

情感计算与数字经济高质量发展的知识图谱分析

裴冠雄¹, 吕 栋², 李太豪¹, 汪严磊³, 徐若豪¹

(1. 之江实验室 跨媒体智能研究中心, 杭州 311121; 2. 之江实验室 智能社会治理研究中心, 杭州 311121;
3. 德勤中国 创新部门, 上海 200002)

摘要:情感的识别和理解是类人智能机器的核心功能之一,并在数字经济高质量发展过程中发挥着愈发重要的作用。现阶段,针对人的情感做出智慧、灵敏、友好反应的计算机系统正在多领域实现应用,计算机的拟人化程度不断提升,带来了人机共存社会交互模式的创新变革,形成了新的需求增长点,对经济社会发展产生了巨大的拉动作用。文中系统阐释情感计算与消费转型升级、制造业数字化转型、数字经济治理的关系。通过中国知网检索 CSSCI 期刊中关于“情感计算”与“数字经济”在 2014—2021 年发表的文献,发现近年来发文量呈现显著增长态势,研究的重心从核心技术驱动逐步转向应用场景驱动,更加侧重于问题导向和需求导向。从情感计算与数字经济高质量发展的内在逻辑出发,总结了通过情感计算技术和应用,有效促进中国数字经济高质量发展的政策建议。

关键词:情感计算;数字经济;高质量发展

中图分类号:G203 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2022)05-0118-09

情感的识别和理解是类人智能机器的核心功能之一。情感计算(affective computing)的概念最早由美国麻省理工学院的罗萨琳德·皮卡德教授提出,她指出情感计算试图创建一种能感知、识别和理解人的情感,并能针对个体的情感做出智慧、灵敏、友好反应的计算机系统,并实现在多领域的应用^[1]。

随着人工智能技术的发展,情感计算受到了学术界和工业界的广泛关注,并具有重要的意义和影响。人工智能的奠基者马文·明斯基就指出,不在于智能机器是否具有情感,而在于没有情感的机器能否实现智能。以情感计算为底层技术逻辑的情感机器人/智能系统正在触发人类社会生活的深刻变革,美国麻省理工学院更是提出了近 50 种情感计算的应用项目,包括在医疗康复、人才测评、舆情监控、远程教育、老年陪护、电商评价、驾驶安全、金融风险评估等领域,都具备巨大的应用前景。目前卡耐基梅隆大学、日内瓦大学、清华大学、中国科学院、之江实验室,以及 Youtube、Facebook、Microsoft 等为代表的国内外高校院所和互联网科技

巨头均在开展情感计算研究和成果转化,Affectiva、Emotient、竹间智能等独角兽企业也相继涌现^[2]。

随着新一轮科技革命和产业变革突飞猛进,数字经济成为驱动中国经济发展新引擎。从 2014 年以来,国内开始逐步关注于情感计算如何驱动中国数字经济高质量发展。但是,对于情感计算与数字经济高质量发展的逻辑关系仍然较为模糊,缺乏系统的归纳和总结。本文在梳理两者关系的基础上,分析总结现有研究的特色、焦点和结论,最后归纳和提出依托情感计算推动中国数字经济高质量发展的政策建议。

1 情感计算与数字经济高质量发展的关系

数字经济作为一种经济形态,其本质在于信息化和数据驱动,是由计算机、互联网、大数据等生产工具的革命引发的新型社会经济发展模式,以联接和计算为基础,引导、实现资源的快速优化配置,并再生、实现经济和社会高质量发展^[3-4]。情感计算在推动消费转型升级、制造业数字化转型和数字经济治理模式优化等方面均具有重要价值,对于促进数字经济高质量发展意义深远。

收稿日期:2022-01-10

基金项目:浙江省自然科学基金(LQ22C090007)。

作者简介:裴冠雄(1991—),男,山西沁水人,之江实验室跨媒体智能研究中心,副研究员,博士,研究方向为情感认知、情感计算,中国技术经济学会会员登记号为 I031501463S;吕栋(1987—),男,浙江宁波人,之江实验室智能社会治理研究中心,工程师,博士,研究方向为人工智能社会治理;通信作者李太豪(1971—),男,河南郑州人,之江实验室跨媒体智能研究中心,研究员,博士,研究方向为自然语言处理、情感计算,中国技术经济学会会员登记号为 I031501465S;汪严磊(1988—),男,浙江余杭人,德勤中国创新部门,副总监,研究方向为心理学、创新管理,中国技术经济学会会员登记号为 I030000146S;徐若豪(1995—),男,浙江淳安人,之江实验室跨媒体智能研究中心,工程专员,硕士,研究方向为虚拟现实、情感计算。

1.1 情感计算与消费转型升级的关系

近年来,中国经济正在由传统的投资拉动模式向消费驱动模式转型,“三驾马车”中投资与出口对经济的贡献度呈现明显的下降趋势,消费升级正逐步成为中国经济发展最重要的推动力^[5]。消费者正从原有注重物美价廉,逐步将目光转向差异化和人性化体验,感性消费异军突起,没有情感的产品已经很难走进消费者的内心。如何赋予产品以情感内涵,以及如何通过情感计算提升产品的附加值,成为很多厂商关注的焦点。比如在智能导购、销售助手、智能陪练、企业虚拟助理、车载语音助手等领域,研发具有情感识别能力的对话机器人,搭建情感智能开源开放平台,有助于显著提升产品的竞争力和消费者的满意度。与此同时,随着社会物质水平的显著提升,人们对于精神方面的追求日渐迫切,情感需求和精神需求被释放,依托于情感计算技术的陪护机器人、闲聊机器人等正在走进千家万户,情感计算在压力检测、抑郁检测、情绪安抚、AI心理医生等大健康领域也表现出广阔的应用前景,能够有效提升消费能级^[6]。一个典型的案例是通过情感计算技术满足精神永生的需求,韩国VR技术和情感计算公司通过模拟去世亲人的图像、表情、声音和动作,构建了“数字天堂”,为永隔两世的母女创造了再次相遇的虚拟世界,成为解决亲人逝去痛苦的一个重要出口,在韩国产生了极大的轰动和影响。该技术还有助于治疗创伤后应激障碍,帮助患者直面伤痛记忆本身,直到问题解决。

1.2 情感计算与制造业数字化转型的关系

数据已成为驱动经济社会发展的关键生产要素,正推动着实体经济发展模式、生产方式的深刻变革^[7]。对制造业发展而言,数字化转型已不是“选择题”,而是关乎生存和长远发展的“必修课”。习近平总书记强调,要推动产业数字化,利用新技术新应用对传统制造业进行全方位、全角度、全链条的改造,提高全要素生产率,释放数字对经济发展的放大、叠加、倍增作用。情感计算有助于从3个维度对制造业数字化转型起到关键的推动作用:一是进一步优化人机交互体验,通过面部表情、自然语言、身体姿态、价值取向、个人爱好等的感知,识别和理解人的情感,形成自然而亲切的交互,营造真正和谐的人机环境;二是进一步提高智能效率,通过类脑情感启发的机器智能,使得机器在决策时具备价值、时间、利益倾向、全局关联等概念,从而优

先摄取和优先使用关键信息,提高传统计算智能的效率;三是进一步延长、拓宽、挖深产业链,更加精准地对接个性化、精细化、多样化的新兴市场需求,提供更细分、更专业、更便利的服务。随着情感计算与传统制造业的持续深度融合,企业的生产效率将进一步提升,生产要素配置将更加优化,显著降低供给成本,有助于激发企业更大生产力和创新活力。一个典型的案例是通过情感计算赋能智慧家居,基于“以人为本”的理念,在深度挖掘用户体验的基础上,通过语音、文本、图像等数据,形成智能家居环境下个体的行为和情感状态数据集,实现精准智能感知和多模态人机交互,对家居场景的环境温度、灯光、布局、功能等进行自动优化配置。

1.3 情感计算与数字经济治理模式优化的关系

经济大数据为各方更好地做出科学规划和调控以及提高经济治理水平奠定了基础,数字经济让有效市场和有为政府更好发挥各自作用,协同推动经济高质量发展。情感计算对推动数字经济治理模式变革具有重大的意义,应用包括对公安审讯实时分析预警、精神压力智能筛查、司机情绪和疲劳度监测、金融信贷面签风险评估、窗口单位或呼叫中心座席情绪监控和满意度分析、情感舆情监测等,将深刻改变政府、社会、经济治理模式,真正实现小应用大治理、小技术大提效。一个典型的案例是在学校治理中,浙江部分中学推行的“智慧课堂”项目,可以通过教室前端的3个摄像头识别7种情绪(恐惧、快乐、厌恶、悲伤、惊讶、愤怒和中性),系统每隔30秒会进行一次扫描,实时分析出学生们在课堂上的状态,对教学内容做进一步优化、精炼与提升。

1.4 小结

情感计算赋能下的数字经济,表现在资源效率、技术效率、要素配置效率等方面的高质量,在需求端、供给端、制度端等均表现出明显的系统性、均衡性、可持续性的特点,有助于做大产业规模,优化产业布局,深化融合发展,建立现代化数字经济体系,为实现“两个一百年”奋斗目标、实现中华民族伟大复兴的中国梦构筑雄厚的经济基础。

2 情感计算与数字经济高质量发展知识图谱分析

2.1 描述性统计分析结果

本研究在中国知网对CSSCI期刊进行检索,以“情感计算”“数字经济”为核心关键词,发现2014年以前的文献较少。从2014年起,相关文献量呈现了

明显的上升态势,这可能与“数字经济”在中国社会逐步受到政府重视有着直接的关系。特别是 2017、2019、2020、2021 年,“数字经济”被 4 次写入中国政府工作报告之后,在一定程度上推动了相关领域的研究和基金的资助。共搜索 2014—2021 年的 315 篇期刊论文,历年分布如图 1 所示。

从图 1 中可以看出,情感计算与数字经济高质量发展的文献呈现逐年递增的趋势,特别是在 2020 年前后达到峰值。这表明中国情感计算技术

在高速发展的同时,学术界和业界开始更加关注于情感计算如何服务和支撑中国数字经济的高质量发展。从基金资助方的角度来分析,“国家自然科学基金”显著多于其他各类基金,位居前列的还有“国家社会科学基金”“教育部人文社会科学研究基金”“国家重点研发计划”,体现了国家层面对情感计算如何促进数字经济高质量发展的重视,如图 2 所示。同时,各省基金分布相对均衡,分布面较广,均对这一主题有立项布局。

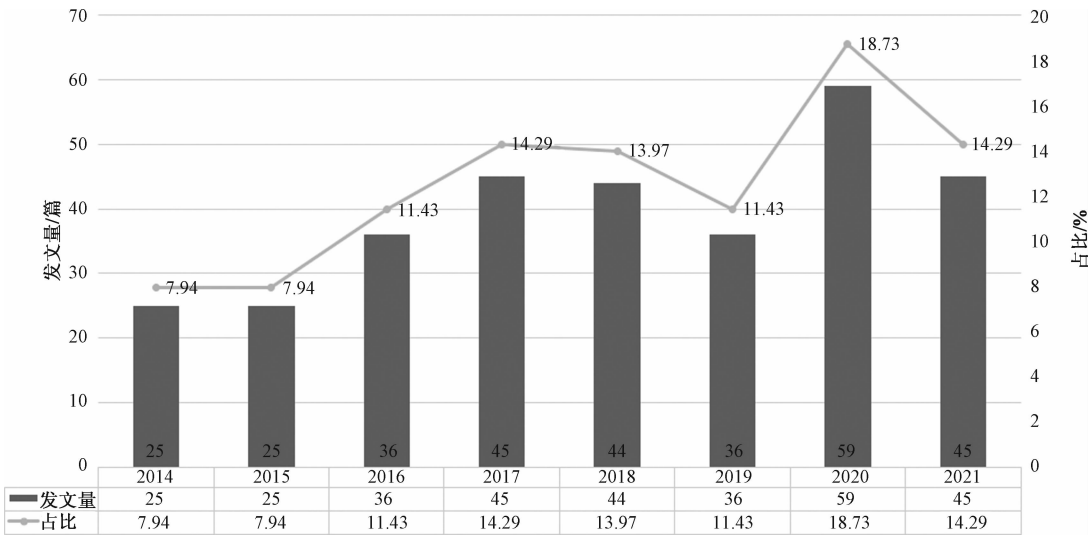


图 1 历年发文量走势

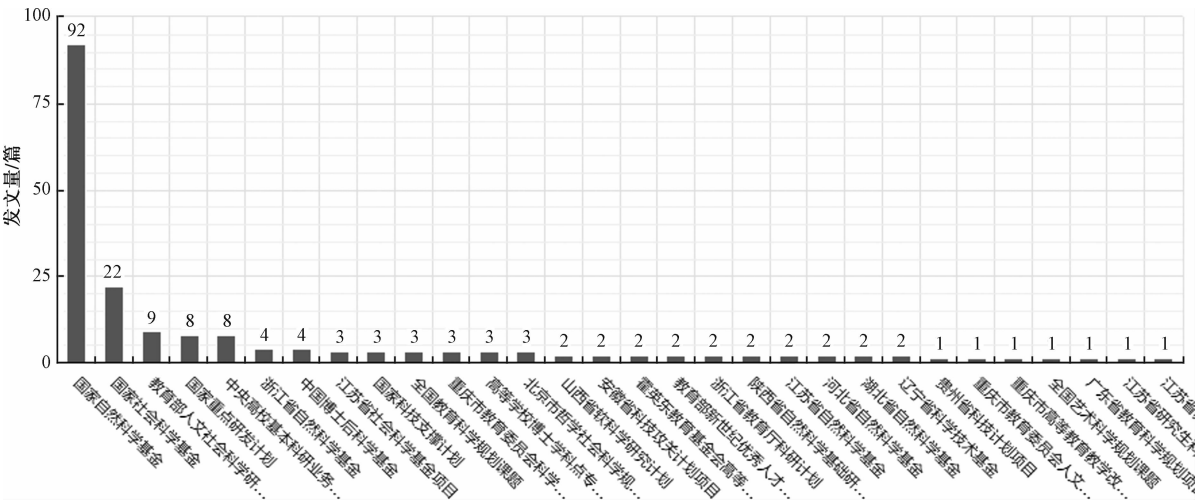


图 2 相关研究的基金资助情况

从作者所在单位而言,华中师范大学、清华大学等高校位居前列,主要表现为传统的计算机、自动化学科优势高校,此外,北京大学、清华大学、浙江大学、复旦大学、中国科学技术大学、武汉大学、哈尔滨工业大学等名校均具有相关领域的研究布

局和团队。北京师范大学、华中师范大学、华东师范大学、南京师范大学、陕西师范大学等师范类高校均有上榜,表明情感计算在助推数字教育中发挥了重要的作用,这也与国际大趋势相一致^[8-9],如图 3 所示。

从学科分布而言,涉及的学科分布非常广泛,包括计算机、自动化技术、教育学、电信技术、新闻与传媒、信息学、金融学等,其中计算机软件及计算机应用技术占比达到 35.1%,自动化技术占比达到

17.3%。这体现了情感计算和数字经济的交叉学科研究的属性,同时也表现出了相关技术在教育、新闻、情报、心理、金融、互联网等各领域的广泛应用,如图 4 所示。

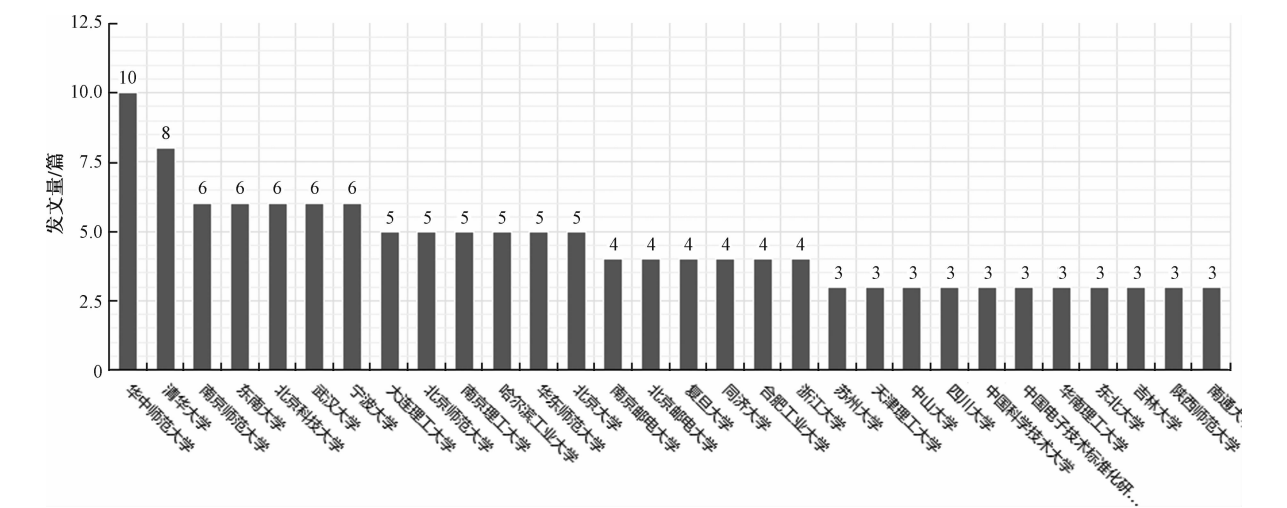


图 3 作者所在单位分布情况

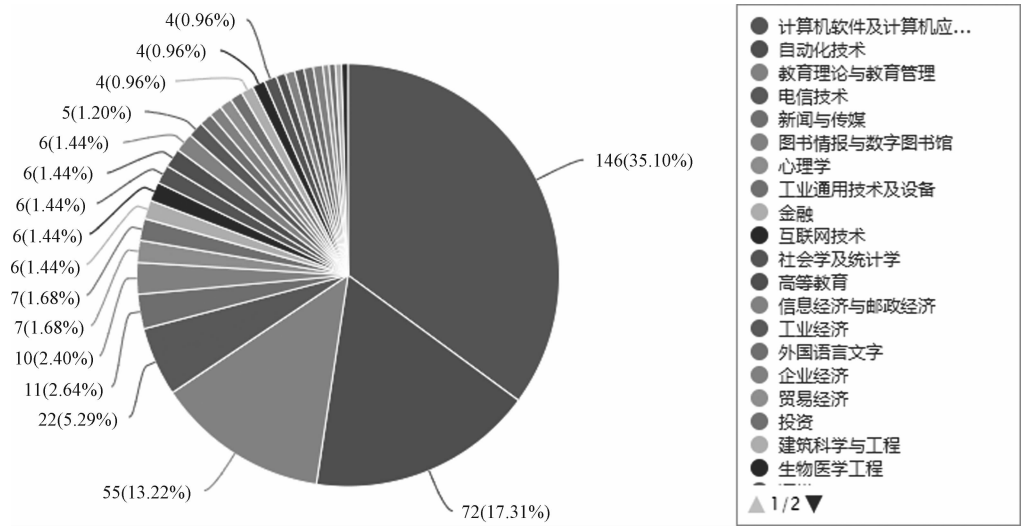


图 4 学科分布情况

2.2 CiteSpace 作者合作网络图谱分析

本研究首先对作者及其合作网络进行了系统分析,来梳理我国在研究情感计算与数字经济高质量发展这一领域上的主要学者和学术组织。通过 CiteSpace 进行了结果的可视化分析,如图 5 所示。图中字体越大代表作者的发文数量越多,节点之间的关系代表了不同作者之间的合作网络,线条的粗细表征了合作的紧密程度。

图 5 的总度数为 395,图中网络节点数量为 689,连线数量为 967,网络的密度为 0.004 1,表明这一领域研究较为分散,还未形成有规模、有组织

的合作网络。从 2014—2021 年的文献可以看出,由刘箴、刘婷婷、柴艳杰、张明敏、向南等组成了最紧密的合作团体。此外,由任福继组成的研究团体颇具代表性,据 2021 年 11 月发表在 *Nature* 子刊 *Humanities and Social Sciences Communications* 的论文信息,文献计量结果表明,美国和中国已经成为两个主导情感计算研究的国家,中国人工智能学会名誉副理事长、日本工程院院士任福继教授,在情感计算领域排名全球前 3 位^[10]。任福继院士目前代表了国内情感计算和数字经济高质量发展研究领域的最高水平。

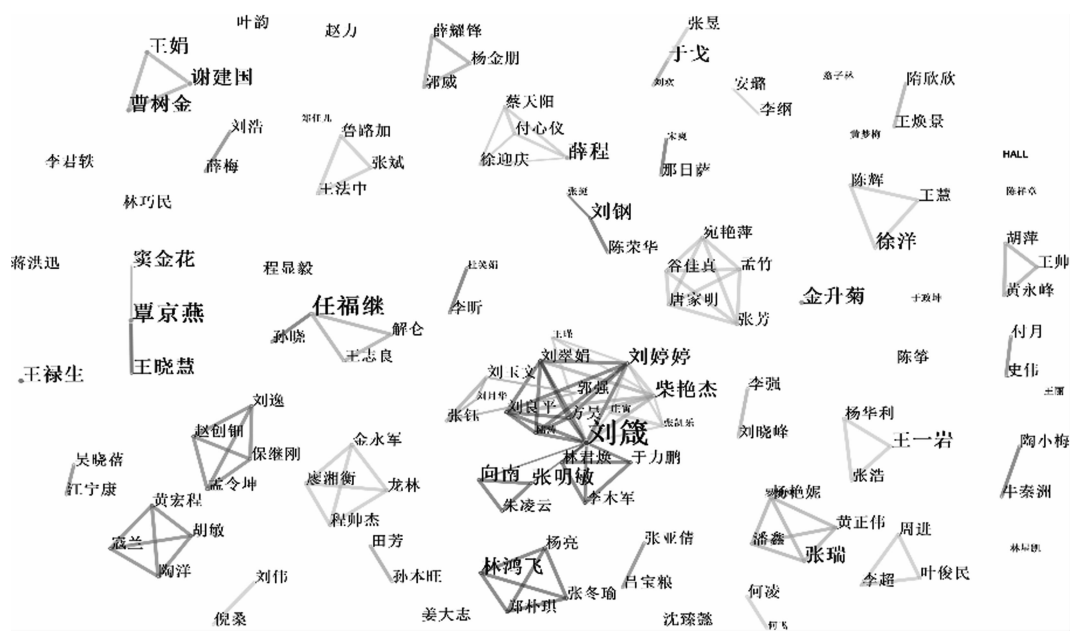


图 5 作者及合作网络知识图谱

由表 1 可知,从单个作者的发文量上来看,排名前两位的为刘箴的 7 篇和任福继的 4 篇。从合作度的视角,排名前 4 位的为刘箴的 14 度,任福继的 10 度,薛程和刘婷婷的 9 度。平均合作度为 3.6 度,说明领域内的合作关系网络初具雏形,但相对固定、严密成熟的合作关系还未形成。

2.3 CiteSpace 机构合作网络图谱分析

研究机构的网络图谱可以直观表征研究力量的地理信息空间分布情况。利用 CiteSpace 的合作网络分析功能,挖掘了情感计算与数字经济高质量发展关系的研究机构合作网络情况。将 Time Slicing 设定为 2014—2021 年,如图 6 所示,节点越大

表示该机构发表的论文数量越多,节点之间的连线表征了机构之间的合作强度。

表 1 高产作者发文量和合作度综合排名

排名	作者	发文量/篇	合作度
1	刘 箴	7	14
2	任福继	4	10
3	薛 程	3	9
4	刘婷婷	3	9
5	于 戈	3	8
6	柴艳杰	3	8
7	林鸿飞	3	7
8	刘 钢	3	6
9	王一岩	3	5
10	徐 洋	3	4

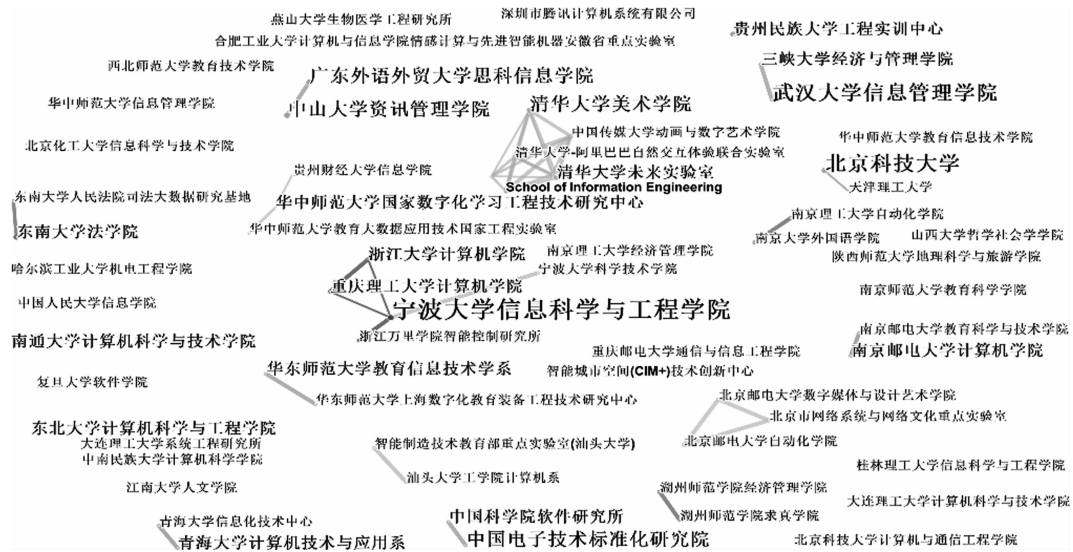


图 6 机构合作网络知识图谱

图 6 中总度数为 141, 图中网络节点数量为 396, 连线数量为 245, 网络的密度为 0.003 1, 表明机构间的合作较为松散。其中已形成的最为明显的合作网络为清华大学未来实验室、清华大学美术学院、清华大学-阿里巴巴自然交互体验联合实验室、中国传媒大学动画与数字艺术学院、清华大学信息工程学院等组成的组团, 以及浙江大学计算机学院、重庆理工大学计算机学院、宁波大学信息科学与工程学院组成的组团。表 2 显示, 发文量最多的是宁波大学信息科学与工程学院, 武汉大学信息管理学院、清华大学美术学院、广东外语外贸大学思科信息学院、中国电子技术标准化研究院等位列前 5。排名前列的机构之间合作网络关系并不明显, 目前在该领域仍有较大的合作拓展空间。

表 2 高产机构发文量和合作度综合排名

排名	机构	发文量/篇	合作度
1	宁波大学信息科学与工程学院	7	5
2	武汉大学信息管理学院	5	3
3	清华大学美术学院	4	6
4	广东外语外贸大学思科信息学院	4	3
5	中国电子技术标准化研究院	4	2
6	清华大学未来实验室	3	6
7	南京邮电大学计算机学院	3	3
8	南通大学计算机科学与技术学院	3	2
9	重庆理工大学计算机学院	3	2
10	三峡大学经济与管理学院	3	2
11	华中师范大学国家数字化学习工程技术研究中心	3	2
12	华东师范大学教育信息技术学系	3	2
13	中国科学院软件研究所	3	2
14	浙江大学计算机学院	3	2

2.4 关键词分析

为了明晰中国研究者在该主题下的研究聚焦点,对 315 篇文献开展了关键词的共现分析。如图 7 所示,总共检索到的关键词为 300 个,形成了 380 条连线,图中点越大表示该词汇出现的频率越高,连线表示关键词之间的共现度,连线越粗表示两者共现的强度越高。结果表明,“情感计算”是最大的节点,“人工智能”“情感分析”“深度学习”“机器学习”和“人机交互”等次之。

研究者主要从 3 个方面开展研究,一是从情感计算的理论模型构建视角,提出和运用 PAD 情感模型、TSE 模型、博弈论等推动技术的发展和进步;二是从情感计算算法的视角切入,关注于如何依托于机器学习、深度学习的方法,提取文本(句法分析、观点挖掘)、语音、表情、生理信号等多模态特征,在语料库、数据集上实现更加准确的情感分类



图 7 关键词共现图谱

识别;三是从情感计算应用的视角切入,关注于如何依托于现有的情感计算技术,在人机交互、数字教育、互联网、舆情监测、信息过滤、工业机器人、短视频、智能汽车、智能手机等领域实现应用,进而推动数字经济的高质量发展。

表 3 显示,“情感计算”“情感分析”“人工智能”“深度学习”“机器学习”等关键词在整个图谱网络中发挥了关键作用,理论模型、算法优化等是关注的重点。此外,在智能手机、互联网、智能汽车、人工智能系统领域的应用较为深入,研究关注度高。

表 3 根据度中心性排序的高频关键词

排序	关键词	频次	度中心性
1	情感计算	156	69
2	情感分析	32	25
3	人工智能	40	22
4	深度学习	22	15
5	机器学习	14	10
6	情感模型	6	8
7	情感识别	6	7
8	学习分析	6	7
9	智能手机	2	7
10	世界互联网大会	2	7
11	特斯拉	2	7
12	人工智能系统	2	7

表4显示,“多模态”“学习分析”“学习者情感”“EAI”“情绪识别”等关键词出现的频次很低,但是其中介中心性较高,说明这些关键词处于与其他关键词的通信路径中,对文献之间的互引关系产生了积极的作用。

如图 8 所示,基于 CiteSpace 对情感计算和数字经济高质量发展关键词突现(Citation Bursts)指标的分析结果表明,自 2014 年以来,突现强度较大的关键词有人工智能(2.8)、表情识别(2.43)、多模

态(1.7)、情感模型(1.66)、学习分析(1.29)、人工智能技术(1.27)等,可见近期热点在于如何将人工智能的技术更多地赋能于情感计算领域,从而进一步促进数字经济的高质量发展。

表 4 根据中介中心性排序的高频关键词

排序	关键词	频次	中介中心性
1	情感计算	156	0.73
2	多模态	5	0.67
3	学习分析	6	0.55
4	机器学习	14	0.37
5	情感分析	32	0.36
6	人工智能	40	0.35
7	深度学习	22	0.32
8	学习者情感	1	0.31
9	EAI	1	0.28
10	情绪识别	4	0.19

为了有效地分析中国学者对情感计算与数字经济高质量发展关系的热点转化,对 315 篇文献的关键词开展了时序分析,如图 9 所示,相关领域的研究热点从聚焦于理论模型和算法演化,逐步过渡到系统生成和实际应用,特别是 2021 年以来聚焦于信息管理、法律规划、在场体验、多元交互、个性化教育、人机融合、人形机器人等应用领域,表明学者们从原有关关注于技术本身,开始转而更多关注技术落地和对社会经济贡献的实际贡献。

3 情感计算促进数字经济高质量发展的建议

前文系统回顾了情感计算与数字经济高质量



图 8 关键词突现分析图

发展之间的关系,以及中国 2014—2021 年以来相关研究的聚焦点。结合以往的研究,对于未来如何有效发挥情感计算的作用,进一步促进数字经济发展,提出如下 4 条建议:

1)加强情感计算关键技术的联合攻关。现有情感计算技术在支撑数字经济高质量发展方面依然面临着一些问题,主要表现为情感分类模型较为单一、多模态情感数据缺乏、多模态学习技术尚需提高、情感交互影响的感知以及情感动态变化跟踪存在困难、计算能力难以满足多模态数据处理和复杂神经网络运行的要求、对话系统的原型系统缺少

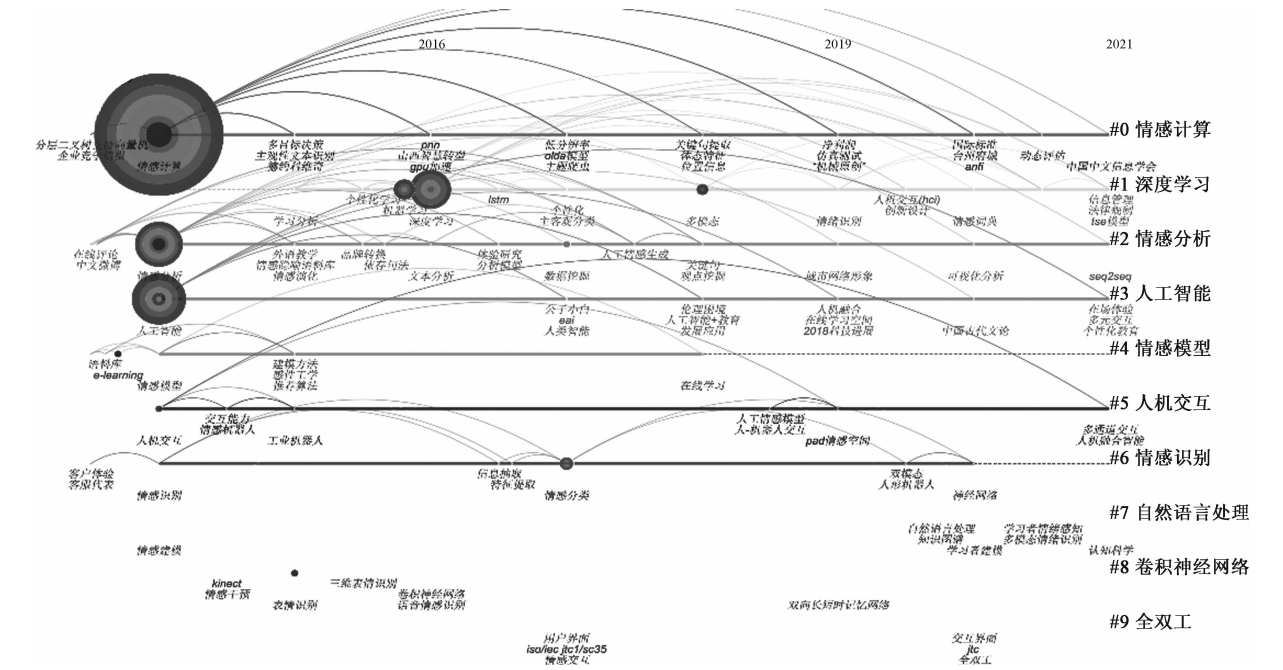


图 9 关键词时序图谱

知识驱动组件等^[2,11-12],要解决目前的问题,必须依托于新一代情感计算理论模型,在多模态信息高速处理与异构智能计算平台的有力支撑下,通过构建中文多模态对话情感识别数据集以及面向情感计算的多模态大数据高效管理与分析引擎,创新性地开发新一代情感计算算法体系,从而有力支撑情感计算技术在数字经济复杂场景中的应用。要实现上述目标,需要国际和国内更加紧密合作网络的形成。本研究分析表明,中国在情感计算与数字经济发展领域的研究依然较为薄弱,需要在学术交流互融互促上提高水平。此外,除了国家层面的基金大力扶持以外,省部级的资助配套较为薄弱,特别是上海、浙江等数字经济的龙头地区,应该进一步加大投入的力度。

2)更加注重情感计算在产业和消费升级中的作用。对于产业升级而言,在《情感机器人》一书中,作

者提出了“人工情感+”产业革命,它是继“互联网+”之后的更广泛而深刻的产业革命,并描绘了感觉系统、认知系统、评价系统(包括情感表达系统、情感识别系统、情感运算系统、价值观系统)、意志运算系统、感知情意交互系统、记忆系统、注意系统、自我意识系统等开发的广阔前景^[13],对未来情感计算与数字经济高质量发展做了系统、全面和科学的预测。而在消费升级领域,了解和分析消费者的情绪状态非常关键,其不仅能够有效识别消费偏好和潜在需求,而且能够准确预测消费者的购买意愿,对于产品设计、广告构思、市场调研和定价、促销渠道和方式、目标人群识别等方面都具有重要帮助。已有学者系统论述了通过脑电信号进行消费情绪监测的方法^[14],如图10所示,未来基于多模态的情感计算将非常有助于企业更好地服务消费需求,实现高质量发展。

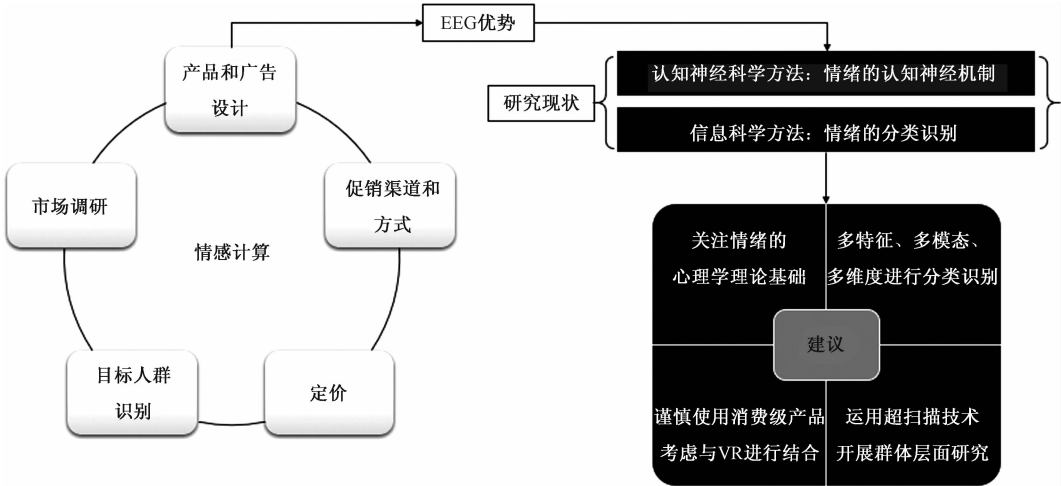


图 10 基于脑电信号的情感计算在服务消费升级中的作用

3)更加注重对话场景下的情感计算技术应用。在信息技术发展史上,真正意义上的大时代主要出现过两次,均是由交互革命所触发。第一个大时代以微软等为主要代表,表现为图形用户界面成为主流的人机交互接口,从而使得个人电脑迅速普及全球;第二个大时代以谷歌等为主要代表,表现为通过搜索引擎和浏览器与世界连接,从而使得互联网成为人类的基础设施。而今天正处于第二个大时代与第三个大时代的过渡期,第三个大时代以情感计算技术的核心掌握者为代表,表现为通过对话实现人机自然交互,也有专家将其界定为对话即平台(Conversations as Platforms)的崛起^[15],从而使得自然交互和移动智联成为人类的基础设施。这反映了数字经济更为深入和高水平的渗透,人们将可以直接和机器说话,机器将会生成符合人格化和情

感化特征的对话回复,并逐步实现各种功能的调用。

4)更加注重情感计算在心理援助领域的应用。21 世纪人类面临的最大的健康挑战是心理问题。世界卫生组织的统计报告显示,全球约 10 亿人正在遭受各种心理和精神疾病的困扰,每 40 秒就有一人因自杀而失去生命,受新冠疫情等不利因素的影响,这一局面呈现逐步恶化趋势^[16]。与此同时,随着中国经济蓬勃发展,产品迭代、业态升级、模式变革、科技创新等加速演化,广大社会生产的参与者在享受发展红利的同时,也面临巨大的工作及生活压力,出现精神疾病的风险呈加速上升趋势,心理健康问题日渐成为社会关注的焦点。与生理疾病不同,由于内敛倾向、陈旧观念、社会舆论、传统教育等因素的多重影响,人们不愿意正视自己的心理问题,羞于承认自己患有精神疾病,导致病情不断恶

化,影响患者社会交往能力,导致情绪失控、身心俱疲,甚至会产生药物/毒品/酒精成瘾、抑郁、自残、自杀等严重后果。原有的心理预防与治疗体系需要开展创新变革,以应对当下高速发展社会中个体普遍面临的心理问题。近年来,情感计算技术正逐步应用于心理未病防治体系和前端诊疗体系,以IBM、之江实验室、达摩院等为代表的科技巨头纷纷布局,在心理咨询、初步筛查、案例建模等领域发挥了关键作用,优点主要表现为:突破时空限制,做到全天候对话响应和情感陪护;通过大数据分析,更加精确地诊断与预测个体的心理问题和行为倾向;避免人-人对话中常见的刻板印象、成见、反移情等问题;心理援助经验可以快速积累和复制,大幅降低心理健康保健成本。特别是在共同富裕的背景下,依托于情感计算的心理健康援助系统可以大幅降低心理咨询成本,让心理援助技术和服务惠及更多普通人。

参考文献

[1] PICARD R W. Affective computing: challenges[J]. International Journal of Human-Computer Studies, 2003, 59(1-2): 55-64.

[2] 李太豪,裴冠雄. 情感计算: 让机器拥有“情商”[J]. 张江科技评论, 2021(2): 24-25.

[3] 刘英恒太,杨丽娜. 中国数字经济产出的空间关联网络结构与影响因素研究[J]. 技术经济, 2021, 40(9): 137-145.

[4] 王娟,陈翔. 基于文献计量分析的我国数字经济研究现状[J]. 技术经济, 2020, 39(1): 19-24.

[5] 姚战琪. 产业数字化转型对消费升级和零售行业绩效的影

响[J]. 哈尔滨工业大学学报(社会科学版), 2021, 23(4): 143-151.

[6] 王曦,曾广平,乔柱. 面向心理健康的服务机器人设计与实现[J]. 制造业自动化, 2021, 43(6): 137-141.

[7] 吴欣阳,郭武燕. 产业与消费“双升级”背景下零售业数智化转型研究[J]. 商业经济研究, 2021(20): 180-182.

[8] WU C H, HUANG Y M, HWANG J P. Review of affective computing in education/learning[J]. British Journal of Educational Technology, 2016, 47(6): 1304-1323.

[9] YADEGARIDEHKORDI E, NOOR N, AYUB M B, et al. Affective computing in education: A systematic review and future research[J]. Computers & Education, 2019, 142: 103641-103649.

[10] HO M T, MANTELLO P, NGUYEN H K T, et al. Correction: Affective computing scholarship and the rise of China: a view from 25 years of bibliometric data[J]. Palgrave Communications, 2021, 8(1): 1-14.

[11] PORIA S, CAMBRIA E, BAJPAI R, et al. A review of affective computing: From unimodal analysis to multimodal fusion[J]. Information Fusion, 2017, 37: 98-125.

[12] RICHARDSON S. Affective computing in the modern workplace[J]. Business Information Review, 2020, 37(2): 78-85.

[13] 仇德辉. 情感机器人[M]. 北京: 台海出版社, 2018.

[14] PEI G, LI T. A literature review of EEG-based affective computing in marketing [J]. Frontiers in Psychology, 2021, 12: 602843.

[15] MACHIRAJU S, MODI R. Developing Bots with Microsoft Bots framework[M]. Berkeley: Apress, 2018.

[16] 马辛. 从中国心理卫生协会角度看新型冠状病毒肺炎疫情的心理援助工作[J]. 中国健康心理学杂志, 2021, 29(1): 1-5.

Knowledge Graph Analysis of Affective Computing and High-quality Development of Digital Economy

PEI Guanxiong¹, LYU Dong², LI Taihao¹, WANG Yanlei³, XU Ruohao¹

(1. Research Center for Transmedia Intelligence, Zhejiang Lab, Hangzhou 311121, China; 2. Research Center for Intelligent Social Governance, Zhejiang Lab, Hangzhou 311121, China; 3. Innovation Department, Deloitte, Shanghai 200002, China)

Abstract: Emotion recognition and understanding is one of the core functions of human-like intelligent machines, and plays a more and more important role in the high-quality development of digital economy. At this stage, the computing system that makes intelligent, sensitive and friendly response to emotions is being applied in many fields. The continuous improvement of the anthropomorphism of the computer has brought about the innovation and reform of the human-computer coexistence social interaction mode, formed a new demand growth point, and plays a great pulling role in the economic and social development. The relationship between affective computing and consumption transformation and upgrading, manufacturing digital transformation and digital economic governance is explained. By searching the literature published in CSSCI journals on “emotional computing” and “digital economy” from 2014 to 2021 through CNKI, it is found that the number of papers published in recent years has shown a significant growth trend. The research focus has gradually shifted from core technology driven to application scenario driven, with more emphasis on problem oriented and demand oriented. Based on the internal logic of emotional computing and the high-quality development of digital economy, the policy suggestions is summarized to effectively promote the high-quality development of digital economy in China through emotional computing technology innovation.

Keywords: affective computing; digital economy; high quality development