人工智能应用于医院药学服务领域的文献计量学分析Δ

付素琴[1*]，郝辰业[2]，彭　骏[2#]（1.上海市浦东新区东明社区卫生服务中心，上海　200123；2.上海健康医学院图文信息中心，上海　201318）

中图分类号　R95；TP18　　**文献标志码**　A　　**文章编号**　1001-0408（2024）04-0494-06
DOI　10.6039/j.issn.1001-0408.2024.04.21

摘　要　目的　分析国内外人工智能在医院药学服务领域中的应用研究现状和趋势。**方法**　在Web of Science、中国知网中检索建库起至2023年6月16日的人工智能技术在医院药学服务领域中应用的研究文献。使用EndNote、CiteSpace、Python等工具对纳入文献的作者、国家/地区、机构以及关键词的共现、聚类和突现情况进行可视化处理和分析。**结果与结论**　共纳入了英文文献1 190篇和国内文献178篇。国内外的发文量都呈逐年增加的趋势，国内研究的数量和质量与国外相比仍有差距。欧美地区在该领域已经构建了紧密的合作网络，而我国在该领域的地区发展尚不平衡。国外的研究热点主要集中在机器学习、自然语言处理和深度学习等高端技术的开发和应用方面；国内研究更侧重于实际的医疗服务和医疗政策，特别是推动合理用药、处方审核以及中医药发展等方面。

关键词　人工智能；药学服务；文献计量学；可视化分析

Artificial intelligence application in hospital pharmaceutical service：a bibliometric analysis

FU Suqin[1]，HAO Chenye[2]，PENG Jun[2]（1. Dongming Community Health Service Center，Shanghai Pudong New Area，Shanghai 200123，China；2. Library & Information Center，Shanghai University of Medicine & Health Sciences，Shanghai 201318，China）

ABSTRACT　OBJECTIVE To analyze the current status and trend in the application of artificial intelligence in pharmaceutical service in China and globally. **METHODS** The research literature on the application of artificial intelligence technology in the field of hospital pharmaceutical service from database establishment to June 16，2023，was searched in Web of Science and CNKI. The authors，countries/regions，institutions and the co-occurrence，clustering，and emergence of keywords were visually processed and analyzed using tools including Endnote，CiteSpace，and Python. **RESULTS & CONCLUSIONS** Overall，1 190 global literature and 178 Chinese literature were included. The number of publications issued in China and globally is increasing year by year，yet a gap remains in the quantity and quality of Chinese research compared with global research. Europe and the United States have built a close cooperation network in this field，while China's regional development in this field remains imbalanced. Global research hotspots mainly focus on the development and application of high-end technologies such as machine learning，natural language processing，and deep learning；Chinese research concentrates more on actual medical services and medical policies，especially in promoting rational drug use，prescription review，and the development of traditional Chinese medicine.

KEYWORDS　artificial intelligence；pharmaceutical service；bibliometrics；visual analysis

在全球健康信息化的大背景下，人工智能（artificial intelligence，AI）正在逐步改变医疗卫生服务的提供方式。AI是一种复杂的计算机系统，其主要功能是分析大量数据，并将分析结果应用于决策过程，以提供更好的信息支持[1]。AI在药物发现、药物设计领域的应用已经取得了显著进展[2]，为药物发现和药理、毒理实验以及个体化治疗等研究提供了更有效的支持，同时大大节约了研究成本、缩短了研究周期[3-4]。然而，AI技术在医院药学服务领域中的应用起步较晚，用于医院药学服务的AI驱动的应用程序和工具的开发仍处于起步阶段[5]，目前的智慧药房仍存在自动化、智能化水平较低等情况[6]，亟须探索AI在医院药学服务领域中的应用模式。

为了解AI在医院药学服务领域的研究应用情况和发展趋势，本研究采用文献计量学的方法对该领域的研究文献情况进行了可视化总结，并尝试预测了AI技术与医院药学服务紧密结合的全球发展趋势，以期为药学工作者更好地理解和利用AI技术、推动医院药学服务的创新和发展提供参考。

Δ **基金项目**　上海市科技创新行动计划软科学项目（No. 23692112100）

* **第一作者**　主管中药师。研究方向：中药学。E-mail：fsqsudaedu@163.com

\# **通信作者**　副教授，博士。研究方向：医学信息学。E-mail：pengj@sumhs.edu.cn

1 资料与方法

1.1 数据来源

分别在Web of Science（WOS）核心合集数据库和中国知网（CNKI）中检索有关AI应用于医院药学服务的中英文研究文献。英文检索式为：（hospital* OR clinic* OR service* OR manage*）AND（pharm* OR prescript*）AND（“artificial intelligence” OR “machine learning” OR “natural language processing” OR “big data”）；中文检索式为：“药”*（“服务”+“临床”+“医院”+“管理”+“调剂”+“调配”）*（“人工智能”+“大数据”+“机器学习”）。出版物类型为学术期刊，文献类型为论著或综述。各数据库的检索年限均为建库至2023年6月16日。

1.2 纳入与排除标准

本研究的纳入标准为：文献内容为AI在医院药学服务领域的应用研究。本研究的排除标准为：（1）新闻、报纸、会议、通知、专利、年鉴、成果等类型的文献；（2）重复发表的文献；（3）信息不完整的文献；（4）内容为AI在药物研发、制药工程与工艺研究中的应用研究。

1.3 文献分析方法

采用EndNote 21 Build 17096软件对纳入文献的年度发文量进行统计分析；采用CiteSpace 6.2.R4软件对纳入文献的作者、机构进行合作网络分析，对关键词进行共现分析、聚类分析和突现分析；使用Python 3.11软件进行可视化处理并绘制相关图谱。

2 结果

2.1 文献检索结果

本研究初检共检索到1 328篇英文文献和218篇中文文献，按照纳入与排除标准筛选后，最终纳入了1 190篇英文文献和178篇中文文献，其年度发文情况见图1。

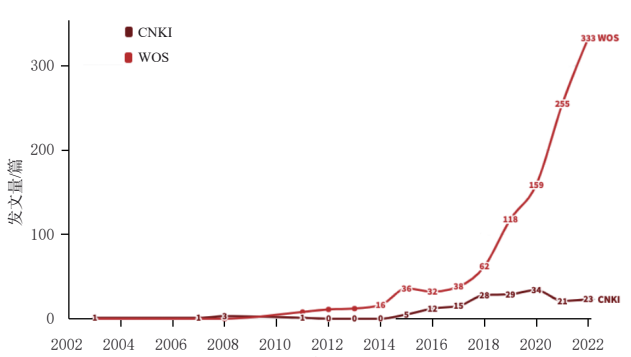


图1 AI应用于医院药学服务领域相关文献的年度发文量

从图1的总体趋势来看，在2010年之前，国内外该领域的研究均相对较少。从2011年开始，英文文献数量开始超过中文文献；2015年开始，AI技术的研究开始快速涌入医院药学服务领域，国内外在该研究领域的差距也开始随着时间的推移而逐渐扩大；到2022年，英文文献数量几乎是中文文献的15倍。可以发现，AI在医院药学服务领域的应用研究在全球范围内正处于快速发展期，尽管国内在这一领域的研究数量在逐步增加，但与国外相比发展速度较慢，仍有较大的发展空间。

2.2 文献期刊来源

对纳入文献发文量排前10位的期刊进行分析，结果发现，发文量排前10位的期刊均为英文期刊（表1），且大部分位于科睿唯安公司发布的期刊引证报告（Journal Citation Reports，JCR）Q1分区，表明这些期刊在相关领域内具有较高的学术水平。在期刊影响因子（journal impact factor，JIF）方面，期刊*Briefings in Bioinformatics*的影响因子最高，为9.5，其发表的文章在学术界获得了较广泛的引用和认可。

表1 AI在医院药学服务领域相关文献的发文量排前10位的期刊信息

排名	期刊名称	发文量/篇	JCR分区	JIF（2022年版）
1	*Frontiers in Pharmacology*	36	Q1	5.6
2	*PLoS One*	31	Q2	3.7
3	*Scientific Reports*	25	Q2	4.6
4	*Clinical Pharmacology & Therapeutics*	19	Q1	6.7
5	*Drug Discovery Today*	18	Q1	7.4
6	*Journal of Biomedical Informatics*	18	Q2	4.5
7	*Drug Safety*	17	Q1	4.2
8	*Journal of Chemical Information and Modeling*	17	Q1	5.6
9	*BMC Bioinformatics*	16	Q2	3
10	*Briefings in Bioinformatics*	15	Q1	9.5

分析这10本期刊的学科分布可以发现，该领域的研究展现出较为明显的跨学科特征，这些研究不仅专注于药学服务领域，还融合了计算方法在药学实践中的创新应用，展现了生物医学、计算机科学与医院药学服务的交织融合，这一特点也反映出AI在医院药学服务领域应用中的多元化和复杂性。国内期刊在该领域的发文量较少，从侧面反映出国内在AI的深度探索和跨学科整合方面还处于起步阶段。

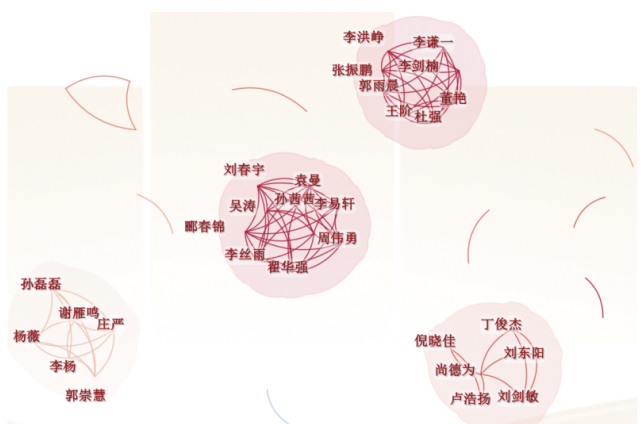
2.3 作者合作关系分析

应用CiteSpace对作者的合作网络进行分析，可以挖掘出在该研究领域具有影响力的作者，结果见图2。图中每个节点代表1个作者，节点之间的连线表示作者之间存在合作关系。

本研究纳入的英文文献中，共包含作者7 026位，其中发表论文10篇以上的作者有3位，发表论文5篇以上的作者有37位；发表论文数量最多的作者为Gumbo（15



A. 英文文献



B. 中文文献

图2　AI应用于医院药学服务领域相关文献的作者合作网络

篇），其次为Pasipanodya（13篇）。由图2A可见，发文较多的作者之间具有一定的合作关系，形成了一定数量的合作团队，其中Gumbo和Pasipanodya团队的研究主要集中在药动学、药效学、抗菌药物敏感性测试以及使用机器学习预测患者病情进展和治疗效果等方面[7-8]。

本研究纳入的中文文献中，共包含作者617位，其中发表论文2篇以上的作者有12位。发表论文数量最多的作者为谢雁鸣（3篇），其研究主要集中在利用大数据和AI技术评价中药的安全性以及精准定位中医药辨证论治的疗效机制等方面[9]。由图2B可见，孙茜茜等学者形成的合作网络作者人数较多，但也仅为一次性合作。可见，国内研究者的集中度较低，研究人数较少且相对独立，尚未形成具有规模的合作团队。

2.4　国家及机构合作关系分析

使用Python 3.11软件，根据国家、机构名称等提取出国内外文献中的地区信息，可以得到该领域研究的国家/地区合作网络（限于篇幅，本文图略），其中一个国家/地区在该领域的重要性由其中心度（即中介中心性）来表示。

本研究纳入的英文文献来自全球87个国家/地区。不同的国家/地区在研究实力上存在差异（表2）。从表2可以看出，美国在这个领域的文献产量明显高于其他国家/地区，英国、德国等欧洲国家在这个领域的文献产量也较高。同时，这些国家较高的中心度进一步反映了其在该领域研究网络中的核心位置和广泛的合作关系。本研究纳入的中文文献则来自全国27个省（自治区、直辖市）。从表2可以看出，北京的发文量最高（28篇），上海（16篇）紧随其后。这一领域的研究主要集中在我国东部地区，其中北京、上海、广东、江苏、浙江5个省份的发文量占纳入中文文献数的50%左右。这可能是因为大数据和AI技术在我国东部沿海地区的研究起步更早、应用更为广泛，同时，资金和人才在这些地区的聚集也使得这些地区在医院药学服务的应用研究上更为活跃。

表2　AI应用于医院药学服务领域相关文献发文量排前5位的国家/地区

排序	英文文献				中文文献			
	作者所在国家	发文量/篇	中心度	占比/%	作者所在省份	发文量/篇	中心度	占比/%
1	美国	559	0.22	46.97	北京	28	0.67	17.72
2	英国	152	0.15	12.77	上海	16	0.64	10.13
3	德国	111	0.10	9.33	广东	15	0.70	9.49
4	印度	80	0.13	6.72	江苏	15	0.62	9.49
5	意大利	76	0.15	6.39	浙江	14	0.64	8.86

英文文献中各研究机构之间的合作关系也非常紧密。由图3A可见，国外从事这个领域研究的机构主要为欧美地区的高校和研究机构。其中，美国的哈佛大学（Harvard University，中心度0.16），以58篇的发文量位列第一，且该校合作关系众多，影响力最大；法国研究型大学联盟（UDICE-French Research Universities，中心度0.12，发文量44篇）和英国伦敦大学（University of London，中心度0.09，发文量37篇）的学术贡献也较为显著，且合作关系广泛。而从图3B可见，我国在该领域的研究机构数量较少，机构间的合作关系主要存在于一些国内科研水平较高的医学院校和医疗机构之间，但合作关系较为薄弱。这可能是因为各个机构之间的合作还处于起步阶段，还没有形成稳定的合作关系。这与前文中我国研究者之间合作较少、尚未形成具有规模的合作团队结论一致。

2.5　关键词分析

2.5.1　共现性

本研究纳入的英文文献中排前10位的高频关键词包括machine learning（机器学习）、prediction（预测）、



A. 英文文献



B. 中文文献

图3　AI应用于医院药学服务领域相关文献的机构合作网络

classification(分类)、risk(风险)、models(模型)、pharmacokinetics(药动学)等,反映出机器学习、预测模型的建立、风险评估以及药动学分析是目前该领域的研究重点,详见表3。

表3　AI应用于医院药学服务领域相关文献排前10位的高频关键词

排序	英文文献			中文文献		
	关键词	频次	中心度	关键词	频次	中心度
1	machine learning	406	0.21	大数据	34	0.31
2	AI	204	0.15	AI	30	0.22
3	prediction	115	0.10	合理用药	14	0.10
4	drug discovery	76	0.04	处方点评	9	0.01
5	deep learning	76	0.06	全科医生	7	<0.01
6	classification	62	0.04	数据挖掘	6	0.03
7	natural language processing	61	0.04	处方审核	5	0.01
8	risk	60	0.02	机器学习	5	<0.01
9	models	60	0.02	互联网+	5	0.04
10	pharmacokinetics	59	0.08	中医药	4	<0.01

中文文献中,合理用药、处方点评、处方审核、“互联网+”、中医药是比较重要的关键词(表3)。这些关键词反映了我国对于利用AI技术推动合理用药、处方点评以及处方审核等方面较为关注,同时也表明“互联网+”和中医药在我国医院药学服务中的应用研究也得到了较高的重视。

2.5.2　聚类分析

英文关键词聚类结果见表4。Q值表示网络的模块度,取值范围为0～1,Q>0.3表明该关键词聚类图具有显著的网络聚类结构;该值越接近1,表明关键词聚类间的联系越密切,聚类效果越好。S值为用于衡量网络同质性的轮廓值,取值范围为－1～1,该数值越大,代表该聚类成员的相似性越高,S>0.7即表示聚类效果令人信服[10]。平均年通过计算该聚类中文章的发表年份获得,用于估计该聚类的形成时间。聚类标签采用对数似然比(log-likelihood ratio,LLR)确定。经分析,英文文献关键词可得到7个聚类标签,Q=0.372 9(>0.3),S=0.725 4(>0.7),表明该聚类效果较好,结果可信。分析聚类结果可知,目前国外在该领域的研究多以机器学习、自然语言处理和深度学习等高端技术的开发和应用为主,对预防、风险评估、药物治疗优化等实际医疗服务问题的研究较为集中。从聚类出现的时间来看,2016年,机器学习和AI在该领域的研究逐渐增多,2017年自然语言处理在电子健康记录领域的应用开始受到关注,到了2020年,深度学习和神经网络在相关领域的研究开始快速发展。

表4　AI应用于医院药学服务领域的英文文献关键词聚类情况

聚类名称	文献/篇	S	平均年	高频关键词
#0 prevention	44	0.605	2019	prevention, risk factors, major depressive disorder, depression, pharmacotherapy
#1 machine learning	44	0.798	2016	machine learning, drug discovery, virtual screening, drug development
#2 AI	32	0.724	2016	AI, artificial neural network, sleep, additive manufacturing, nanocarriers
#3 genetic polymorphism	38	0.703	2018	automated docking, genetic algorithms, evolutionary computation, performance, homology models
#4 natural language processing	26	0.797	2017	natural language processing, electronic health records, pharmacovigilance, social media, adverse drug events
#5 therapy	26	0.804	2016	therapy, hollow fiber system model, pharmacokinetic variability, stochastic gradient boosting, therapy duration
#6 deep learning	25	0.745	2020	deep learning, neural networks, personalized medicine, cancer, cell replacement therapy

中文关键词聚类结果见表5。中文文献的关键词可聚为4类,Q=0.811 9(>0.3),S=0.938 6(>0.7),聚类效果较好,结果可信。由聚类结果可知,目前国内对于AI在医院药学服务领域的应用研究多集中在合理用药和处方审核等方面。从聚类形成的时间上可以得知,2018年,大数据和信息化在基本药物领域的研究逐渐增多,合理用药和处方点评等医疗服务实践的相关研究也在增加。结合前文关键词共现性分析结果可知,与国外相比,我国的研究更加关注于医疗服务实践,这也契合了我国在“互联网+医疗健康”领域的政策导向。

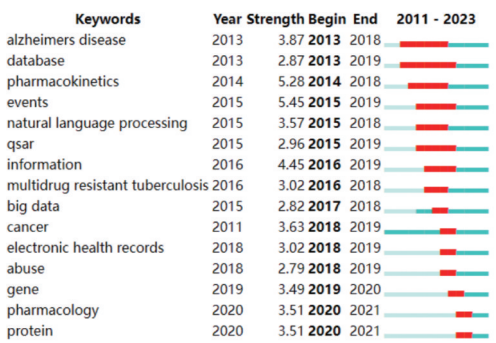
表5　AI应用于医院药学服务领域的中文文献关键词聚类情况

聚类名称	文献/篇	*S*	平均年	高频关键词
#0大数据	31	0.921	2018	大数据、信息化、基本药物、互联网+
#1AI	30	0.902	2016	AI、大数据、专家系统、防控措施、康复训练
#2合理用药	27	0.874	2018	合理用药、处方点评、处方审核、临床使用、Web GIS
#3仿制药	14	1	2017	仿制药、临床试验机构、医疗保险、公立医院
#4电子病历	10	1	2016	电子病历、模式探析、看病难、移动医疗、居民健康卡

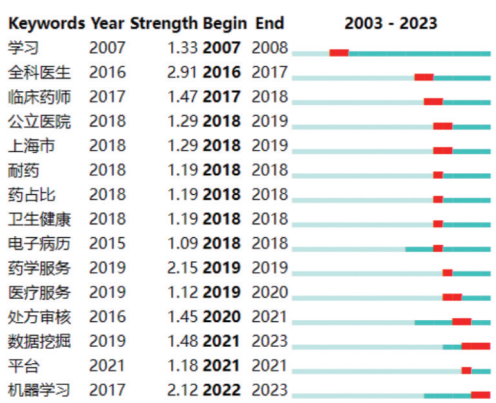
Web GIS：基于互联网的地理信息系统。

2.5.3　突现分析

对关键词出现的时间分布和变化情况进行分析，可反映该领域的研究前沿和发展趋势。本研究在分析时，对于英文文献，设置关键词检测参数为默认值（γ设为1，最小持续时间为2）；对于中文文献，由于数量较少，关键词的突现性不明显，为了便于比较，本研究将突现检测参数中的γ值调整为0.3，最小持续时间设为1。突现强度排前15位的关键词如图4所示。



A. 英文文献



B. 中文文献

图4　AI应用于医院药学服务领域相关文献中突现强度排前15位的关键词

由图4A可见，国外该领域的研究前沿主要为针对药动学、自然语言处理、大数据、癌症、电子健康记录、基因、药理学和蛋白质的研究。其中，自然语言处理和电子健康记录突现的时间与前述关键词聚类形成的时间相近。近3年中，基因、药理学、蛋白质等几个关键词有较高的突现强度，这提示在精准医疗和个性化医疗日益受到重视的背景下，这些研究主题的重要性进一步提升。

由图4B可以看出，国内该领域的研究前沿主要为数据挖掘和机器学习的应用，应用领域包括耐药性、药占比以及临床药师的作用分析等。可见，国内学者对AI在药学服务领域的应用研究主要集中于探讨如何利用数据挖掘和机器学习技术来提升药学服务的效率和效果等方面。

3　讨论

3.1　AI技术在医院药学服务领域的应用研究现状

AI技术在医院药学服务领域的应用研究正处于一个快速发展阶段，特别是自2015年起，国外在该领域的研究关注度显著提升，研究主要聚焦于机器学习、自然语言处理和深度学习技术的开发与应用。这些技术广泛应用于疾病预防、风险评估和药物治疗优化等医疗实务领域，尤其是AI技术在处理电子健康记录和医疗数据，如药物属性、适应证、不良药物事件的识别等方面取得了一定进展[11]。相比之下，国内研究更侧重于医疗服务实践，这与“互联网+医疗健康”政策导向相契合，研究重点多聚焦于合理用药、处方审核等方面。随着技术的进步，预计未来AI将在医院药学服务中扮演更为关键的角色。

3.2　我国AI技术应用于医院药学服务领域面临的挑战与机遇

自2018年以来，尽管AI技术在国内医院药学服务领域的研究数量有所增加，但与国际研究相比仍存在一定差距。此外，不论国内外，该领域的研究合作网络主要集中在顶尖医学院校和医疗机构之间，这种合作模式的形成与AI技术的复杂性密切相关——AI技术的应用和研究需要强大的计算处理能力，而这一点在当前仍是挑战之一[12]。同时，药学工作者需要适应新的技术革新，提升自身的信息素养和技术能力，以适应AI与药学紧密结合的发展趋势[13]。

在医院药学服务领域，AI技术与传统中医药的结合尤其值得关注，当前中医药与AI技术的融合在临床辅助决策、药物疗效与安全性评价等方面表现活跃[14]。为了更深入地开发中医药的综合疗效评估和创新治疗手段，研究者们正利用AI技术对中药配伍关系、组方与临床病症的关系进行深入分析[15]。此外，AI技术的本质是通过对大量的数据进行统计分析，以揭示数据中潜藏的有价值的信息模式或趋势[16]。高质量的临床试验和患者反应数据的获取和分析是构建有效预测模型的关键，而如何获得足够的数据来指导药物治疗、剂量选择等药学服务工作，只靠医疗机构自身的数据很可能是不足的[17]。国家卫生健康委员会在《关于加强全民健康信息标准化体系建设的意见》中也强调了建立全面的健康信息平台

和推进数据共享的重要性，这预示着通过拓宽数据来源获取高质量数据将有望成为医院药学服务领域研究与应用的关键动力。

4 结语

随着科技的飞速发展，AI已成为推动现代医疗进步的关键力量。本研究通过文献计量学分析，揭示了AI在医院药学服务应用研究的趋势与挑战。AI虽为药学服务带来了前所未有的机遇，但同时也伴随着跨学科知识整合和数据处理能力方面的新挑战。药学工作者需要不断提升自身的技术能力，以适应这一变革。展望未来，期待AI能更深入地融入医疗卫生领域，助力药学服务的精准化、高效化和安全化发展，进而为全球健康事业的发展做出更大贡献。

参考文献

[1] BENKE K，BENKE G. Artificial intelligence and big data in public health[J]. Int J Environ Res Public Health，2018，15(12)：2796.

[2] CERCHIA C，LAVECCHIA A. New avenues in artificial-intelligence-assisted drug discovery[J]. Drug Discov Today，2023，28(4)：103516.

[3] POULOS R C，CAI Z X，ROBINSON P J，et al. Opportunities for pharmacoproteomics in biomarker discovery[J]. Proteomics，2023，23(7/8)：e2200031.

[4] JUMPER J，EVANS R，PRITZEL A，et al. Highly accurate protein structure prediction with AlphaFold[J]. Nature，2021，596(7873)：583-589.

[5] RANCHON F，CHANOINE S，LAMBERT-LACROIX S，et al. Development of artificial intelligence powered APPs and tools for clinical pharmacy services：a systematic review[J]. Int J Med Inform，2023，172：104983.

[6] 陈井泉，刘燕. 智慧门诊药房的建立与实践[J]. 医药导报，2022，41(9)：1393-1396.
CHEN J Q，LIU Y. Practice and establishment of smart outpatient pharmacy[J]. Her Med，2022，41(9)：1393-1396.

[7] GUMBO T，CHIGUTSA E，PASIPANODYA J，et al. The pyrazinamide susceptibility breakpoint above which combination therapy fails[J]. J Antimicrob Chemother，2014，69(9)：2420-2425.

[8] LIU Y G，MOODLEY M，PASIPANODYA J G，et al. Determining the delamanid pharmacokinetics/pharmacodynamics susceptibility breakpoint using Monte Carlo experiments[J]. Antimicrob Agents Chemother，2023，67(4)：e0140122.

[9] 王连心，谢雁鸣. 激活数据学视角下的中成药精准机制研究思考[J]. 中国中药杂志，2020，45(14)：3331-3335.
WANG L X，XIE Y M. Study on precise mechanism of Chinese patent medicine from perspective of activating data[J]. China J Chin Mater Med，2020，45(14)：3331-3335.

[10] 陈悦，陈超美，刘则渊，等. CiteSpace知识图谱的方法论功能[J]. 科学学研究，2015，33(2)：242-253.
CHEN Y，CHEN C M，LIU Z Y，et al. The methodology function of CiteSpace mapping knowledge domains[J]. Stud Sci Sci，2015，33(2)：242-253.

[11] JAGANNATHA A，LIU F F，LIU W S，et al. Overview of the first natural language processing challenge for extracting medication，indication，and adverse drug events from electronic health record notes：MADE 1.0[J]. Drug Saf，2019，42(1)：99-111.

[12] GULSHAN V，PENG L，CORAM M，et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs[J]. JAMA，2016，316(22)：2402-2410.

[13] 凌曦，赵志刚，李新刚. 人工智能技术在药学领域的应用：基于Web of Science的文献可视化分析[J]. 中国药房，2019，30(4)：433-438.
LING X，ZHAO Z G，LI X G. Application of artificial intelligence technology in pharmaceutical field：visualization analysis of literature based on web of science[J]. China Pharm，2019，30(4)：433-438.

[14] 高曼，李海燕. 中医药信息学应用研究热点[J]. 首都医科大学学报，2022，43(4)：592-599.
GAO M，LI H Y. Application research hotspot of traditional Chinese medicine informatics[J]. J Cap Med Univ，2022，43(4)：592-599.

[15] 孙忠人，游小晴，韩其琛，等. 人工智能在中医药领域的应用进展及现状思考[J]. 世界科学技术-中医药现代化，2021，23(6)：1803-1811.
SUN Z R，YOU X Q，HAN Q C，et al. Progress and current considerations of artificial intelligence in the field of traditional Chinese medicine[J]. Mod Tradit Chin Med Mater Med-World Sci Technol，2021，23(6)：1803-1811.

[16] JORDAN M I，MITCHELL T M. Machine learning：trends，perspectives，and prospects[J]. Science，2015，349(6245)：255-260.

[17] CALIFF R M，ROBB M A，BINDMAN A B，et al. Transforming evidence generation to support health and health care decisions[J]. N Engl J Med，2016，375(24)：2395-2400.

（收稿日期：2023-07-12　修回日期：2024-01-19）
（编辑：孙　冰）