



信息计量学

理论探索与案例研究

陈立新 ◎ 著

XINXI JILIANGXUE
LILUN TANSUO YU ANLI YANJIU



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

信息计量学

——理论探索与案例研究

陈立新 著



科学技术文献出版社
SCIENTIFIC AND TECHNICAL DOCUMENTATION PRESS

· 北京 ·

图书在版编目(CIP)数据

信息计量学:理论探索与案例研究/陈立新著. —北京:科学技术文献出版社,
2017.5

ISBN 978-7-5189-2522-3

I. ①信… II. ①陈… III. ①文献计量学—研究 IV. ①G250.252

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 069250 号

信息计量学——理论探索与案例研究

策划编辑:张 丹

责任编辑:赵 斌

责任校对:张明喙

责任出版:张志平

出 版 者 科学技术文献出版社

地 址 北京市复兴路 15 号 邮编 100038

编 务 部 (010)58882938,58882087(传真)

发 行 部 (010)58882868,58882874(传真)

邮 购 部 (010)58882873

官方网址 www.stdp.com.cn

发 行 者 科学技术文献出版社发行 全国各地新华书店经销

印 刷 者 北京教图印刷有限公司

版 次 2017 年 5 月第 1 版 2017 年 5 月第 1 次印刷

开 本 787 × 1092 1/16

字 数 465 千

印 张 20

书 号 ISBN 978-7-5189-2522-3

定 价 92.00 元



版权所有 违法必究

购买本社图书,凡字迹不清、缺页、倒页、脱页者,本社发行部负责调换

前 言

信息计量学(Informetrics)也称作情报计量学,是利用文献计量学与科学计量学的方法,主要研究科学技术的管理和评价等问题,并为这些问题的解决提供可供参考的定量化统计分析结果。本书通过案例与理论相结合的方法探讨了信息计量学的一些主要问题。本书共分为科学信息计量、专利信息计量、技术成果与科研信息计量、教育信息计量四大部分,涵盖了信息计量学的主要领域。

第一部分是科学信息计量,其是信息计量学的核心部分。利用可视化软件对物流和力学领域的知识图谱进行了可视化分析。利用词频和共词分析等基于科学文献内容的方法对力学的学科结构、研究热点和研究领域做了研究。从科学文献透视了我国力学和科技哲学的研究状况。基于文献题录,考察了世界力学的主要研究国家和研究机构,考察了国际力学科学合作中的马太效应和力学领域的国际科学合作结构,并利用Q测度以英德两国的科研机构在流体力学方面的合作为例,考察了科研合作的网络结构。引文分析方法是信息计量学的重要方法,通过比较中文版与英文版科技期刊的被引情况,考察了其在不同语境下的影响力,通过统计力学文献的引用和被引情况,探索了知识流动强度与净知识流动方向,分析了力学的学科性质,并利用引文统计研究了力学文献的老化问题。

第二部分是专利信息计量。对我国知识产权发展状况进行了统计分析,并探讨了我国知识产权发展与经济发展之间的关系。对我国在国外与外国在华的知识产权状况进行了对比,分析了我国知识产权的

国际化。利用中国专利数据,考察了我国电动车领域的专利状况。利用美国专利数据,考察了技术领域的集成与整合,分析了美国政府资助专利的情况,研究了专利引文是否表征知识关联的问题。

第三部分是技术成果与科研信息计量。通过分析世界技术成果时空分布的量化特征,对世界技术中心的转移现象进行了研究。对中国的研发投入进行了计量分析,对国家自然科学基金数理学部重点项目做了统计分析。

第四部分是教育信息计量。对全国百篇优秀博士学位论文进行了计量分析,利用计量方法对中美机械工程专业本科课程进行了对比研究。

目 录

第一部分 科学信息计量	1
第一章 国际物流研究领域的知识可视化分析	3
第二章 中国力学的知识可视化图谱	11
第三章 基于期刊论文标题的力学学科结构研究	16
第四章 基于关键词的力学领域研究热点分析	31
第五章 基于关键词的力学研究领域分析	36
第六章 从 SCI 论文看我国力学的发展	40
第七章 从 3 种期刊看我国科学技术哲学研究力量的变化	52
第八章 《科学技术与辩证法》近十年的载文分析	62
第九章 力学 SCI 论文的高产国家和地区及高产机构	69
第十章 国际力学科学合作中是否存在马太效应	77
第十一章 力学领域的国际科学合作结构	84
第十二章 基于 Q 测度法的二分网络桥接分析	93
第十三章 中文版与英文版科技期刊影响力的对比研究	104
第十四章 知识流动强度与净知识流动方向	111
第十五章 基于钱学森技术科学思想的学科性质研究	119
第十六章 力学文献老化速度 50 年(1954—2003 年)的变化趋势	126
第十七章 引文半衰期与普赖斯指数之间的数量关系研究	134
第二部分 专利信息计量	141
第十八章 中国知识产权发展状况的统计分析	143
第十九章 中国知识产权发展与经济发展之间的关系	149
第二十章 中国知识产权的国际化	152
第二十一章 中国电动车领域的专利统计分析	162
第二十二章 技术领域的集成与整合研究	169
第二十三章 美国政府的专利资助政策及其对我国的启示	178
第二十四章 美国政府资助专利的统计分析	183
第二十五章 专利引文是否表征知识关联	196

第三部分 技术成果与科研信息计量·····	229
第二十六章 世界技术成果时空分布的量化特征及世界技术中心的转移·····	231
第二十七章 中国研发投入的计量分析·····	273
第二十八章 中国研发投入的区域分布研究·····	280
第二十九章 国家自然科学基金数理学部重点项目的计量分析·····	286
第四部分 教育信息计量·····	293
第三十章 全国百篇优秀博士学位论文的计量分析·····	295
第三十一章 中美机械工程专业本科课程对比研究·····	304
致 谢·····	314

第一部分 科学信息计量

第一章 国际物流研究领域的知识可视化分析

1 引言

自古以来,人类社会就存在物流活动和物流管理。例如,古代战争中对粮草和武器装备的征集、存储、运输和划拨等。古希腊和古罗马时代,军队中有主管后勤的官员(logistikas)负责对军事物资的供应和分配。但直到20世纪,物流活动才逐渐受到工商业的高度重视,学术界也才开始对物流理论做深入研究。1915年,美国学者阿奇·萧(Arch W Shaw)在《市场流通中的若干问题》一书中提出,“物资经过时间或空间的转移,会产生附加价值”,并使用“distribution”一词来表示“流通”^[1]。1918年,英国犹尼里佛的利费哈姆勋爵成立了“即时送货股份有限公司”,在全国范围内把商品及时送到批发商、零售商及用户的手中,这被认为是早期的商业物流活动。1935年,美国销售协会用“physical distribution”表示物流,其定义为:包含于销售之中的物质资料和服务与从生产地点到消费地点流动过程中伴随的种种活动。第二次世界大战时,因为战争的需要,军事后勤活动和后勤管理得到了很大的发展,美国军方把后勤管理称为“logistics management”。战后,军事后勤积累下来的一些技术和管理方法很快就被应用到工业和商业的原材料采购、运输、存储、库存控制、产品分配、保管、包装、装卸及用户服务等活动中,发展成为商业后勤(business logistics)。20世纪50年代,“物流”(physical distribution)一词从美国传到日本,被翻译为“物的流通”,后来简称“物流”。“physical distribution”主要是与商品销售有关的实物流通活动,即狭义的物流。有鉴于此,1986年,美国物流管理协会将其名称“National Council of Physical Distribution Management”改为“The Council of Logistics Management”,即将“physical distribution”改为“logistics”,将物流从商业销售领域拓展到工业生产领域和产前领域,对“logistics”所做的定义为:以满足顾客的要求为目的,对原材料、半成品、制成品和相关联的信息,从生产地点到消费地点之间的流通与保管,以及为追求效率和效益而进行计划、执行和控制。

20世纪70年代末,“物流”一词从日本传到中国。从CNKI(中国期刊全文数据库)对“物流”的检索结果来看,中国最早开始物流学术研究的是20世纪80年代初期的王之泰等人^[2-6]。在国家质量技术监督局于2001年发布并实施的《GB/T 18354—2001 中华人民共和国国家标准物流术语》中对物流的解释为:“物品从供应地向接收地的实体流动过程。根据实际需要,将运输、存储、装卸、搬运、包装、流通加工、配送、信息处理等基本功能实施有机结合。”^[7]

目前,英语主要使用“logistics”替换了原来的“physical distribution”来表示“物流”。我国和日本仍然沿用“物流”一词,通常对应的英文词是“logistics”,但有些学者认为,我国也应该和国际保持一致将“logistics”称为“后勤”。另外,为了便于和“现代物流”(logistics)区分开来,有些学者把“physical distribution”翻译为“实物分销”或“传统物流”。总体来看,现代物流

主要是第二次世界大战之后从美国发展出来的。本章从国际物流领域的文献着手,通过最新的信息可视化技术考察近十几年来物流领域的主要研究内容和发展演化趋势。

2 数据与方法

本章的数据来源于美国科学信息研究所(Thomson-ISI)的 Web of Science 检索系统中的科学引文索引(SCI)扩展版数据库。SCI 数据库是一个基于科学学术期刊文献的多学科索引数据库,它包括 100 多个科学分支学科的数千种学术期刊。2008 年,通过主题词检索,检索词为“logistics”,共检索到 1995—2007 年物流领域的 2978 条文献数据。

科学知识可视化图谱是在信息技术的推动下发展出来的一个新领域。陈悦和刘则渊认为,科学知识图谱是显示科学知识的发展进程与结构关系的一种图形^[8]。当前,美国德雷塞尔大学信息科学与技术学院华人学者陈超美副教授在信息可视化领域做出了巨大的贡献。自 1998 年以来,他在国际权威期刊上陆续发表了关于知识可视化的学术论文^[9-10],还出版了一系列信息可视化的学术著作^[11-13]。陈超美用 Java 语言开发了科学文献分析与知识图谱可视化免费软件 CiteSpace,已升级到 CiteSpace II,供学术界免费使用。CiteSpace 软件使用 pathfinder 算法^[14]或最小生成树(minimum spanning trees)算法^[15],对科学文献共被引网络进行处理;还提供了“涌现”检测(burst detection)算法,用频次变化率高、增长速度快的“涌现”词(burst term)来分析科学的前沿领域和发展趋势。该软件通过对科学文献题录数据,特别是对引文数据和关键词数据的分析和处理,以图谱的方式展现出科学发展的演化过程及科学发展的前沿趋势^[16-17]。

3 分析与结果

3.1 国际物流领域的学术研究概况

首先统计了 1995—2007 年物流领域 2978 篇文献的历年发文数量。从图 1-1 可知,国际上有关物流的论文逐年增长,1995 年共发表了 103 篇 SCI 论文,2007 年为 373 篇,增长了近 3 倍。表明国际上物流研究正在兴起,该领域的研究正在不断加强,有望发展成为国际上的学术研究热点。

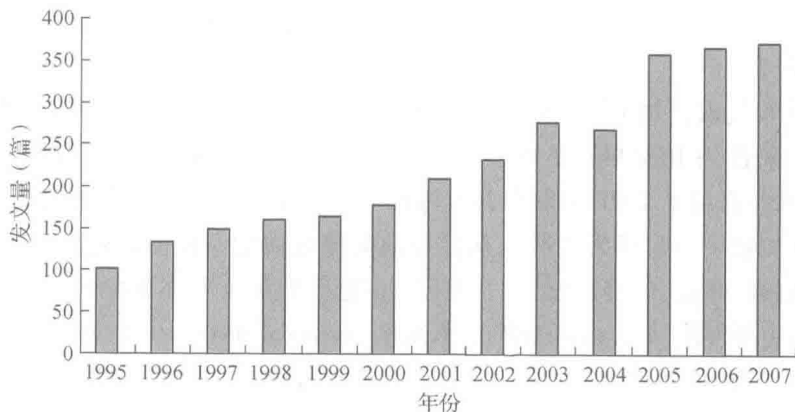


图 1-1 国际物流领域的历年发文量

然后,统计了 2978 篇物流研究文献的来源期刊。表 1-1 给出了发表物流研究论文数量较多的一些期刊,这 20 种期刊是物流研究领域的重要学术交流平台,也反映了不同学科对物流研究的关系状况。

表 1-1 发表物流领域研究论文的主要期刊

	期刊中文名称	期刊英文名称	论文数(篇)
1	欧洲运筹学杂志	EUROPEAN JOURNAL OF OPERATIONAL RESEARCH	142
2	国际生产经济学杂志	INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION ECONOMICS	116
3	运筹学会学报	JOURNAL OF THE OPERATIONAL RESEARCH SOCIETY	66
4	运输研究 E 辑:物流学与运输评论	TRANSPORTATION RESEARCH PART E - LOGISTICS AND TRANSPORTATION REVIEW	61
5	国际生产研究杂志	INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCTION RESEARCH	53
6	化工周刊	CHEMICAL WEEK	50
7	界面	INTERFACES	41
8	计算机与运筹学	COMPUTERS & OPERATIONS RESEARCH	37
9	海军后勤学研究	NAVAL RESEARCH LOGISTICS	36
10	生产规划与管理	PRODUCTION PLANNING & CONTROL	33
11	经营管理学报	JOURNAL OF OPERATIONS MANAGEMENT	32
12	计算机与工业工程	COMPUTERS & INDUSTRIAL ENGINEERING	31
13	海军工程师杂志	NAVAL ENGINEERS JOURNAL	28
14	工业计算机	COMPUTERS IN INDUSTRY	27
15	欧米加:国际管理科学学报	OMEGA - INTERNATIONAL JOURNAL OF MANAGEMENT SCIENCE	26
16	工业管理与数据系统	INDUSTRIAL MANAGEMENT & DATA SYSTEMS	24
17	运输科学	TRANSPORTATION SCIENCE	24
18	运筹学概览	OR SPECTRUM	23
19	生产与运作管理	PRODUCTION AND OPERATIONS MANAGEMENT	22
20	国际技术管理杂志	INTERNATIONAL JOURNAL OF TECHNOLOGY MANAGEMENT	20

表 1-2 给出了物流领域的研究论文在不同学科期刊类别中的分布情况,其中,运筹学与管理学类的期刊最多,工业工程学领域的期刊次之。物流领域的论文还来源于制造工程学、计算机科学(各学科应用)、土木工程学、运输科学与技术学、化学工程学、电气电子工程学、计算机科学(信息系统)、环境科学等学科的期刊。由此可见,物流研究不仅与管理学有关,还涉及

计算机科学、运输科学、电气电子工程学及环境科学等学科,其研究成果还可应用于工业工程学、制造工程学、土木工程学及化学工程学等学科。总而言之,物流研究是管理学与计算机科学、运输科学、电气电子工程学等其他学科相互交叉、相互渗透和相互融合的综合体。但物流研究的主体属于管理学,可以看作是管理学科的一个分支。

表 1-2 不同学科领域的期刊发表物流领域学术论文的情况

	学科类别	学科类别的英文名称	发文量(篇)
1	运筹学与管理科学	OPERATIONS RESEARCH & MANAGEMENT SCIENCE	881
2	工业工程学	ENGINEERING, INDUSTRIAL	367
3	制造工程学	ENGINEERING, MANUFACTURING	311
4	计算机科学、跨学科应用	COMPUTER SCIENCE, INTERDISCIPLINARY APPLICATIONS	183
5	土木工程学	ENGINEERING, CIVIL	130
6	运输科学技术	TRANSPORTATION SCIENCE & TECHNOLOGY	129
7	化学工程学	ENGINEERING, CHEMICAL	116
8	电气电子工程学	ENGINEERING, ELECTRICAL & ELECTRONIC	76
9	计算机科学、信息系统	COMPUTER SCIENCE, INFORMATION SYSTEMS	68
10	环境科学	ENVIRONMENTAL SCIENCES	68

3.2 国际物流领域的主要研究内容

将检索得到的物流领域 2978 条文献题录数据,导入 CiteSpace II 软件,网络节点选为参考文献(reference)和主题词语,调节相应的阈值。经过 CiteSpace II 软件的分析 and 处理,得到了物流领域的知识可视化图谱(图 1-2)。

从图 1-2 可见,国际物流领域研究主要涵盖了 3 个知识群。

①物流活动核心知识群:主要是基于供应链的物流系统。从该图谱中可以看到,出现频次最高的是供应链(supply chain)和供应链管理(supply chain management),表明供应链和供应链管理是近十多年来物流领域研究的核心内容。供应链是围绕核心企业,通过对信息流、物流、资金流的控制,从采购原材料开始,制成中间产品及最终产品,最后由销售网络把产品送到消费者手中的将供应商、制造商、分销商、零售商,直到最终用户连成一个整体的功能网链结构模式^[18]。目前,供应链的概念更加注重围绕核心企业的网链关系,如核心企业与供应商、供应商的供应商乃至与一切前向的关系,与用户、用户的用户及一切后向的关系,是在生产及流通过程中,涉及将产品或服务提供给最终用户活动的上游与下游企业所形成的网链结构。供应链的概念已经不同于传统的销售链,它跨越了企业界线,从扩展企业的新思维出发,并从全局和整体的角度考虑产品经营的竞争力,使供应链从一种运作工具上升为一种管理方法体系,一种运营管理思维和模式。供应链管理是对由供应商、制造商、分销商、零售商和顾客所构成的链条中的物流所进行的计划和协调工作。物流活动核心知识群表明,基于供应链的物流系统使得行业的市场竞争不仅是单个企业之间的较量,而且更重要的是企业供应链之间的竞争。

3.3 国际物流领域的重要文献和演化发展趋势

再将物流领域的 2978 条文献题录数据导入 CiteSpace II 软件,网络节点仅选择参考文献(reference),调节相应的阈值。经过 CiteSpace II 软件的分析处理,得到了物流领域的重要文献和演化趋势的可视化图谱(图 1-3)。

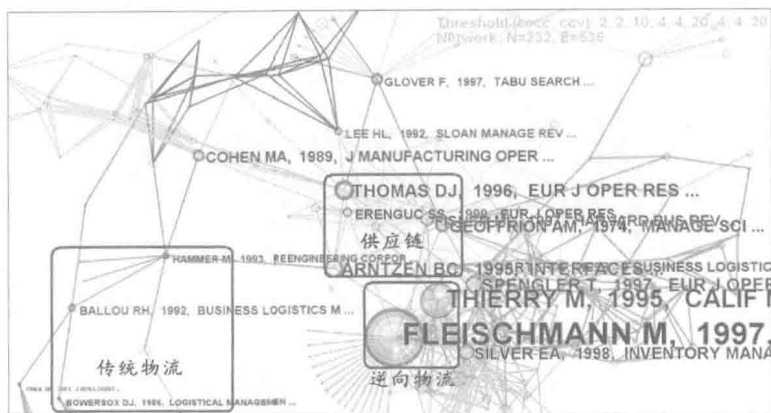


图 1-3 物流领域的重要文献和演化发展趋势

图 1-3 反映出物流领域中一些代表人物及其具有较高影响力的学术文献。从图中可以看出,近几十年来物流领域的研究主要由三大部分组成,即传统物流(正向物流)活动及管理研究、供应链管理研究、逆向物流及其管理研究,这三大部分体现出物流领域的发展趋势,是物流领域发展的三大阶段。

第一阶段是传统物流活动及管理研究。物流管理引入工商管理,导致企业管理的深刻变革,一方面引起企业内的业务流程再造,另一方面导致企业间上下游集群式协同发展。这是物流领域中最先发展出来的,早期的代表性文献主要是 Bowersox D J 等人于 1986 出版的著作《物流管理——产品分销、生产支持和物资采购的系统集成》(Logistics management: A system integration of physical distribution, manufacturing support, and materials procurement),这是一部传统物流管理的著作,将产品销售、制造支持、材料采购看作是一个系统集成来进行管理。Ballou R H 于 1992 年出版的著作《商业物流管理》(Business logistics management)也非常具有影响力,1998 年该著作推出第 4 版,2004 年在 Google 学术搜索中的被引达到了 695 次。Hammer M 和 Champy J 于 1993 年出版的著作《企业再造——企业管理革命的宣言》(Reengineering the corporation: A manifesto for business revolution)中首先提出了“业务流程再造”(business process reengineering)的概念,即从顾客的需求出发,对企业流程进行根本性的再思考和彻底性的再设计,利用先进的制造技术、信息技术和现代化的管理手段使企业在成本、质量、服务和速度等方面获得巨大的改善。这一经典著作不仅在企业组织管理领域具有重大的影响,在当前物流研究领域同样具有重大的影响。企业的业务流程再造必然要涉及物流方面的变革,同时,物流其本身的发展也离不开企业的业务流程再造。该著作影响深远,在 Google 学术搜索中被引高达 4604 次。

第二阶段是供应链管理研究。供应链管理研究是在电子商务条件下从供应链网络重构物

流系统,把现代物流活动建立在供应链管理的基础之上。Thomas D J 与 Griffin P M 于 1996 年合作发表的论文《协同供应链管理》(Coordinated supply chain management)是这方面的代表性文献,首次提出了协同供应链管理的概念,即采用通信和信息技术使供应链的各环节相互协调以减少成本,通过数学建模对供应链的环节进行优化。该著作在 Google 学术搜索中被引 596 次。供应链理论方面有影响的文献还有 Fisher M 于 1997 年发表的论文《什么是正确的供应链》(What is the right supply chain for your product),Artzen B C 等人于 1995 年发表的论文《数字设备公司的全球供应链管理》(Global supply chain management at digital equipment corporation),以及 Erenguc S S 等人于 1999 年发表的论文《供应链中生产与分销综合计划的特邀评述》(Integrated production/distribution planning in supply chains: An invited review)。这 3 篇论文在 Google 学术搜索中分别被引 1217 次、461 次和 248 次。另外,Cohen M A 和 Lee H L 于 1989 年发表的论文《全球制造与分销网络的资源配置分析》(Resource deployment analysis of global manufacturing and distribution networks)研究了全球制造和分销网络的资源配置问题,对供应链理论具有重大的影响,从图 1-3 来看,该文还是连接传统物流理论与供应链理论的关键节点。从图 1-3 中还可以看出,Glover F 和 Laguna M 于 1997 年出版的著作《禁忌搜索》(Tabu search)对供应链管理研究具有较大的影响,该著作在 Google 学术搜索中被引 2773 次。禁忌搜索(tabu search 或 taboo search)的思想最早由 Glover 于 1986 年提出,它是对局部领域搜索的一种扩展,是一种全局逐步寻优算法。禁忌搜索是物流研究领域的一种重要算法,可以求解物流配送路径优化问题,同时在组合优化、生产调度等领域有广泛的应用和发展。

第三阶段是逆向物流及其管理研究。逆向物流是基于供应链的现代物流的必然拓展,可概括为两类逆向物流:一是从满足消费者或销售商需求、实现零库存、降低成本的逆向物流系统,二是从生产环境友好型产品、回收产品或减少生产过程及末端废弃物排放的绿色逆向物流系统。特别是后者引起对基于绿色供应链的逆向物流系统的广泛研究。最具有影响的文献是荷兰鹿特丹大学的 Fleischmann M 等人于 1997 年发表的论文《逆向物流的定量模型述评》(Quantitative models for reverse logistics: A review),在 Google 学术搜索中的被引频次为 655 次。该文在考察了大量逆向物流数量模型的基础上,从配送计划(distribution planning)、库存控制(inventory control)和生产计划(production planning)3 个领域对逆向物流数量模型进行了讨论和评价。还特别对逆向物流与传统物流(正向物流)数量模型的异同做了比较。逆向物流的另一篇代表文献是 Thierry M C 等人于 1997 年发表的论文《产品回收管理中的生产和经营战略管理问题》(Strategic production and operations management issues in product recovery management),在 Google 学术搜索中的被引频次为 417 次,该文探讨了产品回收管理中的一些问题。Thomas S 等人的论文《环境协调生产和回收管理》(Environmental integrated production and recycling management)探讨环境协调生产和循环管理,提倡环境友好型生产技术,强调生产中的循环利用,在逆向物流领域也具有重大的影响。

4 结论

以国际物流领域的 2978 篇 SCI 论文为研究对象,考察了刊载这些论文的学术期刊和物流研究文献的学科分布,表明物流研究是管理学与计算机科学、运输科学、电气电子工程学等学

科相互交叉、相互渗透和相互融合的综合学科,但物流研究的主体领域属于管理学门类,是管理学的一个分支。

运用动态网络分析 CiteSpace 软件对物流研究状况进行了可视化分析,物流研究的知识图谱展示了物流领域的主要研究内容、演化过程和发展趋势。总的来看,物流研究领域已经形成了 3 个知识群:基于供应链的物流活动核心知识群、物流活动拓展知识群和物流支持系统知识群。物流研究主流领域已经跨越了传统物流理论研究阶段,目前处于供应链理论研究阶段,而最近十年出现的逆向物流理论研究正成为一个新的主流发展阶段。

参考文献

- [1] Arch W Shaw. Some problems in market distribution; Illustrating the application of a basic philosophy of business [M]. Boston: Harvard University Press, 1915.
- [2] 王之泰. 第三利润源: 物流管理[J]. 经济与管理研究, 1981(2): 93-96.
- [3] 王之泰, 孟淑敏. 发展水泥的流通加工提高水泥物流的技术经济效益[J]. 中国建材, 1981(2): 37-42.
- [4] 张琳. 加速物流, 抓好贮运的系统改造[J]. 工程建设与设计, 1981(2): 31-34.
- [5] 桓玉珊. 浅谈物流经济[J]. 中国建材, 1981(2): 42-43.
- [6] 应明道. 浅谈物资的“商流”和“物流”[J]. 经济管理, 1981(5): 71, 75.
- [7] 中华人民共和国国家标准. 物流术语: GB/T 18354—2001[S]. 北京: 中国标准出版社, 2001.
- [8] 陈悦, 刘则渊. 悄然兴起的科学知识图谱[J]. 科学学研究, 2005, 23(2): 149-154.
- [9] Chen C, Cribbin T, Macredie R, et al. Visualizing and tracking the growth of competing paradigms: Two case studies[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2002, 53(8): 678-689.
- [10] Chen C. Visualizing scientific paradigms: An introduction[J]. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2003, 54(5): 392-339.
- [11] Chen C. Information visualisation and virtual environments[M]. London: Springer, 1999.
- [12] Chen C. Information visualization: Beyond the horizon[M]. London: Springer, 2004.
- [13] Chen C. Mapping scientific frontiers: The quest for knowledge visualization[M]. London: Springer, 2003.
- [14] Chen C. Generalised similarity analysis and pathfinder network scaling[J]. Interacting with Computers, 1998, 10(2): 107-128.
- [15] Chen C, Morris S. Visualizing evolving networks: Minimum spanning trees versus pathfinder networks[R]. Proceedings of IEEE Symposium on Information Visualization[C]. Washington: IEEE Computer Society Press, 2003: 67-74.
- [16] Chaomei Chen. CiteSpace: Visualizing patterns and trends in scientific literature[EB/OL]. [2007-06-18]. <http://cluster.cis.drexel.edu/~cchen/citespace>.
- [17] 陈立新. 力学期刊群的内外关系与学科结构[M]. 北京: 兵器工业出版社, 2008.
- [18] 马士华. 供应链管理[M]. 北京: 机械工业出版社, 2000.