

基于科研知识图谱的近年国内外 自动化学科发展综述

陆浩¹ 王飞跃^{1,2} 刘德荣¹ 张楠² 赵学亮²

摘要 现今,以自动控制和信息处理为核心的自动化技术已经成为推动生产力发展、改善人类生活以及促进社会前进的源动力之一。全面了解自动化学科的最新发展态势,对本领域科研部门、科研人员进行工作的规划与实施有着重要的参考价值,本文以2011年~2013年期间88种期刊的46242篇文章作为数据基础,采用文献计量学、社会网络分析等方法进行数据解析,通过知识图谱定量描绘出本领域5个方向(控制理论与控制工程、模式识别与智能系统、系统工程、检测技术与自动化装置、导航、制导与控制)的最新研究态势。结果表明,本领域国内研究热点与国际研究热点各有侧重,国内机构在国际研究中的地位逐步提高,特别地,华人群体在本领域的研究中起到重要的推动作用。

关键词 数据解析,知识图谱,自动化学科,研究进展

引用格式 陆浩,王飞跃,刘德荣,张楠,赵学亮.基于科研知识图谱的近年国内外自动化学科发展综述.自动化学报,2014,40(5):994-1015
DOI 10.3724/SP.J.1004.2014.00994

Analytics of Latest Research Progress in Automation Discipline Based on Academic Knowledge Mapping

LU Hao¹ WANG Fei-Yue^{1,2} LIU De-Rong¹
ZHANG Nan² ZHAO Xue-Liang²

Abstract Nowadays, automation science and technology based on automatic control and information processing has become an essential impetus to productive forces and human life. So a comprehensive understanding of the latest research progress in this discipline is essential for its significant reference value to scholars and research institutions. In this paper, the automation science and technology discipline is divided into five research fields, which are specifically defined as control theory and engineering, pattern recognition and intelligent systems, measurement technology and automatic equipment, navigation and guidance, and systems engineering. Each field is depicted by analyzing and mapping the data from 46242 academic articles published on 88 journals during 2011~2013. The results show that the research interests are different between domestic and abroad, and that the domestic institutions and ethnic Chinese scholars have played an important role in promoting the development of automation science and technology.

Key words Data analytics, knowledge mapping, automation discipline, research progress

Citation Lu Hao, Wang Fei-Yue, Liu De-Rong, Zhang Nan, Zhao Xue-Liang. Analytics of latest research progress in automation discipline based on academic knowledge mapping. *Acta Automatica Sinica*, 2014, 40(5): 994-1015

收稿日期 2014-01-22 录用日期 2014-02-26
Manuscript received January 22, 2014; accepted February 26, 2014
中国科学技术协会的《2012-2013年度控制科学与工程学科发展研究报告》项目资助

Supported by Report on Advances in Control Science and Engineering Foundation of China Association for Science and Technology

本文责任编辑 周东华
Recommended by Associate Editor ZHOU Dong-Hua

1. 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室 北京 100190
2. 中国自动化学会 北京 100190

自动化服务于人,将人从单调而繁重的重复性工作中解放出来,进而使人更多地投入到创造性的工作中,极大地拓展了人类认识和改造世界的能力,自动化科学已经成为衡量一个国家科技发展水平和综合国力的重要标准之一,以自动控制和信息处理为核心的自动化技术也已经成为推动生产力发展、改善人类生活以及促进社会前进的源动力之一。为描绘自动化领域的发展近况,本文以数据驱动的知识自动化^[1-3]方法为指导,围绕自动化领域5个子方向(控制理论与控制工程、模式识别与智能系统、导航制导与控制、检测技术与自动化装置、系统工程)的2011~2013年度的网络文献及数据资源,通过iCAN(Integrated China automation network)^[4-8]研究解析平台,构建自动化领域科研知识图谱,对国内研究热点、核心人物与核心机构及其合作网络进行了解析,并与国际研究进展进行了比较。本文以数据说话,为形成基于SciTS(Science of team science)^[8-11]的定性定量分析相结合研究工作打下基础,同时,也期望客观的数据描述能够为本领域的研究人员紧跟国际热点、促成群体合作提供一定的参考。

1 数据源

数据源的确定过程包括以下步骤:1)由自动化学会向各领域专家发放需求分析表,征求领域内的核心学术期刊、学术会议、专家学者、学术组织、研究机构、研究方向和关键词的推荐建议。收集过程中共发放了50份分析需求表(见图1),最终收到26份反馈,通过对专家推荐的信息进行进一步处理,共收集到领域内相关期刊103个、会议64个。2)通过人工方式对候选数据集进行进一步筛选,数据集缩减为源自88种期刊、41个会议的近10万篇文献数据。3)考虑到会议文献数据集与学科划分关系难以界定,而期刊文献的研究方向相对固定,且更具权威性,最终将数据源确定为88种期刊(见图2),分析时间跨度为2011年~2013年。

使用iCAN研究解析系统的ASKE(Application specific knowledge engine)数据采集引擎^[12-15]获取数据源文献数据,自动过滤掉期刊目录、征稿通知、期刊声明等无效条目,并通过中图分类号对综合类期刊文章进行分类筛选,总获得46242篇文章。其中,控制理论与控制工程方向8186篇,模式识别与智能系统方向20100篇,检测技术与自动化装置方向9933篇,系统工程方向3810篇,导航制导与控制方向4213篇。详细数据情况如表1所示。

2 分析评价指标

本文基于文献计量与复杂网络^[16-20]的相关理论与方法,融合学科作者与机构相关评价指标^[21-23],利用iCAN研究解析系统对研究热点、人员和机构三种对象进行分析,分析内容及指标如下表2所示。

在数据统计与分析的过程中,列出了排名前10的研究机构、研究人员和热点关键词的详细信息,初步构建了领域本体知识库,为客观评价本领域的阶段性发展状况提供了基础数据。

1. The State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100190 2. Chinese Association of Automation, Beijing 100190

因篇幅限制,部分图片被压缩,如有需要,请与作者联系。

本领域确定国内期刊 6 本¹，共采集有效文献 1823 篇，抽取关键词 6337 个，根据这些关键词的共现矩阵，生成相应的关键词图谱见图 3。

对这些关键词进行统计，根据其出现的文章总数进行排名，前 10 名的结果见表 3。

从图 3 可以看到，线性矩阵不等式相关论文的发文数量大幅领先于其他研究方向的发文数量，而作为第一关键词发文数量却相对很少。另外，故障诊断进入了控制理论与控制工程领域排名前十的热点领域，亦值得关注。

表 3 国内控制理论与控制工程期刊文章研究热点关键词 (前 10)

Table 3 Keywords ranking of domestic journals in control theory and engineering field (Top 10)

排名	名称	发文量	第一关键词发文量
1	线性矩阵不等式	92	2
2	自适应控制	59	9
3	非线性系统	52	23
4	滑模控制	50	3
5	网络控制系统	34	24
6	稳定性	33	0
7	预测控制	32	5
8	鲁棒控制	32	7
9	模糊控制	31	5
10	故障诊断	30	6

这些文献中共出现 4777 个作者，按发文量排名前 50 的

作者合作网络如图 4 所示。

对这些作者进行相关指数统计，以总发文量进行排名，前 10 名作者相关信息见表 4。

从以上数据中可以看出，东北大学、中南大学、空军工程大学各有 2 位学者位列国内控制理论与控制工程领域作者发文量前 10 名之内，这三所科研机构的学者在前 10 总发文量中占了 6 席。

在这些文献中共出现 707 个研究机构，对这些机构进行共现关系分析，共获取 1021 对合作关系，根据共现矩阵生成合作关系网络图如图 5 所示。

对这些研究机构进行相关指数统计，以总发文量进行排名，前 10 名机构相关信息见表 5。

从以上数据可以看出，近两年来东北大学在国内控制理论与控制工程领域发表的论文数量大幅超过其他科研机构，占列表中十个机构总发文量的 20%。中南大学、哈尔滨工程大学、华南理工大学、哈尔滨工业大学、浙江大学、南京理工大学、江南大学、西北工业大学、空军工程大学等科研机构在国内控制理论与控制工程领域发表的论文数量比较接近。

3.2 模式识别

模式识别就是通过计算机用数学技术方法来研究模式的自动处理和判读。随着计算机技术的发展，人类有可能研究复杂的信息处理过程。信息处理过程的一个重要形式是生命体对环境及客体的识别。对人类来说，特别重要的是对光学信息 (通过视觉器官来获得) 和声学信息 (通过听觉器官来获得) 的识别。

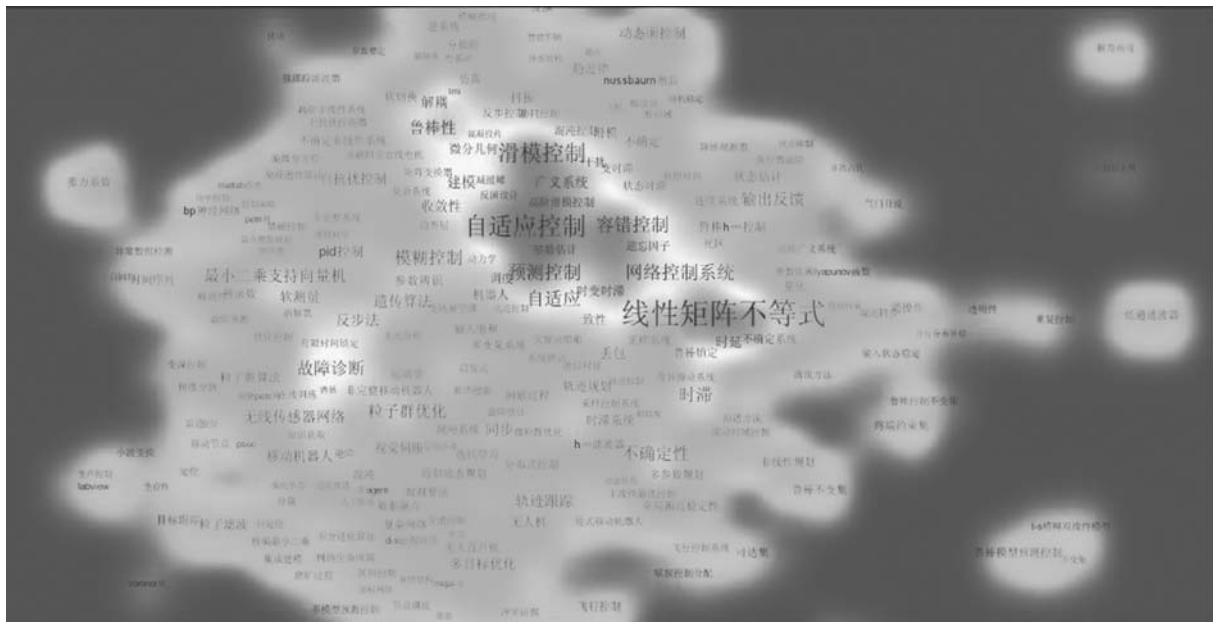


图 3 国内控制理论与控制工程期刊文章关键词图谱

Fig. 3 Keywords mapping of domestic journals in control theory and engineering field

¹国内期刊：自动化学报、控制与决策、控制理论与应用、中国科学：信息科学、控制工程、信息与控制。

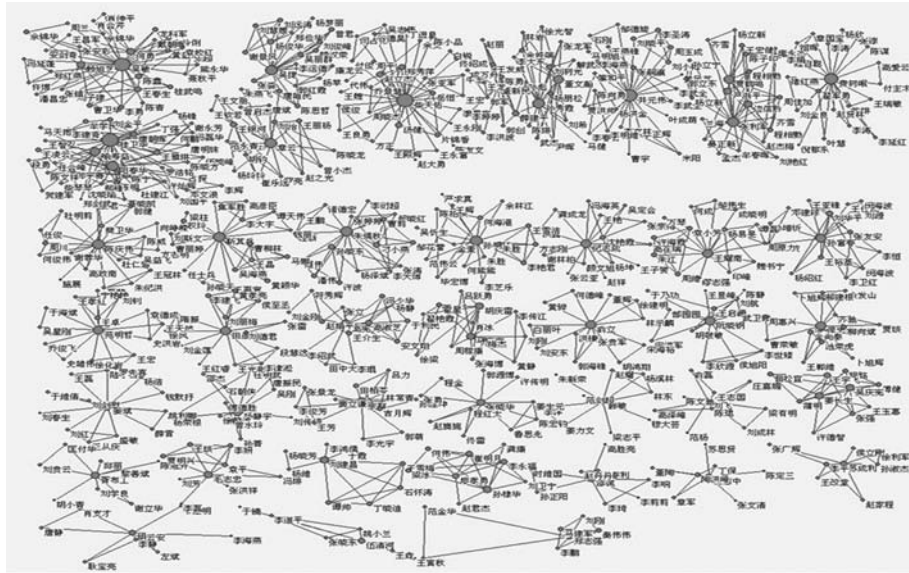


图 4 国内控制理论与控制工程文章作者合作网络

Fig. 4 Authors collaboration network of domestic journals in control theory and engineering field

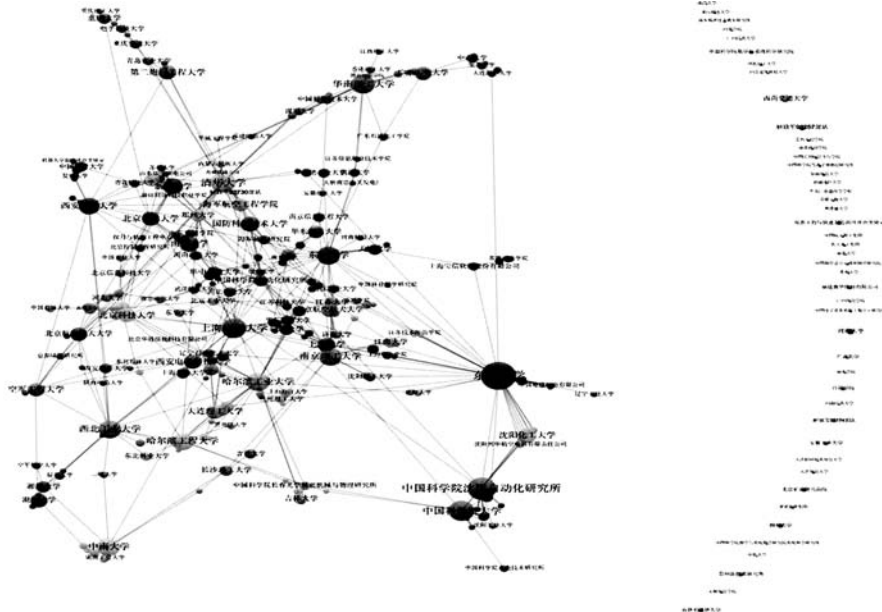


图 5 国内控制理论与控制工程机构合作网络

Fig. 5 Institutions collaboration network of domestic journals in control theory and engineering field

表 4 国内控制理论与控制工程作者发文量排名 (前 10)

Table 4 Authors ranking of domestic journals in control theory and engineering field (Top 10)

排名	姓名	机构	(发文量, 第一作者发文量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	柴天佑	东北大学	(21, 1)	7.15	1 820.27	31	0.06
2	桂卫华	中南大学	(17, 2)	4.6	2 809	31	0.1
3	吴敏	中南大学	(14, 1)	3.8	3 383.67	30	0.09
4	井元伟	东北大学	(14, 1)	4.87	686	24	0.07
5	孙秀霞	空军工程大学	(14, 0)	4.25	626.33	16	0.18
6	纪志成	江南大学	(13, 3)	5.33	162	14	0.08
7	张利军	哈尔滨工程大学; 西北工业大学	(12, 7)	2.97	717	17	0.18
8	姜长生	南京航空航天大学	(11, 0)	3.03	15.33	9	0.47
9	董文瀚	空军工程大学	(11, 0)	3	96.33	12	0.29
10	陈庆伟	南京理工大学	(11, 0)	3.25	576	18	0.11

表 5 国内控制理论与控制工程文章机构发文排名 (前 10)

Table 5 Institutions ranking of domestic journals in control theory and engineering field (Top 10)

排名	名称	(发文量, 独立发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	东北大学	(116, 52)	81.5	56	61 667.27	0.02
2	中南大学	(66, 40)	52	22	19 194.77	0.03
3	哈尔滨工程大学	(63, 41)	50.58	17	9 684.33	0.1
4	华南理工大学	(61, 32)	45.83	26	26 933.7	0.03
5	哈尔滨工业大学	(59, 34)	45.25	28	34 799.68	0.05
6	浙江大学	(56, 36)	45.5	18	19 903.89	0.02
7	南京理工大学	(50, 25)	36.5	23	21 597.37	0.03
8	江南大学	(45, 36)	40.17	8	5 469.84	0.07
9	西北工业大学	(38, 18)	26.33	21	23 111.84	0.06
10	空军工程大学	(37, 25)	30.42	15	19 405.77	0.08

模式识别学科的发展呈现多学科交融的趋势, 尤其是和生物、心理、信息学等领域合作产生了很多交叉学科. 完整分析模式识别领域的发展情况意义不大. 因此, 我们将其划分为模式识别理论、数据挖掘与知识分析、脑影像与脑认知、生物信息学 4 个子方向进行分析. 本文以模式识别理论为代表, 介绍 *i*CAN 研究解析系统的分析结果.

模式识别理论领域确定国内期刊 3 本², 共采集有效文献 541 篇, 抽取关键词 2 056 个, 根据这些关键词的共现矩阵, 生成相应的关键词图谱见图 6.

对这些关键词进行统计, 根据其出现的文章总数进行排名, 前十名的结果见表 6.

从上面的数据可以看出, 国内期刊的研究热点集中在无线传感器网络、物联网、图像分割、人脸识别等几个方面. 值得注意的是, 无线传感器网络和物联网都不属于传统模式识别领域研究的主流方向.

表 6 国内模式识别理论领域期刊文章研究热点关键词 (前 10)

Table 6 Keywords ranking of domestic journals in pattern recognition field (Top 10)

排名	关键词	总文章数	作为第一关键词的文章数
1	无线传感器网络	22	13
2	物联网	18	8
3	图像分割	18	9
4	人脸识别	17	4
5	特征提取	13	0
6	目标跟踪	12	4
7	支持向量机	10	0
8	半监督学习	10	1
9	机器学习	9	3
10	粗糙集	9	4

基于近两年本领域的文献数据, 分析该领域人员合作情况, 发文量排名前 50 的作者合作网络如图 7 所示.

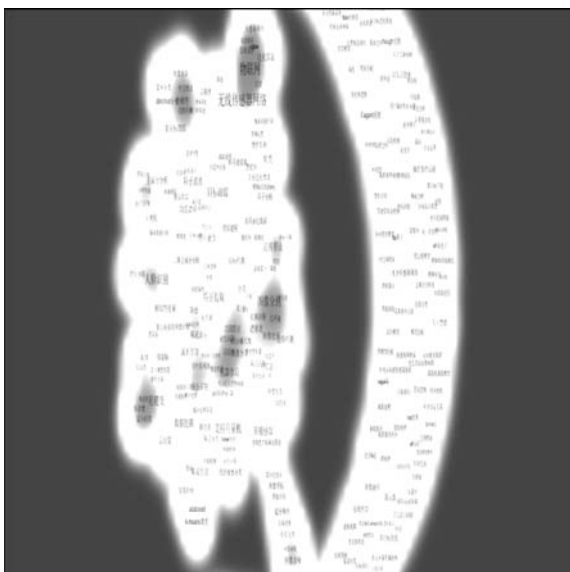


图 6 国内模式识别理论领域期刊文章关键词图谱

Fig. 6 Keywords mapping of domestic journals in pattern recognition field

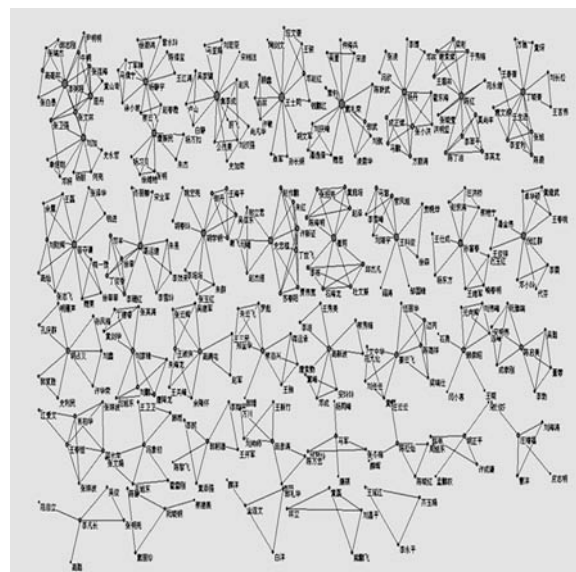


图 7 国内模式识别理论领域文章作者合作网络

Fig. 7 Authors collaboration network of domestic journals in pattern recognition field

²国内期刊: 计算机学报、自动化学报、模式识别与人工智能.

在近两年本领域的文献数据中共出现 1544 位作者, 对这些作者进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名作者相关信息见表 7.

从表 7 可以看出, 江南大学的王士同最近两年在国内期刊上发表的论文最多, 达到 8 篇; 其他作者的论文数目相当, 为 4~6 篇. 其中, 清华大学和解放军信息工程大学都有两名作者进入前 10 名.

这些文献中共出现 293 个研究机构, 对这些机构进行共现关系分析, 根据共现矩阵生成合作关系网络图如图 8 所示.

对这些机构进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名机构相关信息见表 8.

从上面的数据中可以看出, 在模式识别理论研究领域, 西安电子科技大学、清华大学和中国科学院自动化所是三家主要的国内期刊论文产出机构; 另外, 中国科学技术大学、中国科学院大学、吉林大学等单位在本领域也有相当多的论文产出.

3.3 检测技术与自动化装置

随着现代工业系统规模的不断扩大以及投资成本不断增加, 复杂系统的可靠性和安全性受到极大的重视. 检测技术与自动化装置是控制科学与工程的基础学科之一, 其发展对提高复杂系统的可靠性和安全性至关重要.

本领域确定国内期刊 7 本³, 共采集有效文献 5909 篇, 抽取关键词 15720 个, 根据这些关键词的共现矩阵, 生成相应的关键词图谱见图 9.

对这些关键词进行统计, 根据其出现的文章数进行排名, 前 10 名的结果见表 9.

从以上数据中可以看出, 国内检测技术与自动化装置领域期刊文章中, 以无线传感器网络为关键词的发文数量远超其他关键词. 值得注意的是, LabView、产品设计、仿真等国外文章中很少使用的关键词, 在国内检测技术与自动化装置期刊上也经常作为关键词出现.

这些文献中共出现 15019 个作者, 对这些作者进行合作情况分析, 发文量排名前 50 的作者合作网络如图 10 所示.

表 7 国内模式识别理论领域作者发文量排名 (前 10)

Table 7 Authors ranking of domestic journals in pattern recognition field (Top 10)

排名	姓名	所在机构	(发文量, 第一作者发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	王士同	江南大学	(8, 0)	3.17	92	11	0.15
2	焦李成	西安电子科技大学	(6, 0)	2.17	116	12	0.12
3	戴礼荣	中国科学技术大学	(6, 0)	1.83	84	11	0.18
4	丁晓青	清华大学	(5, 0)	1.45	61.33	10	0.24
5	刘加	清华大学	(5, 0)	1.53	119	9	0.28
6	李弼程	解放军信息工程大学	(5, 0)	1.23	123.67	11	0.31
7	王科俊	哈尔滨工程大学	(5, 3)	1.83	78.67	8	0.21
8	史忠植	中国科学院计算技术研究所	(4, 0)	0.9	38.67	9	0.39
9	屈丹	解放军信息工程大学	(4, 0)	0.98	40.67	8	0.5
10	苗夺谦	同济大学	(4, 1)	1.08	80	10	0.22

表 8 国内模式识别理论领域机构发文排名 (前 10)

Table 8 Institutions ranking of domestic journals in pattern recognition field (Top 10)

排名	机构	(总发文量, 独立发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	西安电子科技大学	(24, 18)	20.83	7	2320	0.05
2	清华大学	(24, 11)	16.33	13	9065.3	0.09
3	中国科学院自动化研究所	(24, 9)	16.17	14	10001.67	0.03
4	中国科学技术大学	(22, 11)	15.5	12	7722.27	0.09
5	中国科学院大学	(17, 0)	7.32	13	11514.1	0.15
6	吉林大学	(17, 8)	12.17	9	3076	0.06
7	哈尔滨工程大学	(15, 9)	11.83	7	1726.67	0.05
8	哈尔滨工业大学	(14, 8)	11	6	1763.33	0.07
9	南京理工大学	(14, 6)	9.5	11	12973.6	0.07
10	国防科学技术大学	(14, 9)	11.5	5	1020	0.02

³国内期刊: 自动化学报、仪器仪表学报、计算机集成制造系统、传感技术学报、计算机测量与控制、测控技术、传感器与微系统.



图 8 国内模式识别理论领域机构合作网络

Fig. 8 Institutions collaboration network of domestic journals in pattern recognition field

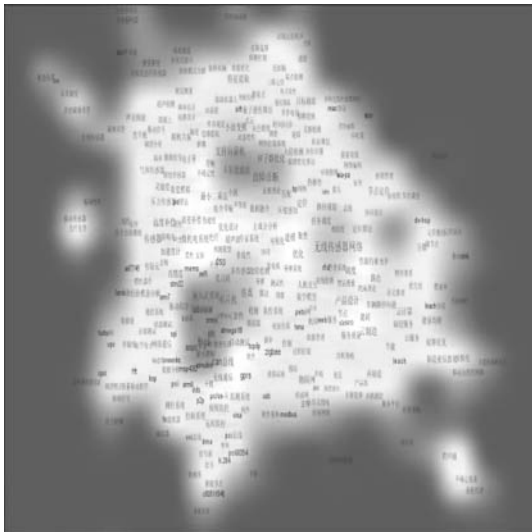


图 9 国内检测技术与自动化装置期刊文章关键词图谱
Fig. 9 Keywords mapping of domestic journals in measurement technology field

表 9 国内检测技术与自动化装置期刊文章研究热点关键词 (前 10)

Table 9 Keywords ranking of domestic journals in measurement technology field (Top 10)

排名	关键词	总文章数	作为第一关键词的文章数
1	无线传感器网络	300	250
2	故障诊断	148	24
3	FPGA	136	26
4	遗传算法	96	10
5	数据采集	82	13
6	LabView	81	24
7	产品设计	71	10
8	传感器	68	23
9	DSP	62	13
10	仿真	59	0

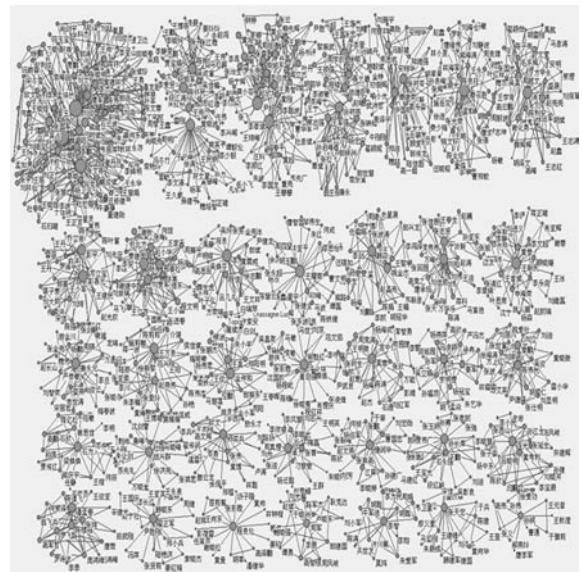


图 10 国内检测技术与自动化装置文章作者合作网络
Fig. 10 Authors collaboration network of domestic journals in measurement technology field

表 10 国内检测技术与自动化装置作者发文量排名 (前 10)

Table 10 Authors ranking of domestic journals in measurement technology field

排名	姓名	机构	(发文量, 第一作者发文量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	刘俊	中北大学	(21, 0)	4.22	12853.67	47	0.11
2	薛晨阳	中北大学	(16, 0)	2.93	8969.26	57	0.1
3	肖明清	空军工程大学	(15, 0)	4.35	580.29	23	0.17
4	王新民	西北工业大学	(14, 3)	3.85	1950	23	0.13
5	刘检华	北京理工大学	(14, 2)	3.65	443.83	19	0.18
6	彭喜元	哈尔滨工业大学	(14, 1)	3.73	604	24	0.14
7	吴成富	西北工业大学	(13, 3)	4	5097.09	19	0.16
8	闫杰	西北工业大学	(13, 0)	4.17	13503.67	24	0.08
9	刘飞	重庆大学	(13, 0)	3.64	5414.33	30	0.12
10	秦永元	西北工业大学	(12, 0)	3.48	1040.5	22	0.11

对这些作者进行相关指数统计,以总发文量进行排名,前 10 名作者相关信息见表 10。

从以上图表中可以看到,发文量较多的作者单位比较集中,中北大学的 2 位学者(刘俊、薛晨阳)位列国内检测技术与自动化装置领域作者发文量的前 2 名,西北工业大学有 4 位学者(王新民、闫杰、吴成富、秦永元)位列国内检测技术与自动化装置领域作者发文量前 10 名之内。

这些文献中共出现 1 721 个研究机构,对这些机构进行共现关系抽取,共抽取 2 236 对合作关系,国内检测技术与自动化装置机构合作网络如图 11 所示。

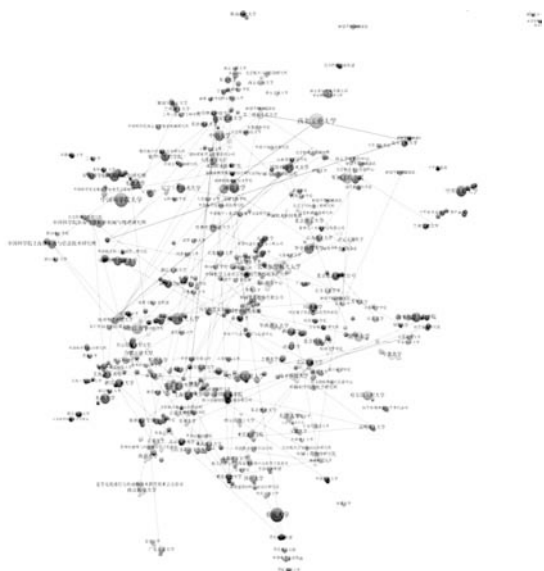


图 11 国内检测技术与自动化装置机构合作网络

Fig. 11 Institutions collaboration network of domestic journals in measurement technology field

对这些机构进行相关指数统计,以总发文量进行排名,前 10 名机构相关信息见表 11。

表 11 国内检测技术与自动化装置文章机构发文排名(前 10)

Table 11 Institutions collaboration network of domestic journals in measurement technology field (Top 10)

排名	名称	(发文量, 独立发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	西北工业大学	(612, 462)	532.17	119	424 457.2	0.01
2	重庆大学	(221, 121)	166.43	88	250 079.8	0.02
3	浙江大学	(168, 104)	133.17	58	139 991.3	0.02
4	中北大学	(155, 116)	135	25	54 748.75	0.04
5	北京航空航天大学	(152, 93)	119.81	60	247 099.3	0.05
6	军械工程学院	(151, 92)	119.83	43	97 106.38	0.02
7	南京航空航天大学	(132, 71)	98.92	58	191 042.2	0.03
8	天津大学	(108, 68)	86.33	44	143 377	0.02
9	哈尔滨工业大学	(106, 64)	83.67	39	113 783.4	0.01
10	空军工程大学	(103, 60)	79.75	43	85 174.25	0.01

综合以上图表数据可以看出,近两年我国检测技术与自动化装置研究领域发文最多的 10 个研究机构中,有 8 个来自于军工类研究机构。同时,西北工业大学的总发文量占国内该领域排名前 10 研究机构总发文数量的 32%,其总发文量及独立发文量均远超过其他单位。另一方面,浙江大学、中北大学、北京航空航天大学、军械工程学院、南京航空航天大学整体发文数量相当。

3.4 导航、制导与控制

导航技术在国防建设和国民经济发展的多个领域都有广泛应用,随着以惯性导航、卫星导航为代表的现代导航技术逐渐成熟,以惯性导航为核心的组合导航,特别是惯性/卫星组合导航正在成为导航技术的主流发展方向,并开始得到应用。

本方向确定国内期刊 8 本⁴,共采集有效文献 2 721 篇,抽取关键词 7 284 个,基于共现矩阵,利用网络可视化工具构建的关键词图谱见图 12。

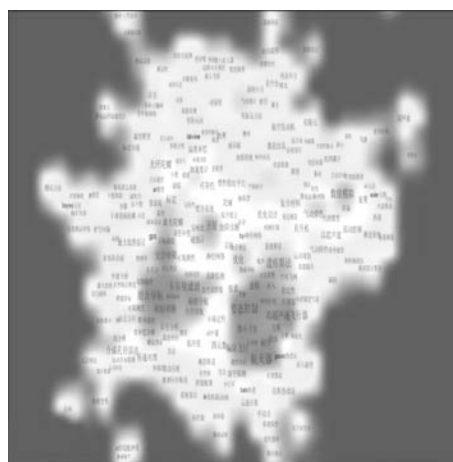


图 12 国内导航、制导与控制期刊文章关键词图谱

Fig. 12 Keywords mapping of domestic journals in navigation and guidance field

⁴国内期刊: 自动化学报、控制与决策、控制理论与应用、中国科学: 信息科学、控制工程、信息与控制。

表 12 国内导航、制导与控制期刊文章研究热点关键词
(前 10)

Table 12 Keywords ranking of domestic journals in navigation and guidance field (Top 10)

排名	关键词	总文章数	作为第一关键词的文章数
1	航天器	78	22
2	姿态控制	51	14
3	数值模拟	49	3
4	组合导航	42	14
5	卡尔曼滤波	40	4
6	遗传算法	38	6
7	合成孔径雷达	32	24
8	高超声速飞行器	30	22
9	光纤陀螺	30	22
10	卫星	29	8

根据关键词出现的文章总数进行排名, 前 10 名的结果见表 12.

从上面的数据中可以看出, 以航天器为关键词的文章大幅领先于其他关键词, 10 个关键词中有 5 个是设备名称, 分别是航天器、合成孔径雷达、高超声速飞行器、光纤陀螺、卫星, 这是一个值得关注的现象.

这些文献中共出现 5 421 个作者, 对这些作者进行合作情况分析, 发文量排名前 50 的作者合作网络如图 13 所示.

从上面的数据可以看出, 名单中的学者单位比较集中, 其中北京航空航天大学、西北工业大学、南京航空航天大学分别有两位学者进入前 10.

这些文献中共出现 508 个研究机构, 对这些机构进行共现关系抽取, 共抽取 725 对合作关系, 根据共现矩阵生成合作关系网络图如图 14 所示.

对这些作者进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名作者相关信息见表 13.

对这些机构进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名机构相关信息见表 14.

从上面的数据中可以看出, 北京航空航天大学、北京控

制工程研究所、南京航空航天大学、西北工业大学、国防科学技术大学、哈尔滨工业大学的研究优势比较明显, 这些单位在该领域国内期刊上的发文数量要明显多于其他研究机构, 国内期刊上发文较多的作者也主要来源于这些单位.

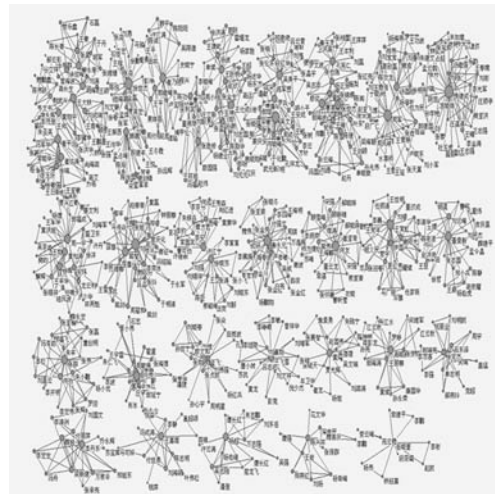


图 13 国内导航、制导与控制文章作者合作网络

Fig. 13 Keywords mapping of domestic journals in navigation and guidance field

3.5 系统工程

系统工程的主要任务是根据总体协调的需要, 将自然科学和社会科学中的基础思想、理论、策略和方法等联系起来, 应用现代数学和电子计算机等工具, 对系统的构成要素、组织结构、信息交换和自动控制等功能进行分析研究, 借以达到最优化设计、最优控制和最优管理的目标. 系统工程经历了半个多世纪的发展, 仍然是一门年轻的科学, 还在不断地发展中.

本方向确定国内期刊 4 本⁵, 共采集有效文献 1 722 篇, 抽取关键词 5 477 个, 基于共现矩阵, 利用网络可视化工具构建的关键词图谱见图 15.

对抽取的关键词进行统计, 根据其出现的文章总数进行排名, 前 10 名的结果见表 15.

表 13 国内导航、制导与控制作者发文量排名 (前 10)

Table 13 Authors ranking of domestic journals in navigation and guidance field (Top 10)

排名	姓名	所在机构	(发文量, 第一作者发文量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	马广富	哈尔滨工业大学	(21, 3)	5.75	233	18	0.18
2	何友	海军航空工程学院	(18, 2)	5.28	351.67	21	0.12
3	徐世杰	北京航空航天大学	(17, 0)	6.62	3 680	24	0.07
4	周军	西北工业大学	(16, 5)	5.2	867	23	0.08
5	房建成	北京航空航天大学	(16, 1)	5.33	2 433	30	0.07
6	刘建业	南京航空航天大学	(15, 1)	3.82	758.07	25	0.13
7	秦永元	西北工业大学	(15, 0)	4.33	5 410.07	22	0.13
8	吴文启	国防科学技术大学	(13, 1)	3.27	825.46	23	0.14
9	董景新	清华大学	(11, 0)	3.03	520	18	0.14
10	周建江	南京航空航天大学	(11, 0)	3.5	295.67	16	0.16

⁵国内期刊: 自动化学报、系统工程理论与实践、控制与决策、系统工程学报.

表 14 国内导航、制导与控制文章机构发文排名 (前 10)

Table 14 Institutions ranking of domestic journals in navigation and guidance field (Top 10)

排名	机构	(总发文量, 独立发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	北京航空航天大学	(281, 206)	240.78	63	45 540.19	0.04
2	北京控制工程研究所	(248, 47)	145.67	37	14 941.2	0.03
3	南京航空航天大学	(213, 155)	183	50	38 111.67	0.01
4	西北工业大学	(196, 130)	160.92	50	29 507.02	0.02
5	国防科学技术大学	(193, 146)	168.08	45	29 322.22	0.04
6	哈尔滨工业大学	(189, 122)	153.83	45	28 823.82	0.03
7	北京航天自动控制研究所	(77, 52)	63.75	21	18 937.04	0.06
8	中国空间技术研究院	(73, 24)	47.33	22	8 941.92	0.11
9	北京航天控制仪器研究所	(69, 57)	62.83	10	4 626.74	0.13
10	清华大学	(57, 25)	40	31	19 028.78	0.05



图 14 国内导航、制导与控制机构合作网络

Fig. 14 Institutions collaboration network of domestic journals in navigation and guidance field

从上面的数据可以看出, 以遗传算法、线性矩阵不等式为关键词的文章数量明显超过其他文章, 两者文章数之和占上表中文章总数的三分之一以上。

这些文献中共出现 3 875 个作者, 对这些作者进行合作情况分析, 发文量排名前 50 的作者合作网络如图 16 所示。

对这些作者进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名作者相关信息见表 16。

从上面的数据中可以看出, 湖南大学和中国科学院数学与系统科学研究所的汪寿阳发文量明显多于其他学者, 其他学者的发文量较为接近。中国科学院数学与系统科学研究所、合肥工业大学和东北大学分别有两位学者位列国内系统工程发文量排名前 10。

这些文献中共出现 610 个国内研究机构, 对这些机构进行共现关系抽取, 共抽取 963 对合作关系, 根据共现矩阵生成合作关系网络图如图 17 所示。

对研究机构进行相关指数统计, 以总发文量进行排名,

前 10 名机构相关信息见表 17。



图 15 国内系统工程期刊文章关键词图谱

Fig. 15 Keywords mapping of domestic journals in systems engineering field

表 15 国内导航工程期刊文章研究热点关键词 (前 10)

Table 15 Keywords ranking of domestic journals in systems engineering field (Top 10)

排名	关键词	总文章数	作为第一关键词的文章数
1	遗传算法	38	2
2	线性矩阵不等式	38	0
3	粒子群优化	24	9
4	多目标优化	20	7
5	粒子群算法	20	6
6	群决策	18	10
7	支持向量机	17	5
8	网络控制系统	16	13
9	粗糙集	16	6
10	神经网络	16	3

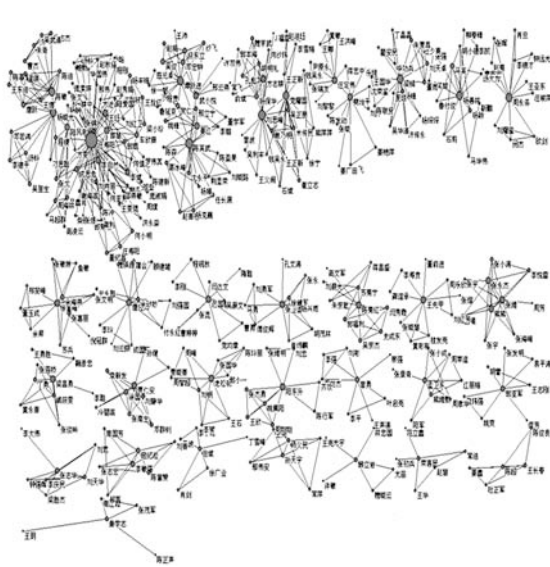


图 16 国内系统工程文章作者合作网络

Fig. 16 Authors collaboration network of domestic journals in systems engineering field



图 17 国内系统工程机构合作网络

Fig. 17 Institutions collaboration network of domestic journals in systems engineering field

表 16 国内系统工程作者发文量排名 (前 10)

Table 16 Authors ranking of domestic journals in systems engineering field (Top 10)

排名	姓名	所在机构	(发文量, 第一作者发文量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	汪寿阳	湖南大学; 中国科学院数学与系统科学研究院	(24, 0)	7.58	6 871.15	43	0.06
2	刘思峰	南京航空航天大学	(11, 2)	4.17	426	16	0.16
3	迟国泰	大连理工大学	(8, 5)	3.33	64	9	0.11
4	周永务	华南理工大学; 解放军电子工程学院; 合肥工业大学	(8, 2)	3.08	131	11	0.13
5	陈英武	国防科学技术大学	(8, 0)	2.32	573.05	17	0.16
6	樊治平	东北大学	(7, 2)	2.83	210	10	0.09
7	杨善林	合肥工业大学	(7, 1)	2.17	167.67	12	0.15
8	梁樑	中国科学技术大学	(7, 0)	2.03	187	14	0.16
9	汪定伟	东北大学	(6, 2)	3.42	194	8	0.18
10	杨晓光	中国科学院数学与系统科学研究院	(6, 0)	1.43	3 168.67	14	0.25

表 17 国内系统工程文章机构发文排名 (前 10)

Table 17 Institutions ranking of domestic journals in systems engineering field (Top 10)

排名	机构	(总发文量, 独立发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	中科院数学与系统科学研究院	(50, 4)	22.25	41	42 763.59	0.05
2	重庆大学	(49, 26)	36.83	18	12 642.06	0.03
3	国防科学技术大学	(45, 31)	37.67	14	9 101.88	0.03
4	南京航空航天大学	(40, 17)	27.83	20	13 360.65	0.04
5	大连理工大学	(38, 23)	29.83	17	13 281.03	0.04
6	西安交通大学	(33, 16)	23	17	16 944.22	0.09
7	东北大学	(33, 16)	24.5	16	11 147.5	0.02
8	北京航空航天大学	(32, 13)	20.67	21	14 031.85	0.09
9	合肥工业大学	(31, 5)	16.17	18	9 624.94	0.07
10	天津大学	(29, 16)	22.33	9	5 236	0.03

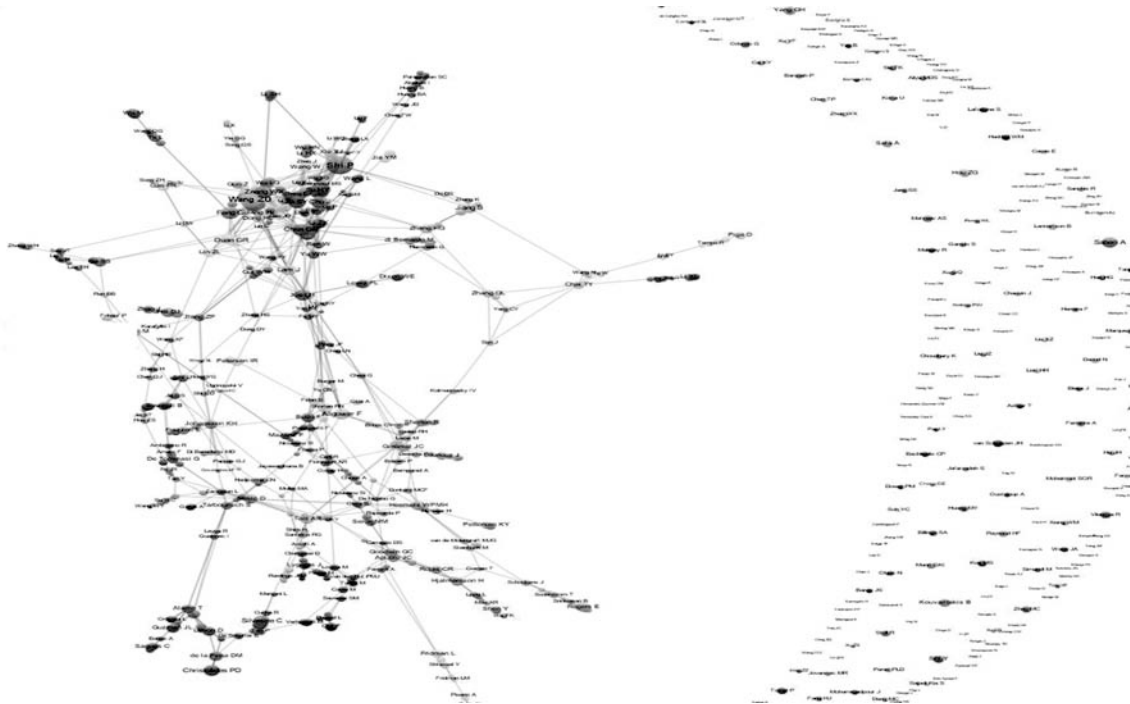


图 19 国际控制理论与控制工程文章作者合作网络

Fig. 19 Authors collaboration network of SCI journals in control theory and engineering field

表 19 国际控制理论与控制工程文章作者发文量排名 (前 10)

Table 19 Authors ranking of SCI journals in control theory and engineering field (Top 10)

排名	姓名	机构	(发文量, 第一作者发文量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	Shi P	Univ Glamorgan; Victoria Univ; Univ South Australia; Univ Adelaide; Jiangnan Univ	(56, 0)	16.62	1 351 719	61	0.04
2	Gao H J	Harbin Inst Technol	(33, 2)	10.95	497 952.2	31	0.1
3	Feng G	USTC CityU Suzhou Joint Adv Res Ctr; City Univ Hong Kong; Nanjing Univ Sci & Technol	(31, 0)	9.95	887 310.7	37	0.06
4	Wang Z D	Tsinghua Univ; Brunel Univ; Donghua Univ	(30, 2)	8.4	794 965.3	33	0.1
5	Yang G H	Northeastern Univ—China	(24, 0)	11.17	93 135.66	16	0.04
6	Allgower F	Univ Stuttgart	(23, 0)	7.37	1 676 652	33	0.08
7	Zheng W X	Univ Western Sydney	(23, 0)	7.87	241 586.9	21	0.1
8	Xia Y Q	Beijing Inst Technol	(22, 7)	7.53	183 102.2	21	0.17
9	Xu S Y	Nanjing Univ Sci & Technol	(22, 1)	6.15	753 757.2	32	0.09
10	Petersen I R	Univ New South Wales	(22, 0)	11.33	253 617.3	19	0.07

4.2 模式识别

模式识别理论领域确定国外相关领域期刊 13 种⁷, 共收集有效文献 4645 篇, 抽取关键词 12 076 个, 根据它们的共

现矩阵生成关键词图谱如图 21 所示.

根据关键词所在的文章总数进行排序, 前 10 名的结果见表 21.

⁷国际期刊: IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence; International Journal of Computer Vision; IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B; IEEE Transactions on Image Processing; IEEE Transactions on Neural Networks and Learning Systems; Pattern Recognition; Artificial Intelligence; Neural Networks; IEEE Intelligent Systems; Machine Learning; Neurocomputing; Pattern Recognition Letters; Journal of Machine Learning Research.

表 20 国际控制理论与控制工程文章机构发文量排名 (前 10)

Table 20 Institutions ranking of SCI journals in control theory and engineering field (Top 10)

排名	名称	(发文量, 独立发文量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	Harbin Inst Technol	(105, 19)	51.98	61 660.77	51	0.13
2	Northeastern Univ-China	(99, 42)	64.7	68 201.86	49	0.08
3	Nanyang Technol Univ	(95, 24)	51.27	190 391.1	84	0.06
4	City Univ Hong Kong	(93, 7)	40.73	129 242.8	68	0.08
5	Zhejiang Univ	(89, 19)	47.78	195 400.3	66	0.06
6	Tsinghua Univ	(86, 23)	46.7	211 630.5	84	0.06
7	Univ Illinois at Urbana-Champaign	(78, 27)	49.45	141 051.3	52	0.05
8	Southeast Univ-China	(74, 15)	39.26	113 442.7	60	0.07
9	INRIA	(73, 5)	31.67	360 129.5	90	0.03
10	Beihang Univ	(71, 40)	51.57	45 517.16	40	0.11

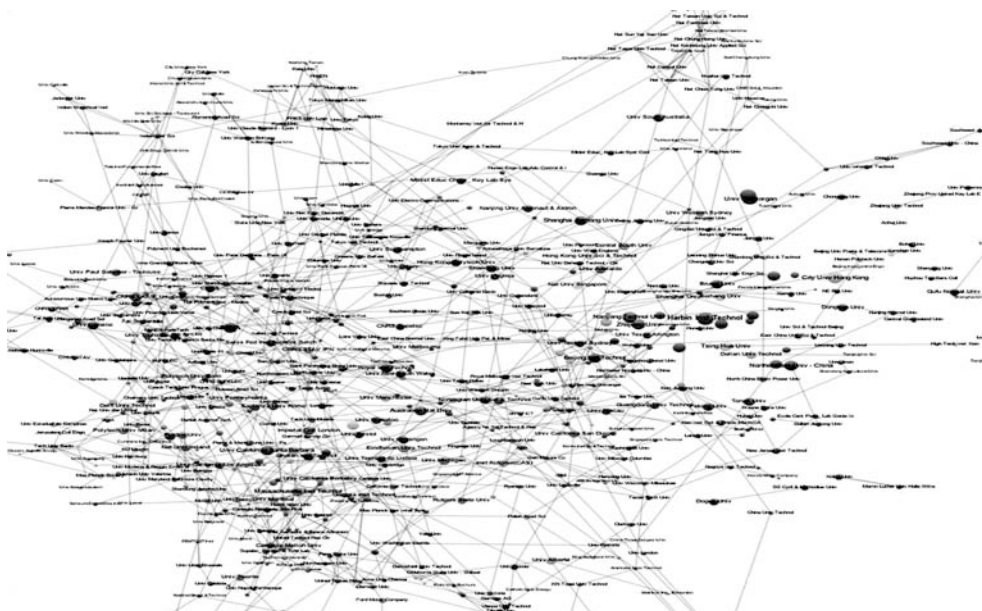


图 20 国际控制理论与控制工程文章机构合作网络

Fig. 20 Institutions collaboration network of SCI journals in control theory and engineering field



图 21 国外模式识别理论领域期刊文章关键词图谱

Fig. 21 Keywords ranking of SCI journals in pattern recognition field

表 21 国外模式识别理论领域期刊文章研究热点关键词 (前 10)

Table 21 Keywords ranking of SCI journals in pattern recognition field (Top 10)

排名	关键词	总发文量	作为第一关键词的发文章量
1	Neural networks	165	40
2	Classification	123	40
3	Support vector machines	118	27
4	Sparse subspace	111	46
5	Mean template	90	32
6	Least squares regression	79	27
7	Features extraction	71	17
8	Clustering	70	33
9	Dimensionality reduction	67	26
10	Machine learning	63	13

从关键词分析的结果可以看出,在模式识别理论领域,国内研究杂志中排在前十的研究热点中,只有3个和国际上的研究热点是一致的,说明国内外研究的侧重点有所不同。

这些文献中共出现10118个作者,根据它们的共现关系生成作者合作网络如图22所示。

对这些作者进行相关指数统计,以总发文量进行排名,前10名作者相关信息见表22。

从上面的数据中可以看出,近年来在国际模式识别理论领域,发文章量排在前十名的作者都是华人,而且其中有6人都来自于中国大陆的研究机构,这体现了我国研究人员在国际该领域的研究中占有重要地位。

这些文献中共出现2569个研究机构,通过它们的共现矩阵生成合作关系网络如图23所示。

对这些研究机构进行相关指数统计,以总发文量进行排名,前10名机构相关信息见表23。

从上面的数据中可以看出,国内机构在国际模式识别理论领域的研究中已经占有相当重要的位置,在论文发表前10位的机构中,我国的机构占6席。

4.3 检测技术与自动化装置

本方向确定国际相关领域期刊4本⁸,共收集有效文献4024篇,抽取关键词12184个,过滤掉只出现两次及以下的关键词后共得到1238个关键词,根据它们的共现关系生成

关键词图谱如图24所示。

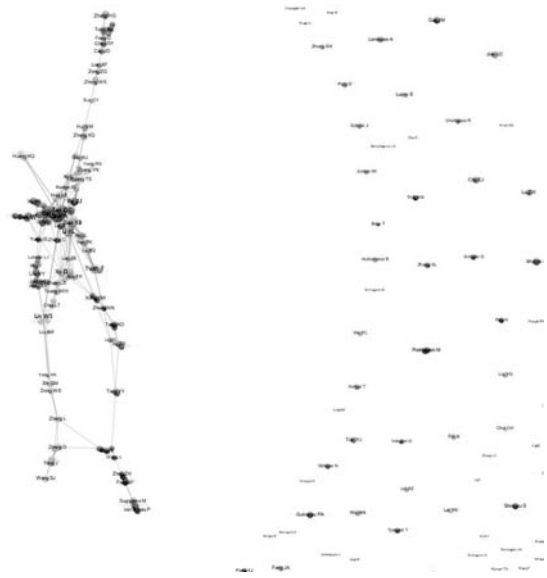


图22 国外模式识别理论领域作者合作网络
Fig. 22 Authors collaboration network of SCI journals in pattern recognition field

表22 国外模式识别理论领域作者发文量排名(前10)

Table 22 Authors ranking of SCI journals in pattern recognition field (Top 10)

排名	姓名	所在机构	(发文量, 第一作者发文量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	Tao D C	Univ Technol Sydney	(40, 0)	11.42	1 062 854.3	68	0.06
2	Li X L	Xian Inst Opt & Precis Mech (CAS)	(24, 0)	5.67	690 596.06	49	0.09
3	Gao X B	Xidian Univ	(17, 6)	4.32	31 920.18	23	0.19
4	Yuan Y	Xian Inst Opt & Precis Mech (CAS)	(17, 1)	4.3	198 799.55	29	0.14
5	Lin W S	Nanyang Technol Univ	(17, 0)	4.88	345 846.28	33	0.08
6	Cao J D	Southeast Univ-China	(16, 0)	6.12	239 725.85	22	0.08
7	Gao W	Inst Comp Technol (CAS); Peking Univ	(16, 0)	3.58	305 438.26	45	0.09
8	Xu D	Nanyang Technol Univ	(15, 1)	4.17	237 823.04	27	0.13
9	Yan S C	Nat Univ Singapore	(15, 0)	3.34	329 356.97	48	0.08
10	Zhang D	Harbin Inst Technol; Hong Kong Polytech Univ	(14, 0)	3.61	217 067.77	31	0.12

表23 国外模式识别理论领域机构发文量排名(前10)

Table 23 Institutions ranking of SCI journals in pattern recognition field (Top 10)

排名	机构	(总发文量, 独立发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	Nanyang Technol Univ	(122, 34)	68.97	93	287 923.84	0.05
2	Microsoft	(100, 6)	40.52	118	457 070.55	0.06
3	Inst Automat (CAS)	(91, 28)	51.8	80	201 724.35	0.08
4	Tsinghua Univ	(84, 23)	46.33	79	183 581.69	0.08
5	Zhejiang Univ	(72, 15)	37.62	66	143 660.63	0.06
6	Xidian Univ	(69, 22)	41.08	39	88 198.16	0.07
7	Univ London	(67, 10)	31.6	88	419 910.18	0.04
8	Nat Univ Singapore	(67, 11)	32.15	66	150 669.23	0.11
9	Chinese Univ Hong Kong	(58, 7)	27.35	48	113 846.28	0.12
10	Peking Univ	(54, 10)	27.15	45	81 315.82	0.12

⁸国际期刊: IEEE Transactions on Industrial Electronics; Sensors, IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement; Transactions of the Institute of Measurement and Control.

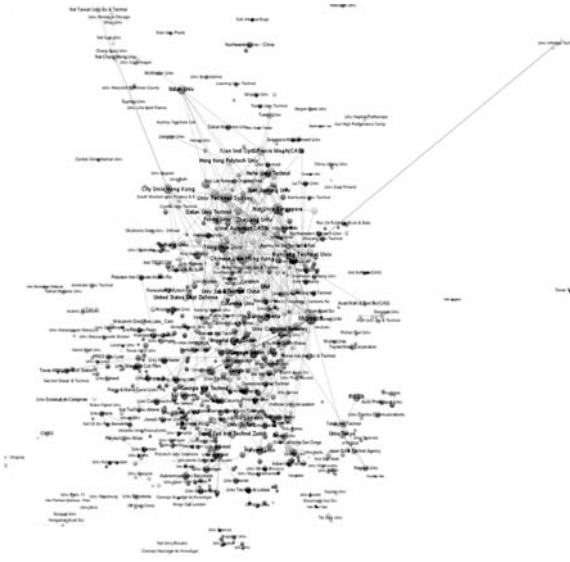


图 23 国外模式识别理论领域机构合作网络

Fig. 23 Institutions ranking of SCI journals in pattern recognition field

根据关键词所在的文章总数进行排序, 前 10 名的结果见表 24.

从关键词分析的结果可以看出, 在检测技术与自动化装置领域, 国内与国际期刊研究热点前 10 关键词中, 仅有 3 个是一致的, 说明该领域我国国内期刊和国际的前沿热点方向存在一定的差别. 同时, Biosensors 等关键词已经成为国外研究热点, 而国内此方向论文却并不多见.

从这些文献中共抽取作者 12 725 个, 根据发文量排名, 前 50 名作者的合作网络如图 25 所示.

对这些作者进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名作者相关信息见表 25.

从上面的数据中可以看出, 在国际检测技术与自动化装置的研究领域, 单一作者发文数量并不高, 发文章量排在前十名的作者中只有 2 人是国内研究机构的学者 (Fang J C, Xu L J), 同时这两位学者均来自于北京航空航天大学.

在这些文献中共出现 2 816 个研究机构, 根据共现矩阵生成合作关系网络图如图 26 所示.



图 24 国际检测技术与自动化装置期刊文章关键词图谱

Fig. 24 Keywords ranking of SCI journals in measurement technology field

表 24 国际检测技术与自动化装置期刊文章研究热点关键词 (前 10)

Table 24 Authors ranking of SCI journals in pattern recognition field (Top 10)

排名	关键词	总发文量	作为第一关键词的发文章量
1	Wireless sensor networks	131	54
2	Sensors	74	11
3	Biosensors	63	16
4	Fault diagnostics	54	13
5	Kalman filters	53	3
6	Calibration	52	28
7	Field-programmable gate array chip	49	12
8	Power quality	49	0
9	Induction motors	41	3
10	Matrix converters	40	5

表 25 国际检测技术与自动化装置文章作者发文量排名 (前 10)

Table 25 Authors ranking of SCI journals in measurement technology field (Top 10)

排名	姓名	机构	(发文章量, 第一作者发文章量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	Kolar J W	Swiss Fed Inst Technol Zurich	(14, 1)	4.48	966.5	8	0.32
2	Rodriguez J	Univ Tecnica Federico Santa Maria	(14, 2)	2.82	1 727.56	18	0.24
3	Fang J C	Beihang Univ	(13, 6)	5.03	16	5	0.2
4	Wu B	Ryerson Univ	(12, 0)	2.93	2 720	14	0.21
5	Ando B	Univ Catania	(9, 8)	2.07	16	9	0.53
6	Espinoza J R	Univ de Concepcion	(9, 0)	1.5	823.74	12	0.41
7	Petri D	Univ Trento	(9, 0)	3.08	238	5	0.2
8	Xu L J	Beihang Univ	(8, 5)	2.28	34	6	0.27
9	Baglio S	Univ Catania	(8, 1)	1.82	16	9	0.53
10	Moon G W	Korea Adv Inst Sci & Technol	(8, 0)	2.67	0	2	1

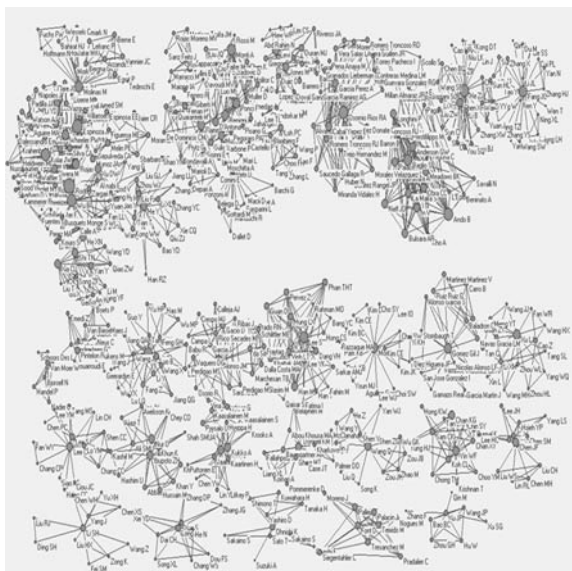


图 25 国际检测技术与自动化装置文章作者合作网络

Fig. 25 Authors collaboration network of SCI journals in measurement technology field

对这些机构进行相关指数统计,以总发文量进行排名,前 10 名机构相关信息见表 26.

从上面的数据和该方向的研究报告中可以看出,在论文发表前 10 位的机构中,我国大陆的科研机构占 4 席,并且位置都比较靠前,说明我国科研机构的发文数量已经进入世界前列。值得注意的是,我国在该领域发文量高的三所科研机构浙江大学、清华大学与哈尔滨工业大学,其单一作者的发文量均没有在作者发文量前 10 排名中出现。

表 26 国际检测技术与自动化装置文章机构发文量排名(前 10)

Table 26 Institutions ranking of SCI journals in measurement technology field (Top 10)

排名	名称	(发文量, 独立发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	Zhejiang Univ	(58, 24)	39.08	35	353 319.1	0.04
2	Nat Cheng Kung Univ	(52, 19)	32.07	41	221 825.3	0.06
3	Tsing Hua Univ	(50, 16)	30.5	34	353 861.9	0.06
4	Beihang Univ	(42, 24)	32.08	22	106 948.3	0.04
5	Harbin Inst Technol	(41, 20)	28.87	30	150 585.2	0.05
6	Nat Taiwan Univ	(41, 17)	27.18	31	152 570.5	0.11
7	Indian Inst Technol	(40, 21)	29	27	177 494.2	0.04
8	Polytech Univ Catalonia	(38, 16)	25.28	28	136 914.7	0.05
9	Polytech Univ Valencia	(36, 21)	27.37	18	81 496.26	0.11
10	Nanyang Technol Univ	(36, 7)	19.08	30	258 877.1	0.05

4.4 导航、制导与控制

本方向确定国际导航、制导与控制领域期刊 5 本⁹,共收集有效文献 1 492 篇,抽取关键词 1 726 个,根据关键词共现关系生成关键词图谱如图 27 所示。

根据关键词所在的文章总数进行排序,前 10 名的结果见表 27.



图 26 国际检测技术与自动化装置文章机构合作网络

Fig. 26 Institutions ranking of SCI journals in measurement technology field

⁹国际期刊: GPS Solutions; IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems; Aerospace Science and Technology; Journal of Guidance, Control and Dynamics; The Journal of Navigation.



图 27 国际导航、制导与控制期刊文章关键词图谱

Fig. 27 Keywords mapping of SCI journals in navigation and guidance field

从关键词的分析结果可以看出, 国内和国际的研究热点差异较大, 排在前 10 名的关键词除了卡尔曼滤波和遗传算法外, 其他的都不相同, 说明了国内外研究与应用的侧重点有所不同。

这些文献中共出现 3 496 名作者, 分析该领域人员合作情况, 发文量排名前 50 的作者合作网络如图 28 所示。

对这些作者进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名作者相关信息见表 28。

从上面的数据可以看出, 我国只有西安电子科技大学的

一名学者进入导航、制导与控制领域国际期刊发文量的前 10, 说明我国学者的国际期刊文章发文量较少。

表 27 国际导航、制导与控制期刊文章研究热点关键词 (前 10)

Table 27 Keywords ranking of SCI journals in navigation and guidance field (Top 10)

排名	关键词	总发文量	作为第一关键词的发文量
1	GPS	39	30
2	Kalman filtering	24	3
3	GNSS	17	13
4	Vortical flow	10	7
5	Multipath	10	1
6	CFD	10	1
7	Precise point positioning	9	4
8	Genetic algorithms	9	0
9	Ionosphere	8	4
10	Fuzzy logic	8	1

这些文献中共出现 970 个研究机构, 根据机构共现矩阵生成合作关系网络如图 29 所示。

对这些研究机构进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名机构相关信息见表 29。

在前 10 名的研究机构中, 我国占了 3 个 (国防科技大学、北京航空航天大学、哈尔滨工业大学), 其中国防科技大学和北京航空航天大学分别占据前两位, 说明国内研究机构在发文数量上已经走在了国际前列。结合前面关于国内期刊文章的分析, 国内发文数量较多的南京航空航天大学并没有进入国际发文数量的前 10, 说明国内研究机构在导航领域的中英文文章上偏重有所不同。

表 28 国际导航、制导与控制文章作者发文量排名 (前 10)

Table 28 Authors ranking of SCI journals in navigation and guidance field (Top 10)

排名	姓名	所属机构	(发文量, 第一作者发文量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	Dempster AG	Univ New South Wales	(13, 1)	5.12	861.2	19	0.14
2	Kirubarajan T	McMaster Univ	(12, 0)	2.85	376.67	24	0.14
3	Scheeres DJ	Univ Colorado Boulder	(12, 1)	5.46	349	16	0.2
4	Lachapelle G	Univ Calgary	(12, 0)	3.92	156	14	0.11
5	Bar Shalom Y	Univ Connecticut	(10, 1)	3.75	223	13	0.24
6	Schaub H	Univ Colorado Boulder	(9, 1)	4.5	30	6	0
7	Tharmarasa R	McMaster Univ	(8, 2)	1.95	68	14	0.24
8	Montenbruck O	German Space Operat Ctr	(7, 5)	1.43	822	22	0.2
9	Hauschild A	German Space Operat Ctr	(7, 2)	1.6	476	18	0.24
10	Bao Z	Xidian Univ	(7, 0)	1.78	191.33	13	0.22

表 29 国际导航、制导与控制文章机构发文量排名 (前 10)

Table 29 Institutions ranking of SCI journals in navigation and guidance field (Top 10)

排名	机构	(总发文量, 独立发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	Nat Univ Defence Technol-China	(41, 23)	31.42	14	20 817.9	0.07
2	Beihang Univ	(38, 22)	29.03	21	54 660.02	0.05
3	Univ Colorado Boulder	(30, 19)	24.2	12	15 809.83	0.09
4	United States Dept Defense	(29, 9)	17.33	30	74 737.89	0.05
5	Delft Univ Technol	(26, 13)	18.33	18	69 699.25	0.07
6	Nat Aeronaut & Space Administration	(26, 3)	12.78	25	34 951.9	0.07
7	Univ New South Wales	(24, 10)	16.67	9	31 837.36	0.08
8	Georgia Inst Technol	(24, 12)	17.5	14	17 830.7	0.08
9	Harbin Inst Technol	(23, 10)	16.17	13	22 620.51	0.03
10	German Aerosp Ctr	(21, 13)	16.2	13	21 102.5	0.12

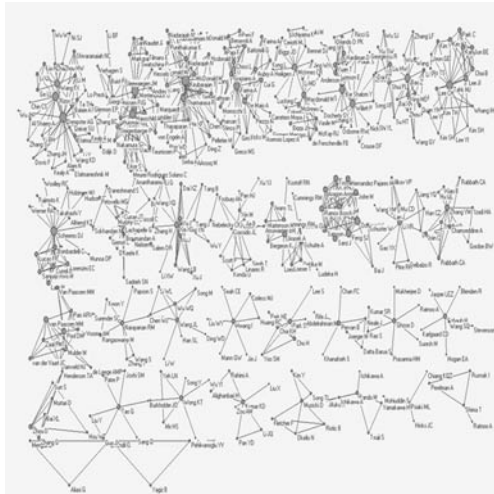


图 28 国际导航、制导与控制文章作者合作网络

Fig. 28 Authors collaboration network of SCI journals in navigation and guidance field



图 29 国际导航、制导与控制文章机构合作网络

Fig. 29 Institutions collaboration network of SCI journals in navigation and guidance field

4.5 系统工程

本方向确定国际相关领域期刊 4 本¹⁰, 共收集有效文献 1 492 篇, 抽取关键词 5 704 个, 根据它们的共现矩阵生成关键词图谱如图 30 所示.

根据关键词所在的文章总数进行排序, 前 10 名的结果见表 30.

对比国内外的研究热点可以看出, 国内外排名靠前的关键词有很大的不同, 相比之下, 国内期刊文章排名前 10 的关键词和系统工程的关系不是很密切.

这些文献中共出现 4 907 名作者, 分析该领域人员合作情况, 发文量排名前 50 的作者合作网络如图 31 所示.

对这些作者进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名作者相关信息见表 31.

表 30 国际系统工程期刊文章研究热点关键词 (前 10)
Table 30 Keywords ranking of SCI journals in systems engineering field (Top 10)

排名	关键词	总发文量	作为第一关键词的发文章量
1	Supply chain management	89	58
2	Data envelopment analysis	83	65
3	Game theory	77	30
4	Scheduling	74	45
5	Inventory	65	43
6	Simulation	58	12
7	Heuristics	57	8
8	Combinatorial optimization	57	31
9	Integer programming	51	15
10	Pricing	44	14



图 30 国际系统工程期刊文章关键词图谱

Fig. 30 Keywords mapping of SCI journals in systems engineering field

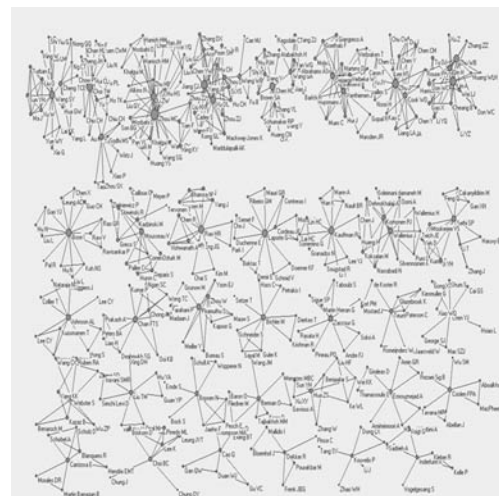


图 31 国际系统工程文章作者合作网络

Fig. 31 Authors collaboration network of SCI journals in systems engineering field

¹⁰国际期刊: European Journal of Operational Research; Decision Support Systems; IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics-Part A; Production and Operations Management.

从上面的数据中可以看出, 没有中国大陆研究机构的全职学者进入系统工程领域国际期刊发文量的前 10, 说明国内学者在该领域发表的国际期刊文章较少。

这些文献中共出现 1587 个研究机构, 通过研究机构共现矩阵生成合作关系网络如图 32 所示。对这些机构进行相关指数统计, 以总发文量进行排名, 前 10 名机构相关信息见表 32。

从上面的数据中可以看出, 香港城市大学和香港理工大学的发文数量具有明显优势, 中国大陆的研究机构没有进入前 10 名, 在发文数量上与国外单位相比仍有明显差距。

5 总结

文章分别对自动化领域 5 个方向国内外文献数据, 进行关键词、作者与机构解析。通过构建相应的关键词图谱、人员和机构合作网络图, 并列出具各项评价指标情况, 展示出当前本领域各方向的研究热点、高产作者与高产机构及其合作状况。整体来看, 近两年本领域国内研究热点与国际研究热点各有侧重, 国内机构在国际研究中的地位逐步提高, 特别地, 华人群体在本领域的研究中起到重要的推动作用。

本次分析工作是本领域定量分析的首次尝试, 实验过程中我们构建了领域本体知识库, 并加入人工校对的环节, 最大可能地使分析结果能够客观地反映自动化领域发展的近况。但在数据源选取、数据采集、结果评价等环节仍存在一定不足, 包括:

- 1) 不同期刊刊登文章数量不均衡;
- 2) 不同期刊水平不均衡;
- 3) 人员和机构的重名问题;
- 4) 中文期刊内的部分文章和期刊方向不符, 相对来说,

英文期刊文章与期刊方向的符合度要高于中文期刊。

尽管我们采取了部分有针对性的解决方法, 但限于各种条件制约, 仍难以做到完全解决, 未来可引入领域专家贡献, 利用众包机制共同推动分析结果向更为客观公正的目标迈进, 为自动化学科的健康发展贡献一份力量。



图 32 国际系统工程文章机构合作网络

Fig. 32 Institutions collaboration network of SCI journals in systems engineering field

表 31 国际系统工程期刊作者发文量排名 (前 10)

Table 31 Authors ranking of SCI journals in systems engineering field (Top 10)

排名	姓名	所属机构	(发文量, 第一作者发文量)	APS	中介性	度	聚类系数
1	Zhou M C	New Jersey Inst Technol; Xidian Univ; Tongji Univ	(12, 0)	3.65	534	23	0.1
2	Lim A	City Univ Hong Kong	(12, 1)	3.4	286.33	15	0.25
3	Zhu W B	Hong Kong Univ Sci & Technol; Hong Kong Polytech Univ	(9, 3)	2.53	33	11	0.35
4	Choi TM	Hong Kong Polytech Univ	(8, 2)	2.5	3106	15	0.11
5	Li Z W	Xidian Univ; Martin Luther Univ Halle Wittenberg; King Saud Univ	(7, 1)	1.95	182	13	0.22
6	Zhu J	Worcester Polytech Inst	(7, 0)	1.98	335.67	15	0.2
7	Johnson A L	Texas A&M Univ Coll Station	(6, 1)	2.42	158	9	0.14
8	Laporte G	CIRRELT; Univ Montreal	(6, 0)	1.92	114	12	0.12
9	Baesens B	KU Leuven; Univ Southampton; Vlerick Leuven Gent Management School	(6, 0)	1.43	177.17	14	0.26
10	Piramuthu S	Univ Florida; RFID European Lab, Paris	(6, 3)	2.5	39	8	0.29

表 32 国际系统工程文章作者发文量排名 (前 10)
Table 32 Institutions ranking of SCI journals in systems engineering field (Top 10)

排名	机构	(总发文量, 独立发文量)	APS	度	中介性	聚类系数
1	City Univ Hong Kong	(50, 3)	21.9	41	110 269.9	0.08
2	Hong Kong Polytech Univ	(46, 11)	25.45	34	107 995.4	0.08
3	Erasmus Univ Rotterdam	(33, 5)	15.58	44	153 836.6	0.04
4	Georgia Inst Technol	(30, 8)	17.33	30	76 140.64	0.05
5	Univ Montreal	(29, 4)	13.67	38	166 618	0.04
6	Eindhoven Univ Technol	(28, 2)	13.08	32	124 687.1	0.05
7	Nat Univ Singapore	(25, 6)	13.92	25	32 665.33	0.11
8	Penn State Univ	(23, 4)	12.5	21	58 451.28	0.07
9	State Univ New York	(23, 4)	11.78	26	43 948.8	0.07
10	Univ Texas Dallas	(23, 3)	11.08	25	95 652	0.06

References

- Wang Fei-Yue. The destiny: towards knowledge automation-preface of the special issue for the 50th anniversary of Acta Automatica Sinica. *Acta Automatica Sinica*, 2013, **39**(11): 1741–1743
(王飞跃. 天命唯新: 迈向知识自动化——《自动化学报》创刊 50 周年专刊序. 自动化学报, 2013, **39**(11): 1741–1743)
- Wang Fei-Yue. Evolution of knowledge generation and scientific decision-making: big data and opensource intelligence analytics for research intelligent. *Bullitin of Chinese Academy of Science*, 2012, **27**(5): 527–537
(王飞跃. 知识产生方式和科技决策支撑的重大变革——面向大数据和开源信息的科技态势解析与决策服务. 中国科学院院刊, 2012, **27**(5): 527–537)
- Lai G P, Zhang Q P, Wen D, Gao Y Q. A prototype of the next-generation journal system for ITS: academic social networking and media based on Web 3. 0. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2012, **13**(2): 1078–1087
- Wang F Y. Publication and impact: a bibliographic analysis. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2010, **11**(2): 250
- Zhang Q P, Feng Z, Li X, Zheng X L, Zhang L. 25 years collaborations at IEEE intelligent systems. *IEEE Intelligent Systems*, 2010, **25**(6): 67–75
- Li L J, Li X, Cheng C J, Chen C, Ke G Y, Zeng D D, Scherer W T. Research collaboration and ITS topic evolution: 10 years at T-ITS. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 2010, **11**(3): 517–523
- Ye Pei-Jun, Lü Yi-Sheng, Ji Jing-Chu. Literature analysis for traffic simulation and computational experiments based on social networks. *Acta Automatica Sinica*, 2013, **39**(9): 1402–1412
(叶佩军, 吕宜生, 吉竞初. 基于社会网络视角的交通仿真和计算实验研究分析. 自动化学报, 2013, **39**(9): 1402–1412)
- Wang Fei-Yue. Scientific collaboration trends in 21 century, Science of Team Science (SciTS). *Science and Technology Review*, 2011, **29**(12): 81
(王飞跃. SciTS: 21 世纪科技合作的灯塔. 科技导报, 2011, **29**(12): 81)
- Wang F Y. From AI to SciTS: team science and research intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 2011, **26**(3): 2–4
- Zheng X L, Ke G Y, Zeng D, Ram S. Next-generation team-science platform for scientific collaboration. *IEEE Intelligent Systems*, 2011, **26**(6): 72–76
- Zhang Q, Wang F Y, Zeng D, Wang T. Understanding crowd-powered search groups: a social network perspective. *PLoS ONE*, 2012, **7**(6): e39749
- Wang F Y, Lai G, Tang S M. An application specific knowledge engine for researches in intelligent transportation systems. In: Proceedings of the 7th International Conference on Intelligent Transportation Systems. Washington D. C., USA: IEEE, 2004. 841–846
- Oyama S, Kokubo T, Ishida T. Domain-specific web search with keyword spices. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2004, **16**(1): 17–27
- Walczak S. Knowledge-based search in competitive domains. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2003, **15**(3): 734–743
- QIU Tao-Rong, LIU Qing, HUANG Hou-Kuan. A granular computing approach to knowledge discovery in relational databases. *Acta Automatica Sinica*, 2009, **35**(8): 1071–1079
(邱桃荣, 刘清, 黄厚宽. 关系数据库中知识发现的一种粒计算方法. 自动化学报, 2009, **35**(8): 1071–1079)
- Albert R, Barabasi A L. Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, 2002, **74**(1): 47–97

- 17 Boccaletti S, Latora V, Moreno Y, Chavez M, Hwang D. Complex networks: structure and dynamics. *Physics Reports*, 2006, **424**(4–5): 175–308
- 18 Newman M E J. Scientific collaboration networks II. Shortest paths, weighted networks, and centrality. *Physical Review E*, 2001, **64**(1): 16–132
- 19 Newman M E J. Co-authorship networks and patterns of scientific collaboration. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 2004, **101**(1): 5200–5205
- 20 Newman M E J. Detecting community structure in networks. *The European Physical Journal B — Condensed Matter and Complex Systems*, 2004, **38**(2): 321–330
- 21 Varun G, Albert H S, Steven J S. An assessment of individual and institutional research productivity in MIS. *ACM SIGMIS Database*, 1992, **23**(4): 5–9
- 22 Susan A, John P. An evaluation of research productivity in academic IT. *Journal Communications of the AIS*, 2000, **3**(2): 3
- 23 Huang H H, Hsu J S C. An evaluation of publication productivity in information systems: 1999 to 2003. *Communications of the Association for Information Systems*, 2005, **15**(1): 555–564
- 24 Van Eck N J, Waltman L. Text mining and visualization using VOSviewer. *ISSI Newsletter*, 2011, **7**(3): 50–54
- 25 Van Eck N J, Waltman L. How to normalize co-occurrence data an analysis of some well-known similarity measures. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 2009, **60**(8): 1635–1651
- 26 de Nooy W, Mrvar A, Batagelj V. *Exploratory Social Network Analysis with Pajek*. Cambridge: Cambridge University Press, 2005. 303–306
- 27 Batagelj V, Mrvar A. Pajek-program for large network analysis. *Connections*, 1998, **21**(2): 47–57
- 陆浩 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室工程师. 主要研究方向为社会计算, 平行科研管理.
E-mail: hao.lu@ia.ac.cn
(**LU Hao** Engineer at the State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences. His research interest covers social computing and parallel scientific research management.)
- 王飞跃 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室研究员. 主要研究方向为智能系统和复杂系统的建模, 分析与控制.
E-mail: feiyue.wang@ia.ac.cn
(**WANG Fei-Yue** Professor at the State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences. His research interest covers modeling, analysis, and control of intelligent systems and complex systems.)
- 刘德荣 中国科学院自动化研究所复杂系统管理与控制国家重点实验室研究员. 主要研究方向为智能控制理论及应用, 自适应动态规划, 人工神经网络, 计算神经科学, 电力系统运行与控制.
E-mail: derong.liu@ia.ac.cn
(**LIU De-Rong** Professor at the State Key Laboratory of Management and Control for Complex Systems, Institute of Automation, Chinese Academy of Sciences. His research interest covers intelligent control, adaptive dynamic programming, neural network, computational neuroscience and power system operation control.)
- 张楠 中国自动化学会助理研究员, 主要研究方向为社会计算, 智能信息处理. 本文通信作者.
E-mail: nan.zhang@ia.ac.cn
(**ZHANG Nan** Assistant professor at the Chinese Association of Automation. Her research interest covers social computing and intelligent informatics. Corresponding author of this paper.)
- 赵学亮 中国自动化学会工程师. 主要研究方向为社会计算, 智能信息处理. E-mail: xueliang.zhao@ia.ac.cn
(**ZHAO Xue-Liang** Engineer at the Chinese Association of Automation. His research interest covers social computing and intelligent informatics.)