

# 基于电路与系统硕士学位论文研究热点的可视化分析

兰旭婷<sup>1</sup>, 郭中华<sup>1,2\*</sup>, 崔雯雯<sup>1</sup>

<sup>1</sup>宁夏大学物理与电子电气工程学院, 宁夏 银川

<sup>2</sup>宁夏沙漠信息智能感知重点实验室, 宁夏 银川

Email: 1742192370@qq.com, guozhh@nxu.edu.cn, 843202230@qq.com

收稿日期: 2021年2月5日; 录用日期: 2021年4月2日; 发布日期: 2021年4月9日

## 摘要

电路与系统硕士学位论文在一定程度上可以反映我国高等电路与系统的现状, 以及学科研究的热点。为研究近6年来电路与系统硕士学位论文的主题热点, 将CNKI收录2015~2020年的3621篇文献用作数据来源, 使用COOC6.722、GIG01.1、data数据园3.0、Excel和SPSS24.0作为数据处理工具, 并使用共词分析和社会网络分析, 多维度尺度分析法可以对其高频关键词进行视觉上的分析。近六年研究热点主要包括六个方面: 遥感技术研究、深度学习研究、图像处理、FPGA研究、物联网研究、锁相环领域研究。研究结果反映出电路与系统专业研究热点的发展趋势, 并为硕士生培养提供了清晰的计划方向和选择方向, 同时也为硕士生的教学改革提供了参考依据。

## 关键词

电路与系统, 共词分析, 可视化分析, 研究热点

# Visual Analysis Based on the Research Hotspots of Master's Degree Thesis in Circuits and Systems

Xuting Lan<sup>1</sup>, Zhonghua Guo<sup>1,2\*</sup>, Wenwen Cui<sup>1</sup>

<sup>1</sup>School of Physics and Electronic and Electrical Engineering, Ningxia University, Yinchuan Ningxia

<sup>2</sup>Ningxia Key Laboratory of Desert Information Intelligent Perception, Yinchuan Ningxia

Email: 1742192370@qq.com, guozhh@nxu.edu.cn, 843202230@qq.com

Received: Feb. 5<sup>th</sup>, 2021; accepted: Apr. 2<sup>nd</sup>, 2021; published: Apr. 9<sup>th</sup>, 2021

\*通讯作者。

文章引用: 兰旭婷, 郭中华, 崔雯雯. 基于电路与系统硕士学位论文研究热点的可视化分析[J]. 创新教育研究, 2021, 9(2): 298-306. DOI: 10.12677/ces.2021.92047

## Abstract

The master's degree thesis of circuits and systems can reflect the status quo of my country's advanced circuits and systems and the hot spots of subject research to a certain extent. In order to study the hot topics of master's degree thesis in circuits and systems in the past 6 years, 3621 documents collected by CNKI from 2015 to 2020 are used as data sources, and COOC6.722, GIGO1.1, data garden 3.0, Excel and SPSS24.0 are used as data Processing tools, and using co-word analysis and social network analysis, multi-dimensional scale analysis method can visually analyze its high-frequency keywords. The research hotspots in the past six years mainly include six aspects: remote sensing technology research, deep learning research, image processing, FPGA research, Internet of Things research, phase-locked loop research. The research results reflect the development trend of the research hotspots of the circuit and system specialty, and provide a clear planning direction and selection direction for the training of master students, and also provide a reference for the teaching reform of master students.

## Keywords

Circuit and System, Co-Word Analysis, Visual Analysis, Research Hotspot

Copyright © 2021 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

电路与系统是信息与通信工程和电子技术相关的一个学科，是信号处理、计算机研究的开发理论和基础。研究方向主要集中在图像处理、系统芯片设计、嵌入式系统、电路与计算机这些领域。但近年来随着深度学习、人工智能等新兴技术的大量涌入，该学科的研究方向有着明显的变化趋势。也从中反映出各高校的培养特色及各指导老师的研究方向会随着人工智能、互联网等现代信息技术的大力发展而发生改变。因此，在导师大方向的引导下，处在各个研究方向的硕士研究生都能紧跟当下热点研究的步伐。

## 2. 数据来源与研究进程

### 2.1. 数据来源

本研究以中国知网(CNKI)电路与系统专业硕士学位论文作为数据来源，进入 CNKI 主页点击“博硕”，在高级检索中将“学科专业名称”设为“电路与系统”，将学位年度设为 2015 年至 2020 年，共检索 3621 篇硕士学位论文，并获得每篇文献的题目、作者、期刊、关键词等数据做进一步分析。

### 2.2. 研究进程

第一步，从 CNKI 中导出研究资料，每 500 篇为一组，选择“导出与分析”中的“导出文献”，在“导出文献”中选择 Refworks 格式，分批逐年将检索的 3621 篇电路与系统专业硕士学位论文的题目、关键词、期刊等信息导出，并以.txt 文件的形式保存；第二步，在保存的大量文本数据中仅单一存在并没有融合，对数据分析不易做处理的情况下，将所有保存的.txt 文件导入 data 数据园 3.0 [1]中进行合并，再

提取数据中的关键词，并保存格式为.csv 文件；第三步，避免在大样本下数据重复、丢失等情况，使用 GIGO1.1 [2]对关键词进行数据清洗，并通过 Co-Occurrence6.722 (COOC6.722)软件导出共词矩阵、关键词频数和社会网络图；第四步，将生成的共词矩阵转为相异矩阵后导入至 SPSS24.0，分别生成聚类分析谱系图和欧式距离模型知识谱图(多尺度分析图)；第五步，总结分析。

### 3. 数据处理结果与分析

#### 3.1. 高频关键词词频统计分析

首先对数据进行筛选，对所得的集中关键字段进行了统计，共提取的关键词 11109 个，其中高频关键字频次为 10 以上，共有 109 个；其次，进行清洗数据和筛选，在获得高频关键词之后将含有相同意义的关键词合并，剔除与本次研究主题关联不大的关键词[3]，共得到 35 个关键词，其中有一部分如表 1 所示。由表中数据得知，2015~2020 筛选后的关键字频次在某一领域的研究频次一目了然，可以直观的感受当前研究热点主题有哪些，其中最高的为 FPGA，深度学习紧随其后。

**Table 1.** 2015~2020 high-frequency keyword statistics (partial)  
**表 1.** 2015~2020 高频关键词统计(部分)

关键词	频次	关键词	频次	关键词	频次
FPGA	190	无线传感器网络	37	CMOS	25
深度学习	96	Android	37	数据采集	25
卷积神经网络	75	遗传算法	35	小波变换	25
低功耗	55	物联网	34	ARM	23
特征提取	52	LabView	34	图像融合	22
嵌入式	51	变化检测	29	人脸检测	21
支持向量机	47	稀疏表示	29	SAR 图像	21
STM32	45	图像分割	29	功率放大器	21
压缩感知	42	锁相环	28	复杂网络	20
Zigbee	39	人脸识别	26	传感器	19
神经网络	38	BP 神经网络	26	毫米波	19
DSP	38	目标检测	25	室内定位	18

#### 3.2. 高频关键词共词矩阵分析

根据所获取的 35 个关键词，通过相关软件生成所需的共词矩阵(见表 2)是一个 36 × 36 的相似矩阵，能够反映关键词之间的相互包容关系。其中行和列是表示相同的主题内容，除对角线数值为总频次外其余出现的数值均为共现次数。共词矩阵是后续做聚类分析以及生成相异矩阵的基础，为此对共词矩阵数值进一步细化分析如下：

根据学者提出的相互包容系数法[4]做了部分修改后，能更好的拟合共词矩阵中关键字的依赖性关系，如公式一所示：

$$C_{ij} = \frac{A_{ij}}{A_i} \cdot \frac{B_{ij}}{B_j} \tag{1}$$

其中  $A_{ij}$ 、 $B_{ij}$  表示  $i$ 、 $j$  高频关键字共现的次数， $A_i$ 、 $B_i$  表示关键字各自出现文献中的总频次， $C_{ij}$  表示关

关键词间的包容关系度,范围在0~1之间。其中数值越大(小)证明两者的包含关系越大依赖性也就越大(小)。由表1与表2所获得的数据中选取最典型的主题词并根据公式一计算:占据频次最高的高频关键词FPGA和深度学习的包容度 $C_{ij}$  (0.000055),明显这两个主题词的包容值趋于0即两者不存在任何依赖关系,因此在硕士学位论文当中不会将深度学习与FPGA结合起来研究;另外,选择共现次数最多的主题词深度学习与卷积神经网络计算出他们词之间的包容度 $C_{ij}$  (0.002361),对比前一组计算的数值我们发现,后者相比前者的数值明显增大近50倍,后两者词间的依赖性更大。由此通过表中的数据不论是直观感受还是数值上的差异明显,总之当前硕士研究生在本文筛选的热点词中将深度学习与卷积神经网络结合起来研究的更多。

**Table 2.** 2015~2020 high-frequency keyword co-word matrix (partial)

**表 2.** 2015~2020 高频关键词共词矩阵(部分)

	FPGA	深度学习	卷积神经网络	低功耗	特征提取	嵌入式	支持向量机	STM32	压缩感知
FPGA	190	1	3	1	1	3	2	3	3
深度学习	1	96	17	0	4	1	2	0	1
卷积神经网络	3	17	75	0	3	0	2	0	0
低功耗	1	0	0	55	0	0	0	1	0
特征提取	1	4	3	0	52	1	6	0	1
嵌入式	3	1	0	0	1	51	1	2	0
支持向量机	2	2	2	0	6	1	47	0	0
STM32	3	0	0	1	0	2	0	45	0
压缩感知	3	1	0	0	1	0	0	0	42

### 3.3. 高频关键词相异矩阵分析

根据上述所整理出的共词矩阵,利用Ochia系数法[5]对共词矩阵进行计算得出一个临时矩阵E并转换后得出最终相异矩阵。其中Ochia系数计算公式如公式(2),其中A、B表示高频关键词:

$$Ochia = \frac{A与B共现的次数}{\sqrt{A的总频次} \cdot \sqrt{B的总频次}} \quad (2)$$

手动计算出来的Ochia系数组成临时矩阵E,并用1减去所有矩阵E中数值并取绝对值后组成的矩阵,我们称为相异矩阵。但考虑到手动计算会造成一定的数据误差,为了避免影响其他分析,我们采用共现转相异软件直接转换得到精准的相异矩阵(见表3)。通过对比,手动逐一计算的数值与软件计算的数值基本一致,即误差为0.0001%。

相异矩阵中的数字越小或无限接近0,说明两者的联系越紧密,反之越靠近1,越稀疏。以第二行“深度学习”关键词为例,与“深度学习”联系的紧密程度由高到低分别为:深度学习(0.0000)、卷积神经网络(0.7997)、特征提取(0.9434)、支持向量机(0.9702)、压缩感知(0.9843)、嵌入式(0.9857)、FPGA(0.9926)、STM32(1.0000)、低功耗(1.0000)。由此可见,在电路与系统硕士学位论文中,更多的学生会选择将深度学习与卷积神经网络、特征提取相结合起来进行研究讨论,更加的符合当下硕士研究生在网络信息互通的时代中时刻关注前沿、主流的研究热点话题,更加印证人工智能的发展必然是大势所趋。



的情况下，聚类分析能够将数据归为许多类别，便于研究者更加直观的分析。根据前面对共词矩阵的详细分析我们知道，某几个关键词间的包容度越接近他们表示词间的联系性越强聚类划分也就越明显。具体做法是将生成的共词矩阵导入 SPSS24.0 软件中，选择系统聚类功能进行分析，并生成聚类分析谱系图(见图 2)。从图中可以直观的观察到的，近六年我国电路与系统专业硕士学位论文的研究热点可以大致分为 6 个类别，A 类：遥感技术研究、B 类：深度学习研究、C 类：图像处理研究、D 类：物联网研究、E 类：FPGA 研究、F 类：锁相环领域研究。

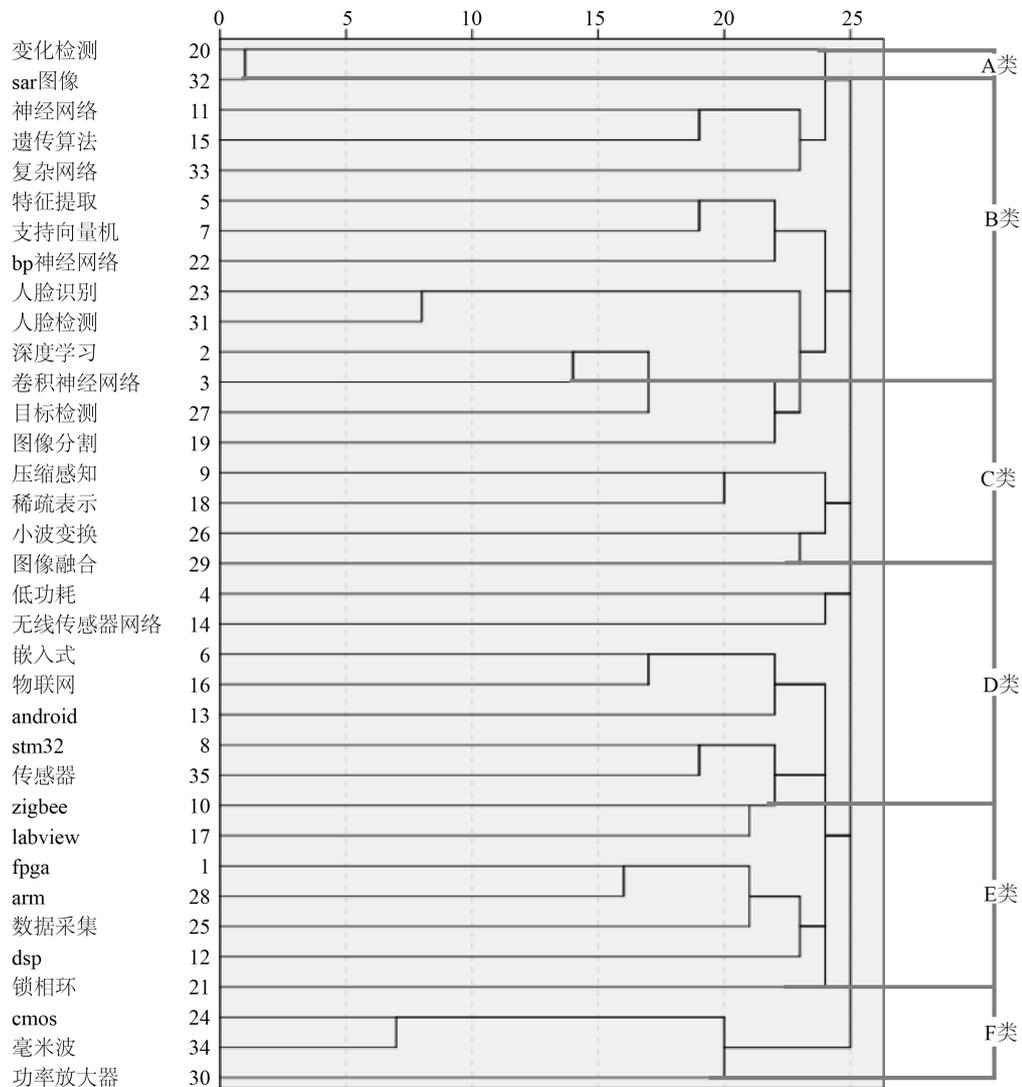


Figure 2. High-frequency keyword clustering analysis of circuit and system master's degree thesis  
图 2. 电路与系统硕士学位论文高频关键词聚类分析谱系图

基于聚类分析结果，结合近六年电路与系统专业硕士学位论文的研究情况，对六个主要研究主题进行详细解析。

(1) A 类：遥感技术研究

遥感技术研究涵盖了 2 个关键词：变化检测和 SAR 图像。遥感技术开始于 20 世纪 60 年代，是利用人造卫星或其他类飞行器收集到的电辐射信息对地球生物资源判别分析的技术。到目前为止，遥感技术

在农业、海洋、气象、军事等方向都有应用，逐渐深入到社会经济、生活、安全的各个方面，也成为综合国力评价的重要标志之一。

(2) B 类：深度学习研究

深度学习研究领域涵盖了 10 个关键词：神经网络、遗传算法、复杂网络、特征提取、支持向量机、BP 神经网络、人脸识别、人脸检测、深度学习和卷积神经网络。深度学习在自然语言处理、数据挖掘、目标检测等众多领域有重大的研究成果。现在，深度学习除了渗透到各个领域外还在一些传统方式的领域中运用取得了很好的应用效果，为人们的生活提供了极大的便利。随着新的深度学习算法不断萌生，许多高校硕士生都热衷于研究深度学习，未来对深度学习的研究以及它所涉及的学科还会不断研究下去。

(3) C 类：图像处理研究

图像处理包括 6 个关键词：目标检测、图像分割、压缩感知、稀疏表示、小波变换和图像的融合表示。图像处理技术通过计算机应用程序进行图像的一系列处理，如图像增强、分割等。图像处理技术已广泛应用军事、生物医学、艺术、航天等领域。除此之外，图像处理技术与深度学习研究也有着紧密的结合，如人脸检测可以应用到车站、小区的门禁中，车牌识别可以应用到城市智慧交通系统中，工厂流水线做产品质量检测以及手机软件如美图秀秀、美颜相机等，图像处理早已深入我们生活的各个方面。

(4) D 类：物联网研究

物联网涵盖了 8 个关键词：低功耗、无线传感器网络、嵌入式、物联网、Android、STM32、传感器、Zigbee。物联网是通过传感器设备采集与互联网相连接的技术。门禁系统中就应用到物联网关键技术 RFID 标签，还有嵌入式系统技术、智能技术等。物联网列为国家新兴战略性产业之一后，对物联网的探索研究受到了全社会的密切关注。各大高校也因此积极融入到物联网技术的应用研究当中，并结合当下的人工智能实现如“智能家居”这样的应用实例。从聚类的结果我们也能明显的看出物联网与 Android 结合紧密，处在智能的时代，我们随时随地的通过移动端 APP 控制周围的器件，达到物物互联的智能效果。

(5) E 类：FPGA 研究

FPGA 涵盖了 5 个关键词：LabView、FPGA、ARM、数据采集、DSP。近些年，随着科技的快速发展各类行业大规模的增加，迫于竞争的压力下对硬件的要求越来越苛刻，因此当下的通用处理器(CPU)不足以提供新型计算任务的能力。而此时 FPGA 这个概念的出现成为了大家研究学习的热潮，通过上述数据统计结果，FPGA 与深度学习这两个关键字都是占据最高频次位置，由此可见 FPGA 是电路与系统专业研究的热点方向。但通过数据对比不难发现(见表 4)，从 2018 年开始 FPGA 不再是电路与系统专业的热门研究方向。由此可见，近几年随着深度学习、卷积神经网络这些新技术的大量出现，对于 FPGA 的研究则趋于饱和状态，而深度学习进入了大多数专业的研究范畴。

Table 4. Comparison of FPGA and deep learning frequency from 2015 to 2020

表 4. 2015~2020 年 FPGA 和深度学习频次对比

年份	FPGA (频次)	排名	年份	深度学习(频次)	排名
2015	54	1	2015	3	112
2016	41	1	2016	7	14
2017	29	1	2017	18	2
2018	32	1	2018	27	2
2019	31	3	2019	34	1
2020	6	3	2020	8	1

(6) F 类：锁相环领域研究

在功率放大器电路设计这类当中主要涵盖的关键词有 4 个：锁相环、CMOS、毫米波、功率放大器。锁相环是自动频率控制和相位控制技术的融合，是对信号的解调、调频、调制、频率合成电路处理的技术，目前该技术在通信、计算机、红外、电视、工业等技术部门都有广泛的应用。像计算机各类钟频信号的供给和控制系统、飞机轮船的导航定位监视系统等都是离不开锁相环技术的应用。对于锁相环研究进展的好坏直接关系关系到我国整个电子行业的稳定与否，因此，对于锁相环的研究还需要各位专家学者、各类高校共同努力。

### 3.6. 多维尺度分析

多维尺度分析(Multidimensional Scaling Analysis) [7]也称为“相似度结构分析”，是一种探索性的数据分析方法，通过降维将含有复杂且量大的数据放缩到一个低维空间中，形成直观的低维空间图形，并用点在空间中表示变量之间是否存在潜在规律性联系[8]。其主要目的是发现多个元素之间的相似性并做出可观的分析与解释。输出结果是一种以欧式距离为模型输出的知识图谱，通过计算公式如下：

$$Dist(a, b) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (a_i - b_i)^2} \tag{3}$$

可以看到欧式距离的实质就是在一、二维空间中两点间的距离。通过引用公式计算出高频关键词的距离值对其做可视化分析，位置的远近决定了词间的关联度，直观的呈现了各元素之间的关系。越相似的元素在空间位置上越紧密，越靠近坐标核心位置被关注和认知度高越高，相反，处在边缘位置的关键词说明研究主题范围较小或者正在转移这些主题研究。

将前面所获取到的相异矩阵导入到 SPSS24.0 中，通过选择“分析”、“标度”、“多维标度(ALSCAL)”项目后，选中除字符串类型的变量名称以外的所有数据变量，并对相关参数进行设置，如在“度量模型”中选择“Euclidean 距离”，“正对称”为关键词的数据结构，基于聚类分析的结果，生成电路与系统专业硕士学位论文热点研究方向的知识谱图，以二维坐标平面图谱更加直观的方式呈现(见图 3)。经观察，知识图谱中位置结构关系、关键词的聚集情况明显看出与聚类分析的归类结果基本一致。其中第三(部分)、四象限的高频关键词结构最为紧密[9]，物联网、Android、ZigBee、无线传感器网络无论做研究还是实践当中联系十分密切；深度学习、卷积神经网络、特征提取、神经网络也有此类的结论；进一步发现，第二象限中的关键词结构明显松散，这种现象说明一些研究领域有着较低内部关联度，也侧面反映了这些领域之间独立性较强。

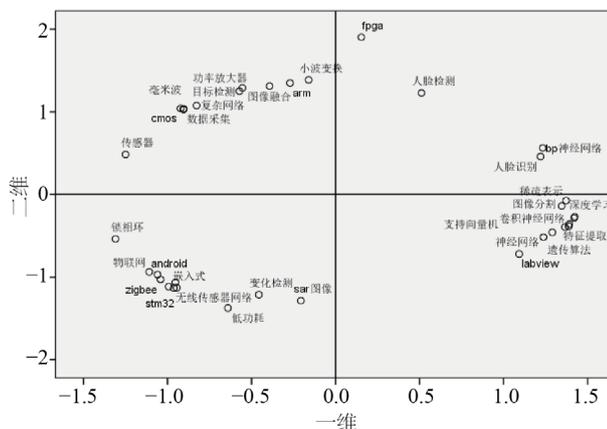


Figure 3. High-frequency keyword knowledge spectrogram for master’s degree thesis in circuits and systems (derived excitation configuration, Euclidean distance model)

图 3. 电路与系统硕士学位论文高频关键词知识谱图(派生激励配置、欧式距离模型)

## 4. 总结

利用共词分析、社会网络分析、多尺度分析等可视化分析方法,对 2015~2020 年间电路与系统硕士学位论文研究热点的分析发现,当前的研究热点主要分布在深度学习研究、FPGA 研究、物联网研究和图像处理研究领域,其中 FPGA 为传统的热点研究主题。但近几年,国家很重视人工智能领域人才的培养,包括建设人工智能相关学科、促进人工智能领域本科生、研究生的培养,因此偏向人工领域的分支如深度学习、卷积神经网络,逐渐取代了传统的研究领域如 FPGA 成为最热门的研究方向。根据对全国电路与系统专业硕士学位论文 3621 篇的分析结果,对电路与系统硕士研究生培养具有非常大的参考价值,不仅为今后提供了明确的培养计划,还为学位论文的选题明确了具体的研究领域,更好为祖国科技的发展培养人才做基础。随着互联网时代的大力发展,信息闭塞已不存在,任何人都可以在手机电脑等智能终端时刻接收到来自国家的政策方针、教育的发展动向以及科学研究最前沿的发展趋向等事宜,对于研究生群体也可以随时随地的选择前沿的热点领域作为自己的热点研究方向。

此外,在现有的基础上,我们对宁夏大学电路与系统硕士学位论文热点也做了可视化分析,得出的结论与全国研究热点趋势相符。不足之处,本文只分析了高频关键词,还有不在范畴内的低频关键词、被数据清洗掉的关键词,可能在未来会成为最热门的研究主题。当然,在数据研究分析的过程中有一定的分析不到位等问题,针对这些问题今后将做进一步的完善。

## 致 谢

首先,感谢郭中华老师从本课题研究开始到结束一路的悉心指导。在研究过程中不仅将出现的问题及时指出,还在遇到研究进展不顺的时候,郭老师总会给予鼓励。其次感谢我的室友和同门,在我遇到问题愁眉不展的时候,总会及时地安慰我并给予加油鼓劲。在这里,再次为帮助过我的老师和同学,表达真挚的敬意和谢忱。最后,感谢我的父母对我的理解和支持。

## 基金项目

基金项目:宁夏回族自治区教学工程项目,基于 CDIO 的“电路与系统”研究生人才培养模式研究与实践[YJG201818]。

## 参考文献

- [1] 学术点滴,文献计量. Science Evolution 一款用于科学演讲路径绘制的软件[EB/OL]. <https://mp.weixin.qq.com/s/lbNjYzAahWLgPPJw9QtywQ>, 2020-09-01.
- [2] 学术点滴,文献计量. COOC 一款用于文献计量和知识图谱绘制的新软件[EB/OL]. [https://mp.weixin.qq.com/s/8RoKPLN6b1M5\\_jCk1J8UVg](https://mp.weixin.qq.com/s/8RoKPLN6b1M5_jCk1J8UVg), 2020-09-02.
- [3] 刘甲学,冯畅. 基于共词分析的国内信息资源管理研究热点可视化分析[J]. 情报科学, 2016, 34(11): 173-176.
- [4] Cozzens, S.E., Callon, M., Law, J., et al. (2007) Mapping the Dynamics of Science and Technology: Sociology of Science in the Real World. *Contemporary Sociology*, 17, 815-816. <https://doi.org/10.2307/2073618>
- [5] 郑华川,于晓欧,辛彦. 利用共词聚类分析探讨抗原 CD44 研究现状[J]. 中华医学图书情报杂志, 2002(2): 1-3.
- [6] 周雨丽,邓小昭. 2015~2017 年我国情报学硕士学位论文研究热点分析[J]. 情报探索, 2019(1): 128-134.
- [7] 赵守盈,吕红云. 多维尺度分析技术的特点及几个基础问题[J]. 中国考试, 2010(4): 13-19.
- [8] 郭婷,郑颖. 数据挖掘在国内图书情报领域的应用现状分析——基于文献计量分析和共词分析[J]. 情报科学, 2015, 33(10): 91-98.
- [9] 鹿秀颖,张欣. 近十年高等教育学硕士学位论文研究热点可视化分析[J]. 教育信息技术, 2019(Z2): 98-101.