

doi: 10.7690/bgzdh.2020.08.008

基于知识图谱的试验鉴定研究综述

金前程, 姜江, 杨克巍

(国防科技大学系统工程学院, 长沙 410073)

摘要: 为提升我军武器装备在战场上的作战效能及适用性, 对基于知识图谱的试验鉴定领域进行研究。以中国知网数据库收录的 5 411 篇与试验鉴定相关的期刊文献为研究对象, 依据 CiteSpace 可视化软件, 从研究机构、文献作者、关键词 3 方面对试验鉴定领域进行分析, 提出该领域的研究热点, 对试验鉴定领域的研究前沿和发展趋势进行预测, 归纳总结当前该领域的研究态势。该研究可为我军试验鉴定的发展提出参考性意见。

关键词: 试验鉴定; 知识图谱; CiteSpace

中图分类号: TJ0 **文献标志码:** A

Review of Test and Evaluation Based on Knowledge Graph

Jin Qiancheng, Jiang Jiang, Yang Kewei

(College of Systems Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: In order to improve the operational effectiveness and applicability of our military weapons and equipment on the battlefield, research on the field of test and evaluation based on knowledge graph. This paper takes 5 411 periodical literatures related to test and evaluation collected in China National Knowledge Infrastructure database as the research object, and analyzes the field of test and evaluation from 3 aspects: research institutions, literature authors and key words according to CiteSpace visualization software. The research hotspots in this field are put forward, the research frontier and development trend in the field of experimental identification are predicted, and the current research situation in this field is summarized. This study can put forward some reference suggestions for the development of test and evaluation in our army.

Keywords: test and evaluation; knowledge graph; CiteSpace

0 引言

众所周知, 试验鉴定技术贯穿于武器装备的全寿命周期, 为武器系统的论证、研制、试验、管理和使用提供重要支撑^[1]。随着高新技术日益发展, 早在 20 世纪初, 美军就已经初步建立了武器装备试验鉴定体系^[2], 远远领先于世界其他国家。我国的试验鉴定体系在最近十几年来才开始逐渐完善, 相较于美军而言, 管理机构不健全、制度法规不完善、理论体系不完整一直都是阻碍我军试验鉴定发展的重要因素; 因此, 结合当下最前沿的科学技术来发展具有我军特色的武器装备试验鉴定体系是我军的一个重要战略规划。

笔者利用动态网络分析可视化工具 CiteSpace, 基于文献计量学的方法, 以中国知网数据库中收录的试验鉴定领域相关文献为研究数据, 对该领域进行可视化分析, 从中提炼出近年来的关键技术和研究方向, 推动我军试验鉴定领域的发展。

1 数据来源及研究方法

1.1 数据来源

笔者的数据全部来自于中国知网 (China national knowledge infrastructure, CNKI), 将检索方式设置为“主题”, 检索词选定为“作战试验” OR “装备评估” OR “装备试验” OR “建模仿真试验” OR “毁伤试验” OR “作战环境试验” OR “装备体系”。文献范围为“所有期刊”, 检索时间为 2019 年 5 月 22 日至 2000 年 1 月 1 日。同时, 根据研究内容, 共获得 5 411 篇参考文献作为研究的数据集。

1.2 研究方法

随着科学技术的飞速发展, 人工智能、机器学习无疑是当下最火热的研究领域。当学术研究者需要从海量的数据里分析、提取出某领域的关键词时, 直观的视觉展示一定比其他感官要更加出色; 因此, 可视化分析是目前数据挖掘和分析的一个重要手段。未来可视化方法必将成为人们学习知识、

收稿日期: 2020-04-22; 修回日期: 2020-06-01

基金项目: 国家自然科学基金(71690233; 71671186)

作者简介: 金前程(1996—), 男, 安徽人, 学士, 从事装备试验与评估研究。E-mail: 1013075187@qq.com。

汲取情报、获取信息的主流方式。基于这样的时代背景，信息可视化领域专家陈超美教授开发了一款文献数据挖掘和可视化软件——CiteSpace^[3]。

笔者基于 CiteSpace 可视化软件，对试验鉴定领域的大量期刊文献进行挖掘，分析近年来我国在该领域的基础知识和研究热点，并且将其展现在图谱上。同时也对试验鉴定领域的研究前沿和发展趋势进行预测，归纳总结出当前该领域的研究态势^[4]。其研究流程如图 1 所示。

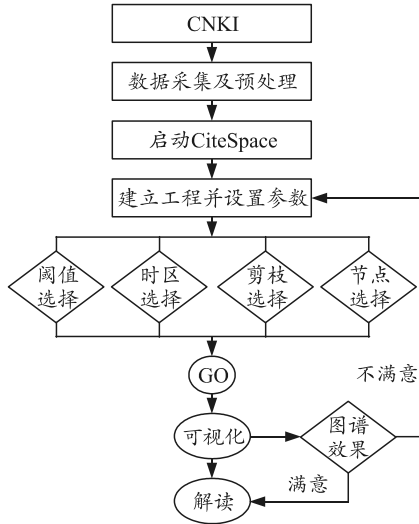


图 1 CiteSpace 可视化流程

2 试验鉴定领域文献数量分析

2.1 试验鉴定领域年发文量

试验鉴定是提高我军装备作战能力的一个重要手段，分析该领域文献发表数量和时间分布特点，能够反映出该学术领域的研究历程。

由图 2 可知，2000—2018 年我国试验鉴定领域的研究文献发文数量总体呈现上升的趋势，可以将这些年的发文量大致分为 3 个阶段：1) 迅速增长期(2000—2010 年)，在这一阶段，随着我国科技的飞速发展，经济的稳步上升，综合国力的快速提升，我军对装备的性能要求越来越高，并且武器装备也向着体系化发展，传统的试验鉴定手段已经无法满足我军的需求。针对此问题，我国发布了大量关于试验鉴定的相关法规文件，各式各样的试验鉴定技术也在此阶段应运而生；因此，这一时间段对试验鉴定的研究越来越多，发文量也迅速增多。2) 平稳增长期(2010—2016 年)，相比于上阶段，该阶段我军试验鉴定技术已经有了一定的体系框架，在此基础上继续深入探索，平稳推进，完善试验鉴定技术体系。3) 稳定突破期(2016—2018 年)，纵观世界

各国，美国的试验鉴定技术一直处于世界领先地位，过去几十年来，我国都是在模仿美国的技术，属于“跟跑者”，随着近几年来我国科技的飞速发展，虽然与美国还是有差距，但是已经处于“并跑”的状态，在这一阶段没有“领跑者”领路，只能靠自己探索，寻求突破。

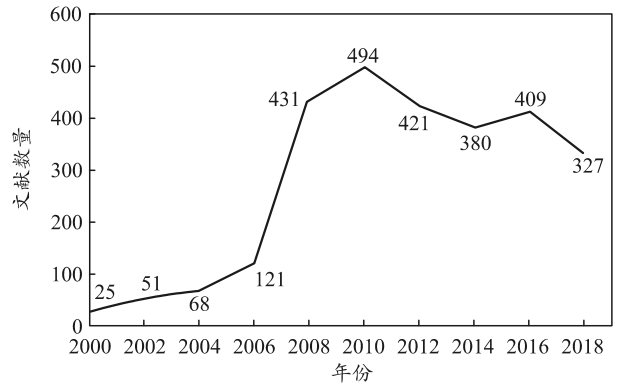


图 2 2000—2018 年我国试验鉴定发文量

2.2 试验鉴定领域发期刊

笔者对得到的 5 411 篇文献所属期刊进行统计。表 1 统计了试验鉴定领域刊文量最多的 10 个期刊。刊文量最多的是《火力指挥与控制》，该刊物是中文核心期刊，共刊登了 380 篇试验鉴定领域的文章，所刊登的文章主要是研究国内外的各类火控系统、战术指挥控制系统、作战效能评估、仿真建模等。表中的期刊涉及到火控系统、指挥控制、舰船装备、导弹技术、防御技术等不同领域，体现了试验鉴定研究的综合性、交叉性等特点。

表 1 试验鉴定领域期刊发文量(前 10)

名次	期刊名称	发文量
1	火力与指挥控制	380
2	四川兵工学报	251
3	舰船电子工程	245
4	飞航导弹	230
5	兵工自动化	196
6	指挥控制与仿真	177
7	战术导弹技术	148
8	装备学院学报	141
9	国防科技	140
10	现代防御技术	138

3 研究机构及作者知识图谱分析

3.1 研究机构知识图谱分析

如图 3 所示，将之前采集的数据集导入至 CiteSpace 中，节点设置为“机构(Institution)”，时间跨度为“2000—2019 年”，时间切片选择 1 a，生成的机构知识图谱导入至 Gephi 中进行修改，网络密度为 0.006 9。

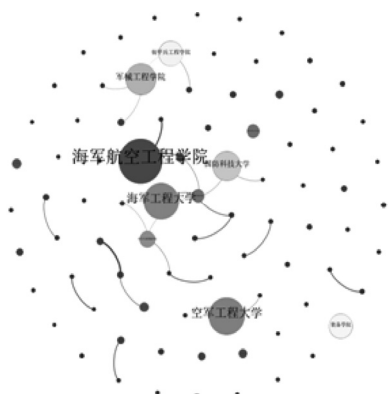


图 3 研究机构知识图谱

从图中可以发现：在试验鉴定领域，研究机构主要以军队院校和科研院所为主，其节点越大，代表发文量越多，连线越粗代表 2 个机构之间的合作越紧密，周边大量节点没有明显的连线，中间机构相互之间的连线也很稀疏，由此可见，目前我国的试验鉴定还处在独自研究的阶段。

根据图中所得到的信息，统计出国内排名前 10 的试验鉴定高产机构以及发文数量如表 2 所示。

表 2 2000—2019 年发文量排名前 10 的机构

名次	机构	发文量
1	海军航空工程学院	229
2	空军工程大学	185
3	海军工程大学	184
4	军械工程学院	154
5	国防科技大学	142
6	装甲兵工程学院	118
7	装备学院	115
8	海军大连舰艇学院	70
9	装备指挥技术学院	53
10	南京理工大学	47

3.2 发文作者知识图谱分析

如图 4 所示，在 CiteSpace 中，将节点设置为“作者 (Author)”，时间跨度为“2000—2019 年”，时间切片选择 1 a，生成的机构知识图谱导入至 Gephi 中进行修改，网络密度为 0.008。

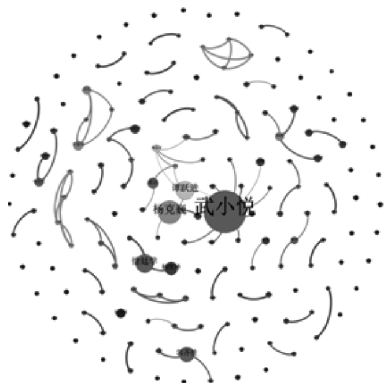


图 4 发文作者知识图谱

图中节点最大的是武小悦，在所有作者中发文量最多。武小悦来自于国防科技大学系统工程学院，是试验鉴定领域的专家。除此之外，谭跃进、杨克巍也是发文量较多的作者，都是来自于国防科技大学，说明了国防科技大学在试验鉴定领域有较深的研究。

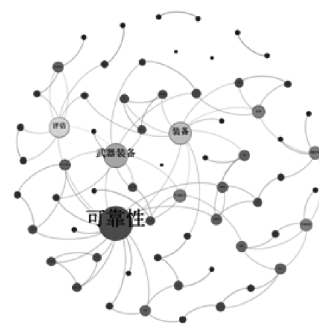
从网络的整体来看，结构较为疏松，很多节点之间都没有连线，说明现阶段该领域的研究者都是处于独自研究的状态，相互之间交流较少。高产作者基本都是来自于相同的机构和院校。这样很容易导致学术近亲繁殖，没有重大的创新，所以跨单位进行合作是非常有必要的。

4 研究热点及前沿知识图谱分析

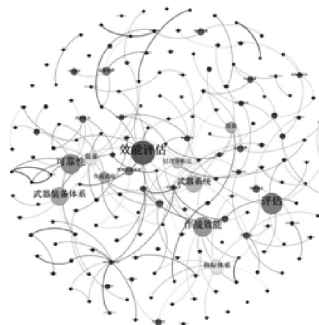
4.1 试验鉴定研究热点分析

在某个领域中，如果大量的研究人员对某个研究主题都非常关注，那么该主题就代表这一时期该领域的一个研究热点，而且关键词在很大程度上代表了主题的核心思想。通过对某领域所有研究主题的关键词进行统计分析，能够在一定程度上总结出该领域的研究热点^[5]，并且能够通过时间切片来观察不同时期该领域的发展情况。

如图 5 所示，将从 CNKI 中检索到的数据按照每 5 a 一个周期制作关键词共现网络，再将这 4 个网络进行合并，绘制出从 2000—2019 年的试验鉴定领域关键词共现网络。



(a) 2000—2004 年



(b) 2005—2009 年

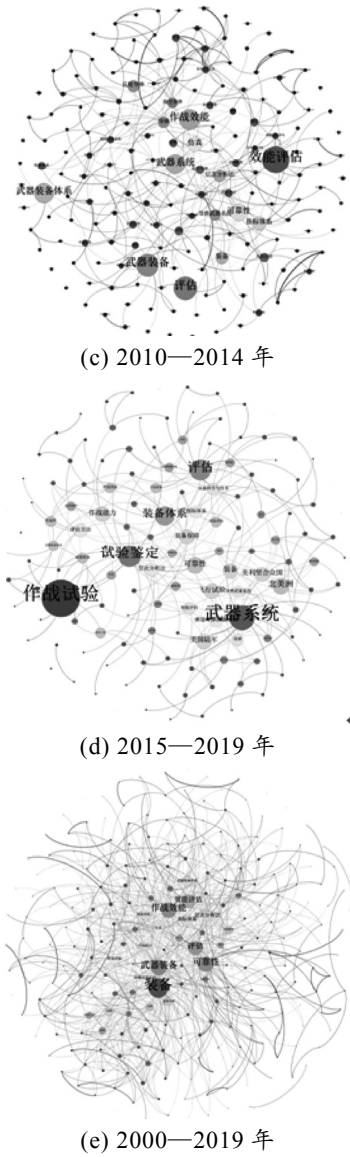


图 5 国内试验鉴定领域关键词共现网络

对图 5 进行整体分析，随着时间的推移，关键词共现网络的密度变得越来越大，尤其是 2000—2004 年过渡到 2005—2009 年时，网络的密度增长最大，说明这 10 a 间试验鉴定领域的发展非常迅速，迎来了第一次浪潮。接下来对每 5 a 一个切片的网

络进行局部分析，在 2000—2004 年，节点最大的 3 个分别是“可靠性”“装备”“评估”，说明在这个阶段的研究主要侧重于武器装备可靠性试验评估。早在 40 多年前，美国就提出了可靠性工程，并且到 2000 年时已经发展得较为成熟。文献[6]于 2003 年对武器装备系统的可靠性工程进行了详细介绍，对当时可靠性方面的现有成果进行了总结，并且结合发达国家的相关技术，对当时我军装备可靠性试验的研究提出了参考性的意见。2005—2009 年，该阶段“效能评估”跃升到了第一位，紧接着是“评估”“可靠性”，反映了这个时期的研究重点转向了对武器装备各个方面效能的评估，并且保障维修系统效能评估、装备体系效能评估、作战效能评估是效能评估的重点研究方向。文献[7-8]分别基于熵权法、模糊综合评估法对武器装备保障维修系统效能进行了评估；文献[9-10]对武器装备体系作战效能的评估做出了详细的研究，指出其常用方法，分析对比这些方法的优缺点，为效能评估方法提供了指导性的意见。2010—2014 年大体上与前一阶段相同，主要研究方向还是装备体系效能，可靠性的研究开始下降，说明了未来武器装备必定是向体系化发展并且武器装备的维修保障到了这一时期已经较为成熟。受装备发展规律的约束，2015—2019 年作战试验的研究开始大量涌现^[11]，美国国防采办大学在《试验与鉴定管理指南中》给出了作战试验的定义^[12]：在逼近于实战的战场环境下，运用各种试验手段，确定武器装备的作战效能及其适用性。目前我军正处于由机械化向信息化过渡的时期，作战试验作为我军试验鉴定 3 个阶段中的中间阶段起了非常重要的作用，承接武器装备的性能试验，为装备的在役考核提供重要的依据。

如表 3 所示，运用统计学的方法统计出 2000—2019 年试验鉴定领域前 20 位高频关键词及其中心度。

表 3 试验鉴定高频关键词(前 20)

排序	关键词	频次	中心度	排序	关键词	频次	中心度
1	效能评估	287	0.127	11	仿真	111	0.098
2	武器装备	258	0.141	12	作战试验	110	0.068
3	评估	255	0.127	13	导弹武器系统	82	0.065
4	作战效能	220	0.114	14	反舰导弹	78	0.033
5	武器装备体系	205	0.043	15	作战能力	71	0.510
6	武器系统	192	0.147	16	风险评估	70	0.055
7	可靠性	192	0.274	17	评估模型	69	0.071
8	指标体系	154	0.093	18	评估方法	64	0.058
9	装备	137	0.205	19	装备保障	62	0.043
10	层次分析法	118	0.108	20	美国	61	0.025

“武器装备”“评估”是整个试验鉴定领域的核心。该领域的所有技术都是围绕这 2 个关键词，且中心度也都在 0.1 以上。其中中心度最高的是“作战能力”，高达 0.51，试验鉴定的目的就是武器装备进行评估，提高其作战效能和适用性，增强在战场上的作战能力，说明“作战能力”这一关键词是网络中一个相当重要的节点。“可靠性”是武器装备试验鉴定的一个重要指标，可靠性试验鉴定主要是根据相关的研制要求，评估武器装备能否满足研制要求^[13]，除此之外也需要进行“风险评估”。“仿真”“评估模型”代表了建模仿真这一项重要的试验技术，随着科技的发展，建模仿真技术已经被广泛地应用于武器装备试验鉴定^[14]。时间短、成本低使得该项技术迅速被发展起来。近年来，“武器装备体系”这一关键词越来越火热，未来战争必定是向信息化发展，基于信息系统的体系对抗能力将会成为决定战场胜负的关键因素^[15]，所以体系化已经成为试验鉴定领域的发展主流。

综上所述：我国对于试验鉴定的研究总体是呈螺旋上升的状态，并且这些高频关键词在一定程度上可以代表试验鉴定领域的研究热点。

关键词聚类是对知识图谱中的关键词根据相似性进行聚合与分类的过程^[16]。如图 6 所示，在

CiteSpace 中，利用对数似然算法 (log-likelihood radio, LLR) 对关键词共现图谱进行聚类。

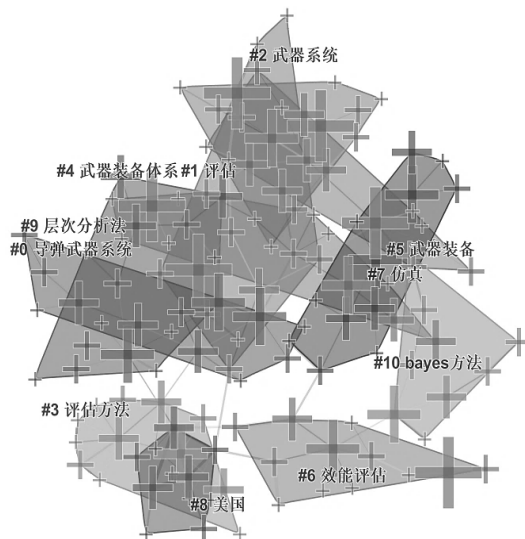


图 6 关键词聚类图谱

该聚类图谱具有聚类模块性指数 Q 和聚类轮廓性指标 S 2 个重要的指标。由运行结果可以得到： $Q=0.817$ ， $S=0.5879$ ，当 $Q>0.3$ 时，表示聚类结构显著；当 $S>0.5$ 时，表示聚类效果合理^[17]。从图中可以看出：共产生了 11 个聚类，将其聚类信息进行整理，得到试验鉴定领域关键词聚类及分布情况如表 4 所示。

表 4 试验鉴定领域关键词聚类分布

类别	标签	轮廓值	关键词(部分)
#0	导弹武器系统	0.913	信息化、地空导弹、防空导弹、巡航导弹、可用度
#1	评估	0.923	保障能力、指标体系、风险评估、证据推理、建模与仿真
#2	武器系统	0.899	可靠性、保障性、电子装备、体系架构、能力评估
#3	兵器科学与技术	0.911	评估方法、数值模拟、模糊综合评判、导弹武器、体系贡献度
#4	武器装备体系	0.810	作战效能、任务可靠性、作战环、复杂网络、可靠性分配
#5	武器装备	0.910	美军、体系、神经网络、军械装备、靶场
#6	效能评估	0.841	系统效能、试验靶场、维修性、质量评估、装备试验
#7	仿真	0.968	反舰导弹、舰空导弹、舰炮、建模、射击效能
#8	美国	0.925	导弹防御系统、反导弹系统、防御系统、拦截系统、未来战争
#9	层次分析法	0.918	试验、生存能力、遗传算法、火力分配、效能分析
#10	Bayes 方法	0.975	靶场试验、可靠性增长、小子样、作战试验、作战适用性

由表可知：每个聚类的轮廓值均大于 0.8，说明聚类效果非常好，阈值选择合理，结果令人信服^[18]。根据时间分布，将这 11 个聚类划分为 3 个阶段。

1) 第 1 阶段。

该阶段属于理论研究阶段，包含聚类#1、#2、#5、#8，当时我国的试验鉴定正处于起步阶段，虽然已经有了完善的武器装备系统，但是试验鉴定手段较为单一，技术来源主要还是参考美军的试验鉴定体系、管理体系、政策法规和试验手段，来为我军的试验鉴定领域打下坚实的基础。

2) 第 2 阶段。

该阶段属于技术发展阶段，包含聚类#3、#7、#9、#10，经过理论研究后，我国试验鉴定来到了一个飞速发展的时期，各式各样的试验技术浮出水面。例如“建模仿真”“精确打击”“目标追踪”等，大量的评估方法也层出不穷，“多属性决策”“Bayes 方法”“模糊综合评判”等都是常用的评估方法。在利用这些方法对装备的性能指标进行评估时，指标的权重也是重要的一点，常用的赋权法有主观的“层次分析法”“专家调查法”和客观的“熵权法”“主

成份分析法”等。

3) 第 3 阶段。

该阶段属于研究创新阶段，包含聚类#0、#4、#6，经过前面数十年的发展，我国的试验鉴定技术已经较为完善，达到了一定的高度。该阶段的主要任务是进行创新，突破该领域的关键技术，打破瓶颈。这一阶段也正值军改时期，军委装备发展部专门成立试验鉴定部门，也昭示了我军对试验鉴定技术发展的决心。

除了将这些聚类划分为 3 个阶段外，笔者还从每个聚类中对高频关键词进行提取、分析、整合，整理出 8 项试验鉴定领域的关键技术如表 5 所示。

表 5 排名前 10 的突现词

关键词	强度	开始	结束	2009 - 2019
美利坚合众国	5.048 8	2009	2010	-----
建模	6.530 3	2010	2011	-----
关键技术	4.367 1	2012	2015	-----
靶场	4.735 6	2013	2014	-----
装备体系	6.922 0	2014	2016	-----
复杂网络	4.796 9	2015	2017	-----
作战试验	21.637 4	2015	2019	-----
体系贡献率	3.227 6	2015	2019	-----
作战环	5.684 9	2016	2019	-----
复杂电磁环境	3.077 3	2017	2019	-----

根据表中整理出的试验鉴定领域的相关技术，可以分析出未来试验鉴定的研究前沿。“建模”“装备体系”“复杂网络”“作战试验”“体系贡献度”“复杂电磁环境”这几个词都是近几年增长较快，出现较多的关键词，可以预测出复杂环境、建模仿真、装备体系这几项试验技术可能是未来的研究重点。

对于复杂环境试验技术来说，需要在特殊的、极端的威胁环境下对装备进行试验评估，例如复杂电磁环境、复杂地理环境、复杂气象环境等，但是构建近乎真实的复杂环境是非常困难的，所以该项技术主要从构建环境开始着手。

建模仿真一直以来都是试验鉴定领域的重要手段，美国也将该项技术列为国防部的重点试验技术^[20]。与其他发达国家相比，我军已经初步形成了以虚拟样机为基础，融合各类虚拟仿真、半实物仿真、实物仿真试验数据，对各类武器装备的作战效能和适用性进行评估的能力。但是在特殊的复杂环境下，对新型武器装备仍然存在建模困难，模型可信度低等问题，故虚拟仿真、半实物仿真、实物仿真一体化试验将会是该项技术的重点研究方向。

随着近年来人工智能、大数据的兴起，武器装

4.2 试验鉴定研究前沿分析

在多数可视化分析软件中，研究前沿是很难分析的，因为研究前沿是未来可能发生的事件，是动态、持续的，很难从静态的关键词中去发现和探索。

陈超美教授提供了一种基于词频增长算法的突现词分析方法^[19]，认为如果某个关键词在短时间内的活跃度迅速提升，那么就可以认为该关键词是未来的研究重点。将这些关键词全部检测出来，根据它们的时间分布以及动态变化就可以分析该领域的研究前沿。

在 CiteSpace 内，笔者采用突变词探测法来预测试验鉴定领域的前沿方向，所得到的突现词如表 5 所示。

备体系试验越来越重要，在该项技术中，评估单个装备系统在体系对抗中的贡献率是一个重要的方向。除此之外，基于大数据的装备试验评估也是未来的研究前沿。

5 结论及展望

5.1 结论

笔者利用 CiteSpace 可视化软件，对我国试验鉴定领域的研究热点以及未来的发展趋势进行了分析，同时构建了机构知识图谱、作者知识图谱、关键词知识图谱。

机构知识图谱表明：现阶段，我国研究试验鉴定的机构大多是军队院校和科研院所，各个科研机构之间合作不够紧密，基本都是独立研究，所以要打破地域间的限制，加强各个机构之间的交流合作。

作者知识图谱能够表征出试验鉴定领域的专家学者。通过分析该图谱可以发现，不同机构作者之间合作较少。

关键词知识图谱中的“评估”“武器装备体系”“可靠性”“作战效能”等表征了这 20 a 来我国试验鉴定领域的研究热点，并且通过聚类得到了大量

的关键词。经分析, 笔者整理出了目前试验鉴定领域的 8 项关键技术, 同时根据突现词, 分析出复杂环境试验技术、建模仿真试验技术以及装备体系试验技术可能是未来试验鉴定领域重点研究方向。

5.2 展望

近年来, 我国的试验鉴定领域得到了飞速的发展。当前我国该领域的发展已经趋于平稳, 处于求突破的阶段。为了适应未来的战争需求, 需要科研领域打破地域性限制, 增进各个科研机构之间的学术交流, 共享研究成果, 不断提高试验鉴定的技术手段, 增强我军武器装备的作战效能及适用性, 提高其在战场上的生存能力。

试验鉴定是一门多学科交叉的综合性学科, 仅从论文数据中提取信息是远远不够的, 结合论文、专利、新闻, 甚至是美国的国防报告, 利用数据挖掘、机器学习等技术手段, 从中挖掘出试验鉴定领域的热点技术、新兴技术乃至颠覆性技术是笔者将要重点研究的方向。

参考文献:

- [1] 唐雪梅, 刘李荣, 胡正东, 等. 武器装备综合试验与评估[M]. 北京: 国防工业出版社, 2013: 1-3.
- [2] Operational Test & Evaluation Manual[R]. Marine Corps Operational Test and Evaluation Activity, 2011: 6.
- [3] 陈悦, 陈超美, 刘则渊, 等. CiteSpace 知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究, 2015, 33(2): 242-253.
- [4] 姜俊锋, 丁香乾, 侯瑞春, 等. 基于 Citespace III 的大数据研究的可视化分析[J]. 计算机与数字工程, 2016, 44(2): 291-295, 299.
- [5] 赵蓉英, 许丽敏. 文献计量学发展演进与研究前沿的知识图谱探析[J]. 中国图书馆学报, 2010, 36(5): 60-68.
- [6] 李东兵, 王力强, 潘鸿飞. 武器装备系统可靠性工程综述[J]. 战术导弹技术, 2003(6): 12-20.
- [7] 尹晓虎, 钱彦岭, 杨拥民, 等. 基于熵的装备维修系统效能评估与仿真[J]. 系统仿真学报, 2008, 20(16): 4404-4407.
- [8] 蒙存占, 何成铭, 孙红宇, 等. 基于模糊综合评估法的装备保障系统效能评估[J]. 四川兵工学报, 2008, 29(6): 28-31.
- [9] 蔡延曦, 孙琰, 张卓. 武器装备体系作战效能评估方法分析[J]. 先进制造与管理, 2008, 27(10): 24-26.
- [10] 董良东, 陈晓, 曾兴善. 武器装备体系效能评估方法研究[J]. 武器装备自动化, 2008, 27(2): 30-31.
- [11] 秦金柱. 对装备作战试验的认识与思考[J]. 价值工程, 2018(20): 242-243.
- [12] Defense Acquisition University. Test and evaluation management guide[M]. Virginia: The Defence Acquisition University press, 2012: 37-39.
- [13] 邢云燕, 蒋平. 基于多源信息的异总体可靠性试验鉴定方法探讨[J]. 装备学院学报, 2014, 25(5): 108-112.
- [14] 郑哲, 崔颖, 田潮军. 基于空空导弹虚拟样机的虚拟靶试仿真系统设计[J]. 火力与指挥控制, 2014, 39(6): 139-142.
- [15] 石实, 曹裕华. 美军武器装备体系试验鉴定发展现状及启示[J]. 军事运筹与系统工程, 2015, 29(3): 46-51.
- [16] CHEN C M. Visualising semantic space and author co-citation networks in digital libraries[J]. Information Processing & Management, 1999, 35(3): 401-420.
- [17] ZHU X. The influence of think tanks in the Chinese policy process: Different ways and mechanisms[J]. Asian Survey, 2009, 49(2): 333-357.
- [18] 李峰, 朱彬钰, 辛涛. 十五年来心理测量学研究领域可视化研究: 基于 CITESPACE 的分析[J]. 心理科学进展, 2012, 20(7): 1128-1138.
- [19] 任利强, 郭强, 王海鹏, 等. 基于 CiteSpace 的人工智能文献大数据可视化分析[J]. 计算机系统应用, 2018, 27(6): 18-26.
- [20] UNLV Foundation. FY 2017 Annual Report[R]. Office of the Secretary of Defense, 2017.