

国外“群集智慧智能”研究进展与展望^①靖鲲鹏^② 王佳岐

(燕山大学经济与管理学院 秦皇岛 066004)

摘 要 “群集智慧智能”产生于大量不同个体的相互协作过程中,是群体集合所表现出的优于个体或个体总和的整体性智慧与广泛性智能。首先,本文检索了 2000—2017 年 WOS-SCI/SSCI/Elsevier Science Direct 和 Springer Link 等不同外文数据库收录的研究成果,通过文献综述和成果计量分析,从不同的语义基础维度,归纳出国外“群集智慧智能”的两大研究主题:“群体智能”(SI)和“集体智慧”(CI)。其次,从时间、来源、学科、方法和问题等方面,做了详细专题分析,发现“群集智慧智能”的研究趋势。最后,总结国外研究的特点,提出国内研究应关注的热点领域和未来研究方向。

关键词 群集智慧智能,群体智能(SI),集体智慧(CI),文献综述,计量分析

0 引言

网络技术和人类社会的快速发展,极大地促进了知识和信息的广泛传播和迅速更新。在面对和处理由丰富多变的知识信息构成的复杂系统问题时,如何降低由于个体认知偏差所带来的局限性影响,从而最大限度地发挥群体集合的智慧和智能的作用,已经成为国外学者重点研究的领域。早在 1907 年, Galton^[1]通过实验研究,第一次证明了群体集合会在某些情况下产生超越个体专家的智慧和能力; Wechsler^[2]在 1964 年正式提出了群集智慧的相关概念:“一群个体有目的地行动、合理地思考,产生稳定的或全局性的智慧来高效地适应和处理周围环境情况”; Johnson^[3]把从许多个体的协作过程中涌现出来的整体大于部分之和的能力称为群体集合的共生智能; Bloom^[4]将集体创造、创新和发明的共同合作能力表述为群集智能; Heylighen^[5]在 1999 年又将群集智慧定义成:“一个群体集合所具有的能够比其中单个成员解决更多问题的智慧”。综合国外学者的不同观点表述,可以得出“群集智慧智能”

的基本含义为:“群体集合所具有的优于个体或个体总和的智慧与能力”。

“群集智慧智能”概念不断完善和发展,该领域相关问题研究也受到了国外专家学者的长期持续关注。尤其是进入 21 世纪以来,相应的文献成果数量更是呈现出井喷式增长,覆盖范围不断扩大,内容层次逐渐深入,不仅包括群体集合的概念性及其理论描述,还有对社会具体问题的实际应用分析^[6]。

国内对于“群集智慧智能”的研究集中在 2010 年以后,从现有的研究成果来看,相关文献数量极为有限,并且研究内容以理论介绍和概念辨析为主,在研究方法和研究深度的创新上均存在不足^[7]。目前国内的许多学者大都致力于关注国外研究的最新动向,缺乏对国外已有研究的整理总结,导致国内现有的研究总体上还处于零散状态^[8]。

本文将对 21 世纪以来的国外“群集智慧智能”研究进行文献综述和成果计量。第一部分主要是根据不同语义维度的检索结果归纳出国外“群集智慧智能”的研究主题。第二部分对研究主题的文献成果进行了专题分析,发现其研究趋势。第三部分总

① 河北省社会科学基金(HB16GL088)资助项目。

② 男,1977 年生,博士,教授;研究方向:群体智能,知识管理;联系人,E-mail: jkp@ysu.edu.cn
(收稿日期:2018-05-10)

结国外研究的特点,梳理当前的研究热点和未来的研究方向。

1 国外“群集智慧智能”研究主题

“群集智慧智能”的研究从字面上看,主要是由

群集、智慧和智能 3 个词语组成。每个词语都有多种的英文表述,相关的文献成果中也提供了各种不同表述的词语组合,它们共同构成了“群集智慧智能”研究的语义基础框架(见图 1)。

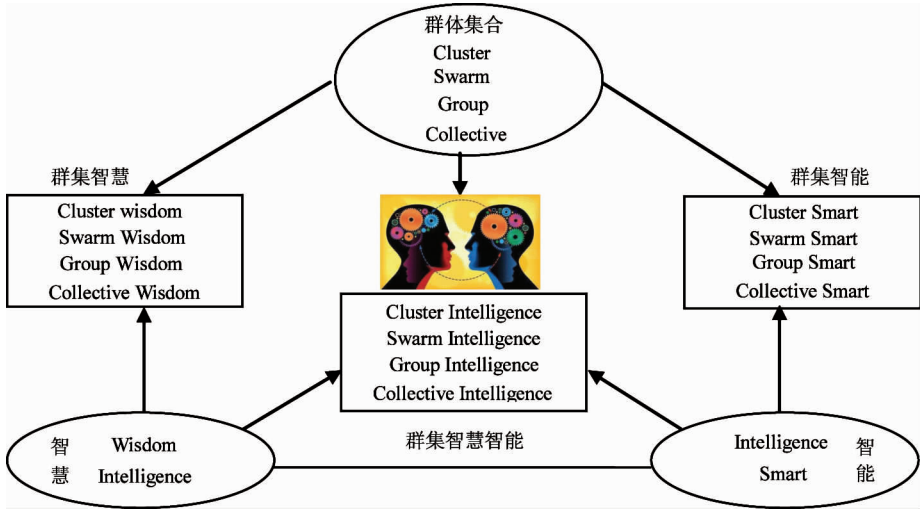


图 1 “群集智慧智能”研究语义基础框架

从图 1 可以看出,根据研究主题组成部分的语义维度,有多达 12 种词语组合,但缺少能够体现当前研究主流形势的准确表述。因此本文将根据不同语义维度的文献检索结果,从语义维度提炼明确相应的国外“群集智慧智能”研究主题。

本文选择以 WOS-SCI/SSCI、Elsevier Science Di-

rect 和 Springer Link 等外文期刊文摘、全文数据库为数据源,使用不同定义的词语组合对 21 世纪以来的国外“群集智慧智能”研究进行主题内容(标题、摘要或关键词)检索,并运用不同的检索方式来逐步缩小查询范围,相关的文献成果类型包括同行评议的期刊、文章、书籍章节和学术内容等(见表 1)。

表 1 21 世纪以来国外“群集智慧智能”研究文献成果检索过程

检索过程	检索细节描述
基本检索式	“Cluster + Swarm + Group + Collective” + “Wisdom + Smart + Intelligence”
高级检索式	“Cluster + Swarm + Group + Collective” * “Wisdom + Smart + Intelligence”
精确检索式	“Cluster * Swarm * Group * Collective” * “Wisdom * Smart * Intelligence”
数据来源	WOS-SCI/SSCI、Elsevier Science Direct、Springer Link 等期刊、全文数据库
检索内容	标题、摘要或关键词
文献类型	同行评议的学术期刊、文章、图书章节内容
时间范围	从 2000 年 1 月 1 日到 2017 年 12 月 31 日出版

对检索到的文献作进一步分析,确立的标准原则如下:(1)只有使用英语发表的文章才会被选中,并排除了相关的工作文件、公司/行业/市场报告、社

论和新闻报道。(2)优先考虑在知名期刊上发表的高水平论文,其他期刊的文章必须有较高的质量性和可读性才被考虑。(3)针对各种期刊上发表论文

的内容,作快速梳理检查来选择研究相关性高的文章。(4)侧重于关注计算机科学技术发展领域有关人机智能的期刊文章,专门研究自然和社会群体集

合中智慧问题的论文也都被选中。据此原则对这些文献进行筛选,得到了与“群集智慧智能”研究较为准确相关的详细检索结果(见表 2)。

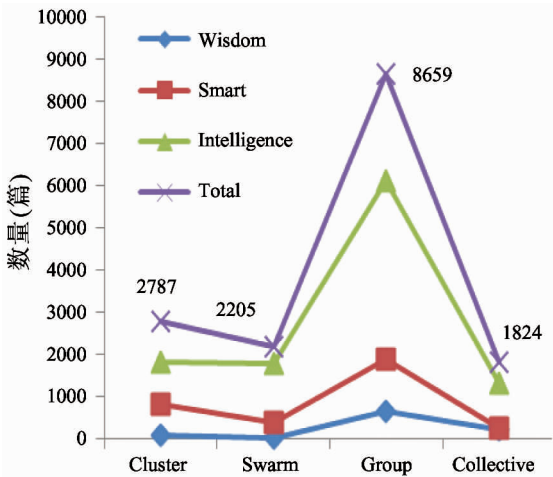
表 2 国外“群集智慧智能”研究文献成果检索筛选

基础词语	连接词	重点词语	Elsevier Science Direct	Springer Link	数量合计
			数据库文献数量	数据库文献数量	
Cluster		Wisdom	31	78	109
Swarm			7	7	14
Group			243	409	652
Collective			68	176	244
Smart	AND	Cluster	371	470	841
		Swarm	136	257	393
		Group	1127	770	1897
		Collective	68	194	262
Cluster		Intelligence	546	1291	1837
Swarm			1040	758	1798
Group			2672	3438	6110
Collective			318	1000	1318

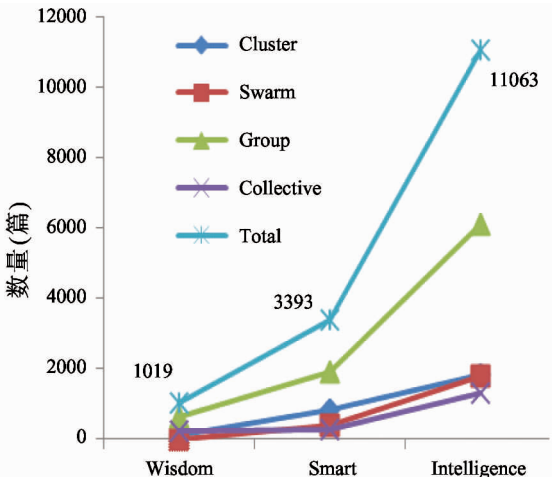
从“群体集合”和“智慧智能”两个研究主体的不同语义组合维度,分别对所有论文成果进行计量分析(图 2)。

图 2 统计了基于不同研究主体和语义组合维度下的“群集智慧智能”领域的检索成果。可以发现:包含语义范围较广的 Cluster 和 Group 有关“智慧智

能”的研究成果分别为 2787 和 8659 项,Swarm 和 Collective 的相关数量分别为 2205 和 1824。具有双重语义的 Intelligence 则在研究“群体集合”成果中出现的次数最多,为 11063,远远高于 Wisdom (1019)和 Smart(3393)。



(a) “群体集合”主体的不同语义组合统计



(b) “智慧智能”主体的不同语义组合统计

图 2 “群体集合”主体语义组合维度的研究成果统计

根据文献分析,Cluster 和 Group 常用于自然与社会科学领域的宏观研究,Swarm 是自然群体在计算机科学技术智能研究中的专业术语,Collective 主

要用于社会集体在管理经济学智慧方面的研究。从图 2 可以看出,关于 Wisdom 和 Smart 的研究成果数量过少,而 Intelligence 则是群体集合智慧智能研究

中被引用最多的热点词汇。相比较而言,Swarm 和 Collective 在“群体集合”研究中相关的准确性更高,Intelligence 在“智慧智能”研究中相对的集中性更好。因此,将 Swarm、Collective 和 Intelligence 作为重要关键语义词。

结合语义检索的成果计量分析,考虑到能够准确、集中地表述当前研究主流形势的目标,本文将国外“群集智慧智能”的研究主题归纳为“Swarm Intelligence”和“Collective Intelligence”。前者通常是指自然科学领域中发现的“群体智能”(简称“SI”),主

要是来源于对自然生态系统所具有智能的观察与表达;后者经常多指社会科学领域中产生的“集体智慧”(简称“CI”),常用于描述社会经济系统中出现的协作和共享智慧。

在 Elsevier Science Direct 和 Springer Link 数据库中重点检索两大研究主题发表文献及成果,其发表数量和发展趋势如图 3 所示。可见从语义基础维度所归纳出的“群体智能”和“集体智慧”研究总体上都呈现快速上升趋势,基本代表了当前“群集智慧智能”研究的主流方向。

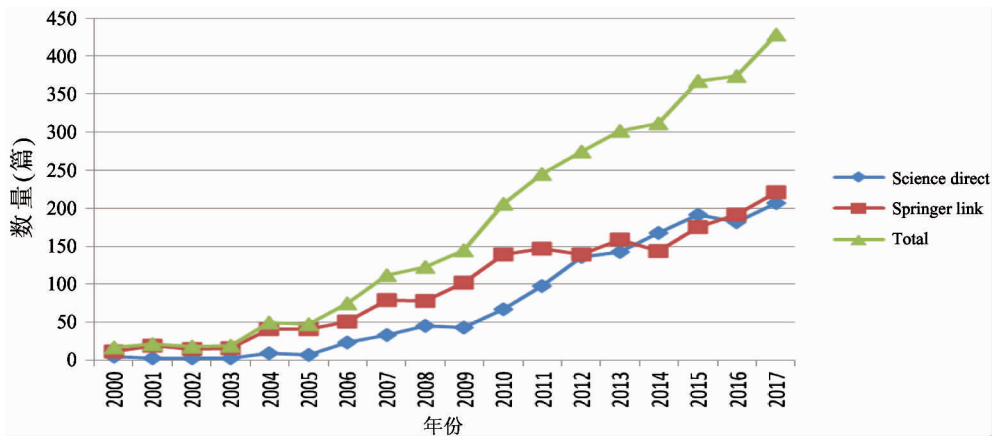


图 3 21 世纪以来国外“群集智慧智能”研究主题发展趋势

2 国外“群集智慧智能”研究专题分析

对 2000 - 2017 年间的相关文献成果整理分类,确定了 3138 篇论文,分别从时间、来源、学科、方法和问题 5 个维度进行专题分析,了解和发现国外该领域研究发展的趋势。

2.1 时间分析

2000 - 2017 年间,国外“群体智能”和“集体智慧”各年研究成果数量如表 3 和图 4 所示。

在 2000 年,Bloom^[9]描绘了群集性智能现象的演化进程,证明多物种在生命起源之初就已经存在群体智能,Davenport^[10]则发现随着互联网的普及,在网络环境中更容易产生和发挥集体智慧。之后

表 3 国外 SI 和 CI 研究成果数量(2000 - 2017 年)

年份 主题	2000 2001 2002 2003 2004 2005 2006 2007 2008 2009 2010 2011 2012 2013 2014 2015 2016 2017																		合计
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	
SI	2	4	5	5	20	15	42	60	73	76	109	133	170	178	186	227	241	264	1810
CI	15	18	13	14	30	33	33	52	50	69	97	112	105	124	126	140	133	164	1328
合计	17	22	18	19	50	48	75	112	123	145	206	245	275	302	312	367	374	428	3138

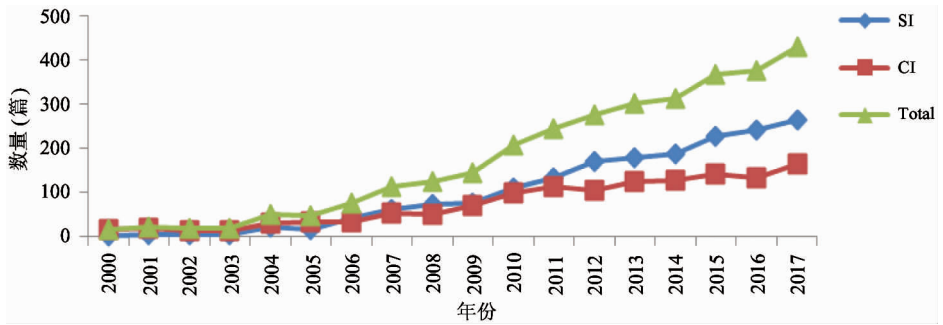


图 4 国外 SI 和 CI 研究成果数量(2000 – 2017 年)

的几年里,学者又重点研究了关于集体智慧的质量控制问题;Sunstein^[11]和 Sia^[12]等指出群体极化是比群体迷思更为严重的认知偏差;Surowiecki^[13]提出应以自组织的分权化管理来保证集体智慧的质量,Wolfers^[14]和 Lu^[15]等从参与动机、多样性和独立性以及群体规模等角度共同探讨了影响集体智慧质量的主要因素。

而从 2006 年开始,“群体智能”研究发表的文献成果数量首次超过了“集体智慧”,随后有关“群体智能”的研究更是持续保持增长:Malone^[16]坚信由个体组成的群体共同完成任务会更具智能性;Luckin^[17]提出了基于群体智能的 E-Learning 系统的相关概念,Arrow^[18]等通过与传统方式做对比而发现群体智能在经济发展和选举结果预测方面有更好的效果。

2009 年有关“群体智能”的应用成为研究热点:Bonabeau^[19]等为了让企业成员均可自由共享信息资源而提出了简化的 Web2.0 智能应用系统,Lek^[20]等设计出数字生态系统的交互平台来最大限度地发掘群体聚合时的潜能,Vivacqua^[21]和 Furta-do^[22]分别探讨了群体智能在应急响应和犯罪调查领域的应用前景。

2010 年以后,尤其是近几年来,SI 和 CI 的研究侧重于结合系统模型和技术程序:Heiko^[23]等通过测试和比较预测组合的方法,使用新智慧支持系统(GWSS)从人群中收集和处理信息;Steffen^[24]研究了 DeGroot 意见动态模型,在该模型中一些代理人可以反对其他代理人,结果表明代理人之间存在足够强的负面关系时,难以产生智慧。Maher^[25]等认为智能计量技术能够更好地理解消费者行为和剪裁

需求响应 DR 程序。

综上所述,根据表 3 和图 4,对比分析可以发现:在 21 世纪起初的前 5 年里,“集体智慧”每年的研究数量都要高于“群体智能”,而且这一时期主要是对 CI 的质量控制等理论研究。但在随后的十多年间,由于计算机网络技术的兴起,带动了受自然界群体启发的算法研究来支持程序设计应用,所以有关 SI 的研究逐年递增,学者开始对“群体智能”表现出浓厚的兴趣。最近两年,SI 和 CI 依托计算机的系统模型和技术程序运用研究又成为新的发展趋势。

2.2 来源分析

文献成果与期刊来源是紧密联系的,21 世纪以来国外有关 SI 和 CI 在不同期刊收录的论文数量情况(图 5)可以集中反映刊物出版喜好和研究重要指向。

由图 5 可知,SI 和 CI 的大多数文献成果都来源于应用软件计算(ASC)、专家系统应用(ESA)、信息科学(IS)、计算机程序科学(PCS)和神经计算(NC)等领域期刊。可见当前“群集智慧智能”的研究主要集中在信息程序和应用计算领域,结合计算机网络信息技术的相关研究正在受到越来越多的重视。

众多学者结合计算机网络信息技术的趋势、理论和应用做了广泛研究:(1) Pierre^[26]从计算机科学视角提出要走向反思智能的观点。(2) Baumöl^[27]等认为计算机技术的出现推动了网络和社交媒体的发展,为集体智慧研究提供了新的可能性;Bill^[28]结合团队智慧的新想法并利用 IT 技术,使员工集体能更有效地解决复杂的问题。(3) Marcin^[29]提出了可扩展开放的多智能体认知集成管理信息系统(CIMIS)来作为企业认知一体化管理的支持系统;Monika^[30]

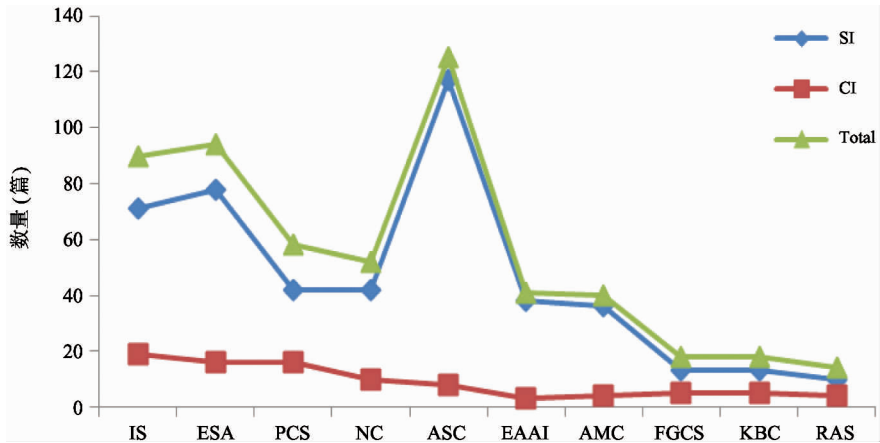


图5 SI 和 CI 研究文献成果的出版期刊统计

建议利用集体智慧和创新的整体多元系统方法,通过网络论证系统以及计算机模拟和集体决策工具,将气候变化问题分解成更小、更易管理的问题和众包集体智慧的方式。

2.3 学科分析

伴随着生物学、行为学、社会管理学、计算机科学等的兴起和发展,结合相关学科的知识,关于 SI 和 CI 的研究在学科分布上呈现出多样性:(1) See-ly^[31]首次发现在蜜蜂等自然生物群中同样存在着智能的表现;Franks^[32]等对比昆虫在面临最困难集体选择时的表现,描述一个详细的信息交换和决策分析模型。(2) Pentland^[33]通过跟踪人类群体行为,发现了人类智慧的实质在很大程度上是集体网络现

象;作为心理学家的 Muller^[34]用多年以来观察得到的样本行为数据,证明了群体集合智慧在教育选择中的优越性。(3) George^[35]从社会发展规模视角研究了群体规模与决策质量之间的曲线关系;Nance^[36]借鉴管理学的相关知识,认为影响群集智慧智能的因素主要包括群体集合的行为、意识和控制以及共同战略等。(4) Pierre^[37]主要从计算机科学视角强调网络技术对群集智慧智能研究的支持作用。

SI 和 CI 研究涉及自然科学和社会科学领域的多方面知识,与“群集智慧智能”相关的学科论文数量情况(图6)可用来衡量学科理论的研究动向和发展潜力。

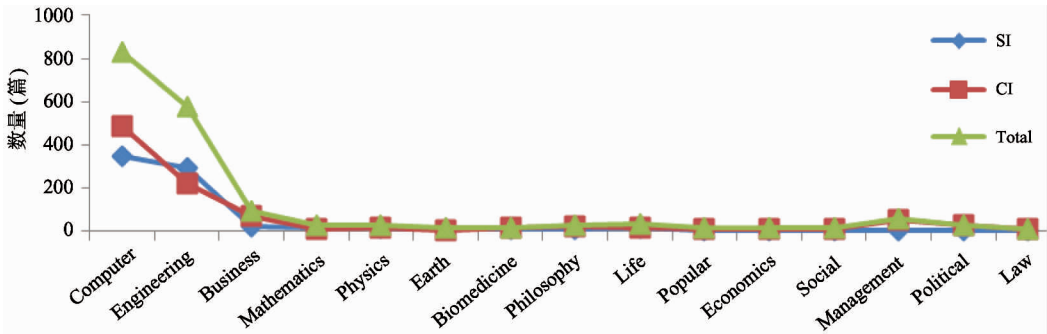


图6 SI 和 CI 研究文献成果的学科分类统计

由图6可知在相关研究的学科分类上,结合计算机和工程科学的 SI 和 CI 研究最多,这直接展示了当前研究应重点关注的学科动向。此外 CI 结合商业和管理科学的研究相对较多,表明集体智慧在社会科学领域中具有一定的研究发展潜力,未来的

研究中可以进一步增加对 CI 的关注度。

2.4 方法分析

运用方法来解决问题是研究的基本思路,根据“群集智慧智能”研究的重点不同和总体数量,可以对 SI 和 CI 的文献成果进行研究方法分类(图7~

图 9)。

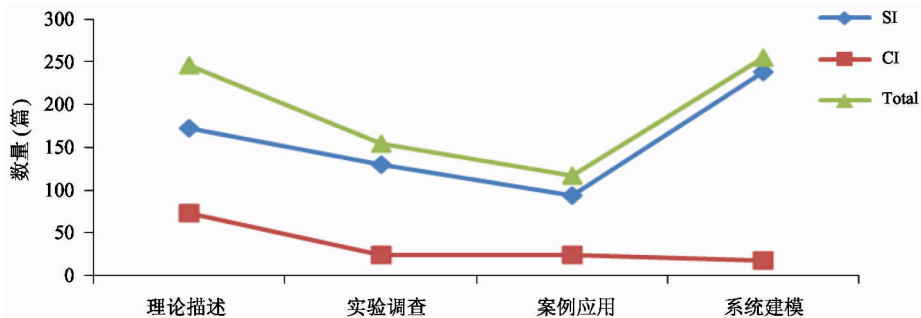


图 7 SI 和 CI 文献成果的研究方法统计

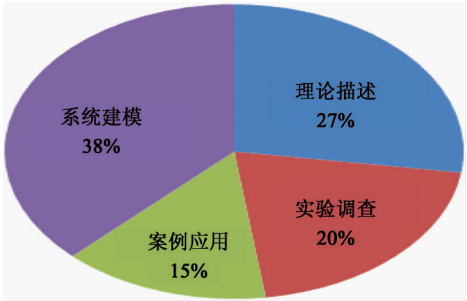


图 8 SI 研究方法

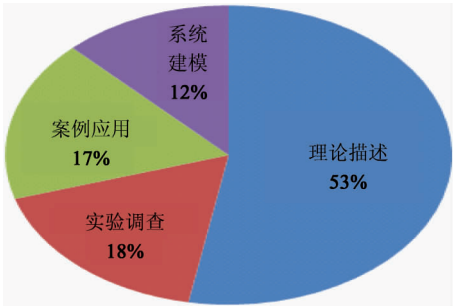


图 9 CI 研究方法

具体的研究方法分为理论概念描述、实验数据调查、案例实证应用和系统分析建模：(1) Kaplan^[38]认为“集体智慧”既包括优于个体的问题解决能力，同时还要做出比个人更加稳妥完善的决策；Lykourantzou^[39]指出“群体智能”是基于大型团体合作理念，使互相协作的个体可以产生高阶的创新智能。(2) Anguluri^[40]等提供了一个简短但全面的实验调查，确定了源于蜜蜂群体智慧灵感的智能计算技术；Anita^[41]等在两项包含 699 人的调查研究中发现了可以影响团队在各种任务上表现的智力因素 c 因子。(3) Kolias^[42]等探讨了群体智能在入侵检测中

应用的原因，并提出用于构造入侵检测系统的具体方法；Iñaki^[43]应用集体协商产生智慧的方法，利用社区知识来加强对恶意软件的收集分类和消除。(4) Martijn^[44]提出用多玩家游戏和协作机器人两个实例研究手段组成的方法来建立群集智慧模型。Dario^[45]等主要证明了新提出的马尔可夫代理模型，适用于大规模传感器网络的群体智能算法。Rajeshwar^[46]等具体研究了基于粒子群优化智能算法的三级供应链网络建模与优化问题。

从图 7 ~ 图 9 可以看出，在 SI 和 CI 研究中，理论描述和系统建模是最主要、最常见的方法。未来可以考虑结合自然和社会发展的实际情况，注重实验调查和案例应用研究。

2.5 问题分析

通过对单篇文献成果的内容总结整理，本文选取了具体研究问题相同并且总数超过 150 篇的文章，根据总数量多少确定了“群集智慧智能”领域的十大主要研究问题(表 4)。

SI 的研究问题主要有人工智能、计算理论、通信网络和数据挖掘：(1) Marco^[47]等重点介绍群体智能的原理，并将其应用于群机器人的控制系统。Kartik^[48]等提出了改进的机器对机器(M2M)聚类过程(IMCP)新兴智能计量应用技术，从而使设备可以无缝地进行信息传输。(2) Nik^[49]等审查可能组合的下一代新兴多代理点进化群体技术，能够提高计算智能在一个集体方式下管理特定目的灾害的效果。(3) Shen^[50]等研究了基于简单蚂蚁的分布式自适应路由智能算法，并将这种蚂蚁代理用于解决通

表 4 SI 和 CI 的研究问题

研究问题	研究范围	主题	数量
人工智能	群机器人的系统控制理论、解决优化数据分析问题的计算机程序应用、机器人与自动化研究等	SI	1081
计算理论	运用群体技术的不同组合发展计算智能、算法分析与问题复杂性研究、仿真与建模、数值抽象计算等	SI	892
通信网络	计算机通信网络、通信工程、系统组织和通信网络等	SI	370
数据挖掘	数据挖掘与知识发现、系统和数据安全、数据库管理研究等	SI	292
信息管理	信息系统应用、信息存储与检索、多媒体信息系统、信息系统服务研究等	CI	559
计算机 技术	计算机图形成像、计算机模式识别、编程技术、图像处理与计算机视觉、计算机和生物信息、计算机数据处理应用、计算机科学中离散数学、计算机与教育、计算机社会和行为科学应用研究等	SI	585
		CI	
人机交互	用户界面和人机交互、人机协同研究等	CI	177
复杂决策	运筹学和决策理论、认知心理、神经科学研究等	CI	213
软件开发	软件工程、编程和操作系统研究等	CI	167
其他问题	数理逻辑推算、电气机械、工程设计、技术创新、商业经济研究等	SI/CI	240

资料来源:根据检索到的所有相关文献整理总结。

信网络中的自适应路由问题。(4) Ioannis^[51]等提出了关于大数据和群体智能的现有研究和未来展望。Noria^[52]等运用基于代理的方法,通过启用专家间的协作智能来促进知识管理和决策制定。

CI 的研究主要集中在信息管理、人机交互、复杂决策和软件开发等问题:(1) Gianluca^[53]等认为要发展技术创业生态系统的集体智力信息平台。Gandhi^[54]等采用集体智慧的共识方法和本体论结构设计,通过案例研究来获得更为准确的医疗诊断信息系统。(2) Norbert^[55]在消失的计算机背景下,主张设计从人机交互到人与环境交互转变的未来智慧。Chen^[56]提出了一种机器学习的智慧方法来对社交网络评论中潜在的、异质的消费者口味进行建模,使企业能够直接从社交网络识别不同的消费者群体。(3) Boisvert^[57]等通过依靠社区利益相关集体的成员智慧来支持制定和规划社区的发展措施。(4) Tan^[58]等讨论了关于帮助发展人际交往和团队协作智慧的学习软件的作用项目。

根据图 10 ~ 图 12 中 SI 和 CI 文献成果的统计数量情况,有关人工智能、计算理论、计算机技术和信息管理的研究所占比重都超过了 10%,这主要得益于计算机网络技术的快速发展,结合 SI 和 CI 的研究数量显着增加。此外对于一些专业的特殊问

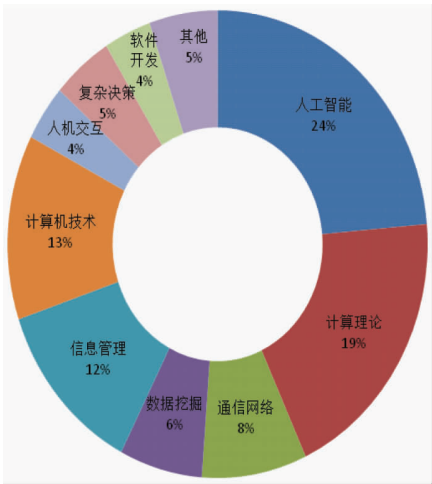


图 10 SI 和 CI 研究问题统计

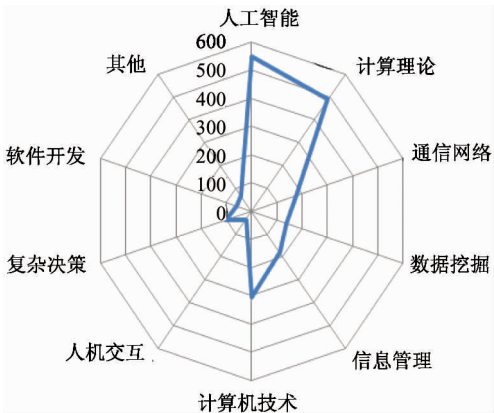


图 11 SI 研究问题统计

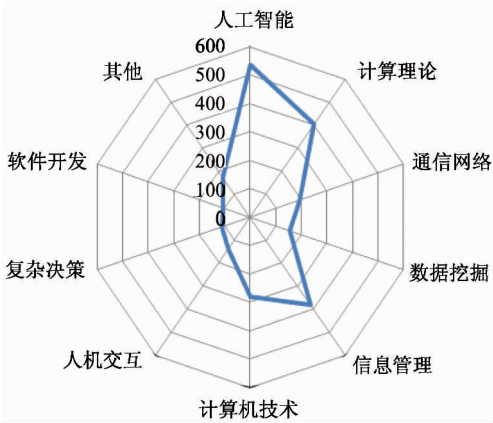


图 12 CI 研究问题统计

题,比如对通信网络和数据挖掘的研究,也是目前 SI 研究领域的热点问题。值得注意的是,群体智能的研究问题相对比较集中,主要还是与计算机网络技术息息相关,而它在社会科学领域的文献成果数量不是很多;相比之下集体智慧的研究比较广泛,未来在复杂决策、人机交互和软件开发等问题上还需作进一步的探索和研究。

3 结 论

由上述的主题归纳和专题分析可以看出,21 世纪以来国外对“群集智慧智能”的研究已经形成了较为科学全面的文献成果体系,同时也呈现出一定的研究特点,以下从定性和定量两大方面进行总结。

(1) 根据代表性文献综述的定性总结,可以得出:国外“群集智慧智能”的研究文献覆盖范围非常广。一方面,理论研究主要集中在生物学、昆虫科学、大众行为学和经济管理学等领域,需要结合自然和社会科学等跨学科的相关知识;另一方面,在实际的预测、管理、组织和决策等研究中也广泛的应用。随着计算机网络科学的兴起和发展,与计算机学科结合的相关研究更加深入,具体表现为:“群体智能”主要是观察自然界中群居性生物协作表现出的宏观智能行为特征,将它们之间的简单合作交流通过连接人脑和计算机来相互作用;“集体智慧”则借助 Web 2.0 等社会网络软件的普及,越来越多地用于社交服务、众包、分享、评论和推荐中。

(2) 通过成果计量的定量分析,可以发现:国外

“群集智慧智能”的研究成果在 21 世纪以来总体上保持了快速增长,尤其是在 2010 年以后出现了比较明显的飞跃,但“群体智能”与“集体智慧”之间的数量差距也开始显现。根据来源和内容分析,“群体智能”研究重点主要侧重于与信息计算技术紧密结合的算法模型理论方面,数量多且成果集中;而“集体智慧”研究范围较广,成果数量偏少,没有明显的研究重点。此外,不论是“群体智能”还是“集体智慧”,都注重相关的理论研究,但是在实际中的应用程度还需要进一步提高。

根据 21 世纪以来国外“群集智慧智能”研究的特点,结合现有的实际情况和未来的发展趋势,可以为国内以后的研究提供一些启示:

(1) 结合计算机网络技术支持,开展“群集智慧智能”研究将成为必然趋势。在所有相关的文献成果中,计算机网络技术支持下的研究一直持续并受到极大关注,研究数量相对较多,研究范围基本涉及到社会、经济、政治、军事等各领域。尤其是在人工智能快速发展时代,亟需在人脑和机器之间建立协同作用,而如何才能够实现有效的人机互动协作值得思考,要求进行更多的研究以提供更有效的问题解决方案。

(2) “群体智能”的研究应重点关注基础理论体系和关键共性技术。当前的研究包括群体智能结构与组织方法、群体智能激励机制与涌现机理、群体智能学习与方法、群体智能通用计算范式与模型等理论研究;未来需要重点突破群体智能的组织、涌现、学习的理论与方法,建立可表达、可计算的群智激励算法和模型,形成基于互联网的群体智能理论体系。开展群体智能的主动感知与发现、知识获取与生成、协同与共享、评估与演化、人机整合与增强、自我维持与安全交互等关键技术研究,构建群智空间的服务体系结构,研究移动群体智能的协同决策与控制技术;未来需要重点突破基于互联网的大众化协同、大规模协作的知识资源管理与开放式共享等技术,建立群智知识表示框架,实现基于群智感知的知识获取和开放动态环境下的群智融合与增强,支撑覆盖全国的千万级规模群体感知、协同与演化。

(3) “集体智慧”的研究应重点关注社会发展

中的现实问题。当前“群体智能”侧重于紧密结合计算机程序的算法理论研究,“集体智慧”需要进一步结合计算机网络应用的研究来解决社会发展遇到的具体实际问题。我国正处于全面建成小康社会的决胜阶段,人口老龄化、资源环境约束等挑战依然严峻,集体智慧在教育、医疗、养老、环境保护、城市运行、司法服务等领域广泛应用,将极大提高精准化公共服务水平,全面提升人民生活品质;结合集体智慧研究的信息技术,有助于对基础设施和社会安全运行的重大态势进行准确感知、预测、预警,及时把握群体认知及心理变化,主动决策,有效响应,将显著提高社会治理的能力和水平,对有效维护社会稳定具有不可替代的作用。

(4)“群集智慧智能”需加强实际应用研究。目前有关“群体智能”和“集体智慧”的基础研究,大多数都是以理论为导向的,文献成果时间较早而且数量较多,说明理论研究在不断巩固并已经相对成熟。但是相关的应用研究却远未达到稳定的状态,具体的研究开始较晚而且大都局限于特定的领域,除了数量有限之外,有的在研究年份上甚至还出现了断层。由于所有行业的团队协作方式和组织管理结构并不相同,为了提供有效的智慧智能方案来解决各种复杂问题,就必须有更多的基于实际数据的行业特定研究。未来的国内研究可以具体分析“群集智慧智能”思想在各个行业应用的可能性,在不断深入学习相关行业实践的基础上,建立众创计算支撑平台、科技众创服务系统、软件开发与验证自动化系统、软件学习与创新系统、开放环境的决策系统、共享经济服务系统等,这将为行业发展提供新的动力。

参考文献

- [1] Galton F. Vox populi [J]. *Nature*, 1907, 75(5): 450-451
- [2] Wechsler D. Die messung der intelligenz Erwachsener [M]. Bern-Stuttgart: Huber, 1964. 20-50
- [3] Johnson N. Collective science site [EB/OL]. <http://collective.science.com/>; 2010
- [4] Bloom H. The Lucifer Principle: A Scientific Expedition into the Forces of History [M]. New York: Atlantic Monthly Press, 1985
- [5] Heylighen F. Collective intelligence and its implications on the web: algorithms to develop a collective mental map [J]. *Computational and Mathematical Theory of Organizations*, 1999, 5(3): 253-280
- [6] 刘钊, 钟书华. 国外“群集智能”研究述评[J]. *自然辩证法研究*, 2012, 28(07): 114-117 + 61
- [7] 戴暘, 周磊. 国外“群体智慧”研究述评[J]. *图书情报知识*, 2014(02): 120-127
- [8] 刘海鑫, 刘人境. 集体智慧的内涵及研究综述[J]. *管理学报*, 2013, 10(02): 305-312
- [9] Bloom H. Global Brain: the Evolution of Mass Mind from the Big Bang to the 21st Century [M]. USA: Wiley, 2000
- [10] Davenport E. Social intelligence in the age of networks [J]. *Journal of Information Science*, 2000, 26(3): 145-152
- [11] Sunstein C R. The law of group polarization [J]. *Journal of Political Philosophy*, 2002, 10(2): 175-195
- [12] Sia C, Tan Y, Wei K. Group polarization and computer mediated communications: effects of communication cues, social presence and anonymity [J]. *Information Systems Research*, 2002, 13(1): 70-90
- [13] Surowiecki J. The Wisdom of Crowds: Why the Many Are Smarter Than the Few [M]. New York: Little Brown, 2004. 10-20
- [14] Wolfers J, Zitzewitz E. Prediction markets [J]. *Journal of Economic Perspectives*, 2004, 18(5): 107-108
- [15] Lu H, Page S E, Baumol W J. Groups of diverse problem solvers can outperform groups of high-ability problem solvers [J]. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 2004, 101(11): 16385-16389
- [16] Malone T. What is collective intelligence and what will we do about it? [R]. Edited Transcript of Remarks at the Official Launch of MIT Center for Collective Intelligence, 2006. 13
- [17] Luckin R. Initiating E-learning by stealth, participation and consultation in a late majority institution [J]. *Organizational Transformation and Social Change*, 2007, 3(4): 317-332
- [18] Arrow K, Forsythe R, Gorham M, et al. The promise of prediction markets [J]. *Science*, 2008, 320(5): 877-878
- [19] Bonabeau E. Decisions 2.0: the power of collective intelligence [J]. *MIT Sloan Management Review*, 2009, 50(2): 45-52
- [20] Lek H H, Poo D, Agarwal N K. Knowledge community (K-Comm): towards a digital ecosystem with collective intelligence [C]. In: *Proceedings of the 3rd IEEE Inter-*

- national Conference on Digital Ecosystems And Technologies, Istanbul, France, 2009. 575-580
- [21] Vivacqua A S, Borges M R S. Collective intelligence for the design of emergency response[C]. In: Proceedings of the International Conference on Computer Supported in Design, Shanghai, China, 2010. 623-628
- [22] Furtado V. Collective intelligence in law enforcement: the Wikicrimes systems [J]. *Information Science*, 2010, 180:4-17
- [23] Heiko A, Vonder G, Ulrich H, et al. Testing weighting approaches for forecasting in a group wisdom support system environment [J]. *Journal of Business Research*, 2016, 69: 4081-4094
- [24] Eger S. Opinion dynamics and wisdom under out-group discrimination[J]. *Mathematical Social Sciences*, 2016, 80: 97-107
- [25] Maher A, Fredrik W. Smart meter data clustering using consumption indicators: responsibility factor and consumption variability [J]. *Energy Procedia*, 2017, 142: 2236-2242
- [26] Lévy P. The Computer Science Perspective: toward a Reflexive Intelligence [M]. John Wiley & Sons, Inc., 2013. 189-206
- [27] Baumol U, Kramer B J, Jung R. Editorial u2014 advances in collective intelligence and social media[J]. *International Journal of Cooperative Information Systems*, 2013, 22(3):1302001
- [28] Bill T. Collective intelligence: include the disabled for success[J]. *Ubiquity*, 2008 (February):1
- [29] Hernes M. A cognitive integrated management support system for enterprises[M]. In: Computational Collective Intelligence Technologies and Applications. Springer International Publishing, 2014. 252-261
- [30] Monika S. Holism, collective intelligence, climate change and sustainable cities[J]. *Procedia Computer Science*, 2017, 109:763-770
- [31] Seely T D. The Wisdom of the Hive[M]. Massachusetts: Harvard University Press, 1995. 20-35
- [32] Franks N R, Pratt S C, Mallon E B, et al. Information flow, opinion polling and collective intelligence in house-hunting social insects [J]. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2002, 357 (1427):1567-1583
- [33] Pentland A. Collective intelligence[J]. *IEEE Computational Intelligence Magazine*, 2006,1(3): 9-12
- [34] Muller P. Collective intelligence tests and educational selection neuchatel experiences 12 years later[J]. *Psychologie*, 1970, 29(1-2):194-202
- [35] George E, Manners Jr. Another look at group size, group problem solving, and member consensus[J]. *Academy of Management Journal*,1975,18(4):715-724
- [36] Nance W. Collective intelligence in computer-based collaboration[J]. *Journal of The American Society For Information Science*,1995,46 (10):793-795
- [37] Pierre L. Collective intelligence mankind's emerging world in cyberspace [M]. New York: Perseus Publishing, 1999. 10-20
- [38] Kaplan C A. Collective intelligence a new approach to stock price forecasting[J]. In Proceedings of the 2001 IEEE Systems, Man, and Cybernetics Conference, New York, USA, 2001. 2893-2898
- [39] Lykourantzou I. Collective intelligence systems: classification and modeling[J]. *Journal of Emerging Technologies in Web Intelligence*,2011,3(3):217-226
- [40] Anguluri R, Nandar L, Swagatam D, et al. Computing with the collective intelligence of honey bees: a survey [J]. *Swarm and Evolutionary Computation*, 2017, 32: 25-48
- [41] Anita W, Christopher F, Pentland A, et al. Evidence for a collective intelligence factor in the performance of human groups[J]. *Science*,2010, 330:6004
- [42] Koliass C, Kambourakis G, Maragoudakis M. Swarm intelligence in intrusion detection: a survey[J]. *Computers & Security*,2011,30(8):625-642
- [43] Iñaki U. Collective intelligence approaches to malware recognition[J]. *Network Security*,2008(5):14-16
- [44] Martijn C S. On model design for simulation of collective intelligence[J]. *Information Sciences*, 2010, 180(1): 132-155
- [45] Dario B, Marco S, Bobbio A, et al. Markovian agent modeling swarm intelligence algorithms in wireless sensor networks[J]. *Performance Evaluation*, 2012, 69:135-149
- [46] Rajeshwar S, Jason C H, Latha S, et al. Application of particle swarm intelligence algorithms in supply chain network architecture optimization [J]. *Expert Systems with Applications*, 2012,39:10160-10176
- [47] Marco D. Swarm Robotics: the Coordination of Robots via Swarm Intelligence Principles [M]. In: Biologically-Inspired Collaborative Computing, Springer US, 2008
- [48] Kartik V, Deshpande A R. Investigation on IMCP based clustering in LTE-M communication for smart metering applications[J]. *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 2017, 2(3), 944-955

- [49] Nik B, Mehmet E, Assimakopoulou E, et al. Utilizing next generation emerging technologies for enabling collective computational intelligence in disaster management [J]. *Studies in Computational Intelligence*, 2011, 325: 503-526
- [50] Shen H W, Shoichiro A. An agent-based approach to routing in communications networks with swarm intelligence [J]. *Advances in Artificial Life*, 2003: 716-723
- [51] Ioannis K, Spyros S, Avlonitis M, et al. A survey on big data and collective intelligence[C]. In: Proceedings of the International Workshop on Algorithmic Aspects of Cloud Computing, Aarhus, Denmark, 2016. 169-181
- [52] Noria T, Nawal S H, Aissa N. Negotiation model for knowledge management system using computational collective intelligence and ontology-based reasoning: case study of SONATRACHAVAL[J]. *International Journal of Simulation and Process Modelling*, 2016, 11(5):403
- [53] Gianluca E, Alessandro M. A collective intelligence platform for developing technology entrepreneurship ecosystems[J]. *Creating Technology-Driven Entrepreneurship*, 2016: 195-220
- [54] Gandhi S, Hernández-Chan, Ceh-Varela EE, et al. Collective intelligence in medical diagnosis systems: a case study[J]. *Computers in Biology and Medicine*, 2016, 74:45-53
- [55] Norbert A. From human-computer interaction to human-environment interaction: ambient intelligence and the disappearing computer[J]. *Universal Access in Ambient Intelligence Environments*, 2007: 3-13
- [56] Chen W. Deriving collective intelligence from reviews on the social web using a supervised learning approach[J]. *Expert Systems with Applications*, 2011, 38(10):13149-13157
- [57] Boisvert R, Milette C. Community development in Quebec: the contribution of collective intelligence[J]. *Sante Publique*, 2009, 21(2):183-190
- [58] Tan Y L, Macaulay L A. Enhancing collaborative learning through group intelligence software[C]. In: Proceedings of the World Summit on the Knowledge Society, Wsks, Corfu, Greece, September. DBLP, 2010. 453-459

Research development and prospect of swarm/collective intelligence in foreign countries

Jing Kunpeng, Wang Jiaqi

(School of Economics and Management, Yanshan University, Qinhuangdao 066004)

Abstract

“swarm/collective intelligence” is generated in the process of mutual cooperation among a mass of different individuals. It is the holistic wisdom and extensive intelligence displayed by the collective, which is superior to the wisdom produced by individuals or the sum of individuals. Firstly, the article retrieved research data of different foreign language databases including WOS-SCI/SSCI, Elsevier Science Direct and Springer Link from 2000 to 2017. And then based on literature reviews and results measurement analysis, we sum up two major research themes——swarm intelligence (SI) and collective intelligence (CI) from different semantic dimensions. Secondly, a detailed topical analysis is conducted to discover the research trends from the aspects of time, sources, disciplines, methods, and issues. Finally, the characteristics of foreign studies are summarized, and the hot topics and future research directions are proposed that domestic researchers should focus on.

Key words: swarm/collective intelligence, swarm intelligence (SI), collective intelligence (CI), literature review, metrological analysis