

近五年电子与通信工程硕士学位论文研究热点可视化分析

兰旭婷¹, 郭中华^{1,2*}, 崔雯雯¹

¹宁夏大学物理与电子电气工程学院, 宁夏 银川

²宁夏沙漠信息智能感知重点实验室, 宁夏 银川

Email: *guozhh@nxu.edu.cn

收稿日期: 2021年5月31日; 录用日期: 2021年8月6日; 发布日期: 2021年8月13日

摘要

为研究近五年电子与通信工程专业硕士学位论文的研究热点, 通过CNKI收录的2015~2019年的20,969篇硕士学位论文作为数据来源, 采用COOC6.722、GIG01.1、data数据园3.0, 数据处理工具采用Excel和SPSS24.0软件, 并以共词分析、社会网络分析、多维尺度分析等方法对高频关键词进行可视化分析。近五年研究热点主要包括五个方面: 深度学习研究、大数据研究、FPGA研究、物联网研究和通信领域研究。反映了电子与通信工程专业研究热点的发展趋势, 为今后该专业硕士研究生的培养提供了明确的计划和选题方向, 同时也为该专业研究生的教育教学改革提供了一些思路。

关键词

电子与通信工程, 共词分析, 可视化分析, 研究热点

Visual Analysis of Research Hotspots of Master's Degree Thesis in Electronic and Communication Engineering in the Past Five Years

Xuting Lan¹, Zhonghua Guo^{1,2*}, Wenwen Cui¹

¹School of Physics and Electronic and Electrical Engineering Ningxia University, Yinchuan Ningxia

²Ningxia Key Laboratory of Desert Information Intelligent Perception, Yinchuan Ningxia

Email: *guozhh@nxu.edu.cn

*通讯作者。

Abstract

In order to study the research hotspots of master's degree theses in electronics and communication engineering in the past five years, 20,969 master's theses from 2015~2019 collected by CNKI are used as data sources, and COOC6.722, GIG01.1, and data park 3.0 are used. Data processing tools use Excel and SPSS24.0 software, and use co-word analysis, social network analysis, multi-dimensional scale analysis and other methods to visually analyze high-frequency keywords. The research hotspots in the past five years mainly include five aspects: deep learning research, big data research, FPGA research, Internet of Things research and communications research. It reflects the development trend of the research hotspots of the electronic and communication engineering major, provides a clear plan and topic selection direction for the future training of postgraduates in this major, and also provides some ideas for the education and teaching reform of postgraduates in this major.

Keywords

Electronic and Communication Engineering, 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

电子与通信工程专业已经为我国培养了大批的高级工程技术人员，此专业培养出的技术人才具有广泛的专业技能：电路与系统、信息处理、电子元器件、通信、集成电路、电磁场与微波技术等技术。近年来电子与通信工程专业的研究热点发生了明显的变化，尤其现代信息技术的发展速度很快，互联网、大数据和人工智能最具有代表性，而电子与通信工程专业的研究热点也纷纷结合了以上技术。

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)电子与通信工程专业硕士学位论文为数据来源，进入 CNKI 主页点击“博硕”，在高级检索中将“学科专业名称”设为“电子与通信工程”，由于数据量超过 6000 篇，选择逐年获取，将学位年度设为 2015 年至 2015 年、2016 年至 2016 年以此类推，共检索出 20,969 篇硕士学位论文，并获得每篇文献的题目、作者、作者单位、关键词、摘要等数据。

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 20,969 篇电子与通信工程专业硕士学位论文的题目、作者、作者单位、关键词、摘要等信息导出，以.txt 文件的形式保存；第二步，将 Refworks 格式的.txt 文件导入 data 数据园 3.0 [1]中进行合并，并提取关键词，保存格式为.csv 文件；第三步，使用 GIG01.1 [2]

软件来数据清洗保存的关键词，并通过 COOC6.722 软件导出共词矩阵、关键词频数和高频关键词网络图谱；第四步，将共词矩阵转换为相异矩阵，通过 SPSS24.0，生成聚类分析图和多维尺度分析图；第五步，总结分析。

3. 研究结果与分析

3.1. 高频关键词词频统计分析

首先对关键词进行数据筛选，对所获得集中关键字段进行统计，共提取关键字 46,709 个，其中将词频在 106 以上的关键词定为高频关键词，共有 40 个；数据清洗：在获取高频关键词后对存在意义相同名称却不同的关键词进行合并[3]，如将“嵌入式系统”、“嵌入式”合并为嵌入式，再将和研究主题不相关的关键词剔除，通过总结分析，本研究的研究对象共得出 35 个高频关键词，其中部分关键词如表 1 所示。

Table 1. High-frequency keyword statistics (partial)

表 1. 高频关键词统计(部分)

关键词	频数	关键词	频数	关键词	频数
FPGA	615	Zigbee	205	认知无线电	127
卷积神经网络	448	大数据	201	遗传算法	125
深度学习	438	神经网络	179	DSP	124
LTE	408	资源分配	161	软件定义网络	114
计算机视觉	328	室内定位	161	ARM	113
Android	298	图像处理	148	大规模 MIMO	113
特征提取	268	人脸识别	146	图像分割	111
无线传感器网络	267	STM32	136	智能家居	110
物联网	262	机器学习	136	视频监控	107
嵌入式	231	BP 神经网络	133	数据挖掘	106
支持向量机	222	数据采集	132	正交频分复用	106
压缩感知	212	信道估计	129	稀疏表示	105

3.2. 高频关键词相异矩阵分析

通过上述所获得的 35 个高频关键词统计并采用 COOC6.722 软件生成共词矩阵(见表 2)，共词矩阵的行和列具有相同的元素，因此共词矩阵必定是相似矩阵。共词矩阵可通过共现转相异软件直接转换为相异矩阵(见表 3)，相异矩阵中的值越接近 0，证明两个关键词的联系越紧密，以第三行“卷积神经网络”关键词为例，与“卷积神经网络”联系的紧密程度由高到低分别为：卷积神经网络(0.0000)、深度学习(0.7043)、计算机视觉(0.9009)、特征提取(0.9452)、FPGA (0.9886)、Android (0.9973)、LTE (0.9977)、无线传感器网络(1.0000)、物联网(1.0000)，这说明电子与通信工程专业硕士研究生在研究卷积神经网络时，会更多的与深度学习、计算机视觉、特征提取结合进行讨论。

Table 2. High-frequency keyword co-word matrix (partial)
表 2. 高频关键词共词矩阵(部分)

	FPGA	卷积神经网络	深度学习	LTE	计算机视觉	Android	特征提取	无线传感器网络	物联网
FPGA	615	6	4	19	7	1	1	0	0
卷积神经网络	6	448	131	1	38	1	19	0	0
深度学习	4	131	438	1	48	2	16	0	0
LTE	19	1	1	408	0	2	0	0	2
计算机视觉	7	38	48	0	328	1	8	2	0
Android	1	1	2	2	1	298	0	1	7
特征提取	1	19	16	0	8	0	268	0	0
无线传感器网络	0	0	0	0	2	1	0	267	3
物联网	0	0	0	2	0	7	0	3	262

Table 3. High-frequency keyword difference matrix (partial)
表 3. 高频关键词相异矩阵(部分)

	FPGA	卷积神经网络	深度学习	LTE	计算机视觉	Android	特征提取	无线传感器网络	物联网
FPGA	0.0000	0.9886	0.9923	0.9621	0.9844	0.9977	0.9975	1.0000	1.0000
卷积神经网络	0.9886	0.0000	0.7043	0.9977	0.9009	0.9973	0.9452	1.0000	1.0000
深度学习	0.9923	0.7043	0.0000	0.9976	0.8734	0.9945	0.9533	1.0000	1.0000
LTE	0.9621	0.9977	0.9976	0.0000	1.0000	0.9943	1.0000	1.0000	0.9939
计算机视觉	0.9844	0.9009	0.8734	1.0000	0.0000	0.9968	0.9730	0.9932	1.0000
Android	0.9977	0.9973	0.9945	0.9943	0.9968	0.0000	1.0000	0.9965	0.9749
特征提取	0.9975	0.9452	0.9533	1.0000	0.9730	1.0000	0.0000	1.0000	1.0000
无线传感器网络	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000	0.9932	0.9965	1.0000	0.0000	0.9887
物联网	1.0000	1.0000	1.0000	0.9939	1.0000	0.9749	1.0000	0.9887	0.0000

3.3. 聚类分析

聚类分析是一种根据研究对象的特征和特定标准对研究对象进行分类的分析方法[4]，这种分析方法使得每个类别中的数据对象的最高相似度，而组与组之间的数据对象具有较大的差异，聚类分析可以通过观察对数据进行分类，不同的研究人员根据目的和经验的的不同，最后的分类结果也有所差异，聚类分析在科学研究和生产实践中都具有广泛的用途，是数据挖掘的常用手段。

使用系统聚类，生成聚类分析树状图(见图 1)。从图中可以明确观察到，近五年我国电子与通信工程专业硕士学位论文的研究热点主要包括五个领域：深度学习研究(领域一)、大数据研究(领域二)、FPGA 研究(领域三)、物联网研究(领域四)、通信领域研究(领域五)。具体分析如下：

1) 深度学习研究

深度学习研究领域涵盖了 11 个关键词：卷积神经网络、深度学习、计算机视觉、人脸识别、特征提取、图像分割、神经网络、机器学习、BP 神经网络、遗传算法。人工智能领域近些年来非常的火热，而

深度学习是人工智能的关键技术，无论从各大公司的就业职位，还是从各大高校都设立起了自己的人工智能学院来看，都说明人工智能在未来是被人们需要的，人工智能在我们身边无处不在，尤其在图像方面对人们的贡献是非常大的，如使用手机刷脸解锁、各类手机 APP 刷脸登录、车站刷脸识别，这些都是人工智能给人类带来的帮助，这些识别背后所使用的算法是很成熟的，识别率甚至可以超过人眼的识别水平，不仅如此，股票预测、房价预测和电网的负荷预测等都需要人工智能来完成，在这种趋势下，电子与通信工程专业的近年来的研究也纷纷结合了人工智能的方法。

2) 大数据研究

大数据研究主要涵盖了 3 个关键词：大数据、数据挖掘、软件定义网络。大数据与人工智能领域相辅相成，是互联网行业不可缺少的分支，随着科技的发展，人类的数据规模越来越庞大。目前，大数据研究已经普及到全球大大小小的公司与行业。因此，全球各国的高校与企业也开始了陆续培养大数据研究人才的计划，在 5G 通信的推动下，未来的大数据发展会有更进一步的发展。

3) FPGA 研究

FPGA 研究主要涵盖 3 个关键词：FPGA、DSP、图像处理。各个研究领域并不是相互独立的，FPGA 与其他几个领域都存在比较强的关联，FPGA 是通信领域的核心设备，各个领域所需要的高速信号通信大多采用 FPGA 技术。我国 FPGA 国产化的使命，道阻且长。通过对比 2015 年到 2019 年 FPGA 和深度学习关键词出现频率(见表 4)可以看出，从 2017 年开始，电子与通信工程专业对 FPGA 的研究热度逐渐降低，对人工智能领域的研究急剧增加，我们在享受智能时代创造的巨大利益的同时，更要关心国家芯片自主研发所带来的长远利益，当硬件的发展跟不上软件发展的步伐，那么软件的发展也会随之受到影响，在未来国家对于芯片人才的需求只会越来越强强烈，高校对于这部分人才的培养更应该重视起来。

Table 4. Frequency comparison between FPGA and deep learning in 2015-2019

表 4. 2015~2019 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	174	1	2015	5	338
2016	145	1	2016	29	18
2017	108	1	2017	55	4
2018	93	3	2018	121	2
2019	95	3	2019	228	1

4) 物联网研究

物联网研究主要涵盖 11 个关键词：嵌入式、ARM、视频控制、STM32、数据采集、Zigbee、智能家居、物联网、Android、无线传感器网络、室内定位。物联网就是将人们身边的物接入到网络中，通过网络实现物与物，人与物之间的互相通信与监管。从聚类结果可以看出，目前电子与通信工程专业对于物联网的研究主要集中在智能家居上，应用于智能家居和物联网比较多的技术是 Zigbee，在 Android 上开发手机 APP 来控制智能设备，如嵌入式、ARM、STM32、视频控制等，无线传感器网络更多应用于传感器和传感器之间的连接，物联网和人工智能的结合相对于其他领域更弱一些，目前许多企业已经有了比较成熟的智慧物联领域，所以，高校研究把物联网更多的结合到人工智能上是一个不错的选择。

5) 通信领域研究

通信领域研究主要涵盖 7 个关键词：信道估计、正交频分复用、压缩感知、大规模 MIMO、LTE、

资源分配、认知无线电。电报是通信领域的起源，它将人们想要传递的有用信息通过电信号的方式传递，与古代传信方式相比，极大地提升了信息传递效率。科学发展的三十几年后，为了避免电报转译电码的不便，电话问世，电话的发明开启了通信的时代。随后，计算机，交换机等设备陆续问世，近现代通信技术的大门正式被打开了。十年前在通信领域的研究有很大的上升空间，但随着人工智能、深度学习的疯狂来袭、通信领域趋于饱和的情况下，降低了该专业在通信领域的研究。可以从聚类结果来看，电子与通信工程专业与通信工程专业研究通信领域相关领域颇多，尤其在信道估计和 MIMO。但随着时间的推移，类似基于电磁场与微波的射频技术这种比较复杂的技术，在没有跨越式的进步情况下，也降低了研究的兴趣点。

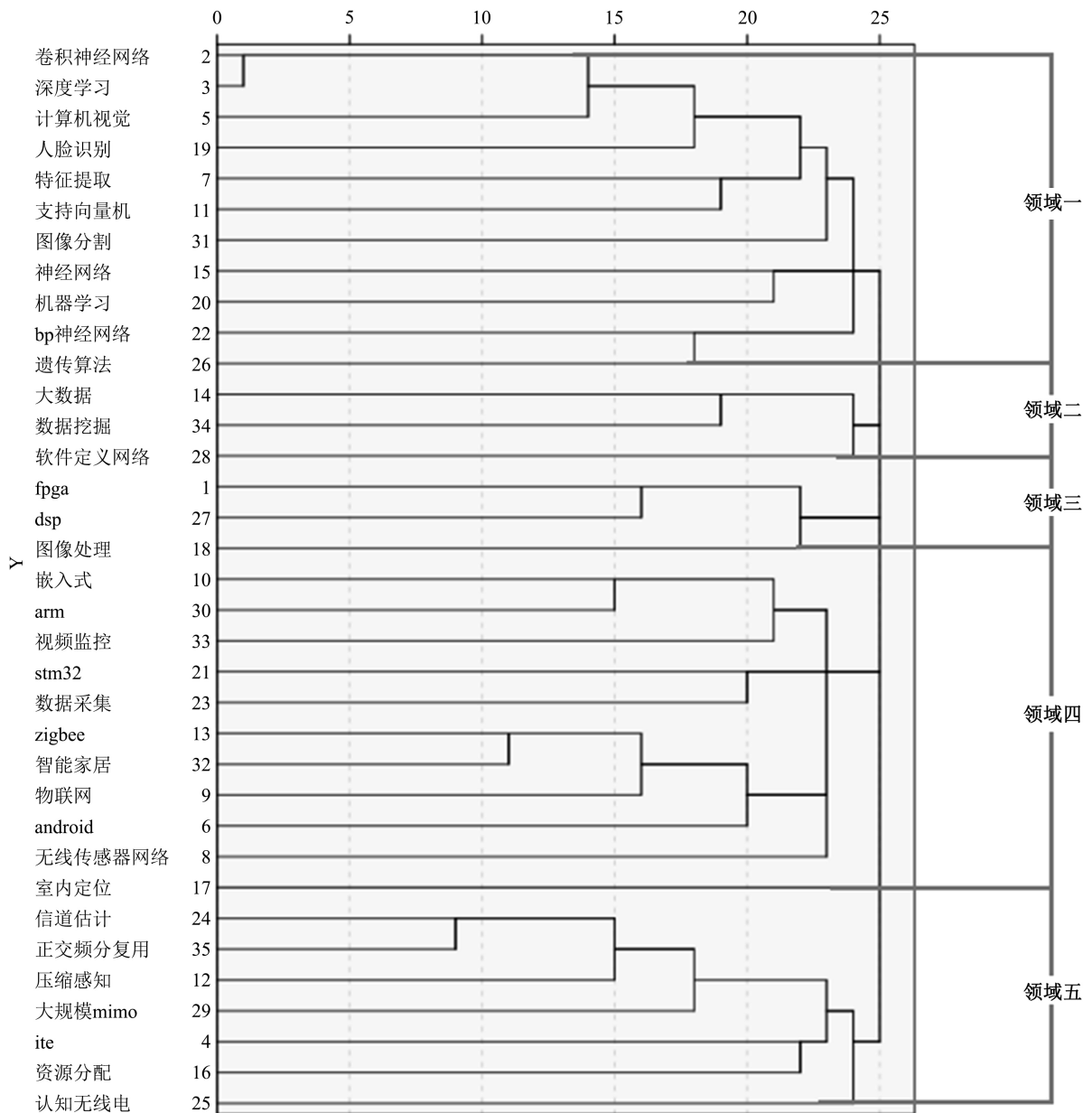


Figure 1. Cluster analysis dendrogram
图 1. 聚类分析树状图

3.4. 多维尺度分析

多维尺度分析是一种将高维度的数据进行降维，将多个研究事物放在低维度空间里进行之间的相关性分析的方法。根据电子与通信工程专业硕士学位论文高频关键词的相异矩阵，使用二维空间来展示各关键词的联系程度，二维空间中的离散点代表本研究中的高频关键词，保持研究对象之间的相似性或各向异性关系，并且以点与点之间的距离来表示事物之间的关联性。将生成的相异矩阵导入至 SPSS24.0 软件当中，选择标度中的多维标度(ALSCAL)功能进行二维尺度分析运算，在二维的坐标平面内呈现近五年电子与通信工程专业硕士学位论文研究热点方向的关联性，通过距离的远近表示关键词关联性的强弱。结合聚类分析的结果，绘制出电子与通信工程专业研究领域多维尺度分析图(见图 2)。高频关键词分布在二维空间坐标系的四个象限中，其中第二和第四象限的高频关键词位于结构的中心，呈现紧密的距离结构[5]；第一象限的关键词之间的结构显然是相对宽松的；第三象限中内部结构是紧密的，但是处于边缘。

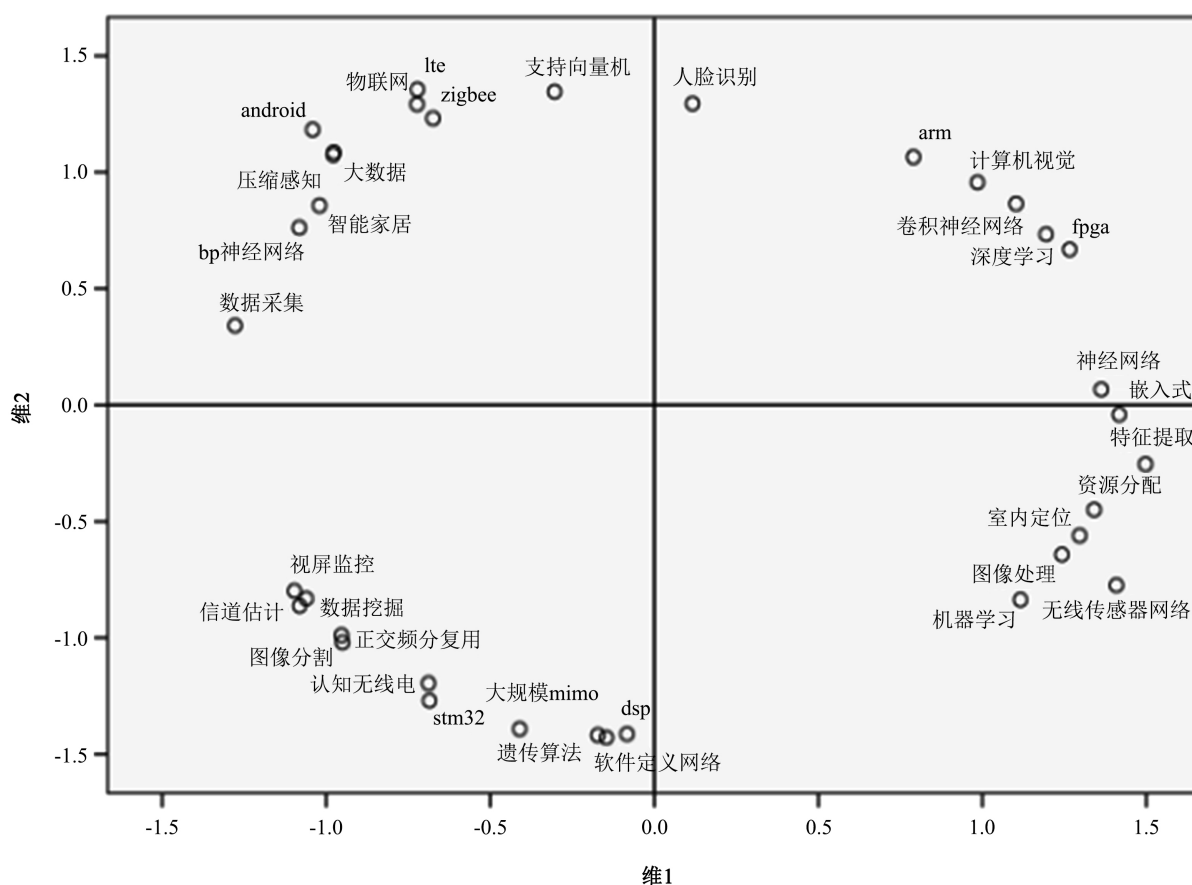


Figure 2. Multi-dimensional scale analysis diagram of the research field

图 2. 研究领域多维尺度分析图

从知识图谱分布可以看出：深度学习、卷积神经网络、计算机视觉、FPGA 处于核心位置，表明这些领域是目前电子与通信工程研究的热点领域。

3.5. 社会网络分析

采用的 COOC6.722 软件，导入共词矩阵，生成社会网络图谱，网络图谱如图 3 所示。

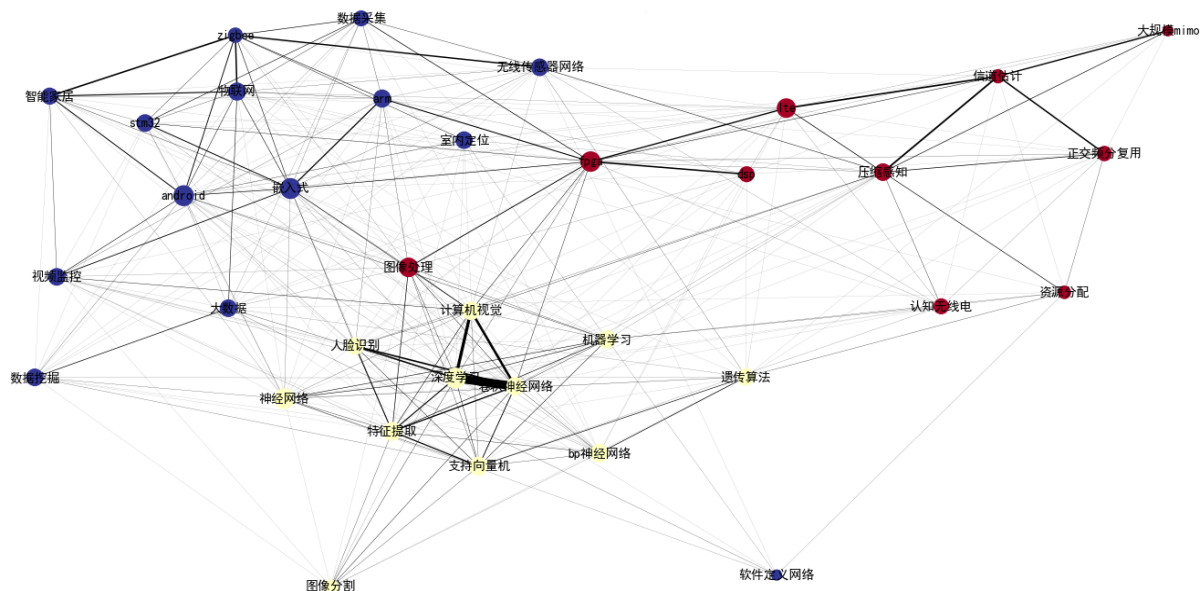


Figure 3. Network map of high-frequency keywords
图 3. 高频关键词网络图谱

从图中观察到，图中共有 35 个节点，且每个节点代表高频关键词，点与点之间的连线及粗细表示他们之间的关联性是否密切，其中，能明显看出深度学习和卷积神经网络间连线最为粗厚，可见它们之间的联系密切程度最大；其次深度学习与计算机视觉、卷积神经网络三者之间的联系程度较密切；FPGA 处在整个网络图中的核心位置与其他关键词联系较为紧密；软件定义网络和图像分割节点最小且和其他关键词联系最为薄弱；物联网领域研究和其他领域联系最为稀疏；这种网络形态表明电子与通信工程专业的研究热点领域相对独立且集中，领域与领域之间的联系有待加强。

4. 研究结论

根据上文生成的多维尺度分析图、聚类分析图和社会网络分析图，对目前国内电子与通信工程专业的研究热点分析如下：

本专业对互联网、大数据、人工智能的研究从 2018 年起关键词频数一直居于首位，并呈现逐年增加的趋势，是近几年来电子与通信工程专业研究最为火热的一个研究方向，这体现了互联网、大数据、人工智能这三个领域相互联系，相互依托，在国家战略的背景支持下，人工智能领域会给创新型人才很大的发展空间；加强芯片自主研发领域的人才培养，本专业对 FPGA 的研究从 2015 年开始，关键词频数呈逐年下降的趋势，国家芯片自主研发是我国的大势所趋，高校应该重视此领域的研究，为国家的芯片研发事业培养更多的优秀人才；智慧物联、智慧医工是许多物联网公司的重点业务，高校研究将人工智能技术更多的应用在物联网上，将是一个很有前景的研究方向；加强通信领域的研究将会推动其他领域的发展，比如 5G 的发展将会推动大部分领域的突破，如无人驾驶、人工智能、物联网等。时代不同，电子与通信工程专业的研究热点也会发生改变，所以不同时期对于文献的可视化分析，有助于我们直观的了解到当下的研究热点，进而对当下的研究形式进行改进，对未来的研究趋势进行预测，有助于高效精准的为国家培养专业性人才。

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. COOC 一款用于文献计量和知识图谱绘制的新软件[EB/OL]. 2020-01-12. https://mp.weixin.qq.com/s/8RoKPLN6b1M5_jCk1J8UVg, 2020-08-16.
- [2] 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]. 2020-01-12. <https://mp.weixin.qq.com/s/IbNjYzAahWLgPPJw9QtywQ>, 2020-08-16.
- [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] 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.
- [5] 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(7): 98-101.