

医学相关信息学子学科研究重点与关系探究*

罗依宁 崔雷

(中国医科大学健康管理学院 沈阳 110112)

〔摘要〕 **目的/意义** 明确医学相关信息学子学科研究重点、应用领域及相互关系,为人才培养规划、政策制定等提供参考。**方法/过程** 运用文献计量学方法探究子学科研究重点,分别采用主题词层面的 Ochiai 系数、文献层面的 Ochiai 系数揭示医学相关信息学子学科架构。**结果/结论** 各子学科均利用信息技术提升医学或相关领域的研究、教育或服务效率,但各有侧重。多数子学科聚焦于信息的存储、检索、分析及有效利用。在学科框架中,医学信息学作为核心,与数字健康、护理信息学、公共卫生信息学、用户健康信息学关系较密切;而化学信息学、计算生物学、口腔信息学与其他子学科的联系相对较弱。

〔关键词〕 医学信息学;可视化分析;学科关系

〔中图分类号〕 R-058 **〔文献标识码〕** A **〔DOI〕** 10.3969/j.issn.1673-6036.2025.05.009

Exploration of Research Priorities and Relationships in the Subdisciplines of Medical Related Informatics

LUO Yining, CUI Lei

School of Health Management, China Medical University, Shenyang 110112, China

〔Abstract〕 **Purpose/Significance** To clarify the research priorities, application areas and interrelationships of medical related informatics subdisciplines, and to provide references for talent cultivation planning and policy formulation. **Method/Process** Bibliometrics is utilized to explore the research priorities of the subdisciplines, Ochiai coefficients at the level of subject headings and at the level of literatures are respectively used to reveal the structure of the subdisciplines of medical related informatics. **Result/Conclusion** Each subdiscipline utilizes information technology to enhance the efficiency of research, education, or service in medicine or related fields, but each has its own priorities. Most subdisciplines focus on the storage, retrieval, analysis and effective use of information. In the disciplinary framework, medical informatics, as the core, is more closely related to digital health, nursing informatics, public health informatics, and user health, informatics; while cheminformatics, computational biology, and dental informatics have relatively weaker ties to other subdisciplines.

〔Keywords〕 medical informatics; visualization analysis; disciplinary relationship

1 引言

近年来,人工智能和大数据等技术迅猛发展,生物医学学科逐渐转变为数据驱动型,出现了众多与生物医学、健康医疗相关的学科,如医学信息学、生物医学信息学、临床信息学和健康信息学

〔修回日期〕 2024-12-05

〔作者简介〕 罗依宁,硕士研究生,发表论文1篇;通信作者:崔雷,教授,博士生导师。

〔基金项目〕 辽宁省普通高等教育本科教学改革研究项目(项目编号:JGLXB2022029)。

等。同时,医学相关信息学子学科蓬勃发展,如药物信息学^[1]、护理信息学^[2]、口腔信息学^[3]、营养信息学^[4]、神经信息学^[5]、用户健康信息学^[6]和表观信息学等。1987 年以来,《医学主题词表》(medical subject headings, MeSH)于“信息科学”分类下增设“信息学”主题词,并陆续新增医学信息学(1987 年)、计算生物学(1997 年)、公共卫生信息学(2003 年)、护理信息学(2005 年)、口腔信息学(2005 年)、用户健康信息学(2018 年)、化学信息学(2020 年)、数字健康(2024 年)8 个子学科,构建了信息科学-信息学-子学科的树形架构。医学相关信息学主题词的增设过程反映了学科发展脉络。明确学科研究重点、应用领域及子学科间关系,对学科人才培养规划、政策制定等具有重要意义。本研究运用文献计量学方法,探究医学相关信息学各子学科研究重点,以主题词层面的 Ochiai 系数、文献层面的 Ochiai 系数两种指标分析各子学科间内在关系,梳理学科框架。

2 数据采集与分析

2.1 数据获取

在 PubMed 数据库中分别以“Cheminformatics”[Title/Abstract]、“Computational Biology”[Title/Abstract]、“Consumer Health Informatics”[Title/Abstract]、“Dental Informatics”[Title/Abstract]、“Digital Health”[Title/Abstract]、“Medical Informatics”[Title/Abstract]、“Nursing Informatics”[Title/Abstract]、“Public Health Informatics”[Title/Abstract]为检索式,对 8 个医学相关信息学子学科进行检索并下载文献记录,人工筛选去除不符合主题的文献,最终获得 22 335 篇文献。通过在标题、摘要中使用相关学科名称的自由词检索,获取侧重学科视角的研究文献,如“Searching chemical databases in the pre - history of cheminformatics” (PMID: 39497177)^[7];排除将学科作为研究工具或针对具体学术问题的文献,如“Edge computing - based ensemble learning model for health care decision systems” (PMID: 39506092)^[8]。

2.2 子学科研究重点分析

2.2.1 构建共现网络并分析属性 参考孙清兰^[9]提出的高低频关键词分界标准,筛选子学科文献中的高频 MeSH 主题词,并计算共现频次。采用 VOSviewer 1.6.20 软件^[10]构建主题词共现网络,绘制标签视图,结合节点属性分析各子学科的研究重点。其中,总连接强度反映节点与其他节点的连接紧密度或重要性。频次表示节点在数据集中的普及程度或重要性。高中介中心性节点具有更强的信息传递能力^[11]。

2.2.2 子学科研究内容分析 参考 Becher T 等^[12]提出的学科定义框架,即研究对象、研究方法与研究工具等基本要素构成学科全貌,能够界定研究领域和核心方向。对子学科 MeSH 主题词进行研究对象、研究方法与研究工具的分类,揭示各子学科近年来的研究重点。

2.3 子学科耦合关系分析

2.3.1 主题词层面的学科耦合分析 将上述文献数据输入 BICOMB 2.0 书目分析系统^[13],提取各子学科主要 MeSH 主题词,以 Ochiai 系数作为学科相似性(耦合程度)指标^[14-15]。其中: S_a 表示子学科 A 的主要主题词数量, S_b 表示子学科 B 的主要主题词数量, S_{ab} 表示子学科 A 与子学科 B 两者相同主要主题词的数量。主题词 Ochiai 系数越接近 1,其耦合程度越高。

$$\text{主题词 Ochiai 系数} = \frac{S_{ab}}{\sqrt{S_a \times S_b}} \quad (1)$$

2.3.2 文献层面的学科耦合分析 在 PubMed 数据库中两两组合检索子学科间重叠文献数量,并人工筛选去除不符合主题的文献,共获得 367 篇文献。如用“Cheminformatics”[Title/Abstract] AND “Computational Biology”[Title/Abstract]检索获取同时提及化学信息学与计算生物学两个子学科文献。采用 Ochiai 系数计算每两个子学科之间在文献层面的耦合程度。由于各子学科文献总数与两个子学科的共同文献数目差距较大,Ochiai 系数较小,将其乘以 1 000,以便展示与分析。其中: n_a 表示子学科 A 的文献数量, n_b 表示子学科 B 的文献数量, n_{ab} 表示

同时提及子学科 A 与子学科 B 的文献数量。文献 Ochiai 系数越高, 表明两个学科的耦合程度越高。

$$\text{文献 Ochiai 系数} = \frac{n_{ab}}{\sqrt{n_a \times n_b}} \times 1\ 000 \quad (2)$$

2.3.3 可视化分析 采用 Gephi 0. 10. 1 网络可视化与分析软件^[16], 以子学科为节点, 分别以主题词层面子学科耦合程度和文献层面子学科耦合程度为边权重, 构建子学科耦合网络, 可视化学科间关联强度。节点加权度的高低直接体现学科间关系的紧密程度, 由于其与其他数据数值相差较大, 为便于比较, 对加权度采取相对百分比归一化进行数据标准化。将无向图视为双向有向图, 计算子学科节点 PageRank 值, 评价其影响力, 衡量其在网络中的重要性^[17]。高 PageRank 值代表该节点在网络中占据关键位置^[18-19], 即在学科框架中处于核心地位。

3 结果与分析

3.1 各子学科研究重点

各子学科网络中属性值较高的主题词, 见表 1。各子学科中介中心性较高的节点, 见表 2。化学信息学重点研究药物发现与设计, 依托计算生物学和分子模型, 工具包括软件、配体和数据库。计算生物学重点研究生物数据分析与系统建模, 研究对象涵盖生物模型、蛋白质、基因组学等, 采用计算机模拟和序列比对等方法, 工具为各类生物信息学软件。机器学习在计算生物学中的应用成为研究重点, 推动精准医学发展。用户健康信息学主要研究消费者健康信息和医疗服务, 偏重问卷调查, 以提高健康管理效率。社交媒体在健康教育中的应用成

为用户健康信息学的研究重点。口腔信息学将医学信息学应用于牙科科研和教育, 重点研究如何提升牙科教学与患者管理的数字化水平, 其中电子牙科记录在教学中具有重要性, 有助于促进牙科教育现代化。数字健康领域研究集中在利用移动设备开展远程医疗, 尤其在大规模传染病流行期间, 远程医疗成为重要的医疗服务补充, 当前研究重点还包括通过社交媒体开展体育活动和心理健康相关的健康促进活动, 提升公众的健康意识。医学信息学研究主要涉及电子健康记录和医疗记录系统的应用, 机器学习在临床决策支持和健康管理中的应用成为当前研究的核心, 推动医疗智能化发展。护理信息学以提升护理能力和护理服务质量为目标, 研究重点是在护理教育中开展信息学技能培训, 以改善临床实践。公共卫生信息学将医学信息学应用于公共卫生管理, 特别是传染病流行期间的数据收集与监测, 重点研究如何提高公共卫生决策效率, 以及如何在公共卫生监测中应用大数据, 提升疫情监测与应对能力。值得注意的是, 医学信息学研究内容广泛, 涉及生物医学信息的存储、检索、分析及有效利用, 以支持卫生管理、临床决策和知识分析^[20-21]。随着学科的发展, 其研究内容不断演变, 更倾向于揭示提升医疗服务效率与质量方面的具体应用场景和实践策略, 形成较为成熟的研究体系, 对其他子学科产生重要影响。其他子学科如护理信息学、口腔信息学、用户健康信息学等, 仍处于借鉴和学习医学信息学的阶段, 逐步将医学信息学的技术和方法引入各自的研究领域。这些学科的研究内容逐渐趋向数字化、智能化和个性化, 以提升服务效率与质量。

表 1 各子学科网络中属性值较高的主题词

子学科	MeSH 主题词	分类	总链接强度	频次	子学科	MeSH 主题词	分类	总链接强度	频次
化学信息学	药物发现	对象	916	215	数字健康	远程医疗	对象	4 041	1 351
	计算生物学	方法	780	174		Covid - 19	对象	3 161	884
	药物设计	对象	764	154		医疗服务提供	对象	1 779	695
	分子模型	方法	607	120		大流行病	对象	2 555	677
	算法	方法	590	125		移动应用	工具	1 973	640
	软件	工具	566	122		问卷调查	方法	1 507	466
	配体	工具	565	103		SARS - CoV - 2	对象	1 612	375
	定量构效关系	对象	505	110		人工智能	工具	912	369
	事实数据库	工具	489	113		互联网	工具	1 040	330
	计算生物学	算法	方法	3 495		781	医学信息学	电子健康记录	工具
软件	工具	2 019	498	电子病历系统	对象	1 493		264	
计算机模拟	方法	1 723	425	互联网	工具	1 280		254	

续表 1

子学科	MeSH 主题词	分类	总链接强度	频次	子学科	MeSH 主题词	分类	总链接强度	频次
用户健康信息学	生物模型	方法	1 212	363	护理信息学	课程	方法	1 091	252
	蛋白质	对象	1 605	361		软件	工具	1 312	249
	基因组学	对象	1 083	296		医疗保健服务	对象	941	243
	基因表达谱分析	对象	1 224	270		人工智能	方法	872	206
	分子模型	对象	1 000	215		远程医疗	对象	885	203
	氨基酸序列	对象	1 113	199		算法	工具	943	184
	互联网	工具	239	64		医学信息学	对象	520	211
	消费者健康信息	对象	197	59		课程	对象	446	131
	医学信息学	对象	166	51		护理教育	对象	329	124
	远程医疗	对象	155	46		电子健康记录	工具	201	98
	消费者健康信息学	对象	131	42		问卷调查	方法	254	75
	电子健康记录	工具	78	23		专业能力	对象	253	73
	问卷调查	方法	90	22		护理学生	对象	235	70
	自我护理	对象	87	21		护理	对象	150	70
患者参与	对象	85	20	护士	对象	157	55		
口腔信息学	医学信息学	对象	83	33	公共卫生信息学	公共卫生	对象	259	79
牙科	对象	67	21	医学信息学	医学信息学	对象	164	60	
牙科记录	对象	80	19	Covid-19	对象	142	51		
口腔教育	对象	72	19	大流行病	对象	102	36		
龋齿	对象	22	13	互联网	对象	91	25		
牙科研究	工具	43	12	医疗服务提供	对象	67	25		
电子健康记录	工具	31	12	电子健康记录	工具	90	24		
回顾性研究	方法	13	10	数据收集	方法	61	23		
牙科学生	对象	23	9	人群监测	方法	83	21		

表 2 各子学科中介中心性较高的节点

子学科	中介中心性	节点名称	子学科	中介中心性	节点名称		
化学信息学	0.22	机器学习	数字健康	0.05	移动健康		
	0.16	药物发现		0.05	电子健康记录		
	0.13	虚拟筛选		0.04	健康促进		
	0.13	分子对接		0.04	社交媒体		
	0.06	药物设计		0.04	人工智能		
	0.05	化学空间		0.04	移动应用程序		
	0.05	分子动力学		0.04	心理健康		
	0.03	人工智能		0.04	公共卫生		
计算生物学	0.26	系统生物学	医学信息学	0.17	医学信息学应用		
	0.04	机器学习		0.17	电子健康记录		
	0.03	深度学习		0.05	机器学习		
	0.03	药物发现		0.04	自然语言处理		
	0.03	生物信息学与计算生物学		0.04	健康信息学		
	0.02	基因表达		0.04	临床信息学		
	0.01	细胞生物学		0.04	人工智能		
	0.07	患者教育		0.04	护理信息学素养		
用户健康信息学	0.07	社交媒体	护理信息学	0.04	临床实践		
	0.03	电子健康记录		0.04	德尔非法		
	0.03	移动应用		0.04	验证性因字分析		
	0.03	计算机辅助健康促进		0.03	电子健康记录		
	0.02	消费者健康信息		0.02	健康信息技术		
	0.02	医学信息学		0.02	护理教育		
	口腔信息学	0.19		电子牙科记录	公共卫生信息学	0.09	公共卫生
		0.17		口腔教育		0.04	临床信息学
		0.14		牙科信息学与生物信息学		0.03	公共卫生监测
		0.09		人工智能		0.03	大数据
0.06		电子健康记录	0.02	电子健康档案			
0.06		健康信息学	0.02	自然语言处理			
0.05		生物医学信息学	0.02	变动管理			
0.04		计算机模拟	0.02	数据标准			
0.03	大数据	0.01	健康信息系统				

3.2 医学相关信息学子学科耦合分析

主题词层面的学科耦合结果，见表 3。文献层面的学科耦合结果，见表 4。学科耦合网络中主题词层面的学科耦合网络，见图 1，节点间连线粗细代表关系远近。学科耦合网络的节点属性，见表 5—表 6。医学信息学、数字健康、护理信息学、公共卫生信息学、用户健康信息学 5 个子学科关系较密切，其中医学信息学与数字健康、医学信息学与护理信息学的主题词 Ochiai 系数显著高于其他子学科组。化学信息学、计算生物学、口腔信息学与上述学科关系相对疏远。文献层面的学科耦合网络，见图 2。医学信息学、护理信息学、公共卫生信息学、用户健康信息学 4 个子学科关系较密切，数字健康、口腔信息学与上述 4 个子学科关系中等密切，化学信息学、计算生物学与

上述子学科关系更为疏远。两个网络揭示的子学科关系大体相同，仅数字健康在主题词层面和文献层面与其他子学科的耦合有所不同。表 5、表 6 显示，医学信息学在两个学科耦合网络中均具显著重要性，体现其在文献数据中的核心影响力与学科结构中的核心地位。数字健康在两个网络中均与医学信息学紧密相连，突显其在医学信息化进程中的关键作用及与医学信息学的紧密联系。用户健康信息学、公共卫生信息学和护理信息学在两个网络中表现相似，地位与重要性相当，均与医学信息学形成紧密耦合关系。在基于文献的学科耦合网络中，计算生物学与化学信息学连接紧密性和中心性不足，可能处于文献引用和学术交流的边缘位置。两个网络在核心学科稳定性、PageRanks 值一致性、学科排名相对稳定性及学科分类相似性等方面表现相似。

表 3 各子学科间主题词 Ochiai 系数

子学科	化学信息学	计算生物学	用户健康信息学	口腔信息学	数字健康	医学信息学	护理信息学	公共卫生信息学
化学信息学	—	0.179	0.046	0.034	0.073	0.081	0.055	0.062
计算生物学	0.179	—	0.066	0.053	0.120	0.140	0.081	0.077
用户健康信息学	0.046	0.066	—	0.114	0.250	0.260	0.236	0.266
口腔信息学	0.034	0.053	0.114	—	0.096	0.125	0.135	0.144
数字健康	0.073	0.120	0.250	0.096	—	0.362	0.230	0.223
医学信息学	0.081	0.140	0.260	0.125	0.362	—	0.326	0.268
护理信息学	0.055	0.081	0.236	0.135	0.230	0.326	—	0.250
公共卫生信息学	0.062	0.077	0.266	0.144	0.223	0.268	0.250	—

表 4 各子学科间文献 Ochiai 系数

子学科	化学信息学	计算生物学	用户健康信息学	口腔信息学	数字健康	医学信息学	护理信息学	公共卫生信息学
化学信息学	—	4.837	0	0	0	0	0	0
计算生物学	4.837	—	0	0	0.557	2.762	0	0
用户健康信息学	0	0	—	5.012	12.008	25.287	3.519	22.701
口腔信息学	0	0	5.012	—	0.906	15.190	13.934	4.494
数字健康	0	0.557	12.008	0.906	—	16.387	11.765	7.691
医学信息学	0	2.762	25.287	15.190	16.387	—	30.547	28.930
护理信息学	0	0	3.519	13.934	11.765	30.547	—	3.156
公共卫生信息学	0	0	22.701	4.494	7.691	28.930	3.156	—

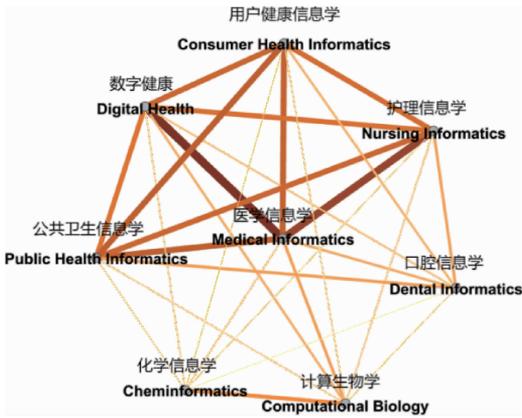


图 1 主题词层面的学科耦合网络

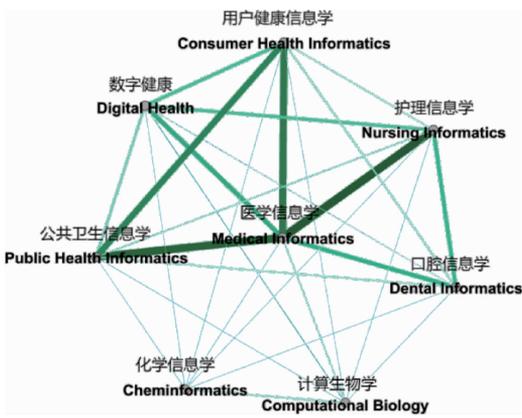


图 2 文献层面的学科耦合网络

表 5 文献层面的学科耦合网络节点属性

子学科	加权重度	归一化值 (%)	PageRanks
医学信息学	119.103	24.90	0.160 581
数字健康	49.314	10.31	0.160 581
用户健康信息学	68.528	14.32	0.131 127
公共卫生信息学	66.973	14.00	0.131 127
护理信息学	62.920	13.15	0.131 127
口腔信息学	39.534	8.26	0.131 127
计算生物学	8.157	1.70	0.105 661
化学信息学	4.837	1.01	0.048 669

表 6 主题词层面的学科耦合网络节点属性

子学科	加权重度	归一化值 (%)	PageRanks
医学信息学	3.122	16.97	0.171 577
数字健康	2.706	14.71	0.150 682
护理信息学	2.626	14.27	0.146 416
公共卫生信息学	2.579	14.02	0.144 408
用户健康信息学	2.477	13.46	0.138 798
计算生物学	1.428	7.76	0.090 396
口腔信息学	1.399	7.60	0.086 329
化学信息学	1.057	5.74	0.071 394

4 结语

医学相关信息学各子学科的研究方向各有侧重，在学科框架中，医学信息学占据核心地位，与数字健康、护理信息学、公共卫生信息学、用户健康信息学关系较密切，而化学信息学、计算生物学、口腔信息学与其他子学科关系相对疏远。本研究分别采用主题词层面的 Ochiai 系数与文献层面的 Ochiai 系数分析学科耦合关系。这两种方法表示子学科在不同粒度或层次上的耦合关系，结果总体一致。两者相较，文献层面的耦合数据容易得到，且无须提取主题词，简化了研究流程。未来将进一步比较两种学科耦合计算方法，明确适用场景和优势，更深入地揭示学科间的相似性和差异性，反映学科交叉融合趋势。

作者贡献：罗依宁负责研究设计、论文撰写；崔雷负责提供指导、论文审核。

利益声明：所有作者均声明不存在利益冲突。

参考文献

- 1 DASTA J F, GREER M L, SPEEDIE S M. Computers in healthcare: overview and bibliography [J]. *Annals of pharmacotherapy*, 1992, 26 (1): 109 - 117.
- 2 TSUZUKI M. Clinical informatics board certification: history, current status, and predicted impact on the clinical informatics workforce [J]. *Applied clinical informatics*, 2010, 1 (1): 11 - 18.
- 3 SCHLEYER T, SPALLEK H. Dental informatics: a cornerstone of dental practice [J]. *The journal of the American dental association*, 2001, 132 (5): 605 - 613.
- 4 BRINKERHOFF K M. Nutritional informatics: mining supermarket sales data as a nutritional assessment method [D]. Utah: University of Utah, 2012.
- 5 NAYAK L, DASGUPTA A, DAS R, et al. Computational neuroscience and neuroinformatics: recent progress and resources [J]. *Journal of biosciences*, 2018, 43 (5): 1037 - 1054.
- 6 EYSENBACH G. Consumer health informatics [J]. *British medical journal*, 2000, 320 (7251): 1713 - 1716.
- 7 WILLETT P. Searching chemical databases in the pre - history of cheminformatics [J]. *Journal of cheminformatics*, 2024, 16 (1): 120.

(下转第 66 页)

- [EB/OB]. [2024 - 10 - 27]. https://www.gov.cn/zhengce/content/2016-06/24/content_5085091.htm.
- 2 胡碧莲, 胡海波. 医疗健康数据国内外研究主题演化路径与述评 [J]. 中国卫生事业管理, 2024, 41 (12): 1434 - 1440.
 - 3 牛刚, 王建军, 乔小妮. 试论医疗健康大数据对医疗信息化发展的影响 [J]. 智慧健康, 2024, 10 (26): 17 - 19, 38.
 - 4 全国医院信息化建设标准与规范 (试行) [EB/OB]. [2024 - 10 - 27]. <http://www.nhc.gov.cn/ewebeditor/uploadfile/2018/04/20180413162542120.pdf>.
 - 5 关于推动公立医院高质量发展的意见 [EB/OB]. [2024 - 10 - 27]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-06/04/content_5615473.htm.
 - 6 卫生健康行业人工智能应用场景参考指引 [EB/OB]. [2024 - 10 - 27]. <http://www.nhc.gov.cn/guihuaxxs/gongwen12/202411/647062ee76764323b29a1f0124b64400.shtml>.
 - 7 王璠, 贾良春. 医院体检中心数字化转型现状、挑战与前景 [J]. 中国当代医药, 2024, 31 (23): 129 - 133.
 - 8 袁梦雪. 国内外健康医学科学数据管理平台对比分析 [J]. 数字图书馆论坛, 2020 (1): 11 - 19.
 - 9 于琦, 王映辉, 李宗友, 等. 智能化中医健康管理云平台构建与服务 [J]. 医学信息学杂志, 2023, 44 (1): 54 - 58, 69.
 - 10 梁婷, 李运明, 杨孝光, 等. 健康体检数据治理平台建设实践 [J]. 数字技术与应用, 2023, 41 (12): 173 - 175.
 - 11 顾东兴, 曾斐, 王丹丹, 等. 数据驱动精准健康管理平台设计与应用 [J]. 中国卫生资源, 2022, 25 (5): 613 - 617.
 - 12 余玉刚, 王耀刚, 江志斌, 等. 智慧健康医疗管理研究热点分析 [J]. 管理科学学报, 2021, 24 (8): 58 - 66.
 - 13 顾东兴, 曾斐, 王丹丹, 等. 数据驱动精准健康管理平台设计与应用 [J]. 中国卫生资源, 2022, 25 (5): 613 - 617.
 - 14 杨娅, 吕国卿, 马培元, 等. 基于大数据的医院健康管理平台的构建与实践 [J]. 济宁医学院学报, 2022, 45 (3): 189 - 191.
 - 15 王维霞, 高山, 王华, 等. 我国健康医疗大数据相关标准及体系建设分析 [J]. 信息技术与标准化, 2024 (6): 70 - 73, 82.

(上接第 55 页)

- 8 VINCENT A C S R, SENGAN S. Edge computing - based ensemble learning model for health care decision systems [J]. Scientific reports, 2024, 14 (1): 26997.
- 9 孙清兰. 高频词与低频词的界分及词频估算法 [J]. 中国图书馆学报, 1992 (2): 78 - 81, 95 - 96.
- 10 VAN ECK N, WALTMAN L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric map [J]. Scientometrics, 2010, 84 (2): 523 - 538.
- 11 端木飞雪. 我国档案数据治理研究趋势与研究热点分析 [J]. 江苏科技信息, 2024, 41 (16): 82 - 88, 104.
- 12 BECHER T, TROWLER P. Academic tribes and territories [M]. London: McGraw - Hill Education (UK), 2001.
- 13 崔雷, 刘伟, 闫雷, 等. 文献数据库中书目信息共现挖掘系统的开发 [J]. 现代图书情报技术, 2008 (8): 70 - 75.
- 14 单磊. 基于期刊主题词共现网络的生物医学领域单篇论文新颖性评价研究 [D]. 沈阳: 中国医科大学, 2022.
- 15 唐果媛, 张薇. 基于共词分析法的学科主题演化研究进展与分析 [J]. 图书情报工作, 2015 (5): 128 - 136.
- 16 邓君, 马晓君, 毕强. 社会网络分析工具 Ucinet 和 Gephi 的比较研究 [J]. 情报理论与实践, 2014, 37 (8): 133 - 138.
- 17 BRIN S, PAGE L. The anatomy of a large - scale hypertextual web search engine [J]. Computer networks and ISDN systems, 1998, 30 (4): 107 - 117.
- 18 张东红, 张冬芳, 马一凡. PageRank 算法在引文网络中的应用研究 [J]. 电脑知识与技术, 2021, 17 (27): 44 - 46.
- 19 薛钰千. 基于双加权引证网络主路径分析的学科主题演化研究 [D]. 南京: 南京理工大学, 2023.
- 20 董建成. 医学信息学的现状与未来 [J]. 中华医院管理杂志, 2004, 20 (4): 232 - 235.
- 21 代涛. 医学信息学的发展与思考 [J]. 医学信息学杂志, 2011, 32 (6): 2 - 16.