

基于文献计量的雷达技术在我国林草资源监测应用现状分析

张俊

山西省林业和草原资源调查监测中心, 山西 太原

收稿日期: 2024年3月22日; 录用日期: 2024年7月10日; 发布日期: 2024年7月23日

摘要

借助文献计量法, 分析了雷达技术在林草监测中的研究与应用的现状。通过对CNKI数据库检索出的680条相关文献的年度分布、文献来源、引文数量、关键词等情况进行统计分析, 得出自2014年以来论文数量呈显著增长趋势, 该领域作者群体庞大, 东北林业大学为发文量最多的单位, 数量达到了100篇; 论文被引次数排在前十名总被引次数为1440; 被引次数最多的一篇文章达到了313次, 该论文刊登在《林业科学》上; 在中文核心期刊中刊载论文最多的是《遥感学报》, 为24篇。

关键词

文献计量, 雷达, 林草资源

Status Analysis of Radar Technology in Forest and Grass Resources Monitoring Based on Bibliometrics

Jun Zhang

Shanxi Inventory and Monitoring Center of Forest and Grassland Resources, Taiyuan Shanxi

Received: Mar. 22nd, 2024; accepted: Jul. 10th, 2024; published: Jul. 23rd, 2024

Abstract

By bibliometrics method, the paper analyzes the overall current situation in Radar technology in forest and grass resources monitoring. Through retrieving the CNKI (China National Knowledge Infrastructure) 680 citations were got. The annual distribution, literature sources, citation amount

and keywords of the relevant literature were statistically analyzed. The number of papers since 2014 has been significant in growth. The number of papers published by Northeast Forestry University is the most, reached 100. The citation times of papers in Top 10 were cited 1440 times. The most cited paper reached 313 times, which was published in *Scientia Silvae Sinicae*. The *National Remote Sensing Bulletin* has the largest number of articles in Chinese core journals.

Keywords

Bibliometrics, Radar, Forest and Grass Resources

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

雷达具有全天候、全天时、远距离、高效、精准定位目标、具有一定的穿透能力的特点，是军事上重要的装备，同时雷达也广泛应用于气象、自然资源、环境监测等领域。随着应用日益成熟，雷达技术在林草资源监测领域也逐渐应用开展，并取得了一定成果[1]-[8]，为林草资源监测提供了新的技术手段。同时，由于无人机续航能力有限，激光点云数据处理算法不足，林种识别等需要人工完成等，仍有改进提升的空间。为了深入了解雷达技术在林草资源调查监测领域和应用现状及研究进展，通过文献计量法对相关文献资料进行统计和分析，为今后国内雷达技术在林草资源监测领域应用及研究提供参考。

2. 材料与方法

本文以 CNKI 数据库为文献获取来源，在 CNKI 专业检索中输入“TI = ‘雷达#林业’ or TI = ‘雷达#森林’ or TI = ‘雷达#林分’ or TI = ‘雷达#蓄积’ or TI = ‘雷达#材积’ or TI = ‘雷达#单木’”等林业相关词为检索词进行查询，检索时间为 2023 年 6 月 29 日，检索的数据库包括学术期刊、学位论文、会议、专利、标准、成果和图书，经过筛选后共检索到基于雷达在林草监测领域的文献 680 篇，对发表时间、文献期刊、作者来源和关键词、引文数量等通过 EXCEL 进行分析。

通过 CNKI 数据库对相关词进行检索，经过筛选后，在 EXCEL 里进行分类汇总，运用数据透视表功能对数据进行分析，得出相关结论。

3. 结果与讨论

3.1. 文献发类型、发表时间及数量分析

文献数量的年度分布反映出该领域的发展程度、研究水平、研究进展及发展趋势[9]。雷达技术在林业调查监测领域相关应用研究的相关文献总量为 680 篇，其中学术期刊 342 篇，占总文献的 50.3%，硕博论文 170 篇，占 25.0%；专利 146 项，占 21.5%；重大会议论文 13 篇，占 1.9%；科技成果 9 项，占 1.3%。

研究文献年度分布如图 1 所示，各年度文献变化可分为 3 个阶段，第 1 阶段为 1989~2003 年，该阶段为雷达技术在林业调查监测中的初步研究阶段，年发表数量较少，总计 9 篇文献，占有所有文献的 1.3%，大部为期刊文献，研究成果数量增长缓慢；第 2 阶段为 2004 年至 2013 年，随着雷达技术的逐步应用，文献数量逐年增长，达到了 100 篇，且文献类型开始出现多元化，其中期刊 57 篇，硕博学位论文 21 篇，

各类重大会议论文 10 篇，专利 10 项，科技成果 2 项。第 3 阶段为 2014 年至今，雷达在广泛应用于林草资源监测，如单木[1] [2]、林分[3]-[6]、生物量[7] [8]监测，这一阶段文献数量爆炸式增长。文献数量达到 571 篇，占总量的 84.0%，其中期刊 277 篇，硕博学位论文 149 篇，各类重大会议论文 3 篇，专利 136 项，科技成果 6 项。

3.2. 引文数量分析

被引次数是测度论文的学术影响力的重要指标[10]。论文被引次数越高，说明该论文受关注越高，其学术影响力也相对越大。被引次数排在前十名的论文及被引次数见表 1。10 篇论文中有 1 篇为中国科学院东北地理与农业生态研究所博士学位论文，其他 9 篇均发表在学术期刊上，论文所在期刊均为北大中

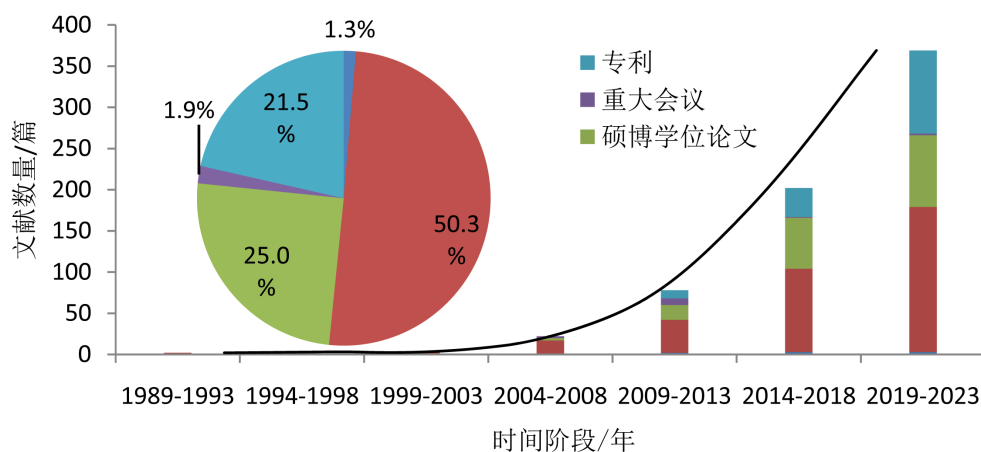


Figure 1. Annual distribution of literature

图 1. 相关文献年度分布

Table 1. Top 10 most often cited papers

表 1. 被引次数排名前 10 的高被引论文

序号	文献题名	第一作者	作者单位	文献来源	被引频次
1	激光雷达技术及其在林业上的应用	庞勇	中国林科院	林业科学	313
2	合成孔径雷达森林生物量估测研究进展	陈尔学	中国林科院	世界林业研究	186
3	激光雷达森林参数反演研究进展	李增元	中国林科院	遥感学报	171
4	激光雷达在森林生态系统监测模拟中的应用现状与展望	郭庆华	中国科学院	科学通报	139
5	红树林湿地植被生物量的雷达遥感估算	黎夏	中山大学	遥感学报	129
6	基于机载激光雷达的小兴安岭温带森林组分生物量反演	庞勇	中国林科院	植物生态学报	129
7	基于 LIDAR 数据的森林参数反演方法研究	何祺胜	北京师范大学	地球科学进展	100
8	基于地基激光雷达的亚热带森林单木胸径与树高提取	刘鲁霞	中国林科院	林业科学	100
9	基于激光雷达与多光谱遥感数据的森林地上生物量反演研究	汤旭光	中国科学院	中国科学院 (博士学位)	94
10	激光雷达技术估测森林生物量的研究现状及展望	曹林	南京林业大学	南京林业大学学报 (自然科学版)	79

文核心期刊, 其中《红树林湿地植被生物量的雷达遥感估算》和《基于地基激光雷达的亚热带森林单木胸径与树高提取》被 EI 收录。被引次数最高的前 3 篇论文分别刊登在《林业科学》《世界林业研究》与《遥感学报》。发表于《林业科学》的《激光雷达技术及其在林业上的应用》被引频次达到了 313 次。前 10 高被引论文中, 中国林业科学研究院有 5 篇, 中国科学院 2 篇, 北京师范大学、中山大学和南京林业大学各 1 篇, 说明中国林业科学研究院关于雷达在林草资源监测应用研究中具有一定的影响力。

3.3. 文献期刊与作者来源

在检索范围内, 学术期刊一共有 342 篇刊登于 118 种期刊上, 其中载文量 5 篇以上的期刊有 19 种, 共刊载 203 篇, 占总文献量的 59.4%。表 2 为载文量超过 5 篇的期刊及学位论文排名情况。《遥感学报》24 篇高居第一, 排名靠前的期刊还有《林业科学》《林业资源管理》《东北林业大学学报》《世界林业研究》《中南林业科技大学学报》《北京林业大学学报》等, 载文量分别是 22 篇、19 篇、17 篇、13 篇、13 篇、12 篇。其中发文量前 17 的学术期刊均为中文核心期刊, 总发文量为 189 篇, 占期刊发文量的 55.3%, 说明基于雷达技术在林草监测应用的研究学术水平较高。在期刊文献中, 被北大中文核心期刊收录的共有 267 篇, 占期刊文献总量的 78.1%, 被 EI 收录的有 61 篇, 被 SCI 收录的有 2 篇。

Table 2. Statistical table of journals with more than 5 articles

表 2. 载文量 5 篇以上的期刊统计表

序号	期刊	载文量/篇	序号	期刊	载文量/篇
1	遥感学报	24	11	林业科学研究	7
2	林业科学	22	12	测绘科学	7
3	林业资源管理	19	13	应用生态学报	6
4	东北林业大学学报	17	14	农业工程学报	6
5	世界林业研究	13	15	森林工程	6
6	中南林业科技大学学报	13	16	南京林业大学学报(自然科学版)	6
7	北京林业大学学报	12	17	植物生态学报	5
8	遥感技术与应用	11	18	测绘与空间地理信息	5
9	西北林学院学报	10	19	林业调查规划	5
10	农业机械学报	9			

3.4. 研究机构和作者分析

研究机构分析在一定程度上反应该领域研究机构的科研影响力[11]。雷达技术相关研究发文量 10 篇以上的机构有 10 家, 贡献了 365 篇, 研究机构主要以科研院所和大学为主。东北林业大学 100 篇, 数量最多, 其次是中国林业科学研究院、南京林业大学、北京林业大学、中国科学院等。由此看出, 以上科研院所是目前我国雷达技术在林草监测应用领域研究的主力。详见表 3。

作者发文量可以较为清楚的得知本领域具有较高影响力的作者。以第一作者作为统计数据, 通过统计分析, 在所有作者中, 发文量最多的作者共发文 8 篇, 6 篇的作者 2 名, 5 篇的作者 3 名, 4 篇的作者 1 名。有 7 位作者的 8 篇文献被引用次数达 100 次以上, 高产作者、高被引作者所属机构统计见表 4。由这些学者发表的论文数量和文献被引次数可知, 在雷达技术在林草监测领域的研究, 中国林业科学研究院优势明显。

Table 3. Statistics of the 10 institutions with the largest number of publications**表 3.** 发文量最多的 10 个机构统计表

机构	数量
东北林业大学	100
中国林业科学研究院	54
南京林业大学	52
北京林业大学	49
中国科学院	32
西南林业大学	24
中南林业科技大学	18
电子科技大学	14
国家林业和草原局林草调查规划院	11
武汉大学	11

Table 4. Statistical table of institutions of high-yield authors and high-cited authors**表 4.** 高产作者、高被引作者所属机构统计表

高产作者	篇数	总被引次数	作者单位	高被引者	总被引次数	作者单位
庞勇	8	690	中国林业科学研究院	庞勇	690	中国林业科学研究院
刘峰	6	140	中南林业科技大学	刘清旺	226	中国林业科学研究院
邢艳秋	6	104	东北林业大学	刘鲁霞	212	中国林业科学研究院
刘清旺	5	226	中国林业科学研究院	李增元	189	中国林业科学研究院
曹林	5	186	南京林业大学	曹林	186	南京林业大学
尤号田	5	69	桂林理工大学	陈尔学	186	中国林业科学研究院
穆喜云	4	118	赤峰市林业科学研究院	赵峰	173	中国林业科学研究院

3.5. 关键词分析

关键词为文章主题的主要表现形式，体现出作者的研究兴趣和研究方向，关键词的出现频次反映着研究方向的关注程度和研究热度[1]。文献中，共出现关键词 1181 个，关键词出现 2545 次，平均每个关键词出现 2.15 次，关键词平均频次等于关键词频次除以关键词的个数，此值越高，说明关键词的分布越集中[10]。表 5 为出现频次前 20 位的关键词，“激光雷达”、“机载激光雷达”、“地基激光雷达”、“树高”、“单木”排在前五位，同时也能看出无人机研究者的研究方向较广泛，包括宏观的森林资源调查、森林防火、病虫害监测，也涉及微观的树高调查和深度学习等方面的研究。

从关键词总数量及总频次看：三十五年来二者都呈增长趋势，1989~1993 年雷达技术在林业行业开始应用，主要是合成孔径雷达的应用；2004~2008 年明显增长，随后的十五年增速明显，表明近 15 年的研究热度整体高于前 20 年，且 2019~2023 年尤为突出；从近 20 年新增的研究方向看：2004~2008 年新增“激光雷达”、“机载激光雷达”等，且出现频次都位居该时段的前列，表明该阶段技术应用有了新的突破，激光雷达技术的应用逐步进入林草监测中。2014~2018 年新增“地基激光雷达”，激光雷达应用由机载为主向地基激光雷达与机载相结合，2019~2023 年新增“单木分割”，表明雷达技术进入全面的应用阶段，向林分、单木、胸径、蓄积、树种分析不断延伸，详见表 6。

Table 5. Top 20 most frequent keywords
表 5. 出现频次排名前 20 位的关键词

序号	关键词	出现频次/次	序号	关键词	出现频次/次
1	激光雷达	159	11	遥感	20
2	机载激光雷达	110	12	点云数据	19
3	地基激光雷达	38	13	胸径	18
4	树高	34	14	森林参数	18
5	单木分割	33	15	高光谱	18
6	生物量	31	16	地上生物量	18
7	点云	28	17	森林生物量	16
8	随机森林	26	18	地面激光雷达	15
9	叶面积指数	24	19	蓄积量	14
10	无人机	21	20	单木参数	14

Table 6. Annual distribution of keywords
表 6. 关键词年度分布

时间段	总数量	总频次	主要关键词(频次)
1989~1993	12	12	合成孔径侧视雷达(1)、雷达(1)、雷达图像(1)、森林类型(1)、森林资源调查(1)
1994~1998	7	11	合成孔径雷达数据(2)、树种组成(2)、林冠结构(2)、森林生物量(2)
1999~2003	13	13	有效林分高(1)、数字高程模型(1)、森林类型(1)、森林生物量(1)、雷达卫星(1)
2004~2008	70	100	森林火灾(4)、树高(4)、数字高程模型(3)、多普勒雷达(3)、激光雷达(3)、机载激光雷达(3)、大光斑激光雷达(3)
2009~2013	215	319	激光雷达(24)、生物量(11)、森林参数(9)、树高(8)、叶面积指数(5)
2014~2018	464	803	激光雷达(32)、机载激光雷达(25)、叶面积指数(13)、地基激光雷达(13)、树高(10)、点云(10)、生物量(9)
2019~2023	696	1287	激光雷达(60)、机载激光雷达(43)、单木分割(27)、地基激光雷达(22)、树高(12)、胸径(11)、蓄积量(11)

4. 结论

雷达技术在林草资源监测中的应用进入了快速发展期，从合成孔径雷达到激光雷达；从星载雷达到机载雷达和无人机载雷达、背包式雷达的应用；在测定林木树高、冠幅、林分平均胸径、林分蓄积量、生物量等林分参数上得以应用。

机载激光雷达在森林参数反演上取得了一定的成果，背包式激光雷达在树木近景测量等方面也展现出了很好的应用前景。但由激光雷达于成本高，反演模型尚不成熟等原因，限制了其在森林资源调查中的应用，仍未大面积推广，其推广还需要一定时间。

参考文献

- [1] 玉泽, 林文树. 基于激光点云数据的树木枝叶分割和三维重建[J]. 西北林学院学报, 2020, 35(3): 171-176.
- [2] 骆钰波, 黄洪宇, 唐丽玉, 陈崇成, 张浩. 基于地面激光雷达点云数据的森林树高、胸径自动提取与三维重建[J]. 遥感技术与应用, 2019, 34(2): 243-252.

-
- [3] 袁钰娜, 彭道黎, 王威, 曾伟生. 利用机载激光雷达技术估测东北林区典型针叶林的蓄积量[J]. 应用生态学报, 2021, 32(3): 836-844.
- [4] 洪奕丰, 林辉, 严恩萍, 李永亮. 基于偏最小二乘法的平南县森林蓄积量估测模型研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 31(7): 80-85.
- [5] 焦义涛, 邢艳秋, 霍达, 尤号田, 赵晨阳. 基于机载 LiDAR 点云估测林分的平均树高[J]. 西北林学院学报, 2015(3): 170-174.
- [6] 曾伟生, 孙乡楠, 王六如, 王威, 蒲莹. 基于激光雷达数据的东北林区航空林分材积表编制[J]. 林业资源管理, 2021(1): 147-155.
- [7] 巨一琳, 姬永杰, 黄继茂, 张王菲. 联合 LiDAR 和多光谱数据森林地上生物量反演研究[J]. 南京林业大学学报(自然科学版), 2022, 46(1): 58-68.
- [8] 于慧伶, 孙绳宇, 朱伊枫, 李羽昕, 李新立. 基于 IFOA-LSSVM 算法的机载 LiDAR 森林生物量估测[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(3): 44-48.
- [9] 靳云燕. 基于文献计量的我国林业无人机应用现状分析[J]. 林业建设, 2021(1): 31-34.
- [10] 陈娟, 邵景安, 郭跃, 牟耀杰. 基于文献计量的我国森林康养研究现状分析[J]. 南方林业科学, 2020, 48(1): 38-43, 62.
- [11] 代金玲, 张胜利, 白玉娥. 基于 CiteSpace 的国内植物转录组研究文献计量分析[J]. 防护林科技, 2023(3): 76-79.