

全球医疗机器人技术领域创新态势分析

任佳妮, 杨 阳

(陕西省科学技术情报研究院, 陕西 西安 710054)

摘 要:突发公共卫生事件(如“新冠肺炎疫情”)下,无接触式诊疗可以减少医护人员与患者之间的接触感染。研判医疗机器人技术领域的创新研发态势,对无接触式医疗诊断和辅助治疗,具有较高的理论借鉴价值。该研究以医疗机器人技术为例,基于 Web of Science 论文数据和 Derwent Innovation 专利数据,利用 Derwent Data Analyzer、Uncinet 等软件工具,从科学研究和技术研发两种不同角度对医疗机器人技术领域的发文(申请)趋势、发文(申请)国家以及研究热点等进行分析;并通过高频关键词共词聚类分析,对比科技论文和专利的研究主题。中国医疗机器人技术的科学研究和技术研发已处于国际领先水平。医疗机器人技术发展已趋于成熟,新一代医疗机器人基础技术、新型(特种)医疗机器人以及医疗机器人辅助应用研究将是未来研究的主要研究方向。

关键词:无接触式诊疗;医疗机器人;共词聚类分析;知识图谱;创新态势

中图分类号:TP391

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2021)04-0158-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2021.04.027

Analysis of Innovation Situation in Field of Global Medical Robot Technology

REN Jia-ni, YANG Yang

(Institute of Scientific and Technical Intelligence of Shaanxi, Xi'an 710054, China)

Abstract: Under the public health emergencies (such as “New Coronary Pneumonia Outbreak”), non-contact medical can reduce contact infections between medical staff and patients. Researching and judging the trend of innovative research and development in the field of medical robot technology has high theoretical reference value for contactless medical diagnosis and auxiliary treatment. Based on the Web of Science database and the Derwent Innovation database, taking medical robot technology as an example, we use software tools such as Derwent Data Analyzer and Uncinet to analyze the trends of the issue (application), countries, and research hotspots from two different perspectives of scientific research and technology R&D. Then through high-frequency keyword co-word clustering analysis, the research hotspots and research topics of scientific papers and patents are compared. The medical robot technology of China is already at the international advanced level. The development of medical robot technology has gradually matured, and the new generation medical robot basic technology, new (special) medical robot and medical robot auxiliary application research will be the main research directions of future research.

Key words: non-contact medical diagnosis; medical robot; co-word cluster analysis; knowledge graph; innovation situation

0 引 言

截至2020年2月11日24时,全国为“新型冠状病毒肺炎(以下简称‘新冠肺炎’)”提供医疗诊治的422家机构中,共有3019名医务人员感染,确诊病例为1716例,其中6人牺牲^[1-2]。充分说明医护人员可能存在非职业暴露造成的感染。如何减少医护人员与患者之间的接触感染,最大程度地将病人“隔离”,做到医护人员零感染?

2020年2月17日,国家自然科学基金委员会指出疫情防控的关键是阻断或最大程度减少病原体在人际间传播,其中诊疗和护理是重点环节,非接触性无人作业是发展方向,灵巧、智能化机器人的应用是有效手段。3月21日,科技部印发《关于科技创新支撑复工复产和经济平稳运行的若干措施》的通知(以下简称“通知”)中明确指出,大力推动关键核心技术攻关,加大5G、人工智能、高端医疗器械等重大科技项目的实

收稿日期:2020-05-25

修回日期:2020-09-28

基金项目:陕西省社会科学基金项目(2019P005)

作者简介:任佳妮(1985-),女,硕士,副研究员,研究方向为信息技术、数据库与共享平台、情报研究等;通讯作者:杨 阳(1981-),女,馆员,研究方向为数据库与共享平台、信息资源管理、情报研究等。

施和支持力度,突破关键核心技术,促进科技成果的转化应用和产业化。

因此,研判医疗机器人技术领域的创新研发态势,准确把握中国在该领域中的全球竞争地位,能够为企业技术研发及政府产业政策的制定提供指引,对无接触式医疗诊断和辅助治疗,也具有较高的理论借鉴价值。

1 国内外研究现状

机器人技术诞生于20世纪60年代,并随之得到迅速发展。伴随着计算机处理、人工智能、传感器、互联网等技术的快速更新和发展,以机器人科技为代表的智能产业蓬勃兴起,医疗机器人作为全球机器人的新兴发展方向,掀起了一股群雄逐鹿的新浪潮。

整体来看,针对医疗机器人相关研究主要分为两部分。一部分学者是从医疗机器人产业发展现状及未来趋势进行分析。李扬等选取了国内63家主流的医疗机器人企业,系统分析国内医疗机器人产业在发展阶段、类型分布、区域集聚、产学研协同、认证体系、投资路径、技术趋势等方面呈现的发展特点^[3];张送根等基于数据分析概述医疗机器人产业发展现状及未来趋势^[4]。另一部分学者则是将医疗机器人的设计、应用作为研究方向开展有益探索。刘怡等采用Lagrange-Routh方程建立滚动球式机器人系统的动力学模型,设计了一种滚动球式医疗服务型机器人^[5];苏晨等提出基于产品亲和力的微型医疗机器人设计方法^[6]。而针对医疗机器人技术的相关研究则较少。韩燕等运用连边关键程度中心度指标、知识单元的整合等方法提取技术主题,最终发现了三个医疗服务领域机器人领域的潜在技术机会^[7];雷鸣等构建了基于SAO结构的医疗机器人知识演化路径绘制流程^[8]。将科技论文和专利文献相结合,从情报学视角研究全球医疗机器人技术领域创新态势,对全球发展趋势、技术分布等进行综合对比分析的文献未见报道。

期刊文献与专利文献是基础研究成果和技术创新成果的两种不同的表现形式。二者在结构和文字表达上虽属于异构文献,但如从内容上将二者有效整合,形成新的文献信息,并合并采用文献计量分析,那么,此类分析结果在全面性和准确性上比单一文献源分析更有优势,尤其是对需要研究优势领域研发重点、预测未来技术研究热点等,大有裨益。

目前已有部分学者运用情报学视角进行核心技术、研究热点以及国际态势等的研究。任佳妮等运用专利情报和文献计量分析方法,对国内关于3D打印技术的授权专利和核心期刊论文,识别国内3D打印技术领域核心技术和研究热点^[9]。孙轶楠等基于科学

论文和专利信息,从科学研究和技术研发两方面对基因测序技术的国际研发态势进行综合分析^[10]。王坤等基于Web of Science科技论文和Derwent专利文献,提取文本关键词并构建相异共现矩阵,采用多维聚类方法识别研究热点主题,通过对比科技论文和专利文献研究热点主题的差异来识别金属3D打印的技术机会^[11]。因此,该文将论文与专利数据相结合,基于情报学视角,从科学研究和技术研发两种不同角度研究全球医疗机器人技术领域创新态势;并通过高频关键词共词聚类分析,对比科技论文和专利的研究主题,进而揭示全球医疗机器人技术研究现状,并确定国内医疗机器人的未来主要研究方向。

2 数据来源及研究方法

2.1 数据采集及清洗

该文选择Web of Science(WOS)论文数据库作为论文数据源,Derwent Innovation(DI)专利数据库作为专利数据源,构建以“医疗机器人”为主题的检索式,具体为TAB/TI=(medical* or medicine or surgery or simulation or recovery or medical service or health service or assist or capsule or nano-targeting or nurs* or diagnosis) and (robot* or manipulat*) not TAB/TI=industrial*,检索年限为2009-2018年,其中专利数据按申请年进行检索。论文数据选取article文献,再结合WOS学科的Robotics、Surgery、Nursing、Computer Science、Mechanics等学科分类进行数据精炼,最终论文检索结果为11 079篇。专利数据首先进行同族合并,再结合德温特手工代码(DWPI)P33、P41、P42、P43、P61以及P62等,辅以IPC分类号A61、B25以及G05等,最终检索到6 118项。

2.2 分析方法

该文采用文献计量法、专利分析法、文本分析法以及头脑风暴法,基于海量论文与专利数据,对全球医疗机器人发文趋势、国家分布进行分析,确定中国在该领域中的全球竞争地位;基于关键词共现分析,确定医疗机器人论文和专利的研究热点;再通过集对分析,对比论文和专利研究热点的差异,从而揭示全球医疗机器人技术研究现状,并确定医疗机器人未来研究方向。

3 医疗机器人创新态势分析

3.1 科学研究态势

3.1.1 SCI发文量年度趋势

2009-2018年,医疗机器人全球SCI发文量稳步上升;其中2009-2016年间,年增长率均为10%左右;2017年全球发文量较2016年增长了16.3%,这与该年以机器人科技为代表的智能产业蓬勃兴起有极大的

关系。中国医疗机器人 SCI 发文趋势与全球发文趋势一致,整体呈上升趋势;同样 2017 年,中国发文量出现大幅度增长,较 2016 年增长了 31.2%。但美国在

2015 年医疗机器人发文量较上年略有下降,且 2016 年后,中国医疗机器人 SCI 发文量首次超过美国(见图 1)。

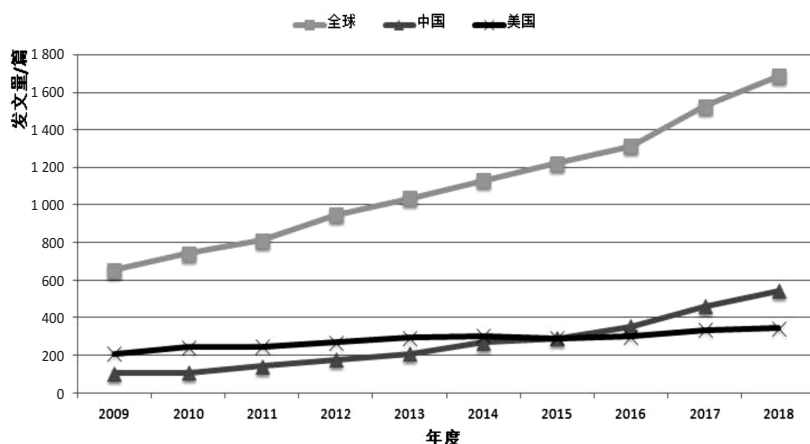


图 1 医疗机器人 SCI 国际发文量及中美发文量年度趋势

3.1.2 主要发文国家

全球医疗机器人技术 SCI 发文按所属国家划分, TOP 10 国家及发文量所占比例见表 1。美国、中国和韩国发文量位列全球前三,约占全球发文量的六成;其

中,中美两国发文量均在 2 600 篇以上,韩国发文量仅有 1 003 篇。充分说明中美两国在医疗机器人基础研究领域优势明显。

表 1 医疗机器人 SCI 发文量 TOP 10 国家

序号	国家	发文量 (篇)	占全球发文量 比重/%	序号	国家	发文量 (篇)	占全球发文量 比重/%
1	美国	2 832	25.58	6	德国	578	5.22
2	中国	2 646	23.90	7	英国	564	5.09
3	韩国	1 003	9.06	8	法国	544	4.91
4	日本	744	6.72	9	加拿大	485	4.38
5	意大利	743	6.71	10	伊朗	401	3.62

将中美等主要国家发文按 WOS 类别归类, TOP

10 研究类别发文量见图 2。

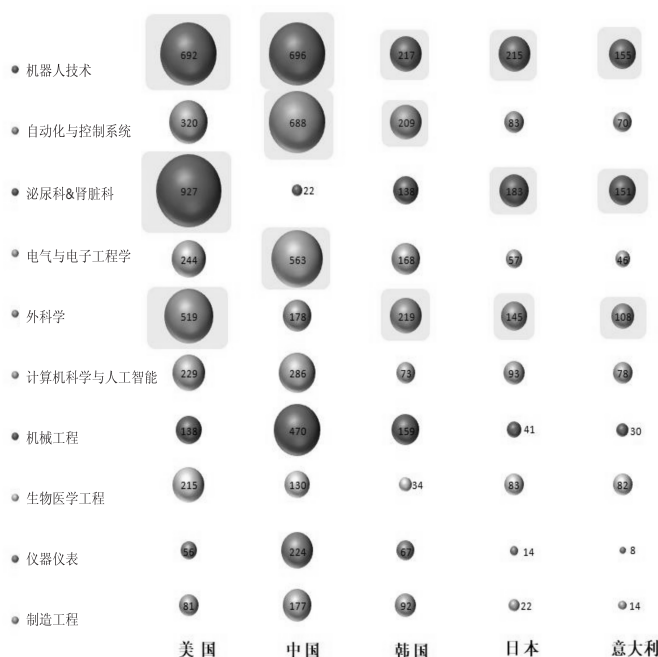


图 2 医疗机器人 SCI 发文量主要国家 TOP 10 研究领域分布

注:图中圆的大小表示发文量的多少。图中已标注出各国发文量 TOP3 研究领域。

由图可知,美国、日本以及意大利对医疗机器人的应用主要分布在泌尿科 & 肾脏科、外科学以及机器人技术;中国则在机器人技术、自动化与控制系统以及电气与电子工程学方面研究医疗机器人较多;韩国医疗机器人研究侧重于外科学、自动化与控制系统以及机器人技术中应用。

3.1.3 研究热点分析

将全球 SCI 论文作者关键词进行聚类,运用 UCINET 软件将高频主题词(出现频率 ≥ 5 次)之间的相关性作进一步共词聚类分析,设定点度中心度参数得到高频主题词网络图。网络图将原本孤立的论文关

键词以网络形式综合展现在一张图中,形成了以高频关键词为核心,共现关系为连线的知识图谱,直观展现了技术领域研究热点^[12]。

医疗机器人论文高频主题词共词聚类分析结果如图3所示,主要包含3个研究热点主题:主题1#—主要采用医疗机器人辅助外科手术、腹腔镜手术、前列腺切除术、胆囊切除术以及膀胱切除术等;主题2#—属于医疗机器人的细分类,具体有穿戴式机器人、蛇形机器人以及康复机器人等;主题3#—医疗机器人动力学研究,包括路径规划、轨迹追踪、运动建模以及导航等。

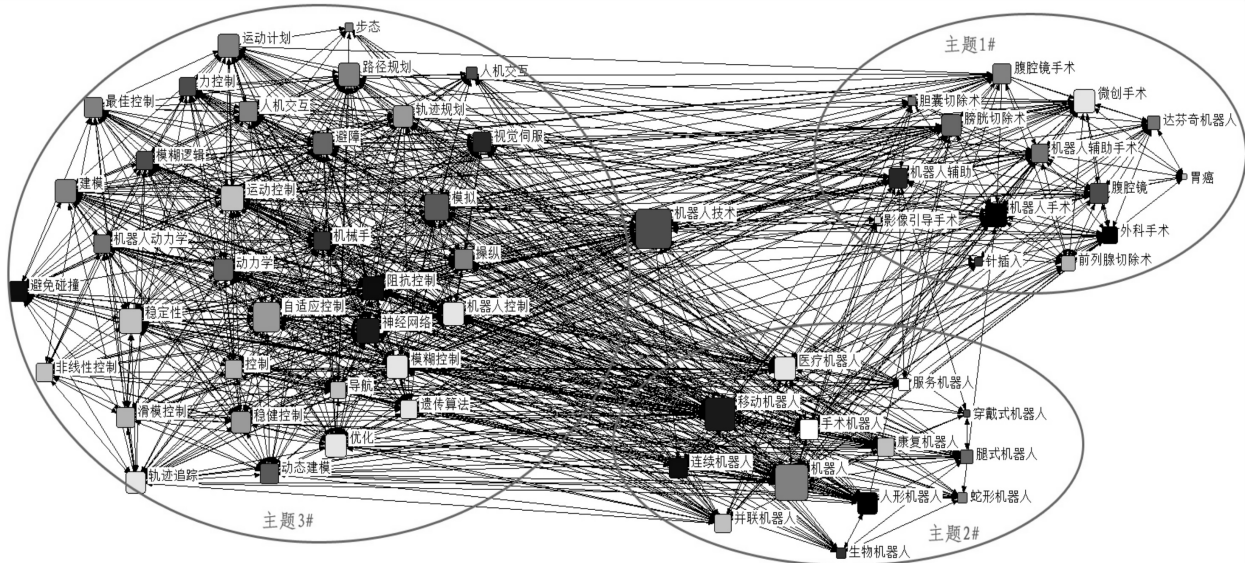


图3 医疗机器人论文研究热点主题

3.2 技术研发态势

3.2.1 全球专利申请年度趋势

2009–2018年,医疗机器人全球专利申请量整体呈上升趋势,但2012年和2014年较上一年略有下降;2014年以后,全球专利申请量增速较快,年均增长率

约为20%。中国与全球趋势略有不同之处在于,2014年中国医疗机器人专利申请量较上一年略有增加;同时,在2014年后专利申请量增速基本与全球增速一致。但美国在2014年后专利申请量增速变缓,致使2016年后,中国专利申请量首次超过美国(见图4)。

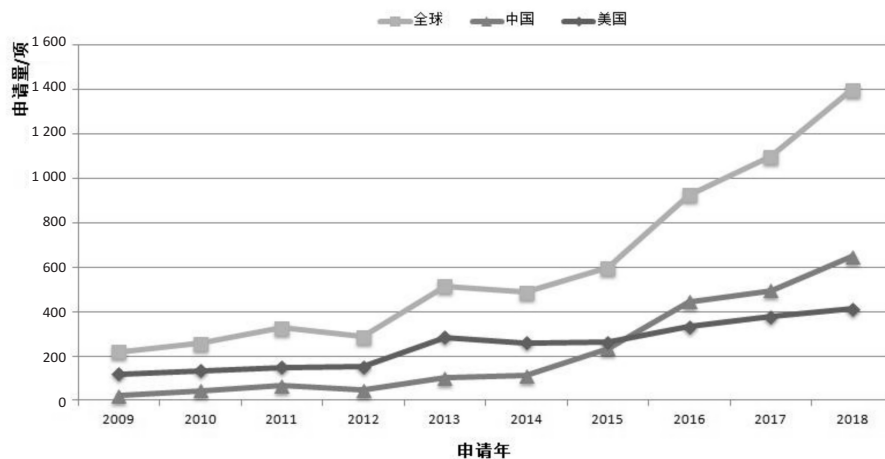


图4 医疗机器人全球专利申请量及中美申请量年度趋势

3.2.2 专利申请国家分布

按专利申请人所在国家划分, TOP 10 国家/组织

及申请量所占比例见表2。美国、中国和韩国专利申请量位列全球前三,其申请总数超过全球专利申请量

的 80% ;其中,中美两国专利申请量均在 2 200 项以上,而韩国专利申请量仅为 337 项。这也充分说明,中美两国已成为医疗机器人技术研发的核心力量。

表 2 医疗机器人全球专利申请 TOP 10 国家/组织

序号	国家/组织	申请量 /项	占全球申请量 比重/%	序号	国家/组织	申请量 /项	占全球申请量 比重/%
1	美国	2 482	40.57	6	欧洲专利组织 (EP)	231	3.78
2	中国	2 208	36.09	7	德国	65	1.06
3	韩国	337	5.51	8	俄罗斯	57	0.93
4	世界知识产权组织 (WO)	317	5.18	9	印度	30	0.49
5	日本	281	4.59	10	法国	24	0.39

选取美国、中国、韩国以及日本等主要国家,按德温特手工代码进行医疗机器人技术领域划分,见图 5。



图 5 医疗机器人主要国家专利申请 TOP5 技术领域分布
注:图中圆的面积大小表示申请量的多少。图中已标注出各国专利申请量 TOP3 技术领域。

由图可知,医疗电气设备和外科诊断是各国专利申请的主要技术领域,除此之外,美国医疗机器人还侧重在数字计算机领域;中国则侧重口腔管理领域;而韩国和日本均侧重于医疗应用。

3.2.3 技术研究热点分析

基于专利文献的高频关键词进行可视化聚类分析,绘制医疗机器人专利地图,呈现出 3 个医疗机器人的技术研发热点主题(见图 6)。其中,主题 1#—主要为医疗机器人基础技术研究,包括 X 射线、超声波影像融合、轨迹模型以及云端通讯等;主题 2#—主要为医疗机器人应用研究,包括辅助步行、关节置换以及康复训练等;主题 3#—主要为医疗机器人动力学研究,包括运动机制、力反馈以及操作驱动等。

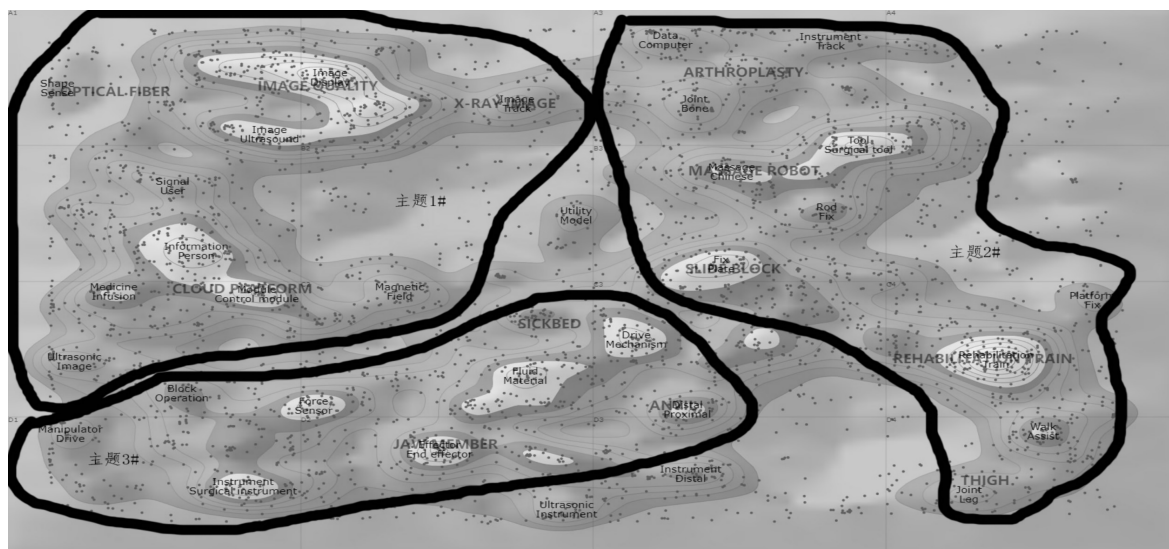


图 6 医疗机器人全球专利技术研发热点主题

结合全球专利地图,进一步分析中美两国专利申请技术研发热点可知,美国较为注重在医疗机器人的影像融合、轨迹模型等基础技术以及运动建模、力反馈等动力学的研究;中国侧重在云端通讯、按摩辅助机器人以及康复训练等方面的研究。

4 结束语

从科学研究和技术研发两种不同角度对比 SCI 论

文和全球专利数据,医疗机器人技术领域的创新研发态势呈现以下几个特点:

(1)从发展趋势看:2009-2018 年,医疗机器人的 SCI 发文量和全球专利申请量年度趋势一致,整体均稳步上升。2016 年以后,以机器人科技为代表的智能产业蓬勃兴起,致使 SCI 发文量和全球专利申请量也大幅度增长;这说明,学者在进行医疗机器人技术基础研究的同时,技术应用活动也在同步开展,该技术在科

学研究和技术研发之间的转化较快。

(2)从发文(申请)国家看:医疗机器人技术的科学研究和技术研发主要集中在美国、中国、韩国及日本等4个国家。美国和中国作为医疗机器人技术的基础研究和技术应用的核心力量,SCI发文量和专利申请量均位于全球前列,其研究优势明显。说明中国医疗机器人技术的科学研究和技术研发已处于国际领先水平。但中美两国针对医疗机器人技术的研究不尽相同,如美国注重医疗机器人在泌尿科 & 肾脏科、外科学中的应用基础研究;中国则侧重研究医疗机器人的自动化与控制系统。美国较为注重在医疗机器人的影像融合、运动建模等方面的技术研发;中国侧重在云端通讯、康复训练等方面的技术研发。

(3)从研究主题(热点)看:医疗机器人技术科学研究主题主要集中在医疗机器人辅助外科手术、动力学(机构控制)以及新型(特种)医疗机器人研究等;其技术研发主题主要集中在新一代医疗机器人基础技术、动力学(机构控制)以及辅助应用研究等。二者主题涵盖内容既有区别又有联系。这说明,医疗机器人技术具有深厚的理论基础,且技术应用活动也比较活跃;其强大的理论支撑是技术良性发展的重要动力,二者相辅相成,共同促使医疗机器人技术发展走向成熟。同时,可以预测新一代医疗机器人基础技术、新型(特种)医疗机器人以及医疗机器人辅助应用研究将是未来研究主要研究方向。

据国际机器人联盟(IFR)统计数据,2018年中国智能医疗机器人市场规模达到34亿元,预计到2025年,中国智能医疗机器人市场规模将突破百亿元^[13]。新冠肺炎的快速传播,迫使中国的医疗机构承受着压力,并加快了采用机器人的步伐。在疫情期间使用医疗机器人,这或许是中国下一个阶段机器人技术和应用的一个亮点,“人工智能+医疗”将带来一场新的医疗技术革命;随之而来的将是更多的企业加入到医疗机器人产业化队伍中,医疗机器人商业化、市场化的步伐将不断加快^[14-18]。

参考文献:

- [1] 中国疾病预防控制中心新型冠状病毒肺炎应急响应机制流行病学组. 新型冠状病毒肺炎流行病学特征分析[J]. 中华流行病学杂志, 2020, 41(2): 145-151.
- [2] 央广网. 卫健委:全国共报告医务人员确诊病例1716例[EB/OL]. [2020-02-24]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1658503756033062249&wfr=spider&for=pc>.
- [3] 李扬,周岷峰. 我国医疗机器人产业发展特征分析[J]. 机器人产业, 2018(2): 95-100.
- [4] 张送根,王豫. 基于数据分析概述医疗机器人产业发展

现状及未来趋势[J]. 中国医疗器械信息, 2017, 23(7): 14-18.

- [5] 刘怡,钟文敏. 滚动球式医疗服务型机器人动力学建模与仿真[J]. 机械设计与制造, 2020(5): 285-288.
- [6] 苏晨,孙小童,付愉,等. 基于产品亲和力的微型医疗机器人设计研究[J]. 制造业自动化, 2020, 42(4): 73-78.
- [7] 韩燕,彭爱东. 基于技术形成三要素的技术机会识别研究——以医疗服务机器人领域技术为例[J]. 情报理论与实践, 2020, 43(5): 156-162.
- [8] 雷鸣,孟菊园,杨雪梅,等. 基于SAO结构的知识演化路径分析:以医疗机器人领域为例[J]. 情报工程, 2018, 4(6): 51-61.
- [9] 任佳妮,张薇,钱虹,等. 基于专利情报和文献计量的国内3D打印技术研究分析[J]. 情报探索, 2016(4): 51-57.
- [10] 孙铁楠,杜建,唐小利. 基于科学论文和专利信息的基因测序技术领域创新态势分析[J]. 中华医学图书情报杂志, 2017, 26(5): 31-37.
- [11] 王坤,王京安,汤月,等. 基于专利和科技论文的技术机会识别研究——以金属3D打印技术为例[J]. 科技管理研究, 2018, 38(7): 73-79.
- [12] 任佳妮. 基于内容分析法的陕西省省科技政策文本研究[J]. 中国科技资源导刊, 2018, 50(4): 12-17.
- [13] CIE智库. 新时代下我国智能医疗机器人发展趋势与挑战[EB/OL]. 2019. <http://www.robot-china.com/news/201905/15/57011.html>.
- [14] SHEIKH N J, SHEIKH O. Forecasting of biosensor technologies for emerging point of care and medical IoT applications using bibliometrics and patent analysis[C]//International conference on management of engineering and technology; portland international conference on management of engineering and technology (PICMET 2016). Honolulu, HI, USA: IEEE, 2016: 3082-3093.
- [15] LOKUHITIGE S, BROWN S. Forecasting maturity of IoT technologies in top 5 countries using bibliometrics and patent analysis[C]//2017 international conference on cyber-enabled distributed computing and knowledge discovery: CyberC 2017. Nanjing, China: IEEE, 2017: 338-341.
- [16] SHIBATA N, KAJIKAWA Y, SAKATA I. Extracting the commercialization gap between science and technology case study of a solar cell[J]. Technological Forecasting and Social Change, 2010, 77(7): 1147-1155.
- [17] YOU Hanlin, LI Mengjun, JIANG Jiang, et al. Evolution monitoring for innovation sources using patent cluster analysis[J]. Scientometrics: An International Journal for All Quantitative Aspects of the Science of Science Policy, 2017, 111(2): 693-715.
- [18] DE MEO P, FERRARA E, FIUMARA G, et al. A novel measure of edge centrality in social networks[J]. Knowledge-Based Systems, 2012, 30: 136-150.