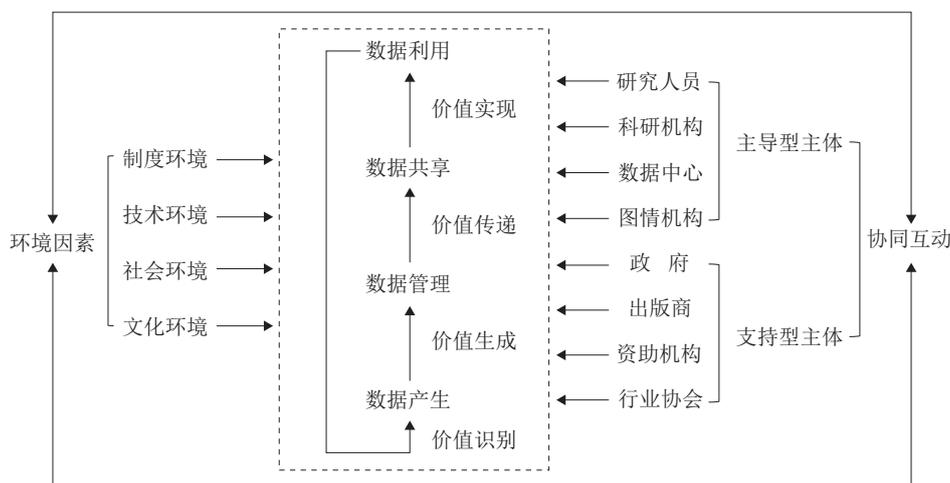


图1 生命周期视角下科学数据价值共创系统

4 科学数据价值共创系统仿真模拟

科学数据价值共创系统是由多主体通过协同互动进行资源整合实现的, 整个过程受到科学数据本身、价值共创主体和环境因素等的影响。为进一步挖掘价值共创系统中的影响变量及其作用, 借助系统动力学方法, 对科学数据价值共创系统进行动力学仿真, 期望能够更加直观地反映系统各要素间的因果关系以及对价值共创的影响。

4.1 模型边界界定与基本假设

4.1.1 模型边界界定

系统动力学认为, 一个系统的动态行为模式是由系统界限内各部分的相互作用所产生的, 对边界的合理划分是系统建模的关键^[35]。根据上文对科学数据价值共创系统的分析, 将其定义为如下子系统: ①科学数据资源子系统, 包括科学数据生成量、开放量、增值开发量、成果应用量、价值共创量; ②价值共创主体子系统, 包括价值共创主体多元度、协同互动程度、资源整合能力; ③环境因素子系统, 包括政策法规、技术支持、社会经济、文化环境。

4.1.2 模型基本假设

假设1: 价值共创主体在有限理性基础上参与科学数据价值共创活动, 以求自身利益最大化。

假设2: 价值共创主体主要通过科学数据共享平台获取、利用数据, 不存在非法获取等现象。

假设3: 不考虑系统外部因素的重大改变和其他突发情况导致的剧烈波动。

4.2 因果关系分析

在分析科学数据价值共创过程和影响因素的基础上, 对科学数据价值共创系统的逻辑关系进行梳理, 建立科学数据价值共创因果关系图(见图2)。

由图2可知, 科学数据价值共创系统中存在一条重要的反馈回路: “科学数据开放程度—科学数据开放量—利用者数据获取量—利用者数据存量—利用者数据使用量—科学数据增值开发量—科学数据成果应用量—科学数据价值共创量”。该反馈回路反映了科学数据价值共创的过程, 科学数据只有经过开放共享才能使利用者可以获得所需数据, 利用者对数据的开发利用程度大, 就能够为用户提供更多的增值产品和服务, 价值共创也就得到实现。

4.3 系统流图构建

基于科学数据价值共创的因果关系, 进一步构建科学数据价值共创系统流图(见图3), 科学数据价值共创系统由26个变量构成, 其中2个水平变量用矩形表示, 4个速率变量用阀门符号表示, 此外还有20个辅助变量。

数据利用能力×资源整合能力, 2)。

S6: 利用者数据利用能力=WITH LOOKUP (TIME [(0, 0) - (12, 1)], (0, 0.1), (12, 0.20))。利用者数据利用能力表现出随着开放数据生态系统的运作而不断提高的规律, 表函数WITH LOOKUP可以很好地刻画这一增长趋势。

S7: 科学数据增值开发量=价值共创主体协同互动程度×价值共创主体多元度×价值实现环境×利用者数据使用量×资源整合能力。

S8: 科学数据成果应用量=SMOOTH1 (价值共创主体协同互动程度×价值共创主体多元度×价值实现环境×科学数据增值开发量, 2, 0)。科学数据被开发利用后, 其成果需要经过一段时间才能进行应用, 因此使用一阶信息延迟函数模拟这个过程, 设定科学数据

成果应用量初始值为0, 延迟2个时间单位。

S9: 科学数据价值共创量=SMOOTH1 (价值实现环境×科学数据成果应用量, 2, 0)。

使用RANDOM UNIFORM随机分布函数研究科学数据价值共创环境影响因素, 将其数值设置在0.2~1.0范围内。

4.4.2 仿真模拟

从科学数据价值共创系统中选取科学数据开放量和科学数据价值共创量作为观测对象。使用Venism PLE工具对科学数据价值共创系统进行仿真实验, 将周期设置为12个月, 将时间步长设置为1个月, 仿真结果如图4所示。

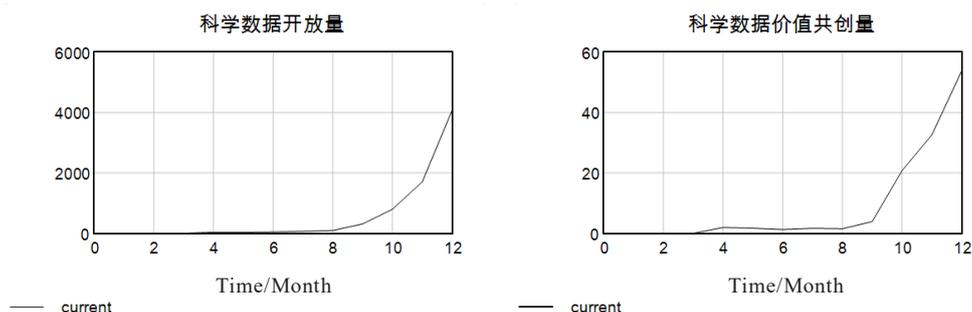


图4 模型仿真结果

由图4可以看出, 科学数据开放量在前期增长缓慢, 后期增长速度加快。这是由于在科学数据开放初期, 科研人员对于数据共享的意愿较低, 同时也缺少相关的政策法规对科学数据管理作出明确规范, 科学数据开放量处于低迷状态。而随着开放科学运动的发展, 数据资源开放共享逐渐成为科研人员的共识, 相关法规的出台为科学数据管理提供了保障, 资助机构和科研机构激励措施的实施有效促进了科学数据的开放, 使得科学数据开放量快速增加。

科学数据价值共创量同样呈现出前期缓慢增长、后期快速增长的趋势。这主要是因为科学数据被生产出来后, 要经过分析处理、组织管理、开放共享、利用增值等过程, 需要一定时间才能实现价值。随着科学数据存量的累积以及后期科学数据开放量的快速增加, 利用者可获得的数据变多, 更丰富的数据资源被开发利用, 有效促进了科学数据价值共创量的增长。

从模型仿真结果来看, 科学数据开放量和价值共创量的发展趋势符合实际情况, 结构模型能够说明科

学数据价值共创的变化过程。

4.4.3 灵敏度分析

灵敏度分析是指在其他参数及关系不变的条件下, 仅改变其中一个因素的参数值, 将结果进行对比, 分析各因素对系统的影响。分别从价值共创主体和环境因素方面各选取两个变量来观测其对科学数据成果应用量和价值共创量的影响。在主体层面, 选择价值共创主体多元度和价值共创主体协同互动程度两个变量; 在环境因素层面, 选择政策法规和技术支持两个变量。

(1) 价值共创主体多元度的灵敏度分析。保持其他条件不变, 将价值共创主体多元度减少20%得到模拟曲线current-, 增加20%得到模拟曲线current+, 如图5所示。观察3条模拟曲线的变化规律, 发现价值共创参与主体越多, 科学数据成果应用量和价值共创量越大, 说明价值共创主体多元化具有正向影响作用。在科学数据价值创造初期, 研究人员生产的数据主要为纸

质材料形式,经过分析处理,通过图书馆、档案馆等存储并供用户使用。随着信息技术的发展,数据的传输效率以及共享能力得到大幅提升,科学数据中心承担了开放共享数字化资源的功能,出版商由传统纸质出版转向数字出版,政府也对科学数据管理提出了明确要求,数

据利用者由研究人员和科研机构拓展到企业和社会公众。参与主体的多元化发展有利于科学数据价值的实现,因此可吸纳更多利益相关者参与价值共创活动,形成价值共创联盟。

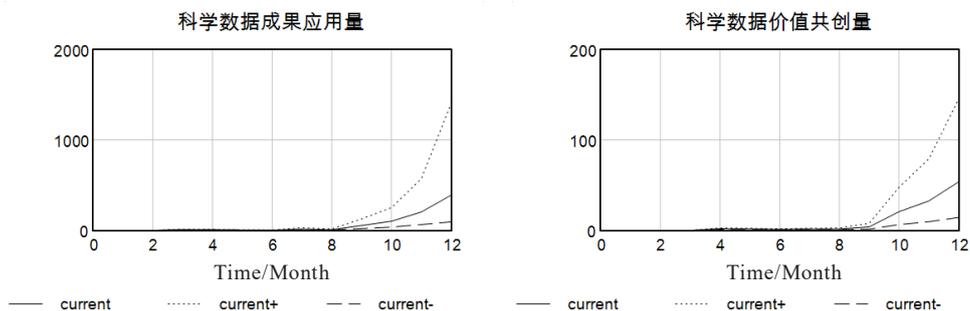


图5 价值共创主体多元化的灵敏度分析

(2) 价值共创主体协同互动程度的灵敏度分析。保持其他条件不变,将价值共创主体协同互动程度减少20%得到模拟曲线current-,增加20%得到模拟曲线current+,如图6所示。观察3条模拟曲线的变化规律,发现通过增加科学数据价值共创主体的协同互动程度,可以促进科学数据成果应用量和价值共创量的增加,说明价值共创主体协同互动程度提升具有正向影响作用。在这一过程中,研究人员、科研机构、科学数据中心和数据利用者等主体共同促进价值实现。研究人员和科研机构是科学数据的主要来源,其产生的科学数据越多,通过科学数据中心开放共享的数据越多,那么利用者可获取的资源将更加丰富,这有利于提高

科学数据被开发应用的程度,从而实现价值增值。因此,主体间的协同互动行为会影响价值实现。科研机构为研究人员提供相关的数据培训服务,管理其科研活动,可通过学术荣誉或职位晋升等激励措施推动研究人员实施科研项目。数据中心是传播数据的媒介,通过制定相关政策标准推动数据共享活动,科研机构应最大限度满足其共享要求以增加数据开放量。数据利用者是促进科学数据转化为产品或服务的关键,数据中心在为利用者提供服务的同时,要重视与用户的沟通交流,根据反馈情况及时协调开放获取方式,以确保用户能够及时获取、利用数据。

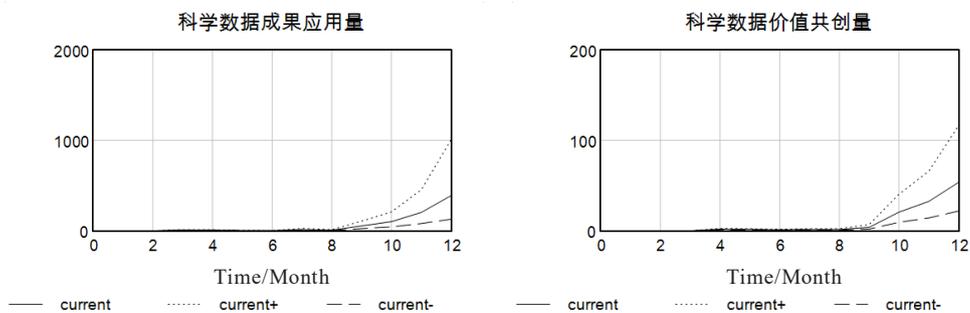


图6 价值共创主体协同互动程度的灵敏度分析

(3) 政策法规的灵敏性分析。保持其他条件不变,将政策法规数值减少20%得到模拟曲线current-,增加20%得到模拟曲线current+,如图7所示。观察3条模拟曲线的变化规律,发现完善的政策法规可以促进科学数据成果应用量和价值共创量的增加,具有正向影

响作用。科学数据价值实现离不开国家层面的政策支持,政府是政策制定的主要领导者,在整个科研活动中进行宏观调控,通过制定强有力的法律规章制度保障价值共创活动的顺利推进。资助机构和数据中心等主体也会制定与科学数据开放共享相关的政策或服务标

准,以激励或约束其他主体的行为。健全的政策法规是科学数据价值实现的前提,国家通过制定宏观政策以提供发展规划和法律保障,各机构也应根据自身所承

担的主要职责制定相应的标准,规范在生命周期各阶段开展的科研活动。

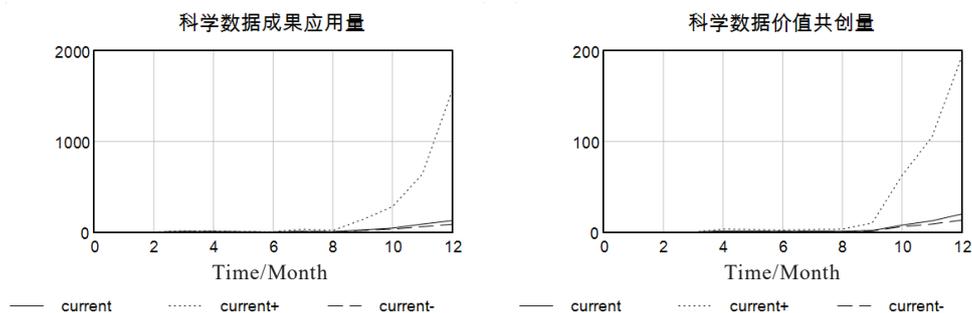


图7 政策法规的灵敏性分析

(4) 技术支持的灵敏性分析。保持其他条件不变,将技术支持数值减少20%得到模拟曲线current-,增加20%得到模拟曲线current+,如图8所示。观察3条模拟曲线的变化规律,发现通过加强技术支持,可以促进科学数据成果应用量和价值共创量的增加,技术支持具有正向影响作用。信息技术的发展使海量数据可以得到有效管理,科学数据中心作为主要的共享平台,使得数据获取和发布更加便捷,强有力的技术支持是搭建

共享平台的基础。因此,应重视对基础设施的技术投入,加强对科学数据共享平台的建设和管理,对当前各高校数据平台进行整合,形成高校数据联盟,实现单界面跨数据库检索,促进各高校资源共享,开展学校间的合作。此外还可借鉴国外科学数据平台建设经验,比如DataONE开发了Investigator Toolkit,其中包括多个有利于用户使用的工具,可帮助研究人员制定高质量的数据管理计划。

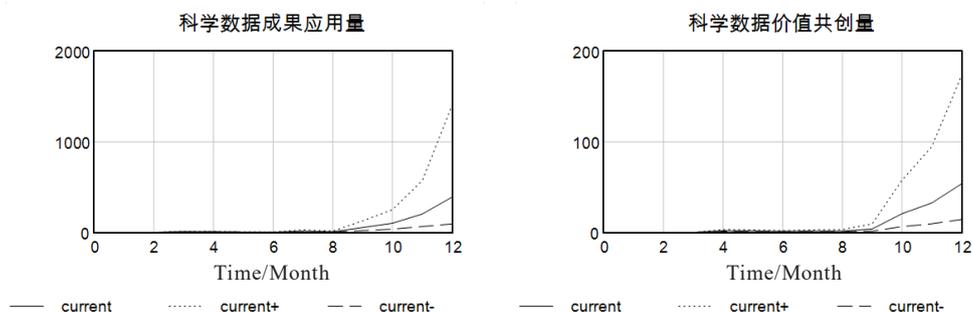


图8 技术支持的灵敏性分析

综上所述,对价值共创主体多元度、协同互动程度、政策法规和技术支持等变量的灵敏度分析显示,各要素对科学数据价值共创过程均存在正向影响作用。要素的变量参数减小时,相应current-曲线变化程度相似,各因素对系统的影响程度降低;参数增大时,current+曲线变化程度则存在一定差异。图7、图8所示的价值共创量均大于图5、图6,说明整体上环境因素比价值共创主体对系统的影响程度更高。为促进科学数据价值共创的进一步实现,应更加重视环境因素建设,

为其提供强有力的保障支持。图7所示的价值共创量略大于图8,说明政策对系统的影响最大。完善的政策是科学数据价值共创的重要保障,政府及相关机构应明确科学数据管理原则,制定涵盖整个生命周期流程的科学数据管理政策。图5所示的价值共创量大于图6,说明主体多元度对系统的影响大于主体协同互动程度。多元化主体是协同互动的前提,因此应吸引更多主体参与价值共创过程。

5 结论与启示

本文通过分析科学数据价值共创过程中各要素发挥的作用及相互关系,构建了科学数据价值共创系统。该系统以共创价值最大化为目标,以资源整合和协调互动为表现形式,在外部因素的影响下,实现循环运行。在此基础上,使用系统动力学方法对其进行仿真模拟,能够较好地说明科学数据价值共创系统要素间的关系及内部机理。

仿真结果表明,科学数据价值共创主体和其协同互动程度,以及政治、经济、文化和技术等环境因素共同影响科学数据价值共创,其中环境因素相较于价值共创主体而言影响较大。政策制度和技术支持等环境因素为科学数据的价值共创提供了保障:完善健全的政策法规能够保证其他影响因素发挥作用,因此,政府及机构在制定数据开放共享相关政策的同时,也要对数据的生产、处理和利用等环节作出明确规范,将国外经验与我国实际情况相结合,提出适合我国数据管理情况的基本原则;强有力的技术保障能够为数据分析处理与开放利用过程提供技术支持,有利于开放更多高质量的数据,改进科学数据共享平台的建设,促进数据成果化。在价值共创主体方面,应重视各主体在全生命周期流程中发挥的作用,吸引更多主体参与科学数据的价值创造过程,并对不同主体进行精细划分,明确其权责分配,形成网络层次结构,对主体间的协同互动进行统筹管理;增强各主体对彼此的认同感,促进主体间开展密切协作,将其凝聚成共享资源、协同互动的共同体。

由于部分数据难以获取,本文在对科学数据价值共创系统进行仿真模拟时,未能基于真实数据进行实验。后续研究将结合案例分析、专家访谈与仿真模拟等方法对价值共创过程机制进行深入研究。

参考文献

- [1] 国务院办公厅关于印发科学数据管理办法的通知 [EB/OL]. [2022-11-22]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2018-04/02/content_5279272.htm.
- [2] 毕达天,曹冉,杜小民. 科学数据共享研究现状与展望 [J]. 图书情报工作, 2019, 63 (24): 69-77.
- [3] PRAHALAD C K, RAMASWAMY V. Co-creation experiences: the next practice in value creation [J]. Journal of Interactive Marketing, 2004, 18 (3): 5-14.
- [4] VARGO S L, LUSCH R F. Evolving to a new dominant logic for marketing [J]. Journal of Marketing, 2004, 68 (1): 1-17.
- [5] VARGO S L, LUSCH R F. It's all B2B...and beyond: toward a systems perspective of the market [J]. Industrial Marketing Management, 2011, 40 (2): 181-187.
- [6] VARGO S L, LUSCH R F. From repeat patronage to value co-creation in service ecosystems: a transcending conceptualization of relationship [J]. Journal of Business Market Management, 2010, 4 (4): 169-179.
- [7] 支凤稳,云仲伦,张闪闪. 基于区块链的个人科学数据共享模式研究 [J]. 现代情报, 2021, 41 (12): 69-78.
- [8] 李成赞,黎建辉,王学志,等. 基于引文网络社区发现的数据推荐研究 [J]. 情报学报, 2021, 40 (8): 879-886.
- [9] 董诚,侯敏. 科技资源共享价值最大化的三层次模型 (VAA) [J]. 科技管理研究, 2013, 33 (11): 231-234.
- [10] 张贵兰,王健,潘尧,等. 科学数据共享服务模式及其演化研究 [J]. 情报理论与实践, 2022, 45 (2): 70-77.
- [11] 刘桂锋,阮冰颖,苏文成. 科研人员视角下科学数据安全风险识别框架探究 [J]. 图书馆建设, 2022 (4): 81-91.
- [12] 刘闯. 美国国有科学数据共享管理机制及对我国的启示 [J]. 中国基础科学, 2003, 5 (1): 34-39.
- [13] 涂志芳. 开放科学数据的价值及其测度研究 [D]. 北京: 中国科学院大学 (中国科学院文献情报中心), 2022.
- [14] 邓君,贾晓青,马晓君,等. 科学数据价值鉴定标准研究 [J]. 情报科学, 2013, 31 (9): 37-41.
- [15] 阮冰颖,刘桂锋,刘琼. 科研人员视角下科学数据安全影响因素仿真分析 [J]. 情报理论与实践, 2022, 45 (2): 137-145.
- [16] 是沁,储节旺. 基于系统动力学的科学数据开放共享保障机制研究 [J]. 情报杂志, 2018, 37 (11): 143-149.
- [17] 高晓宁,胡威,臧国全. 科研数据共享效率影响因素系统动力学仿真分析 [J]. 情报理论与实践, 2022, 45 (8): 146-153, 103.
- [18] 司莉,辛娟娟. 科学数据共享中的利益平衡机制研究 [J]. 图书馆学研究, 2015 (1): 13-16, 12.
- [19] 盛小平,吴红. 科学数据开放共享活动中不同利益相关者动力分析 [J]. 图书情报工作, 2019, 63 (17): 40-50.
- [20] 陈媛媛,王苑颖. 科研数据开放共享的利益相关者互动关系 [J]. 图书馆论坛, 2020, 40 (5): 55-63.
- [21] 王丹丹,刘清华,王晓梅. 科学数据共享行为影响因素的元分析 [J]. 图书馆学研究, 2021 (22): 74-84.
- [22] BBCSR. BBCSR data sharing policy [EB/OL]. [2022-11-22]. <https://www.ukri.org/publications/bbsrc-data-sharing-policy/>.
- [23] CRUK. CRUK data sharing policy [EB/OL]. [2022-11-22].

- https://www.cancerresearchuk.org/sites/default/files/data_sharing_policy/.
- [24] 张瑶, 顾立平, 杨云秀, 等. 国外科研资助机构数据政策的调研与分析: 以英美研究理事会为例 [J]. 图书情报工作, 2015, 59 (6): 53-60.
- [25] KOZLOV M. NIH issues a seismic mandate: share data publicly [J]. Nature, 2022, 602 (7898): 558-559.
- [26] 耿志杰, 陈佳慧. 荷兰数据归档和网络服务中心的科学数据长期保存机制 [J]. 图书馆论坛, 2021, 41 (11): 128-135.
- [27] 崔雁. 科学数据开放中数据中心政策分析与建议 [J]. 图书情报工作, 2016, 60 (8): 73-78.
- [28] 孟祥保, 钱鹏. 高校社会科学数据管理的国际经验及其借鉴: 以UKDA和ICPSR为例 [J]. 情报资料工作, 2013 (2): 77-80.
- [29] 陈铭. 知识生产视域下的科学数据出版实践: 兼论学术出版商的角色定位与功能分析 [J]. 科技与出版, 2022 (12): 102-109.
- [30] 崔雁. 科学数据开放共享中出版商政策研究 [J]. 知识管理论坛, 2016, 1 (3): 182-191.
- [31] 黄如花, 赖彤. 利益相关者视角下图书馆参与科学数据管理的分析 [J]. 图书情报工作, 2016, 60 (3): 21-25, 89.
- [32] 国务院关于印发促进大数据发展行动纲要的通知 [EB/OL]. [2022-11-22]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-09/05/content_10137.htm.
- [33] 周文辉. 知识服务、价值共创与创新绩效: 基于扎根理论的多案例研究 [J]. 科学学研究, 2015, 33 (4): 567-573, 626.
- [34] 刘桂锋, 程钰, 刘琼. 科学数据融合的影响因素模型构建及阐释研究 [J]. 情报资料工作, 2022, 43 (6): 87-94.
- [35] 王其藩. 系统动力学 [M]. 修订版. 上海: 上海财经大学出版社, 2009.

作者简介

任颖, 女, 硕士研究生, 研究方向: 科学数据。

李楠, 女, 博士, 副研究馆员, 通信作者, 研究方向: 知识组织与管理, E-mail: ajen@ecust.edu.cn。

Construction and Simulation Analysis of Scientific Data Value Co-creation System

REN Ying LI Nan

(Institute of Science and Technology Information, East China University of Science and Technology, Shanghai 200237, P. R. China)

Abstract: Scientific data and its value play an important role in science and technology innovation and economic development. In order to promote its value addition, it is crucial to analyze the interrelationship and co-creation mechanism of various factors in the process of scientific data value creation. By identifying the elements of value co-creation and their interrelationships, the process of value co-creation is analyzed, and the value co-creation model of scientific data is constructed. Finally, the model is simulated by system dynamics method. The process of value co-creation is a process in which multi-agents cooperate to identify value, generate value, transmit value, and realize value under the influence of environment. The simulation results can explain the logical relationship and operation law between the elements of the scientific data value co-creation system constructed in this paper. The value co-creation of scientific data is influenced by the degree of participation, the degree of interaction, and environmental factors such as policy and technology.

Keywords: Scientific Data; Value Co-Creation; Simulation; System Dynamics

(责任编辑: 王玮)