·医药前沿专利技术发展态势研究专题·

中图分类号：R95　　文献标志码：A　　文章编号：1006－4931(2024)22－0008－05
doi:10.3969/j.issn.1006－4931.2024.22.002

中美人工智能医药领域专利发展趋势分析*

沈晶晶[1]，陈　莹[1]，许　龙[2△]

（1. 国家知识产权局专利局专利审查协作北京中心，北京　100160；2. 国家药品监督管理局执业药师资格认证中心，北京　100061）



专家简介：沈晶晶，女，遗传学硕士，毕业于军事医学科学院。现为国家知识产权局专利局专利审查协作北京中心高级审查员，助理研究员。主要从事医药生物领域发明专利实质审查、PCT国际检索和审查工作。研究方向包括生物医药、专利分析等。以第一作者发表国内核心期刊论文3篇，合作发表SCI论文2篇、核心期刊论文3篇，合著《PCR最新技术原理、方法及应用(第2版)》，参与多项研究课题。

摘要：目的　为我国人工智能医药领域产业政策制定提供参考。**方法**　检索HimmPat平台2018年至2023年中美两国人工智能医药领域的发明专利数据，通过灰色预测模型预测并比较两国在该领域的技术发展趋势，探讨两国技术类别分布，并解析该领域重点申请人组成。**结果**　我国发明专利申请数量预测将于2028年与美国相当；智能诊疗是人工智能医药领域的研发和投资热点，我国前十大申请人中有5家公司、3所高等院校和2家大型医院，美国则均为公司。**结论**　我国人工智能医药领域目前处于高速发展时期，尤其是发明专利申请数量有超越美国的潜力，需继续加强政策支持，注重人才培养和引进，加快技术成果产业化，提高知识产权保护水平。

关键词：人工智能；医药；专利；灰色预测模型；中国；美国

Analysis of Patent Development Trends in the Field of Artificial Intelligence Medicine in China and the United States

SHEN Jingjing[1], CHEN Ying[1], XU Long[2]

(1. Patent Examination Cooperation <Beijing> Center of the Patent Office, China National Intellectual Property Administration, Beijing, China　100160; 2. Certification Center for Licensed Pharmacist of National Medical Products Administration, Beijing, China　100061)

Abstract: Objective　To provide a reference for the policy formulation in the field of artificial intelligence (AI) medicine industry in China. **Methods**　Data on the invention patents in the field of AI medicine in China and the United States from 2018 to 2023 were searched from the HimmPat platform. The technology development trends in this field in the two countries were forecasted and compared by the gray forecasting model, the distribution of technology categories in the two countries were explored, and the composition of key applicants in this field were analyzed. **Results**　It was predicted that China will be comparable to the United States in the quantity of invention patent applications in 2028. Intelligent diagnosis and treatment was a hotspot for research and investment in the field of AI medicine. Among the top ten applicants in China, there were five companies, three universities, and two large hospitals, while they were all companies in the United States. **Conclusion**　China's AI medicine is currently in rapid development, especially with the potential to surpass the United States in the quantity of invention patent applications. However, it is necessary to continue to strengthen policy support, focus on talent cultivation and recruitment, accelerate the industrialization of technological achievements, and improve the level of intellectual property protection.

Key words: artificial intelligence; medicine; patent; grey forecasting model; China; the United States

人工智能是研究开发能够模拟、延伸和扩展人类智能的理论、方法、技术及应用系统的一门新的技术科学[1]，使用机器学习模拟人类智能以实现智能机器更高层次应用[2]。在医药领域，人工智能主要应用于疾病辅助诊断、手术机器人、健康监测与管理、药物研发等[2]。近年来，随着人工智能技术在医药健康领域应用的广泛深入，中美两国均高度重视该领域的发展，且两国政府均出台了多项鼓励政策支持相关产业。2017年，中国

*基金项目：国家药品监督管理局资助课题[O201502]。

第一作者：沈晶晶，女，硕士，助理研究员，研究方向为生物医药与专利分析，(电子信箱)shenjingjing@cnipa.gov.cn。

△通信作者：许龙，男，博士，副研究员，研究方向为生物医药、药事管理与药品监管科学，(电子信箱)xulong@cqlp.org.cn。通信作者所作贡献等同第一作者。

发布《新一代人工智能发展规划》，提出我国人工智能领域的重点任务包括建设安全便捷的智能社会，努力发展智能医药等的便捷高效的智能服务[3]。2016 年，美国发布的“国家人工智能研究与发展战略计划”中提到人工智能在医学领域的潜在价值[4]，2019 年与 2023 年美国发布了该计划的更新版，将人工智能在医疗保健中的应用作为战略目标[5]，提出通过国际合作的方式应对医疗卫生等全球挑战[6]。可见，两国对该领域均给予了高度持续的政策关注。在市场层面，预计未来几年，医药健康将成为全球范围人工智能技术应用较活跃的领域之一[7]。为此，本研究中拟通过建立灰色系统模型，预测和对比分析两国人工智能医药发明专利的发展态势，为我国在该领域的技术发展提供依据。现报道如下。

1 资料与方法

1.1 资料来源

检索解决方案式全球专利智能检索分析平台 HimmPat2018 年至 2023 年中美两国在人工智能医药领域的发明专利申请和授权数据。

明确检索目标范围为人工智能与医药领域的交集；在扩展检索要素时尽量保证专业、精准、全面，基于中国专利保护协会发布的“人工智能技术专利深度分析报告”[8]和世界知识产权组织（WIPO）发布的“WIPO Technology Trends 2019 Artificial Intelligence”[9]中有关人工智能的中英文行业名词，综合考虑检索词和分类号的优势，选择低噪音且精准的关键词，使用相关分类号代替易产生检索噪音的关键词（如机器学习、神经网络、人工智能等），同时尽可能扩展涉及医药领域的检索要素；优化检索字段，选择噪音最小的检索字段范围和更精准细分的联合专利分类（CPC）体系。最终确定的检索式为：((人工智能 OR "Artificial Intelligence") / clms OR (G06N5 / 045 OR G06F30 / 27 OR G06N20 / 00 OR G06N3 / 02 OR G16C20 / 70 OR G05B2219 / 33002 OR Y10S706 / 00) / CPC) AND ((制药 OR 医疗 OR 医药 OR 药物 OR 医学 OR 治疗 OR 疗法 OR 护理 OR 手术 OR 医院 OR ((医 OR 病) S 诊断)) / clms OR (A61P OR A61B OR A61N OR A61K) / CPC)。用于分析的专利类型为发明专利申请与发明专利授权。

1.2 方法

鉴于 2018 年是中美两国同时处于鼓励政策出台后人工智能医药产业高速发展阶段的时间节点，采用 Python 软件建立 GM(1,1)灰色预测模型[10]，对 2018 年至 2023 年中美两国在人工智能医药领域发明专利的申请数量和授权数量进行分析，并预测 2024 年至 2030 年的发展趋势，分析两国主要的申请人和当前技术布局，判断两国在人工智能医药领域的竞争格局，模型所用申请数量、授权数量及相应的预测数据，均为截至该年度累计总数。模型精度检验使用的参数为后验差比（C）值、小误差概率（p）值；本模型准确性检验主要计算均方误差（MSE）、平均绝对误差（MAE）、均方根误差（RMSE）和决定系数（R^2）。

2 结果

2.1 发明专利申请量和授权量

我国在人工智能医药领域技术起步较晚，因此其发明专利的申请数量和授权数量均低于美国。随着鼓励政策出台，2018 年至 2023 年，我国该领域的发明专利申请数量逐渐增长，且增长率快于美国；但我国与美国的发明专利授权数量差距逐渐增大。详见图 1。

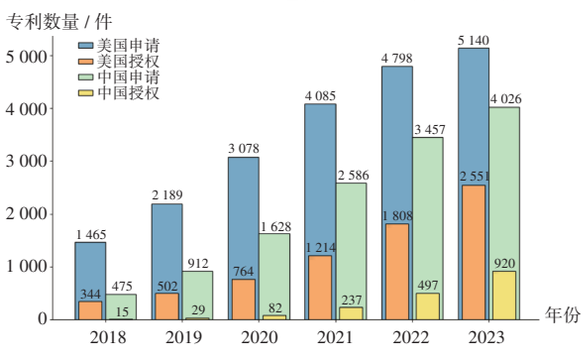


图 1 中美两国在人工智能医药领域的发明专利申请数量和授权数量（实际）

Fig. 1 Quantity of invention patent application and authorization in the field of AI medicine in China and the United States (actual)

模型预测结果显示，我国与美国该领域的发明专利申请数量的差距进一步缩小，且有望在 2028 年与美国数量相当。该领域的发明专利授权数量方面，中国呈现逐年增长的趋势，但增长率慢于美国，故两国该数据的差距将增大。详见图 2 和图 3。

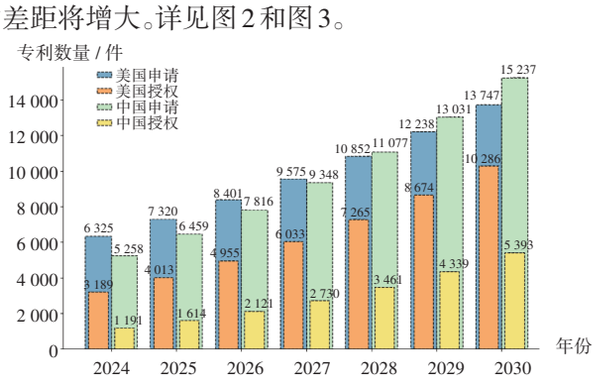
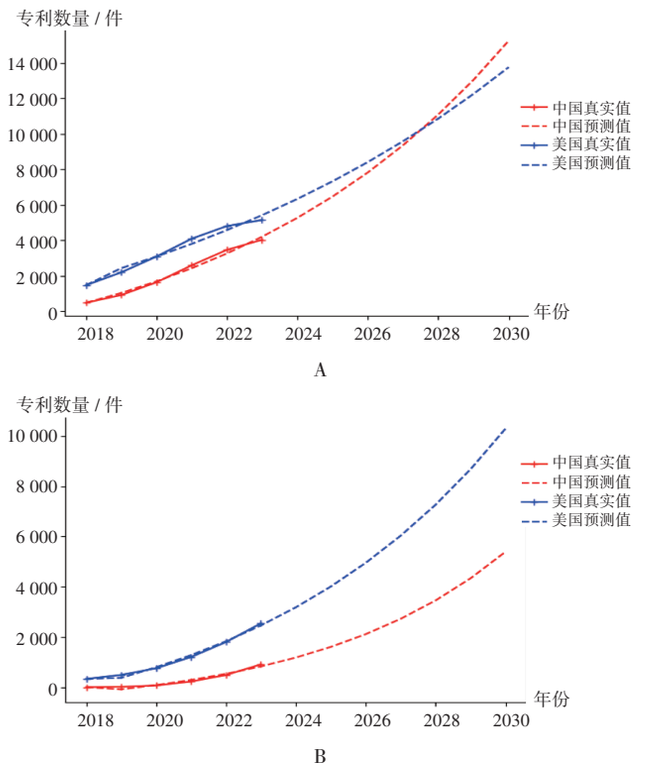


图 2 中美两国在人工智能医药领域的发明专利申请数量和授权数量（预测）

Fig. 2 Quantity of invention patent application and authorization in the field of AI medicine in China and the United States (forecast)

在灰色预测模型中，C < 0.35 和 p > 0.95 说明模型精度好。中美两国的发明专利申请数量预测模型和授权数量预测模型的 C 值均远小于 0.35，p 值均为 1.0，可见 4 个预测模型精度均好。通过对预测模型进行准确性



A. 专利申请　B. 专利授权

图 3　中美两国在人工智能医药领域的发明专利申请数量和授权数量预测曲线

A. Patent Application　B. Patent authorization

Fig. 3　Forecasting curves of the quantity of invention patent application and authorization in the field of AI medicine in China and the United States

检验，MSE、MAE、RMSE 结果显示我国发明专利授权数量预测模型准确性优于其他 3 个预测模型，数值均在可接受范围内。针对发明专利申请数量模型，MSE 和 MAE 结果显示我国预测误差小于美国；针对发明专利授权数量模型，MSE 和 MAE 结果显示我国预测误差与美国接近。4 个预测模型的 R^2 均接近于 1，提示模型对数据的拟合较好。综合 6 个检测指标来看，此次预测模型的精确度好、准确性高。详见表 1（灰色预测模型的预测结果仅限基于当前技术创新水平和政策环境下检出）。

表 1　中美两国在人工智能医药领域的发明专利申请数量和授权数量预测模型评价

Tab. 1　Evaluation of forecasting models for the quantity of invention patent application and authorization in the field of AI medicine in China and the United States

国家	项目	C 值	p 值	MSE	MAE	RMSE	R^2
中国	发明专利申请数量	0.011 3	1.000	22 783.540 9	141.611 3	150.942 2	0.988 6
	发明专利授权数量	0.036 6	1.000	4 716.499 5	61.944 0	68.676 8	0.962 3
美国	发明专利申请数量	0.024 8	1.000	53 254.074 3	205.748 1	230.768 4	0.975 2
	发明专利授权数量	0.007 8	1.000	5 748.354 4	69.077 2	75.817 9	0.992 0

2.2　技术类别分析

智能诊疗：聚焦于针对智能诊疗各环节的相关技术。通过打造医疗信息平台，依托于 5G、物联网、人工智能等新一代信息技术，实现患者与医务人员、医疗机构、医疗设备之间的互联互通；通过智能医疗应用、智能医疗器械、智能医疗平台等，实现在诊断、治疗、康复、支付、卫生管理等各个环节的高度信息化和智能化[11－12]。

医学影像智能识别：利用人工智能（特别是深度学习技术），自动分析和理解医学图像的技术[2]。涵盖人工智能在医学影像方面的方法及其应用，聚焦于使用深度机器学习法对医学影像进行高效读取、精准分析并标注的相关技术，如病变病灶检测或分类、图像分割、图像登记、图像定量分析等。

药物智能研发：聚焦于使用机器深度学习、大数据分析等手段实施药物研发的相关技术。人工智能通过机器深度学习、大数据分析等手段模拟药物研发过程、预测药物效果、精简药物研发过程、减少不必要的试验，可加速药物研发进程、提高研发效率和降低药物研发成本[13]。

健康管理与预测：在医药领域中，人工智能技术可用于监测并分析个人健康数据和行为模式以预测个体患病风险[2]，涵盖辅助监测个人健康数据并分析和预测的系统或设备，具有基于个人健康数据提供健康评价、用药提醒、健康管理、疾病风险预测等功能。

医疗机器人：一种智能型服务机器人，通过编制操作计划，依据实际情况确定动作程序，把动作变为操作机构的运动。医疗机器人可识别周围情况及机器人的意识和自我意识，从事医疗或辅助医疗等工作[14]。涵盖应用于医疗领域的通过操控机械手臂或移动平台实现诊疗功能的机器人及其系统，具体涉及手术机器人、康复机器人、辅助机器人、医疗服务机器人等[15]。

两国目前主要研究领域集中于智能诊疗，发明专利申请数量和授权数量均约占 50%。依托于人工智能技术对图像处理的优势，医学影像智能识别占比均排名第 2。由于人工智能在药物研发的准确性、效率和成本上拥有巨大优势，该类别的发明专利技术也备受关注，因此药物智能研发占比均排名第 3。智能诊疗和医学影像智能识别是人工智能医药技术的主力军，美国专利授权数量二者占比超过 80%（见图 4）。智能诊疗是美国的创新和产业化焦点（占比超 50%）。中国人工智能医药领域的医学影像智能识别类与药物智能研发类专利申请类别占比均高于美国。可见，中国在人工智能医药领域的专利技术类别较美国均衡，技术关注度多样。详见表 2。

2.3　专利申请人

从人工智能医药领域发明专利的授权数量来看，中国和美国的前十大申请人有较大差异。我国包括 5 家公司、3 所高等院校和 2 家大型医院，详见图 5。其中，排

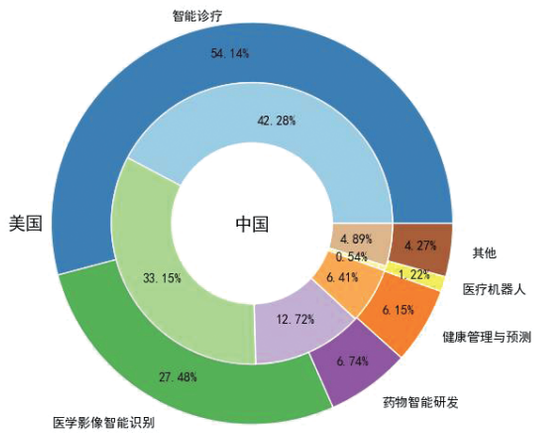


图 4　中美人工智能医药领域不同技术类别发明专利授权数量占比分析

Fig. 4　Proportions of the quantity of authorized invention patents in various technology categories in the field of AI medicine in China and the United States

表 2　中美在人工智能医药领域发明专利类别分析

Tab. 2　Categories for invention patents in the field of AI medicine in China and the United States

技术类别	中国					美国				
	申请数量(件)	类别占比(%)	授权数量(件)	类别占比(%)	授权占比(%)	申请数量(件)	类别占比(%)	授权数量(件)	类别占比(%)	授权占比(%)
智能诊疗	2 071	51.44	389	42.28	18.78	2 889	56.21	1 381	54.14	47.80
医学影像智能识别	1 273	31.62	305	33.15	23.96	1 273	24.77	701	27.48	55.07
药物智能研发	496	12.32	117	12.72	23.59	459	8.93	172	6.74	37.47
健康管理与预测	114	2.83	59	6.41	51.75	271	5.27	157	6.15	57.93
医疗机器人	14	0.35	5	0.54	35.71	54	1.1	31	1.22	57.41
其他	58	1.44	45	4.89	77.59	194	3.8	109	4.27	56.19
合计	4 026		920			5 140		2 551		

名第 1 的腾讯科技(深圳)有限公司为港股上市公司,排名第 2 的平安科技(深圳)有限公司是在香港联合交易所有限公司和上海证券交易所双重上市的平安集团的全资子公司。该组成反映了我国在人工智能医药领域具有广泛的技术创新和多元化的产业布局,表明这些申请人可能通过政府支持和其他投资获得了在人工智能医药研究方面的资金,推动了技术的发展和产业化的实现。我国在人工智能医药领域具有多元的申请人组成,促进了该领域更多技术类别的发展。

美国前十大申请人均为公司,详见图 6。排名第 1、第 3 均为知名大型科技美股上市公司,排名第 2 的为全球医疗人工智能市场核心企业。表明美国多依赖于大型科技公司在人工智能医药领域的研发和创新,这些申请人通过自身的技术实力和市场认可获得了更多的资金支持。大型科技公司在技术、资金以及创新成果转化方面均存在优势,使美国在人工智能医药领域的专利授权量保持较高水平。

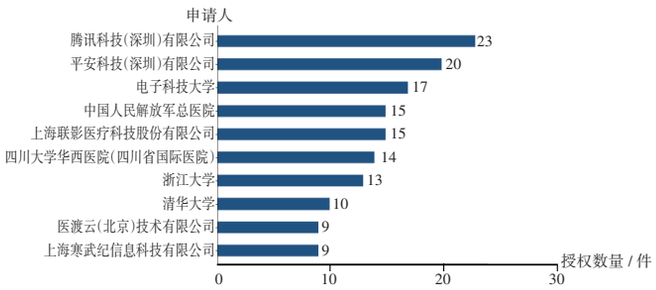


图 5　中国人工智能医药领域发明专利授权数量前十大申请人

Fig. 5　Top 10 applicants in terms of quantity of authorized invention patents in the field of AI medicine in China

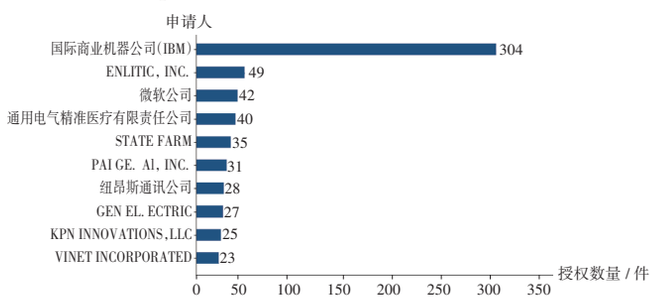


图 6　美国人工智能医药领域发明专利授权数量前十大申请人

Fig. 6　Top 10 applicants in terms of quantity of authorized invention patents in the field of AI medicine in the United States

3　讨论

在出台鼓励政策支持人工智能医药产业的背景下,2018 年至 2023 年我国在人工智能医药领域的发明专利申请数量呈逐年增长的趋势,反映我国在该领域中鼓励政策的推动效果较好及人工智能医药技术快速发展。尽管我国发明专利申请数量仍低于美国,但增长率快于美国。本研究中灰色预测模型结果显示,保持当前增长态势下,中国该领域的发明专利申请数量有望在未来 5 年内进一步缩小与美国的差距。体现了我国在该领域的研究活跃度和关注度较高,表明我国在推动人工智能医药技术上提出了行之有效的推动政策;且随着技术的发展和创新质量的逐步提高,我国在该领域授权数量的快速提升也指日可待。

中美两国在人工智能医药领域的发明专利技术类别分析显示,智能诊疗是当前主要的研究领域,反映了通过人工智能技术提升医疗诊断和治疗效果的广泛关注。得益于人工智能在图像处理和模式识别方面的卓越性能[16],人工智能技术在医学影像智能识别方面也表现出了显著的高效性和准确性,成为发明专利的热点。依托人工智能技术在药物研发中的准确性、高效性和经济性的特点或潜力[17],药物智能研发也成了人工智能医药领域的重要研究方向,如依据药物的分子结构参数借助人工智能计算机技术来模拟推测药物的定量构效关系,以用于新药研发过程中活性分子的筛选、高毒性药物分子的早期筛查、药物的吸收、分布、代谢、

排泄的模拟等[18]；又如通过神经网络算法优化中药制剂提取工艺效果，以节省工艺验证成本[19]。

在国家政策激励下，我国人工智能医药领域呈现出多元化的创新生态，涵盖企业、高等院校和医疗机构。我国人工智能医药领域发明专利申请人的多元化组成为不同领域专业人才和资源的跨界合作奠定了基础，促进了人工智能医药技术的创新与发展。而美国主要由企业主导创新，反映了美国企业较强的经济实力和研发能力，并具有将人工智能医药技术转化为市场应用的时效性以及产业化能力。

虽然我国的人工智能医药领域目前处于高速发展的时期，但要在激烈的国际竞争中保证持续发展并占据有利地位，需要关注以下几点。1）继续加强政策支持。由于未来的创新发展可能会受到多种因素的影响，且政府政策对于科技创新具有重要作用，建议我国继续加强对人工智能医药领域的政策支持，以鼓励更多的创新。如制定更灵活和多样的政策，鼓励各类机构在人工智能医药领域进行专利申请。2）注重人才培养和引进。加大人工智能医药基础研究与应用研究的投资力度，培养和吸引该领域的专业人才，提升科研团队的实力和创新水平，尤其是原创性和引领性技术创新的数量；加大引进国际上在人工智能医药领域具有丰富经验的人才。3）加快技术成果产业化。中国可在该领域加强与美国的交流合作，借鉴学习其管理制度建设、技术标准体系、产业化经验等，以推动自身技术成果转化。我国可以搭建产学研协同创新平台，将研发与产业化有效联动，实现知识产权与运用的无缝衔接，推进技术的产业化进程。4）提高知识产权保护水平。我国应注重提升专利的技术含量，确保专利反映出真正的技术创新，而不仅仅是数量的增长。

总之，人工智能医药技术事关国计民生，我国要从战略上高度重视，并扎实推进技术发展，以期在人工智能医药领域实现重大技术突破和产业领先。

参考文献

[1] 蔡永莲，彭颢舒. 人工智能技术的学科多样性及其与生物医药领域的融合发展[J]. 上海理工大学学报(社会科学版)，2023，45(3)：330－336.

[2] 柴人杰，滕皋军. 人工智能在医药领域的应用与挑战[J]. 药学进展，2023，47(10)：721－723.

[3] 国务院. 国务院关于印发新一代人工智能发展规划的通知(国发〔2017〕35号)[A/OL]. (2017－07－20) [2023－11－28]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2017－07/20/content_5211996.htm.

[4] US. National Science and Technology Council, Networking and Information Technology Research and Development (NITRD). THE NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT STRATEGIC PLAN[EB/OL]. (2016－10－31) [2023－11－30]. https://www.nitrd.gov/pubs/national_ai_rd_strategic_plan.pdf?ref=innovationpolicy.org.

[5] US. Select Committee on Artificial Intelligence of the National Science & Technology Council, Networking and Information Technology Research and Development (NITRD). THE NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT STRATEGIC PLAN: 2019 UPDATE [EB/OL]. (2019－06－30) [2023－11－30]. https://www.nitrd.gov/pubs/National－AI－RD－Strategy－2019.pdf.

[6] US. Select Committee on Artificial Intelligence of the National Science and Technology Council, Networking and Information Technology Research and Development (NITRD). THE NATIONAL ARTIFICIAL INTELLIGENCE RESEARCH AND DEVELOPMENT STRATEGIC PLAN 2023 UPDATE [EB/OL]. (2023－05－31) [2023－11－30]. https://www.whitehouse.gov/wp－content/uploads/2023/05/National－Artificial－Intelligence－Research－and－Development－Strategic－Plan－2023－Update.pdf.

[7] 王　楠，王国强. 新竞争格局下中美生物医药创新对比研究[J]. 中国软科学，2023(1)：22－31.

[8] 中国专利保护协会. 人工智能技术专利深度分析报告[EB/OL]. (2018－11－12) [2023－11－30]. http://www.ppac.org.cn/news/detail－2－82.html.

[9] WIPO. WIPO Technology Trends 2019 Artificial Intelligence [EB/OL]. (2019－12－31) [2023－11－28]. https://www.wipo.int/publications/en/details.jsp?id=4386.

[10] 王振鑫，田　融. 灰色系统理论简介[J]. 内蒙古电力技术，1997(2)：70－72.

[11] 卢盛荣，黄志强，陈雪云，等. 人工智能与计算机基础[M]. 北京：北京邮电大学出版社，2022：221－222.

[12] 董　洁. 计算机信息安全与人工智能应用研究[M]. 北京：中国原子能出版传媒有限公司，2022：195－201.

[13] 娄　岩. 智能医学概论[M]. 北京：中国铁道出版社，2018：99－110.

[14] 唐子惠. 医学人工智能导论[M]. 上海：上海科学技术出版社，2020：469－471.

[15] 刘　英，朱银龙. 机器人技术基础[M]. 北京：机械工业出版社，2022：193－195.

[16] 李小雷. 人工智能在医学影像图像处理中的研究进展[J]. 中国医学计算机成像杂志，2023，29(4)：454－457.

[17] 杨双萌，于　江，侯文彬，等. 人工智能算法用于药物研发的研究进展[J]. 现代药物与临床，2023，38(12)：3150－3160.

[18] 白雅婷，南　楠，尹　婕. 探讨定量构效关系模型在药物及其杂质毒性预测方面的应用[J]. 中国药事，2019，33(10)：1174－1180.

[19] 马诗瑜，何敬成，詹陆川，等. 基于人工神经网络算法的自拟清瘟方制备工艺优化探索[J]. 中国药业，2023，32(12)：56－62.

(收稿日期：2024－03－21；修回日期：2024－06－19)