

# 我国雷达信号处理研究文献的计量统计分析

罗星华<sup>1</sup>, 张碧锋<sup>2</sup>

(1. 西北工业大学 图书馆, 陕西 西安 710072;

2. 空军驻广东深圳地区军事代表室, 广东 广州 510310)

**摘要:** 采用文献计量学的原理, 以 CNKI 数据库中的中国期刊全文数据库作为统计源, 对 1999 年~2008 年收录在我国核心期刊上的雷达信号处理研究领域的论文, 从时间分布、期刊分布、关键词词频、论文作者统计、合著分布及作者机构分布等方面进行统计分析, 从一个侧面反映我国雷达信号处理研究的现状和发展趋势。

**关键词:** 文献计量; 文献统计; 雷达信号处理; 数字信号处理

中图分类号: G353

文献标识码: B

文章编号: 1674-7720(2011)02-0001-04

## Statistical analysis of literature on the radar signal processing research based on bibliometrics

Luo Xinghua<sup>1</sup>, Zhang Bifeng<sup>2</sup>

(1. Northwestern Polytechnical University, Library, Xi'an 710072, China;

2. Military Representative Office of Air Force in Shenzhen, Guangzhou 510310, China)

**Abstract:** By using the method of bibliometrics, this paper made a statistics of the literature on the radar signal processing research, which was published in core journals in China from 1999 to 2008 based on the database of CJFD in CNKI. The distributions of publishing years, periodicals, keyword frequency, author, co-author, and institutions were counted in this research. The aim was to look back the development of radar signal processing research, so as to point out the weak parts and explore new development directions.

**Key words:** bibliometrics; literature statistics; radar signal processing; digital signal processing

雷达的基本功能是利用目标对电磁波的散射发现目标,并测定目标的空间位置<sup>[1]</sup>。在接收信号中,不但有目标回波,也会有噪声、杂波信号以及各种干扰信号,所以雷达探测目标是在十分复杂的信号背景下进行的,需要通过信号处理来检测目标并提取目标的各种有用信息。

现代雷达技术的发展越来越倚重于信号处理,雷达信号处理包括各种不同雷达发射波形的选择、检测理论、性能估计以及天线和数据处理计算机之间的电路装置等。近几十年来,雷达信号处理的研究取得了长足的进步和发展。20 世纪 50 年代实现了时域滤波和对复杂信号的匹配滤波,60 年代实现了对有源干扰的空域滤波,并提出了自适应滤波。进入 80 年代后,微处理器技术,特别是数字信号处理器(DSP)的发展,使雷达信号处理完成了从模拟到数字的转化,极大地提高了雷达信号处理机的性能和可靠性<sup>[2]</sup>。随着微电子技术和数字技

术的发展,雷达信号处理的功能越来越强,算法也越来越复杂,借助于电子设计自动化软件进行雷达信号处理的建模、仿真和设计,雷达信号处理系统的性能和设计效率得到了很大提高。

近年来,我国对雷达信号处理技术这一领域的研究越来越多,关于信号处理系统的信号形式、处理算法、设计方法、硬件的结构和实时处理软件编程等方面的研究论文也不断出现。笔者以 1999 年和 2008 年 10 年间刊载的雷达信号处理主题论文为统计对象,采用文献计量学的原理,对相关数据进行统计与分析,旨在一定程度上反映我国对雷达信号处理领域研究的整体水平、发展进程和研究成果,为教学和科研人员在较短时间内了解此领域研究的现状和动态提供一些参考。

### 1 数据来源和分析方法

科技论文的质量与数量是科技产出的一项重要指

## 综述与评论 Review and Comment

标,对某一领域科技论文的发表状况进行定量分析与研究,可以从一个侧面反映出这一领域的研究成果和研究水平,为客观评价学科发展状况提供依据<sup>[3]</sup>。

笔者利用 CNKI 中国期刊全文数据库,以雷达信号处理为主题,以 1999 年~2008 年收录在我国核心期刊的学术论文为数据来源,检索到文献 2 694 篇,运用文献计量学方法<sup>[4]</sup>对文献的时间分布、期刊分布、关键词词频、论文作者统计、合著分布及作者机构分布等方面进行分析探讨。在统计过程中,仅选取通过核心期刊公开发表的学术论文作为统计分析对象,而通过其他途径公开的论文不在此次统计分析的范畴。

### 2 论文统计及分析

#### 2.1 论文时间分布

某领域期刊论文在时间上的分布从一定程度上反映了该领域学术研究的理论水平和发展速度。表 1 提供了我国近 10 年关于雷达信号处理研究的核心期刊论文发表的数量分布情况,图 1 所示为年度论文发表数量增减的分布图。

表 1 期刊论文年度分布表

年份	论文数量/篇	比例%
1999	91	3.38
2000	146	5.42
2001	188	6.98
2002	162	6.01
2003	189	7.02
2004	258	9.58
2005	357	13.25
2006	411	15.25
2007	384	14.25
2008	508	18.86
总计	2 694	100

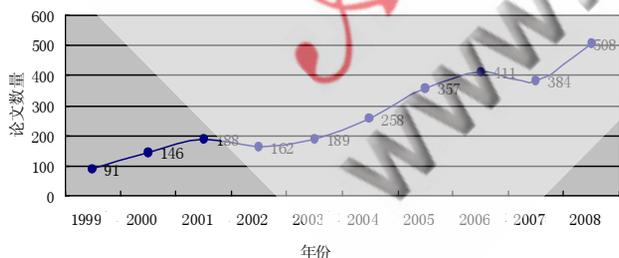


图 1 期刊论文年度分布图

在检索过程中,还附加检索统计了 1996 年~1998 年的文献量,分别为 39 篇、84 篇、83 篇。结合表 1 中的数据可以看出:①最初的 1996 年~1999 年,核心期刊登载的研究雷达信号处理领域的论文数量还很少,处于起步阶段。从

2000 年的 146 篇到 2004 年的 258 篇,文献量呈现出增长的趋势,研究范围也突破了电信技术和武器工业、无线电电子学和军事技术领域,开始应用到航空航天、自动化技术、生物学以及汽车工业等领域。②2005 年以后,雷达信号处理领域的论文在核心期刊上登载的数量呈现出显著持续的增长,尽管在 2007 年稍有回落,但总的趋势是形成了雷达信号处理研究稳步发展和提高的重要阶段,并且研究领域延伸到了气象学、地质学、海洋学、生物医学和水利水电工程等领域。③论文年代的分布表征出了雷达信号处理领域发展的模式和趋势。由于雷达信号处理与数字化技术紧密相关,近年来信号处理技术实现手段的强化,带动了雷达信号处理领域的研究,使现代雷达信号处理系统向着数字化、软件化、模块化的方向迅速发展,应用范围也越来越广。

#### 2.2 论文期刊分布

表 2 列出了刊登雷达信号处理技术论文较多的几种期刊类型的分布,由表 2 可以看出:①雷达信号处理领域研究论文分布在多种类型的期刊上,其中无线电电子学与电信技术最多,占总量的 41.72%,这说明无线电电子学与电信技术类刊物是雷达信号处理技术进行学术交流与探讨的主要场所。②大学学报类刊物排名次之,占总量的 16.15%,说明高校系统在雷达信号处理的研究方面也扮演着重要角色。自然科学总论、军事科技、自动化技术与计算机技术、航空航天类刊物是与雷达信号处理密切相关的领域,随着数字信号处理技术的发展,雷达信号处理在军事、科技等领域的应用愈加深入和广泛。③雷达信号处理的应用还渗透到其他领域、行业,如水利工程、农业工程、天文学和地球科学等领域。

表 3 列出了发文量较多的 10 种期刊,①经统计,检索得到的 2 694 篇论文分布在 40 种核心期刊中,平均每种期刊刊登 67.35 篇。其中,刊登 40 篇论文以上的核心期刊有 10 种,共刊载相关论文 1 403 篇,占论文总数的 52.1%。②《现代雷达》以其发文量 438 篇高居榜首,《现代雷达》被总装备部列为我国进行国际交流的十大重点国防科技刊物之一,以刊登国内先进雷达技术为主。此外,《系统工程与电子技术》、《电子学报》、《电子与信息学报》三种无线电电子学和电信类期刊也发文在百篇以上,这说明以《现代雷达》等为首的电子类期刊对雷达信号处理技术的研究给予了充分关注。

#### 2.3 关键词词频分析

关键词是为了文献标引工作从报告、论文中选取出

表 2 期刊种类分布

期刊种类	无线电电子学与电信技术	大学学报	自然科学总论	军事科技	自动化技术与计算机技术	航空航天	其他
数量/篇	1124	435	265	218	143	135	374
百分比%	41.72	16.15	9.84	8.09	5.31	5.01	13.88

## 综述与评论 Review and Comment

表3 雷达信号处理发文量较多的期刊列表

序号	刊名	篇数	比例%
1	现代雷达	438	16.26
2	系统工程与电子技术	281	10.43
3	电子学报	188	6.98
4	电子与信息学报	165	6.12
5	弹箭与制导学报	89	3.3
6	电波科学学报	55	2.04
7	西安电子科技大学学报	54	2
8	信号处理	50	1.9
9	现代防御技术	42	1.56
10	系统仿真学报	41	1.52

来的用以表示全文主题内容信息款目的单词或术语<sup>[5]</sup>, 鲜明而直观地表述文献论述的主题。对文献关键词进行分析, 有助于了解研究领域的基本特点和重点内容, 揭示学术研究发展的动向和发展规律。对 2 694 篇雷达信号处理研究论文的关键词词频进行统计, 列出词频排名前 10 位的关键词如表 4 所示。

表4 论文关键词降序排名

序号	关键词	词频
1	合成孔径雷达	215
2	雷达	148
3	信号处理	136
4	线性调频	113
5	激光雷达	93
6	小波变换	84
7	脉冲压缩	70
8	探地雷达	55
9	信噪比	51
10	雷达信号	50

由表 4 可见,“合成孔径雷达”出现频率最高, 另外 9 个词语也是雷达信号处理研究中出现较多的关键词。①合成孔径雷达、激光雷达以及探地雷达是按照不同分类方法而得到的雷达种类。合成孔径雷达是根据雷达信号处理的方式分类而得, 激光雷达是根据雷达工作频段分类而得, 探地雷达是根据雷达的用途分类而得。②小波变换是雷达信号处理中常用的数学分析方法; 脉冲压缩是雷达系统的信号处理技术; 线性调频是雷达信号处理中常用的信号形式; 信噪比是衡量雷达性能指标最重要的参数之一。③从以上关键词的排名可以看出雷达信号处理领域研究的热门内容和主题主要集中在几种不同类型的雷达研究和雷达系统常用的信号处理技术等方面。同时, 也可以看出这些研究热点与近些年来计算机技术和数字技术的发展密切相关, 依托于自动化设计软件和数字技术, 为各种信号处理理论在雷达信号处理中的应用提供了可能。

## 3 作者统计及分析

## 3.1 论文作者统计

通过对作者的分析, 可以了解某领域的主要作者与核心作者群, 有利于读者了解某作者的研究情况, 促进学术研究与交流。①如表 5 所示, 发文量最多的作者是张守宏(58 篇), 其次是保铮(50 篇), 梁甸农(42 篇)。从论文数据和发文可以看出, 张守宏教授和保铮院士都在西安电子科技大学雷达信号处理国家重点实验室工作, 这两位作者之间合作关系比较密切, 并在雷达研制领域发挥了重要作用。②列表中的作者大多数都是雷达信号处理相关领域的学科带头人和专家, 他们的机构分布主要集中在西安电子科技大学、国防科技大学、北京理工大学等单位, 与表 7 中作者机构的统计数据相符合。

表5 发文量居前 10 名的作者

序号	作者及其单位	发文量
1	张守宏, 西安电子科技大学	58
2	保铮, 西安电子科技大学	50
3	梁甸农, 国防科学技术大学	42
4	彭应宁, 清华大学	40
5	王雪松, 国防科学技术大学	40
6	龙腾, 北京理工大学	39
7	周荫清, 北京航空航天大学	32
8	陶然, 北京理工大学	31
9	肖顺平, 国防科学技术大学	30
10	郁文贤, 国防科学技术大学	28

## 3.2 论文作者合著分布

在所统计的 2 694 篇论文中, 共有作者 4 104 人, 其中以第一作者身份发表的有 1 885 人。表 6 数据表明, 参与雷达信号处理研究的作者较多, 但平均发文量较少; 论文以合著为主, 占有著作方式的 94.4%, 并且以 2~4 人合著居多, 占有著作方式的 85.76%, 此项数据说明, 在此课题的研究中比较注重合作研究, 由于著者之间的知识、专业不同, 因此能从不同的角度观察问题和解决问题, 特别是跨专业的合作, 能够带来许多新的观点和解决问题的方法。

## 3.3 作者机构分布

①笔者对作者所在机构进行了统计, 根据统计结果, 按第一作者所在机构得到的分布情况为: 高校发文量最多, 高达 2 003 篇, 占论文总数的 74.4%, 在所有机构中占绝对优势; 其次是科研院所, 发文 465 篇, 占论文总数的 17.3%; 公司、部队等发文量较少, 仅占 1.7%。由以上数据可以看到, 目前我国高等院校是雷达信号处理技术研究的主力军。②限于篇幅, 只列出发文量达到

表6 论文作者合著情况

类别	独著	2人合著	3人合著	4人合著	5人合著	多人合著	合计
数量/篇	151	623	1 071	616	173	60	2 694
比例/(%)	5.6	23.13	39.76	22.87	6.42	2.22	100

表 7 作者机构分布

序号	作者所在机构	发文章/篇
1	国防科技大学	280
2	西安电子科技大学	226
3	北京理工大学	197
4	电子科技大学	132
5	北京航空航天大学	106
6	哈尔滨工业大学	104
7	南京理工大学	102
8	南京电子技术研究所	98
9	武汉大学	91
10	中国科学院电子学研究所	81
11	清华大学	71
12	西北工业大学	62
13	空军工程大学	58

50 篇以上的机构,如表 5 所示。发表论文最多的机构是国防科技大学,高达 280 篇;其次是西安电子科技大学,发文 226 篇。在统计得到的 135 所高校科研机构中,表 7 所列的 13 所高校发文章较大,总计 1 608 篇,占论文总数的 59.7%。③由机构分布统计可以了解到研究单位在全国的全局分布,其中国防科技大学的电子科学与工程学院、西安电子科技大学的雷达信号处理国家重点实验室、北京理工大学雷达技术研究所、电子科技大学的极高频复杂系统国防重点学科实验室、北京航空航天大学 ATR 国家重点实验室雷达成像与图像分析研究室、清华大学的电子工程系、中国电子科技集团第十四研究所和第三十八研究所等机构是雷达信号处理技术研究的核心机构。

## 4 总结和展望

### 4.1 文献呈现的特点

以雷达信号处理领域最近十年间发表在核心期刊的文献为统计依据,通过对研究论文的统计分析,总结出雷达信号处理领域的文献呈现出以下特点:

(1)分布集中。主要体现在四个方面:发文章期刊集中,41.72%的文章集中在无线电电子学与通信技术类杂志上;发文作者机构集中,74.4%的作者来自高等院校;学科类别分布集中,78.8%的文章集中在通信技术类学科;研究层次集中,统计得到有 1769 篇文章集中在工程技术方面,占全部文章的 65.66%。

(2)范围广泛。主要体现在雷达信号处理研究的应用领域上,既有体现该技术在电信、军事领域方面应用的期刊文献,也有其在科学研究领域(如物理学、自动化技术、计算机软硬件技术、生物医学工程等)和社会经济发展领域(如地质学、气象学、船舶工业、汽车工业等)应用的期刊文献,应用范围非常广泛。

(3)发展良好。通过对已有研究论文的计量分析,从 1980 年至截稿日,以雷达信号处理为主题查询,得到发表在核心期刊的论文共计 3 608 篇。其中本文研究的时

间范围是 1999 年~2008 年的十年年限,发表文章为 2 694 篇,占总量的 74.67%。通过对载文数量以及年代分布的分析表明,关于雷达信号处理领域的论文数量增长迅速,并且保持稳定的增长势头,出现了一批载文较多的期刊和多产作者。可以看出,雷达信号处理技术正处在高速发展之中的应用性较强的综合学科阶段,并且是当前的热门学科。

(4)综观统计分析结果,可以发现其中还存在着一些问题,如:作者人均发文章量不高;分布极不平衡,主要集中在北京、西安、江苏、哈尔滨等地区;研究力量主要集中在高等院校,而科研院所和其他公司、企业等机构发表的相关论文较少。

### 4.2 雷达信号处理研究的发展趋势

随着信号处理理论的发展,数字化技术的应用以及各种学科之间的交叉综合,雷达信号处理正日益成为雷达技术发展的先锋。从对已有文献的计量分析,可以预测雷达信号处理研究论文的数量将继续增加,研究从发展阶段逐步走向成熟阶段,新的作者群以及核心作者将逐步增加,并且逐步形成以高校和科研院所的科研人员为核心的作者群。

根据对相关文献的计量分析结果,综合已收集的信息,总结出几点雷达信号处理研究的发展趋势:

(1)新的信号处理理论逐步进入雷达信号处理领域。雷达信号处理向多功能发展,对信号处理理论的发展提出了新的要求,同时数字技术的发展和各学科间的交叉渗透,信号处理理论在现代雷达中得到了广泛的应用:雷达自适应技术的发展将促进智能化雷达系统的出现;在雷达目标识别中,子波分析、模糊理论、遗传算法和神经网络等新的信号处理理论已经被越来越广泛地应用;多参数 SAR、干涉 SAR、超宽带 SAR、激光 SAR 及小型化 SAR 等是当前合成孔径雷达(SAR)研究的一些主要热点和发展方向;在对激光雷达新体制的探索工作中,多传感器集成和多功能一体化设计及全固态化高效激光辐射源是目前研究的重点。

(2)现代雷达信号处理系统正向着数字化、软件化、模块化、智能化的方向迅速发展。从雷达信号处理运算的复杂性程度提高的角度也可以反映其发展的历程。有人按运算次数和功能将雷达信号处理分成三类,即传统信号处理、现代信号处理和先进信号处理,其运算分别对应标量运算、矢量运算和矩阵运算,越来越复杂的运算需要更先进的处理结构和算法来确保其实时性。除功能扩充和运算速度的不断提高外,编程处理和模块化也是现代雷达信号处理实现的重要方向。

(3)雷达信号处理技术的应用领域正逐步拓宽和扩大。雷达的应用面是很宽的,既可以放在地面、军舰和飞机上,也可以工作在导弹、卫星和航天探测器上。雷达不仅成为军事上必不可少的电子装备,并且在洪水监测、

## 综述与评论 Review and Comment

海冰监测、土壤湿度调查、森林资源清查、地址调查等方面也显示了很好的应用潜力。用一部雷达代替多部雷达的功能,使一种雷达具有多种对抗能力,即多功能复合体制雷达<sup>[6]</sup>应是发展重点之一。

### 参考文献

- [1] 丁鹭飞,耿富录,陈建春.雷达原理[M].北京:电子工业出版社,2009.
- [2] 吴顺君,梅晓春.雷达信号处理和数据处理技术[M].北京:电子工业出版社,2008.
- [3] 陆莉.近20年来我国对东盟经济研究论文的统计分析[J].现代情报,2008(2):209-212.
- [4] 罗式胜.文献计量学引论[M].北京:书目文献出版社,

1987.

- [5] GB7713-87. 论文写作规范国家标准[S].
- [6] 邱荣钦.雷达技术的发展[J].电子科学技术评论,2005(3):1-6.

(收稿日期:2010-10-19)

### 作者简介:

罗星华,女,1983年生,硕士,主要研究方向:信号与信息处理、信息服务、参考咨询、情报研究。

张碧锋,男,1983年生,硕士研究生,助理工程师,主要研究方向:信号与信息处理。

